الکتروشیمی:

- ✓ شاخه ای از دانش شیمی است که در بهبود خواص مواد و تأمین انرژی نقش .بسزایی دارد.
- ✓ واکنش هایی که مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. تولید انرژی الکتریکی پاک و ارزان دستاوردی از دانش الکتروشیمی است.
- ✓ الکتروشیمی افزون بر تهیه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی م یتواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.
- ✓ پدیده های طبیعی همچون تندر و آذرخش نشان می دهند که بخشی از این انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی میان سامانه واکنش و محیط پیرامون جاری شود.

فرایند های اکسایش – کاهش که در آن انتقال الکترون رخ می دهد، در حوزه الکتروشیمی قرار دارد که اگراین فرایند در سلول الکتروشیمیایی انجام نشود تغییر شیمیایی آن به صورت گرما خواهد بود.

کاربرد ها و قلمروهای الکتروشیمی:

- ❖ باتری یکی از فراورده های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش های شیمیایی، الکتریسیته تولید میکند.
- ❖ تأمین انرژی الکتریکی برای تنظیم کننده ضربان قلب، سمعک، تلفن همراه، اندام مصنوعی، دوربین دیجیتال، رایانه قابل حمل و خودروی الکتریکی
- ❖ ساخت لوله های فلزی انتقال آب، قوطی های محتوی مواد غذایی، لوازم آشپزی که در برابر خوردگی مقاوم هستند و مانع از آلوده شدن آب و مواد غذایی می شوند
- ❖ کسب اطمینان از کیفیت تولید فراورده های دارویی، بهداشتی، غذایی و...

دستیابی به این موفقیت ها در گرو بهره گیری از دانش الکتروشیمی است .دانشی که می تواند دستاوردهای گوناگونی را برای رفاه بشر به ارمغان آورد و در ایجاد آسایش بیشتر برای مردم همچنین پیشرفت کشورمان نقش ایفا کند.

واکنش‌های اکسایش - کاهش

در گذشته اصطلاح اکسایش در اصل برای واکنش‌های ترکیب مواد با اکسیژن به کار می‌رفت و کاهش به‌عنوان برداشتن اکسیژن از یک ترکیب اکسیژن‌دار تعریف می‌شد.

طبق تعریف قدیم:

اکسایش: به دست آوردن اتم‌های اکسیژن و از دست دادن هیدروژن.

کاهش: از دست دادن اکسیژن و گرفتن هیدروژن.

مثلاً در مثال زیر Fe_2O_3 اکسیژن ازدست‌داده کاهش‌یافته و CO اکسیژن گرفته اکسایش یافته است.

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3Co_2$$

تعریف اکسایش : ۱) گرفتن اکسیژن ۲) از دست دادن هیدروژن (H^+) ۳) از دست دادن الکترون (جامع تر : افزایش عدد اکسایش)

تعریف کاهش : ۱) از دست دادن اکسیژن ۲) گرفتن هیدروژن ۳) گرفتن الکترون (جامع تر : کاهش عدد اکسایش)

کاهنده : ماده ای که الکترون می دهد ، اکسایش می شود و خاصیت **کاهندگی** دارد. زیرا باعث می شود که ماده ی دیگر الکترون گرفته و کاهش یابد.

اکسنده : ماده ای که الکترون بگیرد کاهش می یابد و نقش **اکسندگی** دارد . زیرا باعث می شود که ماده ی دیگر الکترون از دست داده و اکسایش یابد .

نحوهٔ محاسبه عدد اکسایش

اگر عدد اکسایش یک اتم دو گونه بارالکتریکی نسبی باشد که به اتم آن عنصر براساس اختلاف الکترونگاتیوی با دیگر اتم‌های متصل به آن نسبت داده شود، به کمک قواعد زیر می‌توان عدد اکسایش را حساب کرد.

۱ـ عدد اکسایش عنصرها در حالت ازاد برابر صفر است.

۲ـ عدد اکسایش فلزها در ترکیب همواره مثبت بوده و با بار الکتریکی کاتیون آنها در ترکیب برابر است (عدد اکسایش فلزهای واسطه متغیر است).

$K[PF_6]$ در K عدد اکسایش = (+۱)

۳ـ عدد اکسایش یون تک‌اتمی با بار آن برابر است.

N^{3-} : (−۳)

I^- : (−۱) و Cu^{2+} (+۲)

۴ـ فلوئور در تمام ترکیب‌هایش عدد اکسایش ۱− دارد.

۵ـ عدد اکسایش هیدروژن در تمام ترکیب‌های کووالانسی (+۱) و در هیدریدها (−۱) است.

۶ـ عدد اکسایش اکسیژن در همه ترکیب‌ها به جز OF_2 برابر با ۲− است. عدد اکسایش اکسیژن در حالت پراکسید ۱−، و در حالت سوپراکسید $-\frac{1}{2}$، است (اکسیژن در حالت پراکسید همواره به‌صورت، − O − O − ، وجود دارد).

۷ـ مجموع عددهای اکسایش اتم‌های یک گونه با بار آن گونه برابر است.

برای نمونه: عدد اکسایش اتم‌های Cl و S در ترکیب‌های سدیم‌پرکلرات و سولفوریل کلرید برابر است با:

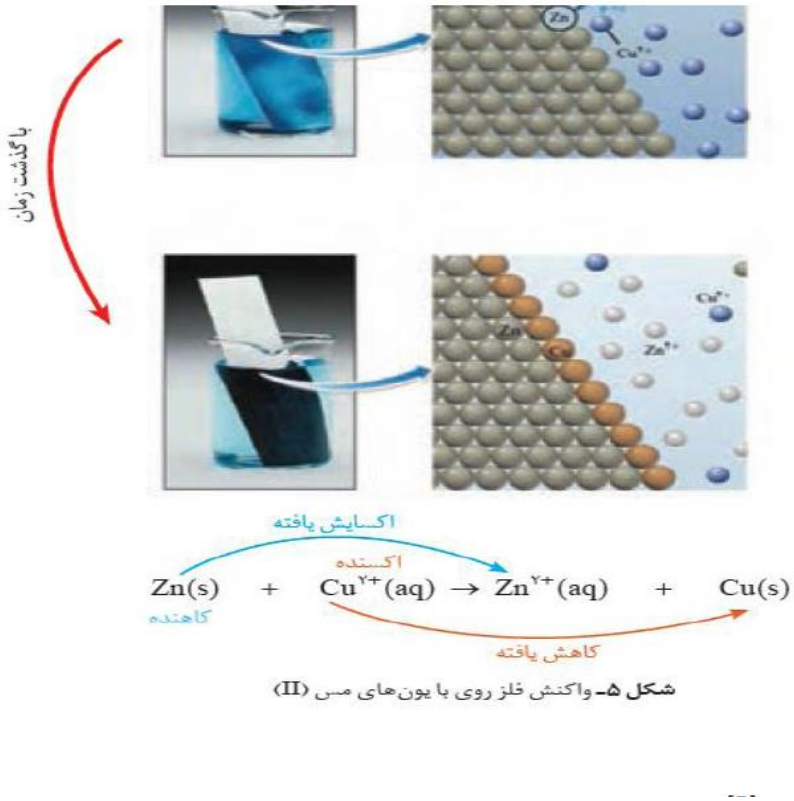
آ) عدد اکسایش Cl در $NaClO_4$

$$(+1) + Cl + (4 \times -2) = 0 \Rightarrow Cl = +7$$

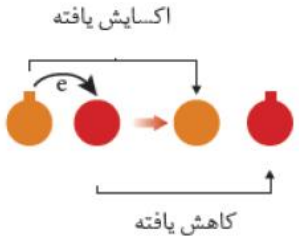
ب) عدد اکسایش S در SO_2Cl_2

$$S + (2 \times -2) + (2 \times -1) = 0 \Rightarrow S = +6$$

۸ـ هرگاه یک ترکیب یونی دارای چند اتم از یک عنصر (که اغلب اتم مرکزی نیز هست) باشد، برای یافتن عدد اکسایش، بهتر است فرمول کاتیون را از آنیون جدا کنید و در هرکدام عدد اکسایش اتم موردنظر را به‌دست آورید. برای نمونه، عدد اکسایش N در آمونیوم نیترات برابر ۱+ نیست، بلکه نیتروژن دارای دو عدد اکسایش ۳− و ۵+ است.



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



- 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.

موازنه ی واکنش های اکسایش – کاهش :

۱) تغییر عدد اکسایش هر یک از عنصر ها را حساب می کنیم . در محاسبه ی تغییر عدد اکسایش عنصر ها ، اگر عنصر مورد نظر در سمت چپ واکنش زیروندی به غیر از یک داشت ، تغییر عدد اکسایش را در آن زیروند ضرب می کنیم.

۲) در سمت چپ واکنش ، تغییر عدد اکسایش ماده کاهنده را به عنوان ضریب ماده اکسنده و تغییر عدد اکسایش ماده اکسنده را به عنوان ضریب ماده کاهنده قرار می دهیم و پس از آن شروع به موازنه عنصر ها می کنیم.

$$Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Fe_{(s)} + ZnSO_{4(aq)}$$

$$ClO_3^- + I_2 + H_2O \rightarrow IO_3^- + Cl^- + H^+$$

۱ - باتوجه به واکنش داده شدهٔ زیر، الف) تعیین کنید کدام‌یک از آن‌ها از نوع اکسایش و کاهش نمی‌باشد. ب) در واکنش دیگر گونه اکسنده و گونه کاهنده را مشخص کنید.

آ) $Cu(s) + ۲AgNO_۳(aq) \rightarrow Cu(NO_۳)_۲(aq) + ۲Ag(s)$

ب) $۲KOH(aq) + H_۲SO_۴ \rightarrow K_۲SO_۴(aq) + ۲H_۲O(l)$

۲ - برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.

آ) فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌هایی از بدن به هنگام جراحی به‌کار برد.

ب) $F_۲(g)$ اکسنده‌ترین گونه در جدول پتانسیل کاهشی استاندارد است.

پ) عدد اکسایش اکسیژن در $OF_۲$ برابر با $+۲$ است.

۳ - با توجه به واکنش‌های اکسایش – کاهش داده شده به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

۱) $Al(s) + Fe^{۲+}(aq) \rightarrow Al^{۳+}(aq) + Fe(s)$

۲) $Fe(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Cu(s) + Fe^{۲+}(aq)$

۳) $Cu(s) + Hg^{۲+}(aq) \rightarrow Cu^{۲+}(aq) + Hg(l)$

۴) $Pt(s) + Hg^{۲+}(aq) \rightarrow$ واکنش انجام نمی‌شود

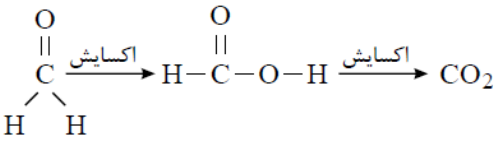
الف) قدرت کاهندگی Cu را با Al با ذکر دلیل مقایسه کنید.

ب) قدرت اکسندگی $Cu^{۲+}$ را با $Pt^{۲+}$ با ذکر دلیل مقایسه کنید.

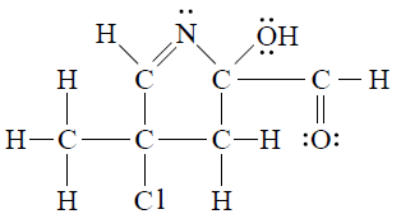
پ) آیا می‌توان محلول $Pt^{۲+}(aq)$ را در ظرف آهنی نگه‌داری کرد؟ چرا؟

۴ - آ) در واکنش $Cr_۲O_۷^{۲-} \rightarrow Cr^{۳+}$ تغییر عدد اکسایش هر اتم کروم چه مقدار است و این واکنش دهنده اکسایش یافته یا کاهش یافته است؟

ب) تغییر عدد اکسایش کربن در واکنش زیر چه‌قدر است؟



۵ - در ساختار مقابل عدد اکسایش اتم‌های کربن و اتم نیتروژن را مشخص کنید:



۶ - کدام‌یک از دو واکنش زیر از نوع اکسایش – کاهش است؟ توضیح دهید و در آن واکنش گونهٔ اکسایش یافته و گونهٔ کاهش یافته را مشخص کنید.

۱) $K_۲CO_۳(aq) + SO_۲(g) \rightarrow K_۲SO_۳(aq) + CO_۲(g)$

۲) $Pb(s) + PbO_۲(s) + ۲H_۲SO_۴(aq) \rightarrow ۲PbSO_۴(s) + ۲H_۲O(l)$

۷ - در هر مورد به‌جای □ ضریب مناسب قرار دهید و مشخص کنید هر نیم واکنش از نوع اکسایش است یا کاهش؟

آ) $۲I^-(aq) \rightarrow I_۲(s) + \square e^-$

ب) $O_۳(g) + \square H^+(aq) + \square e^- \rightarrow O_۲(g) + H_۲O(l)$

۸ - در هر مورد به‌جای □ ضریب مناسب قرار دهید و مشخص کنید نیم واکنش از نوع اکسایش است یا کاهش؟

آ) $O_۲(g) + ۲H_۲O(l) + \square e^- \rightarrow \square OH^-(aq)$

$Mn^{۲+}(aq) + \square H_۲O(l) \rightarrow MnO_۴^-(aq) + ۸H^+(aq) + \square e^-$

۹ - با نوشتن نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش در واکنش زیر آن را موازنه کنید:

$Ag^+(aq) + Cr(s) \rightarrow Ag(s) + Cr^{۳+}(aq)$

۱۰ - در مورد واکنش $Cu^{۲+}(aq) + Cr(s) \rightarrow Cu(s) + Cr^{۳+}$

آ – گونهٔ اکسنده را مشخص کنید.

ب – گونهٔ کاهنده را مشخص کنید.

پ – در گونهٔ اکسایش یافته میزان تغییر عدد اکسایش معادل چند واحد است؟

ت – در گونهٔ کاهش یافته میزان تغییر عدد اکسایش معادل چند واحد است؟

۱۱ - باتری‌های روی – نقره از جمله باتری‌های دگمه‌ای هستند که در آن‌ها واکنش زیر انجام می‌شود:

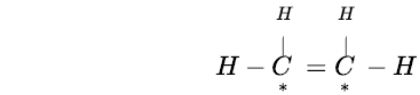
$Zn(s) + Ag_۲O(s) \rightarrow ZnO(s) + ۲Ag(s)$

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

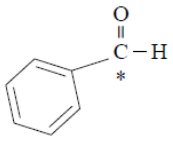
ب) آند و کاتد را در این باتری مشخص کنید.

۱۲ - عدد اکسایش اتم‌های کربن مشخص شده را تعیین کنید:

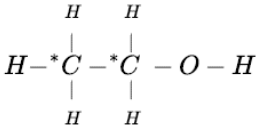
آ)



ب)



پ)



۱۳ - عددهای اکسایش اتم‌های نشان داده شده با ستاره را مشخص کنید:

آ) $\overset{*}{S}O_۴^{۲-}$ ب) $H_۲\overset{*}{O}_۲$ پ) $\overset{*}{N}H_۴\overset{*}{N}O_۳$

نمونه ۲

مدرس : رضایی

۱۴ - جملات داده شده زیر را به کمک کلمات داخل کادر تکمیل کنید. (یک مورد اضافی است.)

گاز کلر – کاهنده – تأمین انرژی – مصرف انرژی – اکسنده – لامپ LED – نمک – چراغ خورشیدی

آ) اتم فلزها ..... و نافلزها اغلب ..... هستند.

ب) با یک تیغه مسی و تیغه روی و یک لیمو می‌توان نوعی باتری ساخت که یک ..... را روشن می‌کند.

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

ت) اغلب فلزها در واکنش با محلول اسیدها گاز هیدروژن و ..... تولید می‌کنند.

۱۵ - در چهار ترکیب گوگرد دار زیر عدد اکسایش گوگرد را مشخص کنید.

۱) SO_3 ۲) $SOCl_2$ ۳) $Na_2S_2O_3$ ۴) H_2SO_4

۱۶ - با توجه به جدول مقابل به پرسش‌ها پاسخ دهید:

آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام گونه ضعیف‌ترین اکسنده است؟

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام گونه ضعیف‌ترین کاهنده است؟

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

$E^\circ(V)$	نیم واکنش کاهش
$+1/33$	$A^+(aq)+e^-\rightarrow A(s)$
$+0/87$	$B^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow B(s)$
$-0/12$	$C^{3+}(aq)+e^-\rightarrow C^{2+}(aq)$
$-1/59$	$D^{3+}(aq)+3e^-\rightarrow D(s)$

۱۷ - با نوشتن نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش معادلهٔ واکنش زیر را موازنه کنید:

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

۱۸ - با نوشتن نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش معادلهٔ واکنش زیر را موازنه کنید:

$$Cl_2(g)+NaBr(aq)\rightarrow NaCl(aq)+Br_2(l)$$

۱۹ - در جدول مقابل در ستون اول یکی از کاربردهای الکتروشیمی آورده شده و در ستون دوم مثال‌هایی از کابردهای مختلف نوشته شده. هر مورد را به مثال مربوطه متصل کنید و یا به‌صورت جمله بیان کنید مثلاً آ با (۱) و ...

کاربرد	مثال
آ) تأمین انرژی	۱) PH آب پرتقال ۶/۵ است.
ب) تولید مواد	۲) گاز کلر از برقکافت آب نمک غلیظ تولید می‌شود.
پ) اندازه‌گیری و کنترل کیفی	۳) پیل سوختی نیروی محرکه نوعی موتور سیکلت است.

۲۰ - باتوجه به معادلهٔ مقابل به سؤال‌های زیر پاسخ دهید:

$$2Na(s)+Cl_2(g)\rightarrow 2NaCl(s)$$

الف کدام گونه الکترون از دست داده و کدام گونه الکترون به‌دست آورده است؟ چند الکترون در واکنش مبادله شده است؟

ب کدام گونه اکسید شده و کدام گونه کاهش یافته است؟

پ کدام گونه کاهنده و کدام گونه اکسنده است؟

نمونه 2

واکنش های شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون ها

الکترو شیمی : درباره ی تبدیل انرژی شیمیایی و الکتریکی به یکدیگر بحث می کند(الکترو شیمی علم ارتباط شیمی و الکتریسیته است که توسط فارادی مطرح شد)

نیم سلول الکتروشیمیایی

۱- هرگاه میله‌ای از یک فلز را وارد محلول یک مولار نمک خودش نمائیم یک نیم سلول یا الکترود داریم که با توجه به نوع فعالیت فلز میله می‌تواند بار منفی یا بار مثبت پیدا کند.

اگر میله فلز فعال‌تر از یون‌های خودش باشد یعنی یون‌های فلز پایدارتر از اتم خودشان باشند اتم‌های فلز الکترون از دست می‌دهند و بصورت یون وارد محلول می‌شوند

و الکترون‌ها روی میله باقی می‌مانند در نتیجه اختلاف پتانسیلی بین میله‌ی فلز و محلول بوجود می‌آید که میله بار منفی و محلول بار مثبت پیدا می‌کند.

مثلاً اگر میله‌ای از فلز روی را وارد محلول روی سولفات نمائیم اتم‌های روی بصورت یون Zn^{2+} وارد محلول می‌شوند تا تعادل $Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$ در آن برقرار شود که با این عمل از جرم میله کاسته می‌شود و فلز روی که الکترود نامیده می‌شود دارای بار منفی و محلول با داشتن یون Zn^{2+} بار مثبت پیدا می‌کند در نتیجه بین الکترود (میله فلز) و محلول اختلاف پتانسیل بوجود می‌آید که در شرایط استاندارد آن را با E° نمایش می‌دهند و طبق قرارداد بصورت زیر می‌نویسند $E^\circ \frac{Zn^{2+}}{Zn} = -0/76$ یا بصورت $[Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn \quad E^\circ = -0/76]$ نمایش می‌دهند.

طبق قرارداد نیم واکنش‌های E° را حتماً باید براساس کاهش و گرفتن الکترون بنویسیم.

۲- اگر تیغه فلز فعالیت کمتری داشته باشد و اتم پایدارتر از یون خودش باشد مثل فلزات Cu و Ag و Pd و Pt و... در این آزمایش یون‌های مثبت محلول به داخل میله نفوذ می‌کنند مثلاً اگر تیغه‌ای از فلز مس را وارد محلول مس II سولفات نمائیم تعدادی از یون‌های Cu^{2+} به داخل میله نفوذ می‌کنند و الکترون‌های سطح تیغه فلز یعنی الکترود را جذب کرده و روی سطح تیغه رسوب می‌کنند در نتیجه در محلول غلظت یون منفی زیاد می‌شود و محلول بار منفی و میله بار مثبت پیدا می‌کند این فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که بین اتم‌های مس و یون‌های Cu^{2+} محلول، تعادل بوجود آید ($Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$) که با این عمل بر وزن میله افزوده می‌گردد که پتانسیل الکترودی استاندارد کاهش این نیم سلول را با علامت مثبت نمایش می‌دهند و بصورت زیر می‌نویسند.

$$E^\circ_{Cu^{2+}+2e^- \rightleftharpoons Cu} = +0/34^V \text{ یا } E^\circ = \frac{Cu^{2+}}{Cu} = +0/34^V$$

به طور کلی در تمام سلولهای الکتروشیمیایی (اعم از گالوانی یا الکترولیتی) باید نکات زیر را بدانیم:

تعریف قطب منفی : الکترودی که تراکم بار منفی بیشتری دارد (مثلا در سلول گالوانی فلز بالاتر قطب منفی است)

تعریف آند: الکترودی که در سطح آن عمل اکسایش انجام می شود(محل اکسایش).

تعریف کاتد: الکترودی که در سطح آن عمل کاهش انجام می شود(محل کاهش).

$E^0_{سلول} = E^0_{کاتد} - E^0_{آند}$ یا نیروی الکتروموتوری سلول یا f

بنابراین واکنش ها یا سلول های الکتروشیمیایی دو دسته اند:

الف) سلولهای الکتروشیمیایی گالوانی (ولتایی) : سلولی است که در آن یک واکنش شیمیایی خود به خودی انجام می شود و برق تولید می شود

ویژگی های این پیل ها

۱) گرماده هستند

۲) تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی

۳) خود به خودی است.

انواع سلولهای گالوانی

گالوانی نوع اول (غیر قابل شارژ) : مثل سلول سوختی یا باتری قلمی معمولی

گالوانی نوع دوم (قابل شارژ) : مثل باتری انباره ای خودرو یا باتری تلفن همراه

سلولهای الکتروشیمیایی الکترولیتی : سلولی است که در آن به کمک انرژی الکتریکی ، یک واکنش شیمیایی در خلاف جهت طبیعی انجام می شود.

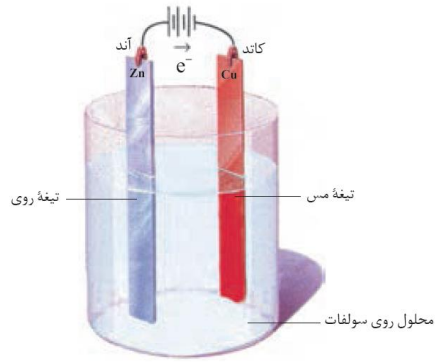
ویژگی این پیل ها

۱) گرماگیر است

۲) غیر خود به خودی

۳) تبدیل انرژی الکتریکی به شیمیایی

۴) برق مصرف می کند



شکل ۱۰ـ یک سلول الکترولیتی. با اعمال یک ولتاژ بیرونی نیم‌واکنش‌های الکترودی در مسیر غیرخود به‌خودی، یعنی کاهش یون‌های روی و تبدیل آنها به اتم‌های روی رانده می‌شوند. با ادامهٔ این فرایند، لایهٔ نازکی از فلز روی بر سطح تیغهٔ مس می‌نشیند.

کاربرد سلول الکترولیتی: ۱) برقکافت ۲) آبکاری با فلزات ۳) پالایش لکتروشیمیایی مس

۴) استخراج فلز آلومینیوم ۵)شارژ کردن باتری نوع دوم

سلول الکتروشیمیایی روی – مس

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 ونیم‌سلول‌هاهمانند 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

نیم واکنش اکسایش:

نیم واکنش کاهش :

واکنش سلول الکتروشیمیایی:

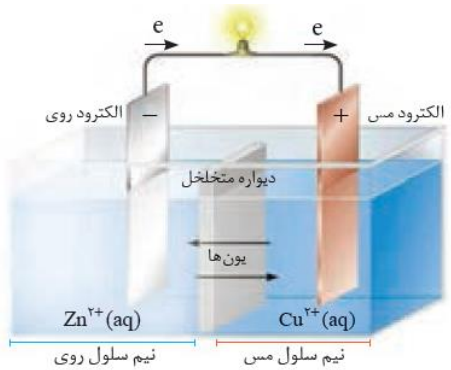
نکات آند :

نکات کاتد:

مدار بیرونی :

مدار درونی:

نیروی الکتروموتوری:



سری الکتروشیمیایی

قرار گرفتن فلزات به ترتیب افزایش پتانسیل کاهشی استاندارد مجموعه‌ی را فراهم می‌کند که سری الکتروشیمیایی نامیده می‌شود به کمک این مجموعه می‌توان واکنش‌پذیری فلزها را با هم مقایسه و انجام پذیر بودن یا نبودن واکنش‌های میان آن‌ها را پیش بینی کرد. برای این کار ابتدا با نوشتن نیم واکنش اکسایش و کاهش، آند و کاتد را مشخص می‌کنیم و E° سلول را محاسبه می‌کنیم اگر E° مثبت باشد واکنش انجام‌پذیر است و اگر منفی باشد انجام‌پذیر نیست.
اگر بخواهیم تشخیص دهیم که محلول نمکی را می‌توانیم در ظرف فلزی نگهداری کنیم یا خیر، ابتدا واکنش بین محلول نمک و فلزی که ظرف را تشکیل می‌دهد می‌نویسیم و E° آنرا حساب می‌کنیم، اگر E° آن منفی باشد یعنی واکنشی انجام نمی‌شود و ظرف خورده نخواهد شد پس می‌توان آن محلول را در ظرف نگهداری کرد ولی در غیر این‌صورت یعنی اگر E° مثبت باشد، ظرف خورده می‌شود و نمی‌توانیم نگهداری کنیم.

جدول ۱- پتانسیل کاهشی استاندارد برای برخی نیم‌سلول‌ها

نیم‌واکنش کاهش		$E^\circ(V)$
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow$	$Au(s)$	+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

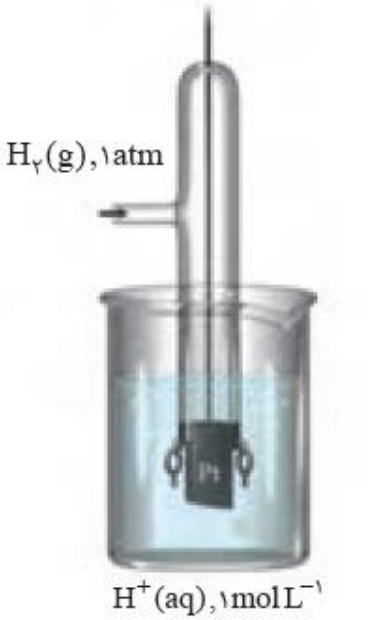
کاهنده قوی‌تر

نکات مهم:

۱- در جدول هرچه فلز بالاتر از هیدروژن بوده و E° کوچکتری داشته باشد قدرت کاهندگی آن بیش‌تر است یعنی تمایل آن برای گرفتن الکترون کمتر و برای از دست دادن الکترون و اکسید شدن بیش‌تر است.
۲- هرچه فلز پایین‌تر از هیدروژن بوده و E° بزرگتری داشته باشد قدرت اکسندگی آن بیش‌تر است یعنی تمایل آن برای گرفتن الکترون و کاهیده شدن بیش‌تر است.
۳- فلزاتی که در سری الکتروشیمیایی بالاتر باشند می‌توانند یون‌های فلزی پایین‌تر از خود را از ترکیبشان جدا کنند، یعنی به آنها الکترون بدهند و آنها را بصورت اتم در آورند.
۴- هر چه فاصله عنصر تا هیدروژن در سری الکتروشیمیایی بیش‌تر باشد اختلاف پتانسیل تیغه با محلول آن بیش‌تر خواهد بود.

تذکر:

اگر در تست گفته می‌شد آیا سولفات آهن II (یون‌های آهن II) را می‌توان در ظرف مسی نگهداری کرد جواب می‌دادیم بله چون واکنش نمی‌دهد ظرف خورده نمی‌شود ولی عکس آن باشد چون واکنش می‌دهد ظرف خورده می‌شود؛ نمی‌توان نگهداری کرد.



نیم سلول استاندارد هیدروژن (SHE):

صفحه ای پلاتینی در محلولی با غلظت یون H^+ که **یک مولار است** (PH=۰) سپس گاز هیدروژن با فشار 1atmاز طریق صفحه ای پلاتینی به درون محلول عبور دهیم.

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \leftrightarrow H_2(g)$$

نکته: دما هر عددی می تواند باشد و تیغه ی پلاتینی تنها نقش جاذب فیزیکی $H_{2(g)}$ را دارد.

برای نکته۲) SHE اسید قوی یک پروتون دار یک مولار مانند HBrیا HCl مناسب است اما اسید های ۲پروتون تهیه

دار مانند مناسب نیست.

نکته مهم) هر E^0 منفی تر ← تراکم بار منفی روی الکترود بیشتر ← الکترون دهنده ی قوی تر ← کاهنده

قوی تر ← الکترون گیرنده ضعیف تر ← در قسمت بالای سری الکترو شیمیایی قرار دارد و بر عکس.

رسانای الکترونی: عبور جریان برق ناشی از جابجایی و شارش الکترون است مانند فلزات و گرافیت.

رسانای یونی: عبور جریان برق ناشی از جابجایی یون ها به سمت قطب های مخالف است مانند محلول های الکترولیت و نیز نمک های مذاب

نکات:

۱) جهت حرکت الکترون در سیم همیشه از .....به .....است . بنابراین مبدا حرکت الکترون در سیم ..... و مقصد حرکت الکترون در سیم .....است **(جهت حرکت الکترون راهی برای تشخیص کاتد و آند است)**

۲) جهت حرکت یونهای مثبت (کاتیون) به سمت .....

جهت حرکت یونهای منفی (آنیون) به سمت.....

یونهای مثبت را کاتیون می نامند زیرا به سمت کاتد حرکت می کنند.

۳) ولت سنج اختلاف پتانسیل دو نیم سلول را مشخص می کند پتانسیل مطلق هر نیم سلول قابل اندازه گیری نیست.

پتانسیل نیم سلول را نسبی اندازه گیری می کنیم. نیم سلول استاندارد هیدروژن را مبنا گرفته و پتانسیلش را در **هر دمایی** **صفر** فرض می کنیم آنگاه پتانسیل سایر نیم سلول ها را با اتصال به آن اندازه گیری می کنیم.

۴) تغییر غلظت یونها ضمن کارکردن سلول گالوانی
- غلظت کاتیون های کاتد
- غلظت کاتیون های آند

نکته: دیواره متخلخل نقش پل نمکی را دارند که نیم سلولهای کاتد و آند هر دو در یک بشر قرار می گیرند دیواره از جنس سفال ، خاک چینی (کائولن) ، آزبست یا گرده فشرده ی شیشه است که از مخلوط شدن مستقیم و سریع دو الکترولیت جلوگیری می کند ولی یونهای موجود در دو محلول می توانند از آن عبور کنند.

افزایش غلظت کاتیون در سلولهای گالوانی
- در نیم سلول کاتدی
- درنیم سلول آندی

۱ - یک تیغهٔ آلومینیوم را وارد محلولی از مس (II) سولفات می‌کنیم. باتوجه به مقادیر E° داده شده تغییرات هر کدام از موارد خواسته شده را با گذشت زمان بررسی کنید:

الف) جرم $Al_{(S)}$ $\quad E^\circ\frac{Al^{3+}}{Al} = -1{,}66V$

ب) غلظت یون $Cu^{2+}_{(aq)}$ $\quad E^\circ\frac{Cu^{2+}}{Cu} = 0{,}34V$

۲ - باتوجه به مقادیر E° داده شده کدام ظرف با محلول داخل خود واکنش داده و خورده خواهد شد؟

آ) Sn | $H^+(aq)$ $\quad E^\circ\frac{Zn^{2+}}{Zn} = -0{,}76V$

ب) Zn | $Ni^{2+}(aq)$ $\quad E^\circ\frac{Ni^{2+}}{Ni} = -0{,}25V$

پ) Sn | $Ni^{2+}(aq)$ $\quad E^\circ\frac{Sn^{2+}}{Sn} = -0{,}14V$

۳ - باتوجه به مقادیر E° داده شده بررسی کنید:

آیا فلز کادمیوم می‌تواند آلومینیوم را از محلول آبی دارای یون‌های Al^{3+} خارج کند؟

$$E^\circ\frac{Al^{3+}}{Al} = -1{,}66\,V \qquad E^\circ\frac{Cd^{2+}}{Cd} = -0{,}40\,V$$

۴ - باتوجه به مقادیر E° داده‌شده بررسی کنید:

آیا فلز وانادیوم می‌تواند آهن را از محلول آبی دارای یون‌های آهن (II) خارج کند؟

$$E^\circ\frac{V^{2+}}{V} = -1{,}20\,V \qquad E^\circ\frac{Fe^{2+}}{Fe} = -0{,}44\,V$$

۵ - باتوجه به داده‌های E° دربارهٔ انجام‌پذیر بودن واکنش زیر بحث کنید:

$$E^\circ\frac{Br_2}{2Br^-} = 1{,}07V \qquad E^\circ\frac{Cl_2}{2Cl^-} = 1{,}36V$$

$$Cl_2(g) + 2NaBr(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + Br_2(l)$$

۶ - با توجه به جدول مقابل به سؤال‌های مطرح شده پاسخ دهید:

نیم واکنش	$E^\circ(V)$
$N^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons N(s)$	$-0{,}40$
$M^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons M(s)$	$+0{,}16$

آ) کدام فلز (M یا N) با محلول HCl واکنش می‌دهد؟

ب) در سلول گالوانی با الکترودهای فلزی M و N کدام فلز نقش کاتد را دارد؟

پ) با محاسبهٔ عددی بررسی کنید آیا واکنش زیر انجام می‌شود؟

$$M(s) + N^{2+}(aq) \rightarrow M^{2+}(aq) + N(s)$$

۷ - در سلول گالوانی روی – مس و با توجه به مقادیر E° داده شده تغییرات غلظت یونهای Zn^{2+} و Cu^{2+} را بررسی کنید.

$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0/76V$

$E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0/34V$

۸ - در دو واکنش جداگانه فلز آهن و فلز آلومینیوم می‌توانند با محلول $Sn^{2+}(aq)$ واکنش دهند. اگر E° سلول (آهن – قلع) برابر ۰/۳۰ ولت و E° سلول (آلومینیوم – قلع) برابر ۱/۵۲ ولت باشد:

آ) قدرت کاهندگی کدام فلز (Fe یا Al) بیشتر است؟ چرا؟

ب) با توجه به پتانسیل Al^{3+}/Al داده شده پتانسیل الکترودی استاندارد Sn^{2+}/Sn را محاسبه کنید.

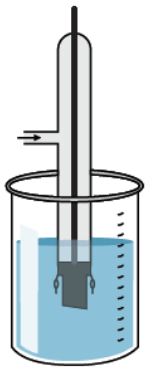
$(E^\circ_{Al^{3+}/Al} = -1/66)$

۹ - emf سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با $1/98V$ است. E° نیم سلول A را حساب کنید.

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

$E^\circ_{Ag^+/Ag} = +0/80V$

۱۰ - با توجه به شکل مقابل به سوال‌های زیر پاسخ دهید:



آ) نام وسیله‌ای که در شکل نشان داده شده چیست؟

ب) جنس الکترود بکار رفته در آن چیست؟

پ) pH و دمای محلول آن چقدر است؟

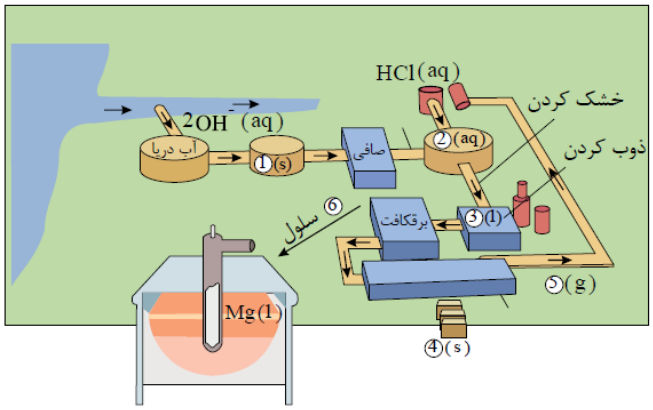
ت) مقدار عددی پتانسیل کاهش مربوط به نیم سلول آن چقدر است؟

ب ثابت ماندن دما در واکنش میان فلز طلا و محلول مس (II) سولفات نشانهٔ عدم انجام واکنش است.

پ فلز مس درون محلول روی سولفات کاهش جرم می‌یابد.

ت در سلول گالوانی پس از مدتی از جرم تیغهٔ کاتد کم و به جرم تیغهٔ آند اضافه می‌شود.

۱۱ - شکل مقابل مراحل تهیهٔ فلز منیزیم از آب دریا را نشان می‌دهد. جاهای خالی را با توجه به شماره‌های هر کدام پر کرده در پاسخ‌نامه وارد کنید.



۱۲ - در یک سلول گالوانی به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.

الف تغییرات جرم آندوکاتد با عملکرد سلول چگونه است؟

ب نقش غشاءِ متخلخل در عملکرد یک سلول چیست؟

پ چه عاملی می‌تواند باعث توقف کار این سلول شود؟

۱۳ - با دو فلز آلومینیوم و نقره یک سلول گالوانی می‌سازیم. باتوجه به مقادیر E° داده شده به سؤال‌های زیر پاسخ دهید:

$$E^\circ \frac{Al^{3+}}{Al} = -1{,}66V \qquad E^\circ \frac{Ag^+}{Ag} = 0{,}80V$$

الف واکنش انجام‌شده در آند را بنویسید.

ب مقدار ولتاژ ایجادشده از سلول را محاسبه کنید.

پ واکنش کلی سلول را بنویسید.

۱۴ - با دو فلز منیزیم و روی یک سلول گالوانی تشکیل می‌دهیم. باتوجه به مقادیر E° داده‌شده به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.

$$E^\circ \frac{Mg^{2+}}{Mg} = -2{,}38V \qquad E^\circ \frac{Zn^{2+}}{Zn} = -0{,}76V$$

الف قطب مثبت سلول کدام تیغه است و در آن چه واکنشی انجام می‌شود؟

ب با گذشت زمان از عملکرد سلول، غلظت کدام یون کاهش و کدام یون افزایش می‌یابد؟

پ دو عامل را که باعث توقف کار سلول می‌شود را نام ببرید.

۱۵ - معادلهٔ کلی یک سلول گالوانی به‌صورت زیر داده شده است:

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

الف الف) آند و کاتد در این سلول کدام است؟

ب ب) تغییرات جرم برای فلز M در طی عملکرد سلول چگونه است؟

پ پ) قدرت اکسندگی M^{2+} را با Ag^+ مقایسه کنید.

۱۶ - درست یا نادرست بودن هر یک از عبارت‌ها را مشخص کنید و صورت درست عبارت نادرست را بنویسید.

الف در واکنش فلز روی با یون‌های مس (II) به‌ازای اکسایش یک مول روی یک مول الکترون جابجا می‌شود.

سلول‌های سوختی

سلول‌های سوختی سلول‌های گالوانی از نوع اول هستند. در این سلول‌ها به منظور تولید جریان برق از یک سوخت گازی شکل استفاده می‌شود. این سلول‌ها تا زمانی که ورود سوخت گازی ادامه داشته باشد به کار خود یعنی تولید برق ادامه می‌دهند. این سلول بر مبنای واکنش میان گاز هیدروژن و گاز اکسیژن کار می‌کند.

در سلول‌های سوختی گازهای هیدروژن و اکسیژن به آرامی با یکدیگر ترکیب می‌شوند انرژی الکتریکی و آب تولید می‌کنند که در این سلول گاز هیدروژن تحت فشار وارد یک محفظه می‌شود که از جنس گرافیت متخلخل است و این محفظه در الکترولیتی مانند پتاس قرار دارد که نقش آند را دارد و یون‌های OH^- از راه خلل و فرج به سمت آند مهاجرت کرده و واکنش زیر در آن انجام می‌گیرد.

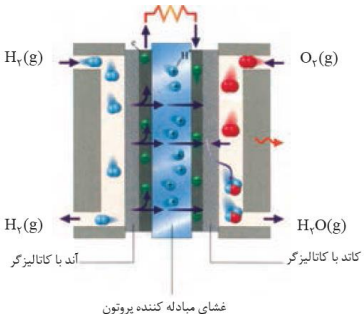
نیم واکنش آندی $2H_2 + 4OH^- \rightarrow 4H_2O + 4e^-$

الکترون‌های تولید شده در آند از راه سیم رابط به سطح الکترود کاتدی که آنهم از جنس گرافیت است منتقل شده و با گاز اکسیژن که دائماً وارد این نیم سلول می‌شود واکنش زیر انجام می‌گیرد و کاهیده می‌شود.

نیم واکنش کاتدی $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

واکنش کلی در سلول سوختی به صورت $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ خواهد بود یعنی از سوختن هیدروژن و تولید انرژی شیمیایی یک سلول تشکیل می‌شود که در این سلول نیز انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد.

امروزه در سلول سوختی بجای گاز H_2 که خطرناک و آتش گیر است از گاز متان استفاده می‌کنند که خطرناک نیست ولی در اثر سوختن CO_2 تولید می‌کند



برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن

سلول‌های الکترولیتی: سلول‌هایی هستند که در آن‌ها انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود در واقع در این نوع سلول‌ها با اعمال یک ولتاژ بیرونی هر دو نیم واکنش الکترودی با صرف انرژی به سمت ایجاد تغییر شیمیایی دلخواه رانده می‌شوند. یعنی غیر طبیعی و غیرخودبخودی هستند که سطح انرژی فراورده در آنها بالاتر از واکنش دهنده است.

در سلول الکترولیتی زیر با اعمال یک ولتاژ بیرونی نیم واکنش‌های الکترودی در مسیر غیر خود به خودی یعنی کاهش یون های روی؛ و تبدیل آنها به اتم‌های روی رانده می‌شوند. با ادامه‌ی این فرآیند لایه‌ی نازکی از فلز روی بر سطح تیغه‌ی مس می‌نشیند.

نکات مهم:

۱-در سلول های الکترولیتی ، **آند** (قطب مثبت) در آن عمل **اکسایش** و **کاتد** (قطب منفی) در آن **کاهش** صورت می گیرد.

۲- سلول های الکترولیتی مانند واکنش **گرماگیر** هستند که با صرف انرژی الکتریکی و برخلاف جهت طبیعی انجام می شوند.

۳- در سلول های الکترولیتی سطح انرژی فرآورده ها از سطح انرژی واکنش دهنده ها بالاتراست و **مواد اولیه پایدارترند**.

۴- در سلول های الکترولیتی جهت حرکت الکترون ها از آند به کاتد است.

۵- الکترود ها معمولا از جنس گرافیت ، پلاتین و ..... هستند که در واکنشها شرکت نمی کنند بلکه **آنیون ها** در آند برای **اکسایش** و **کاتیون ها** در کاتد برای **کاهش** با یکدیگر رقابت می کنند.

۶- در رقابت کاتدی برای گرفتن الکترون گونه‌ای پیروز است که E° آن بزرگ‌تر باشد یا در جدول سری الکتروشیمیایی پایین‌تر است

خاکی قلیایی و قلیایی فلزات کاتیون < H_2O > Zn^{2+} > Mn^{2+} > Al^{3+} > کاتیون‌های اغلب فلز واسطه

۷- رقابت آنیون‌ها برای از دست دادن الکترون در آند به صورت زیر می‌باشد:

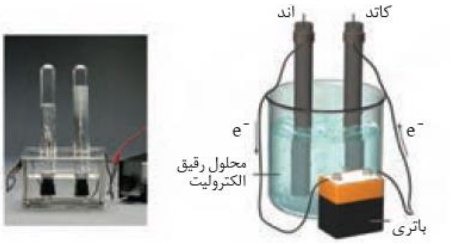
OH^- (باز قوی) > I^- > Br^- > Cl^- > H_2O > Cl^- > SO_4^{2-} > NO_3^- > F^-

محلول غلیظ محلول رقیق

برقکافت آب.این سلول ها به **سلو لهای الکترولیتی** معروف هستند و **برقکافت** آب یك نمونه از .واکنش هایی است که در آنها انجام می شود

فرآیندی که طی آن آب به عنصرهای سازنده اش (H_2 یا O_2) تجزیه می شود .برای برقکافت آب باید از پل نمکی محلولی در آب استفاده کنیم که هم در رقابت کاتدی و هم آندی نسبت به مولکولهای آب بازنده باشند مانند

Na_2SO_4 یا KNO_3



شکل۱۱-تجزیه آب به عنصرهای سازنده آن با مصرف انرژی الکتریکی

نیم واکنش اکسایش آب در آند ($2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$)

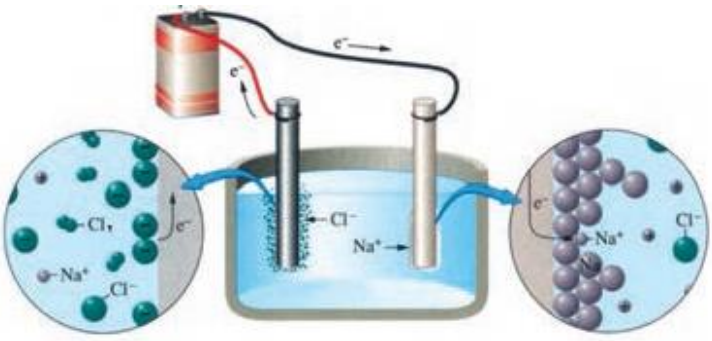
نیم واکنش کاهش آب در کاتد ($2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$)

برقکافت NaCl (l) و تهیه فلز سدیم

- فلز سدیم یک **کاهنده قوی** است که در طبیعت به حالت آزاد یافت نمی شود، عنصری که در ترکیب های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل **یون سدیم** وجود دارد.
- **یون های سدیم** بسیار **پایدارتر** از **اتم های** آن هستند .به همین دلیل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد.
- سدیم کلرید خالص در 801°C ذوب م یشود .افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود 587°پایین می آورد.

در تهیه سدیم از تجزیه گرمایی NaCl به طور خود به خودی یعنی بدون مصرف برق و بدون استفاده از فرایند برقکافت با دمای بسیار بالا حدود ۴۲۶۷°C یعنی کمی بالاتر از دمای خورشید نیاز است که تأمین چنین دمایی ممکن نیست.

$2NaCl_{(s)} \xrightarrow{4267^\circ C} 2Na_{(l)} + Cl_{2(g)}$



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.

خوردگی، یك واكنش اكسایش كاهش ناخواسته

خوردگی به فرایند ترد شدن، خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش کاهش گفته می شود .زنگ زدن آهن، تیره شدن نقره و زنگار سبز بر سطح مس نمون هایی از خوردگی هستند.

.

اکسـید شدن (زنگ زدن)

اکسیژن عنصر بسیار واکنش‌پذیری است به طوری که می‌تواند هر فلز به‌جز فلزهای نجیب یعنی پلاتین، پالادیم و طلا را به طور خود به خودی اکسید نماید یعنی فلزات نجیب زنگ نمی‌زنند و خورده نمی‌شوند.

واکنش‌پذیری اکسیژن و تمایل طبیعی فلزات مخصوصاً آهن و فولاد به رنگ زدن سبب خرد شدن، ترد شدن و فرو ریختن این فلزات می‌شود. برای زنگ زدن فلزات اکسیژن و بخار آب لازم و ملزوم یکدیگرند. خوردگی یا زنگ زدن یک فرآیند اکسایش و کاهش و یک پدیده الکتروشیمیایی است که فلز آند و اکسیژن کاتد و بخار آب الکترولیت آن می‌باشند.

شرایط لازم برای خوردگی فلزات:

۱-اکسیژن، ۲-آب: که این دو لازم و ملزم یکدیگرند.

عواملی که بر سرعت زنگ زدن می‌افزایند:

۱-**وجود یون یا الکترولیت:** نمک‌های محلول مثل NaCl یا $NaNO_3$ و... سرعت زنگ زدن را زیاد می‌کند زیرا در محیط یون دار و الکترولیت مبادله الکترون بین آهن و عوامل خوردگی که آب و اکسیژن می‌باشند سریع‌تر و راحت‌تر انجام می‌گیرد و سرعت خوردگی را بالا می‌برد.

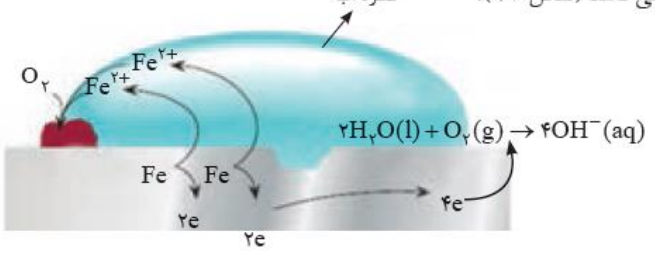
۲- **محیط اسیدی:** افزایش غلظت H^+ سرعت زنگ زدن را زیاد می‌کند زیرا با توجه به نیم واکنش کاتدی در محیط اسیدی غلظت OH^- کم می‌شود و طبق اصل لوشاتلیه نیم واکنش کاتدی $2H_2O+O_2+4e^- \rightleftarrows 4OH^-$ در جهت رفت پیشرفت می‌کند و سرعت زنگ زدن را زیاد می‌کند ولی محیط بازی، سرعت زنگ زدن را کم می‌کند زیرا غلظت OH^- واکنش کاتدی زنگ زدن را طبق اصل لوشاتلیه در جهت برگشت زیاد می‌کند و سرعت کم می‌شود.

۳- **تشکیل سلول الکتروشیمیایی** بر سرعت زنگ زدن می‌افزاید یعنی اگر فلز را به فلزی که پتانسیل الکترودی بزرگ‌تری دارد متصل کنیم زودتر خورده می‌شود و اگر به فلزی که پتانسیل الکترودی کوچکتری دارد وصل شود از زنگ زدن جلوگیری می‌شود.

خوردگی آهن :

در خوردگی آهن نیم واکنش اکسایش و کاهش در دو بخش مختلف قطعه ی آهن رخ می دهد که به ترتیب به آنها پایگاه **آندی** و **کاتدی** می گویند

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 می کاهد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳ـ زنگ زدن آهن در هوای مرطوب

۱) پایگاه آندی : در پایگاه آندی اتم های آهن اکسایش می یابد و یونهای Fe^{2+} تولید شده توسط قطره آب از محل

دور می شوند و الکترونهای تولید شده توسط آهن به پایگاه کاتدی می روند که به آن رسانای الکترونی یا مدار درونی گویند.

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

۲) پایگاه کاتدی : الکترونهای تولید شده در پایگاه آندی به سمت پایگاه کاتدی جریان می یابد و در آن جا اکسیژن و آب نیم واکنش کاتدی را تشکیل می دهند

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

نکته: پایگاه کاتدی معمولا در جایی تشکیل می شود که غلظت اکسیژن زیاد باشد و پایگاه آندی در جایی ایجاد می شود که غلظت اکسیژن کم باشد.

نکته۲) یونهای $Fe^{2+}_{(aq)}$ که در پایگاه آندی تولید شدند در قطره آب جریان یافته و به سمت پایگاه کاتدی می روند که در آنجا با یونهای $OH^-_{(aq)}$ واکنش داده و رسوب $Fe(OH)_{2(s)}$ را تولید می کنند.

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

رسوب حاصله نیز بوسیله اکسیژن و آب اکسایش یافته به رسوب $Fe(OH)_{3(s)}$ تبدیل می شود.

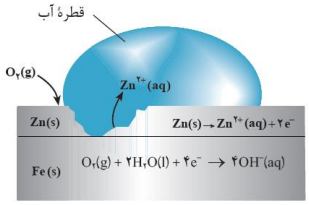
$$Fe(OH)_{2(s)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Fe(OH)_{3(s)}$$

در انتها نیز رسوب حاصله آب از دست داده و تبدیل به آهن (III) اکسید آبپوشیده یا زنگ آهن می شود:

$$Fe(OH)_{3(s)} \rightarrow Fe_2O_3 . 3H_2O_{(s)}$$

جلوگیری از پوسیدگی
- روش معمولی : رنگ کردن ، قیر اندرد کردن ، رو کش دادن به بدنه فلزی
- حفاظت کاتدی : عملی که طی آن فلز مورد نظر خود را در مجاورت فلز دیگری قرار فلز اصلی کوچکتر (منفی تر) باشد در این صورت

آهن گالوانیزه(آهن سفید) : لایه ای از فلز روی که بر روی آهن قرار می گیرد و فلز روی نقش آند را ایفا می کند و از پوسیدگی آهن جلوگیری می کند



نیم واکنش آندی

: نیم واکنش کاتدی

آهن حلبی :

ورقه‌های نازک فولاد یا آهن که به وسیله لایه نازکی از قلع پوشیده شده است.

از حلبی برای ساختن قوطی‌های کنسرو مواد خوراکی استفاده می‌شود چون اسیدهای میوه روی قلع اثر نمی‌کنند. شکل زیر بخشی از یک ورقه‌ی آهنی را نشان می‌دهد که به وسیله‌ی لایه‌ی نازکی از قلع پوشیده شده است. به این نوع آهن حلبی می‌گویند. از ورقه‌های حلبی برای ساختن قوطی‌های روغن نباتی نیز استفاده می‌شود. اگر حلبی خراشیده شود سلولی تشکیل می‌شود از آهن و قلع؛ چون آهن E° کوچکتری نسبت به قلع دارد، الکترون می‌دهد و آند واقع شده و سریع‌تر خورده می‌شود و قلع سالم می‌ماند.

: نیم واکنش آندی

: نیم واکنش کاتدی

نکات

۱- در خوردگی تمام فلزها نیم‌واکنش کاتدی آن به صورت زیر است: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

۲- در جدول سری الکتروشیمیایی قلع بالاتر از هیدروژن است پس باید قلع بتواند به یون هیدروژن اسیدهای میوه اثر کند ولی چون مقدار یون هیدروژن اسیدهای میوه خیلی کم است واکنشی بین آنها انجام نمی‌گیرد ولی چون E° روی خیلی کوچک است می‌تواند به یون H^+ اسیدهای میوه الکترون بدهد و خورده شود.

۳- آهن سفید در مقابل خوردگی مقاوم‌تر از حلبی است.

آبکاری

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

نکات

۱- سطح جسم مورد پوشش باید کاملاً تمیز باشد.

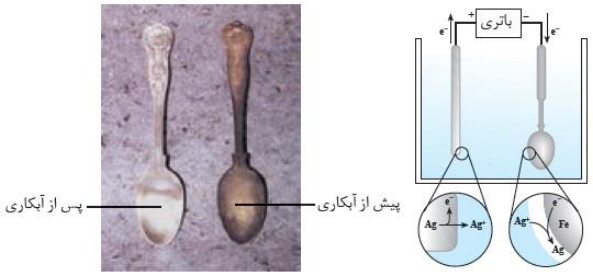
۲- جسمی که روکش فلزی روی آن می‌نشیند باید رسانای جریان برق باشد.

۳- الکترولیت مورد استفاده برای آبکاری باید دارای یون‌های فلزی باشد که قرار است لایه نازکی از آن روی جسم قرار بگیرد. یعنی الکترولیت همیشه محلول نمکی از جنس آند است. مثلاً در آبکاری نقره باید الکترود آند میله‌ای از نقره و الکترولیت نقره نیترات باشد یعنی یون نقره داشته باشد.

۴- هر قدر زمان آبکاری بیش‌تر باشد ضخامت قشر فلز رسوب نموده نیز بیش‌تر خواهد شد.

۵- جسمی را که قرار است آبکاری شود به قطب منفی منبع تغذیه وصل می‌کنند. مثلاً در آبکاری قاشق: باید قاشق کاتد یا قطب منفی باشد.

۶- الکترود آند؛ فلز مورد نظر در آبکاری می‌باشد. مثلاً در آب نقره کاری یک قاشق مسی الکترود آند میله ای از فلز نقره است.



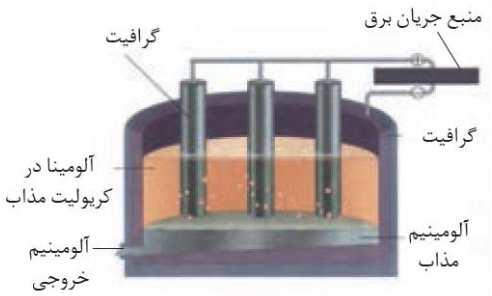
فرایند هال:

- ✓ آلومینیم همانند دیگر فلزهای فعال در طبیعت به شکل ترکیب یافت می شود از این رو این فلز تنها از برقکافت نم کهای مذاب آن به دست می آید
- ✓ فرایند هال به علت مصرف مقدار زیادی انرژی الکتریکی هزینهٔ بالایی دارد از این رو با بازیافت فلز آلومینیم می توان ضمن افزایش عمر یکی از مهم ترین منابع تجدید ناپذیر طبیعت، برخی از هزینه های تولید این فلز را کاهش داد
- ✓ *فراوانترین فلز و سومین عنصر فراوان در پوسته ی زمین بعد از دو عنصر اکسیژن و سیلسیم*

نکته۲) مهمترین و فراوانترین ترکیب Al در طبیعت آلومینیوم اکسید یا آلومینا (Al_2O_3) است که دمای ذوب آن ۲۰۴۵ درجه است

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

مراحل تهیه آلومینیوم به روش هال:



۱) مهمترین سنگ معدن Al ، بوکسیت نام دارد که در واقع آلومینای ناخالص است (بوکسیت به آلومینای خالص تبدیل می شود).

۲) آلومینای خالص را در کریولیت مذاب (Na_3AlF_6) حل می کنند که مخلوط آنها در دمای ۹۶۰ درجه به حالت مذاب در می آید.

نکته: در دستگاه تهیه ی آلومینیوم جنس دیواره ها و کف از گرافیت است که به قطب منفی متصل می شودپس نقش کاتد (قطب منفی) را دارد در بالای دستگاه نیز تیغه های گرافیتی قرار دارند که به قطب مثبت وصل می شوند و نقش آند را دارند.

۳) یونهای Al^{3+} نسبت به یونهای Na^{+} الکترون گیرنده بهتری بوده و کاهش می یابد Al به صورت مذاب از پایین دستگاه خارج می شود و چگالی آن نسبت به الکترولیت (Na_3AlF_6 و Al_2O_3مخلوط)بیشتر است.

در کاتد : $Al^{3+}_{(l)} + 3e^- \rightarrow Al_{(l)}$

۴) در سمت آند نیز یونهای O^{2-} *ناشی از آلومینای مذاب* Al_2O_3 *الکترون می دهند و به صورت گاز اکسیژن خارج می شوند.*

در آند : $2O^{2-}_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 2e^-$

نکته: به دلیل دمای بالا ، گرافیت با اکسیژن واکنش داده و CO_2*ایجاد می کند*

$C_{(\text{گرافیت})} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

۱ - برای آن‌که به یک قاشق آهنی آب نیکل بدهیم به چه نوع سلولی نیاز داریم؟ مشخصات سلول مورد نیاز و واکنش‌های آندی و کاتدی را بنویسید.

۲ - در محل خراش در یک ورق گالوانیزه (آهن سفید) در شرایط مناسب برای خوردگی واکنش‌های آندی و کاتدی را بنویسید.

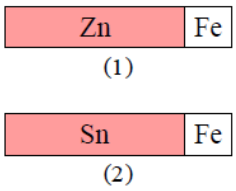
۳ - دو روش اصلی برای حفاظت آهن از خوردگی را نام ببرید و برای هر کدام یک مثال بزنید.

۴ - فلز X با مقدار E° بیشتر از آهن در محیط مرطوب به آهن متصل شده است.

آ) آند و کاتد سلول تشکیل شده در این حالت کدام است؟

ب) گونهٔ اکسنده و گونهٔ کاهنده در این اتصال کدامند؟

۵ - شکل شمارهٔ (۱) و (۲) یک ورقهٔ آهن را نشان می‌دهد که با فلزهای Zn و Sn پوشانده شده است:



آ) نام هر کدام از این ورقه‌ها چیست؟

ب) در صورت خراش و تماس با رطوبت کدامیک زنگ می‌زند؟

پ) برای هر کدام یک کاربرد بنویسید.

۶ - آ) حفاظت کاتدی را تعریف کنید.

ب) با توجه به مقدار عددی E° آهن فلزی که برای حفاظت کاتدی آهن استفاده می‌شود باید مقدار E° بیشتر یا کمتر از آهن داشته باشد؟ چرا؟

$$E^\circ_{Fe^{2+}/Fe} = ۰/۴۴V$$

۷ - با حذف واژه‌های نادرست عبارت درست را بازنویسی کنید:

الف آبکاری مثالی از کاربرد الکتروشیمی در حیطهٔ تأمین انرژی است.

ب در واکنش فلز روی با اکسیژن، فلز روی کاهش می‌یابد.

پ در هر واکنش شیمیایی هنگامی که بار الکتریکی یک گونه مثبت‌تر می‌شود آن گونه کاهش می‌یابد.

ت در واکنش‌های اکسایش کاهش که بصورت خودبخودی انجام می‌شوند واکنش دهنده‌ها پایدارتر از فرآورده‌ها هستند.

۸ - با حذف واژه‌های نادرست عبارت درست را بازنویسی کنید.

الف دیوارهٔ متخلخل در سلول‌های گالوانی از جنس گرافیت یا سرامیک ساخته می‌شوند.

ب رتبه‌بندی فلزها به‌ترتیب کاهش E° آنها در یک جدول پتانسیل استاندارد نامیده می‌شود.

پ در صنعت ورقه‌های آهنی با پوششی از فلز قلع را آهن سفید یا آهن گالوانیزه می‌گویند.

ت جسمی که آبکاری می‌شود را به قطب منفی باتری یا آند سلول متصل می‌کنند.

۹ - درست یا نادرست بودن هر یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید و صورت درست عبارات نادرست را بنویسید.

الف دیوارهٔ متخلخل با جلوگیری از عبور یون‌ها در سلول گالوانی بار الکتریکی دو ظرف آندی و کاتدی را خنثی نگه می‌دارد.

ب در سلول گالوانی کاتیون‌ها از نیم سلول آند به کاتد و آنیون‌ها از نیم سلول کاتد به آند مهاجرت می‌کنند.

پ برای تهیهٔ فلز منیزیم آب دریا را برقکافت می‌کنند.

ت فرآوردهٔ نهایی خوردگی آهن را می‌توان با فرمول شیمیایی $Fe(OH)_2$ نشان داد.

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

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

نیم واکنش 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
$2H^{+}(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(s)$	0/00
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	- 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 قوی تر

کاهنده قوی تر

۲ - در سلول گالوانی تشکیل شده از دو نیم‌سلول بالا مشخص کنید کدام‌یک نقش آند و کدام‌یک نقش کاتد را دارد؟

۳ - شکل زیر سلول گالوانی استاندارد روی - 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.

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

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

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

$$۳Mg(s) + ۲Au^{۳+}(aq) \rightarrow ۳Mg^{۲+}(aq) + ۲Au(s)$$

نیم واکنش 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
$2H^{+}(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(s)$	0/00
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	- 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 قوی تر

کاهنده قوی تر

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

آ) $Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Cu(s)$

ب) $Cr^{۲+}(aq) \rightarrow Cr^{۳+}(aq)$

پ) $C(s) \rightarrow CO(g)$

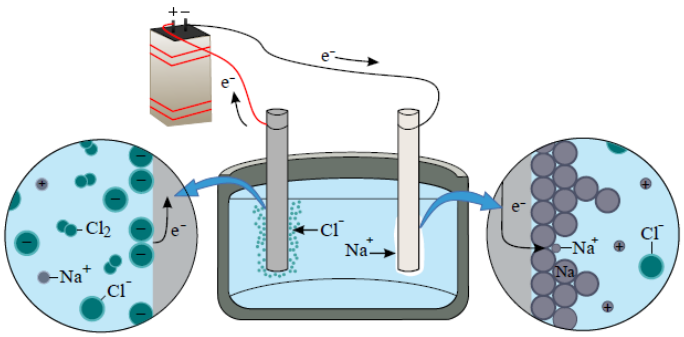
ت) $NH_۳(g) \rightarrow N_۲(g)$

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

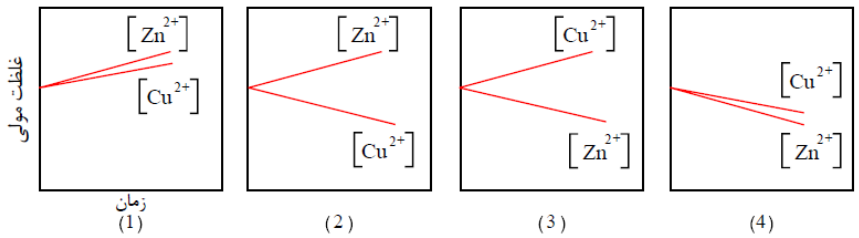
آ) $۲Al(s) + Fe_۲O_۳(s) \rightarrow Al_۲O_۳ + ۲Fe(s)$

ب) $۲CO(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲CO_۲(g)$

۷ - با توجه به شکل، واکنش کلی برقکافت سدیم کلرید مذاب را به دست آورید.



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



۹ - emf سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با $۱٫۹۸\,V$ است. E° نیم‌سلول A را حساب کرده و با مراجعه به جدول مشخص کنید A کدام فلز است؟

$$A(s) + ۲Ag^+(aq) \rightarrow A^{۲+}(aq) + ۲Ag(s)$$

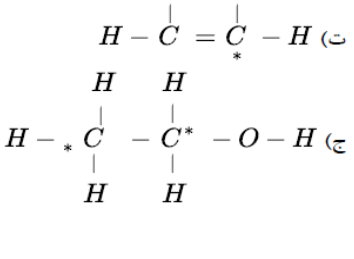
۱۰ - عدد اکسایش اتم نشان داده شده با ستاره را مشخص کنید.

آ) $\overset{*}{S}O_۴^{۲-}$

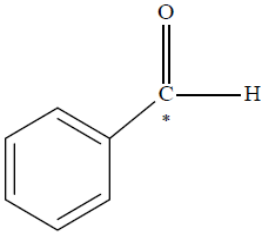
ب) $H_۲\overset{*}{O}_۲$

پ) $\overset{*}{N}H_۴\overset{*}{N}O_۳$

ت)



ث)



ج)

۱۱ - در هر یک از واکنش‌های زیر گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

آ) $N_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲NO(g)$

ب) $Cl_۲(g) + ۲KI(aq) \rightarrow I_۲(s) + ۲KCl(aq)$

پ) $N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightarrow ۲NH_۳(g)$

۱۲ - با توجه به نیم‌واکنش‌های زیر توضیح دهید چرا:

$O_۲(g) + ۴H^+(aq) + ۴e \rightarrow ۲H_۲O(l) \qquad E^\circ = +۱٫۲۳V$

$O_۲(g) + ۲H_۲O(l) + ۴e \rightarrow ۴OH^-(aq) \qquad E^\circ = +۰٫۴۰V$

$Au^{۳+}(aq) + ۳e \rightarrow Au(s) \qquad E^\circ = +۱٫۵۰V$

$Fe^{۲+}(aq) + ۲e \rightarrow Fe(s) \qquad E^\circ = -۰٫۴۴V$

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؟

۱۳ - با توجه به واکنش‌های زیر به طور طبیعی انجام می‌شوند گونه‌های کاهنده و گونه‌های اکسنده را برحسب کاهش قدرت مرتب کنید.

$۲Cr^{۲+}(aq) + Sn^{۲+}(aq) \rightarrow ۲Cr^{۳+}(aq) + Sn(s)$

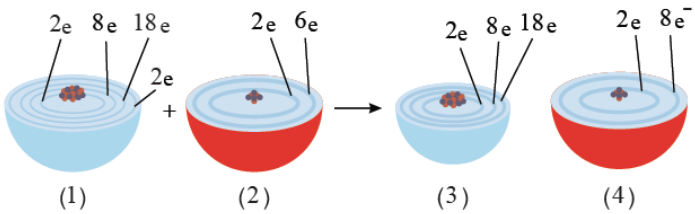
$Fe(s) + Sn^{۲+}(aq) \rightarrow Fe^{۲+}(aq) + Sn(s)$

$Fe(s) + ۲Cr^{۳+}(aq) \rightarrow Fe^{۲+}(aq) + ۲Cr^{۲+}(aq)$

۱۴ - با توجه به جدول پتانسیل‌های کاهشی استاندارد توضیح دهید کدام ظرف (مسی یا آهنی) برای نگه‌داری محلول هیدروکلریک 'سید مناسب است؟

۱۵ - اکسیژن نافلزی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می‌دهد و آنها را به اکسید فلز تبدیل می‌کند، در حالی‌که 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.

تمرین های کتاب



الف کدام ساختار اتم روی و کدام‌یک اتم اکسیژن را نشان می‌دهد؟

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

پ اگر گرفتن الکترون را **کاهش** و از دست دادن الکترون را **اکسایش** بنامیم، کدام گونه کاهش و کدام گونه اکسایش یافته است؟

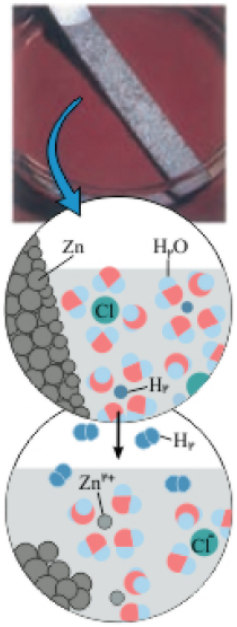
ت شیمی‌دان‌ها هریک از فرایندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک نیم‌واکنش نمایش می‌دهند که هر نیم واکنش باید از لحاظ جرم (اتم‌ها) و بار الکتریکی موازنه باشد. اینک با قرار دادن تعداد معینی الکترون، هریک از نیم‌واکنش‌های زیر را موازنه کنید.

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

ث کدام‌یک از نیم‌واکنش‌های بالا، نیم‌واکنش اکسایش و کدام‌یک نیم‌واکنش کاهش را نشان می‌دهد؟چرا؟

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

۱۶ - 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.



تمرین های کتاب

الف 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 به دست آید.

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

در این واکنش، اتم‌های روی الکترون [از دست داده / به دست آورده] و [کاهش / افزایش] یافته‌اند و سبب [کاهش / افزایش] یون‌های هیدروژن شده‌اند، از این رو اتم‌های روی نقش [اکسنده / کاهنده] دارند. در حالیکه یون‌های هیدروژن، الکترون [از دست داده / به دست آورده] و [کاهش / افزایش] یافته‌اند و سبب [کاهش / افزایش] اتم‌های روی شده‌اند، از این رو یون‌های هیدروژن نقش [اکسنده / کاهنده] دارند.

۱۷ - در هریک از واکنش‌های زیر، گونه‌های اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

الف

$$۲Al(s) + ۳Cu^{۲+}(aq) \rightarrow ۲Al^{۳+}(aq) + ۳Cu(s)$$

ب

$$Cu^{۲+}(aq) + ۲Fe^{۲+}(aq) \rightarrow Cu(s) + ۲Fe^{۳+}(aq)$$

۱۸ - جدول زیر داده‌هایی را از قرار دادن برخی تیغه‌های فلزی درون محلول مس (II) سولفات در دمای $۲۰^{\circ}C$ نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

نام فلز	نشانهٔ شیمیایی فلز	دمای مخلوط واکنش پس از مدتی $(^{\circ}C)$
آهن	Fe	۲۳
طلا	Au	۲۰
روی	Zn	۲۶
مس	Cu	۲۰

الف تغییر دمای مخلوط واکنش نشان‌دهندهٔ چیست؟

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

$$Fe(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow \cdots\cdots\cdots(aq) + \cdots\cdots\cdots(s)$$

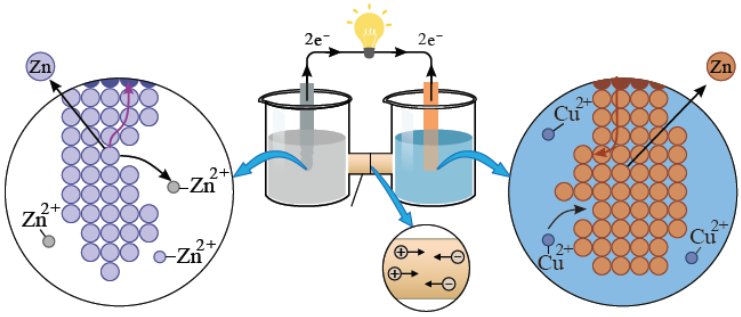
$$Zn(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow \cdots\cdots\cdots(aq) + \cdots\cdots\cdots(s)$$

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؟

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



الف نیم‌واکنش‌های انجام شده در هر نیم‌سلول و واکنش کلی سلول را بنویسید.

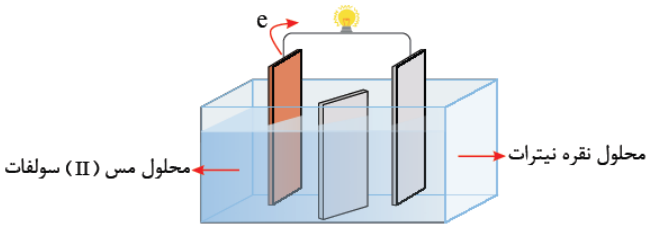
تمرین های کتاب

ب آند الکترودی است که در آن نیم‌واکنش اکسایش و کاتد 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؟

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



الف 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 دیوارهٔ متخلخل مشخص کنید.

۲۱ - با استفاده از جدول زیر مشخص کنید در سلول گالوانی ساخته شده از نقره و منیزیم:

نیم واکنش 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
$2H^{+}(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(s)$	0/00
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	- 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

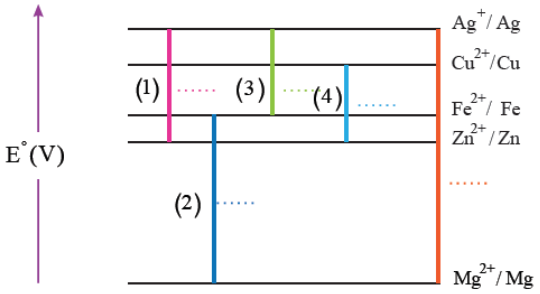
اکسنده قوی تر

کاهنده قوی تر

الف کدام الکترود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟

ب نیم‌واکنش‌های انجام شده را بنویسید و واکنش کلی سلول را به دست آورید.

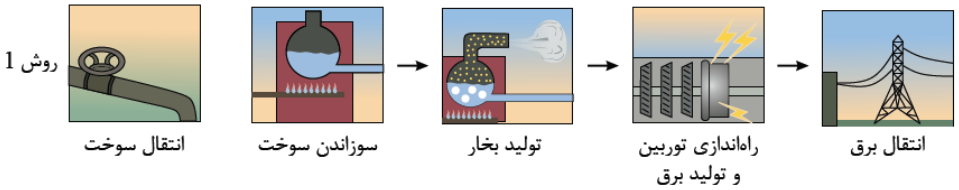
۲۲ - در نمودار زیر هر خط رنگی نشان‌دهندهٔ یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می‌دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش‌ها پاسخ دهید.

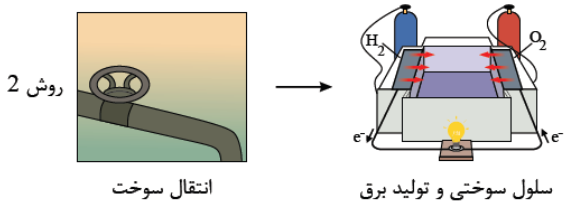


الف نخست برای هر سلول گالوانی، آند و کاتد را مشخص کرده سپس emf را حساب کنید و در جای خالی بنویسید.

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

۲۳ - 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.





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

ب کدام روش کارایی بالاتری دارد؟ توضیح دهید.

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

$$O_2(g) + H^+(aq) + e^- \rightarrow H_2O(l) \qquad E^\circ = +1{,}2V$$

$$H_2(g) \rightarrow H^+(aq) + e^- \qquad E^\circ = 0{,}0V$$

الف هر یک از نیم‌واکنش‌ها را موازنه کنید سپس واکنش کلی سلول را به دست آورید.

ب emf این سلول را حساب کنید.

۲۵ - نیم‌واکنش‌های انجام شده در سلول الکترولیتی هنگام برقکافت آب به‌صورت زیر است:

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

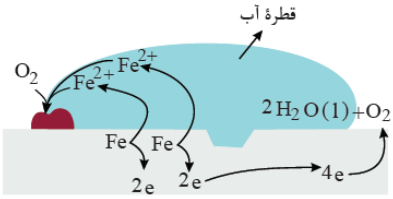
الف با وارد کردن نماد الکترون در هر نیم‌واکنش، مشخص کنید کدام نیم‌واکنش آندی و کدام کاتدی است؟

ب ب) هر یک از نیم‌واکنش‌ها را موازنه کنید و معادله کلی واکنش را به دست آورید.

تمرین های کتاب

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

۲۶ - با توجه به شکل و نیم‌واکنش‌های انجام شده در آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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

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

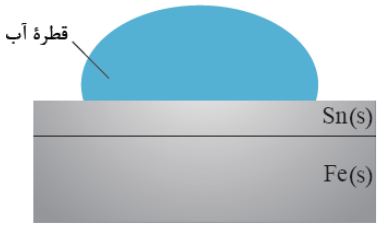
الف هر یک از نیم‌واکنش‌ها را موازنه کنید.

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

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

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

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

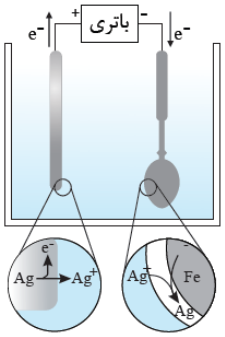


الف در اثر ایجاد خراش در سطح این نوع آهن، کدام فلز خورده می‌شود؟ کدام فلز در برابر خوردگی محافظت می‌شود؟

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؟

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



تمرین های کتاب

الف قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟

ب نیم‌واکنش کاتدی را بنویسید.

پ چرا الکترولیت را محلولی از نمک نقره انتخاب کرده‌اند؟

۲۹ - برای هر یک از جمله‌های زیر، دلیلی بنویسید.

الف 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 $+2$ است.

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

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

نیم‌واکنش کاهش	$E^\circ(V)$
$A^+(aq)+e^-\rightarrow A(s)$	$+1/33$
$B^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow B(s)$	$+0/87$
$C^{3+}(aq)+e^-\rightarrow C^{2+}(aq)$	$-0/12$
$D^{3+}(aq)+3e^-\rightarrow D(s)$	$-1/59$

الف 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؟

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

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

الف گونه‌های اکسنده و کاهنده را در آن مشخص کنید.

ب آند و کاتد را در این باتری مشخص کنید.

پاسخنامه تشریحی

۱ -

$E^{\circ}(Zn^{۲+}/Zn) = -۰/۷۶V$ و $E^{\circ}(Cu^{۲+}/Cu) = +۰/۳۴V$

۲ - Zn نقش آند و Cu نقش کاتد را دارد.

۳ - برای محاسبهٔ مقدار emf سلول گالوانی از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

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

۴ - در این سلول Mg آند و Au کاتد خواهد بود:

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

$emf = ۱/۵ - (-۲/۳۷) = ۳/۸۷v$

۵ -

آ) $Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Cu(s)$ دو درجه کاهش

$+۲ \quad \rightarrow \quad ۰$

ب) $Cr^{۲+}(aq) \rightarrow Cr^{۳+}(aq)$ یک درجه اکسایش

$+۲ \quad \rightarrow \quad +۳$

پ) $C(s) \rightarrow CO(g)$ دو درجه اکسایش

$۰ \quad \rightarrow \quad +۲$

ت) $NH_۳ \rightarrow N_۲$ سه درجه اکسایش

$۳\uparrow$

$-۳ \quad \longrightarrow \quad ۰$

۶ -

آ) $۲Al(s) + Fe_۲O_۳(s) \rightarrow Al_۲O_۳(s) + ۲Fe(s)$

Al کاهنده و $Fe^{۳+}$ اکسنده است. Al از صفر به $+۳$ اکسایش یافته و $Fe^{۳+}$ از $+۳$ به صفر کاهش یافته است.

ب) $۲CO(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲CO_۲(g)$

C کاهنده و $O_۲$ اکسنده است. C از $+۲$ به $+۴$ اکسایش یافته و O از صفر به -۲ کاهش یافته است.

۷ -

واکنش در کاتد : $Na^{+}(l) + e^{-} \rightarrow Na(l)$

واکنش در آند : $۲Cl^{-}(l) \rightarrow Cl_۲(g) + ۲e^{-}$

واکنش کلی برق‌کافت : $۲Na^{+}(l) + ۲Cl^{-}(l) \rightarrow ۲Na(l) + Cl_۲(g)$

یا $۲NaCl(l) \rightarrow ۲Na(l) + Cl_۲(g)$

۸ - در این سلول با توجه به مقادیر E° روی آند است و دچار اکسایش می‌شود و Cu کاتد است و معادلهٔ کلی را می‌توان به صورت مقابل نوشت:

$E^{\circ}Zn^{۲+}/Zn = -۰/۷۶$

$E^{\circ}Cu^{۲+}/Cu = +۰/۳۴$

$Zn(s) + Cu^{۲+}(aq) \rightarrow Zn^{۲+}(aq) + Cu(s)$

پس با تولید $Zn^{۲+}$ غلظت آن افزایش و با مصرف $Cu^{۲+}$ غلظت آن کاهش می‌یابد و نمودار (۲) این را نشان می‌دهد.

۹ - فلز A دچار اکسایش شده و آند سلول است و Ag^{+} دچار کاهش شده و Ag نقش کاتد را دارد:

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

$E^{\circ}{}_{A^{۲+}/A} = ۰/۸۰ - ۱/۹۸ = -۱/۱۸V$

با توجه به جدول فلز A منگنز می‌باشد:

$E^{\circ}{}_{Mn^{۲+}/Mn} = -۱/۱۸$

۱۰ -

آ) $\underline{S}O_۴^{۲-} : x + ۴(-۲) = -۲ \Rightarrow x = +۶$

ب) $H_۲\underline{O}_۲ : (۲ \times ۱) + (۲x) = ۰ \Rightarrow x = -۱$

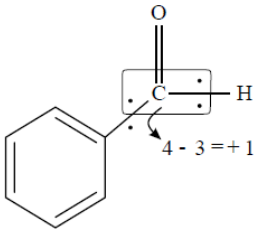
پ) $\underline{N}H_۴\underline{N}O_۳ : \underline{N}H_۴^{+} \cdots \underline{N}O_۳^{-} \begin{cases} x + (۴ \times ۱) = +۱ \Rightarrow x = -۳ \\ x' + ۳(-۲) = -۱ \Rightarrow x' = +۵ \end{cases}$

ت) $H\underline{C} \equiv \underline{C} - H : ۲x + (۴ \times ۱) = ۰ \Rightarrow x = -۲$

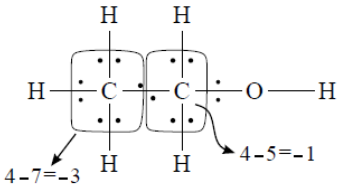
با توجه به متقارن بودن شکل عددهای اکسایش کربن‌ها با هم برابر است:

در مورد ث و ج با توجه به نا متقارن بودن شکل و یکسان نبودن اتم‌های متصل به C از رابطهٔ زیر عددهای اکسایش کربن را به دست می‌آوریم.

الکترون‌های نسبت داده شده به کربن − ۴ = عدد اکسایش کربن



ث)



ج)

۱۱ - آ) N: دچار اکسایش شده کاهنده است و O دچار کاهش شده اکسنده است.

ب) Cl: دچار کاهش شده اکسنده است و I^- دچار اکسایش شده کاهنده است.

پ) N: دچار کاهش شده اکسنده است و H دچار اکسایش شده کاهنده است.

۱۲ - آ) چون پتانسیل کاهش برای O_2 در محیط اسیدی بزرگتر است پس O_2 در محیط اسیدی اکسندهٔ قوی‌تر است و آهن را بیشتر اکسید می‌کند.

ب) چون پتانسیل کاهش برای Au^{3+} نسبت به پتانسیل کاهش O_2، حتی در محیط اسیدی بیش‌تر است و O_2 نمی‌تواند Au را اکسید می‌کند.

۱۳ -

قدرت کاهندگی با توجه به هر واکنش: $Cr^{2+} > Sn \ , \ Fe > Sn \ , \ Fe > Cr^{2+}$

قدرت کاهندگی کلی: $Fe > Cr^{2+} > Sn$

قدرت اکسندگی با توجه به هر واکنش: $Sn^{2+} > Cr^{3+} \ , \ Sn^{2+} > Fe^{2+} \ , \ Cr^{3+} > Fe^{2+}$

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

۱۴ - ظرف مسی مناسب است. با توجه به موقعیت عناصر فلز مس نمی‌تواند با H^+ وارد واکنش شده به آن الکترون بدهد اما چون Fe کاهنده‌تر است به H^+ الکترون می‌دهد و خورده می‌شود.

$E^{\circ}{}_{Cu}{}^{2+}/_{Cu} = ۰/۳۴$ $\quad E^{\circ}{}_{2H^+}/_{H_2} = ۰$ $\quad E^{\circ}{}_{Fe}{}^{2+}/_{Fe} = -۰/۴۴$

۱۵ - با توجه به شکل معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت زیر است:

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

الف شکل (۱) اتم روی و شکل (۲) اتم اکسیژن است.

ب اتم Zn الکترون از دست داده است و دچار اکسایش شده و اتم O الکترون گرفته و دچار کاهش شده است.

پ اتم Zn الکترون از دست داده است و دچار اکسایش شده و اتم O الکترون گرفته و دچار کاهش شده است.

ت نیم واکنش‌های انجام شده بصورت مقابل است:

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

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

ث نیم واکنش‌های انجام شده بصورت مقابل است:

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

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

ج Zn کاهنده و O_2 اکسنده است.

۱۶ - معادلهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

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

الف Zn الکترون از دست داده اکسایش یافته و H^+ الکترون گرفته و کاهش یافته است.

ب

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

$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$: کاهش H^+

پ

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

$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$: کاهش H^+

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

ت جملهٔ کامل: در این واکنش اتم‌های روی الکترون از دست داده و اکسایش یافته‌اند و سبب کاهش یون‌های هیدروژن شده‌اند از این رو اتم‌های روی نقش کاهنده دارند در حالیکه یون‌های هیدروژن الکترون بدست آورده و کاهش یافته‌اند و سبب اکسایش اتم‌های فلز روی شده‌اند. از این رو یون‌های هیدروژن نقش اکسنده دارند.

۱۷ -

الف Al الکترون از دست داده، اکسایش یافته و کاهنده است و Cu^{2+} الکترون گرفته، کاهش یافته و اکسنده است.

ب Fe^{2+} از دست داده، اکسایش یافته و کاهنده است و Cu^{2+} الکترون گرفته، کاهش یافته و اکسنده است.

۱۸ -

الف انجام شدن واکنش

ب

Fe کاهنده و Cu^{2+} اکسنده $\quad Fe(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$

Zn کاهنده و Cu^{2+} اکسنده $\quad Zn(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

پ Zn زیرا میزان تغییر دما بیشتر است و به‌عبارتی شدت واکنش انجام شده بیشتر است.

ت قدرت کاهندگی : $Zn > Fe > Cu > Au$

ث خیر با توجه به اینکه قدرت کاهندگی Cu کمتر از Zn است Cu نمی‌تواند به یون Zn^{2+} الکترون بدهد.

۱۹ -

الف

در آند : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

در کاتد : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

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

ب Zn آند است و Cu کاتد است.

پ از آند (تیغه Zn) به سمت کاتد (تیغه Cu)

ت با توجه به تبدیل Zn به Zn^{2+} از جرم آن کاسته می‌شود و با توجه به تبدیل Cu^{2+} به Cu به جرم آن اضافه می‌شود.

۲۰ -

الف با توجه به جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی معلوم می‌شود. الکترود مس آند ($-$) و نقره کاتد ($+$) است.

ب

نیم‌واکنش آندی: $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاتدی: $2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s)$

پ تیغهٔ Cu با کاهش جرم و تیغهٔ Ag با افزایش جرم همراه خواهند بود. تبدیل Cu به Cu^{2+} موجب خورده شدن الکترود مس و تبدیل Ag^+ به Ag موجب افزایش جرم تیغهٔ Ag است.

ت یون‌های Cu^{2+} از چپ به راست و از محیط آندی به سمت محیط کاتدی می‌روند و یون‌های NO_3^- به سمت چپ و الکترولیت آندی حرکت می‌کنند.

۲۱ -

الف ۱) Mg نقش آند و Ag نقش کاتد را دارد.

منیزیم E° کمتر دارد و کاهنده‌تر است و نقش آند را دارد و نقره کاتد خواهد بود.

ب

نیم‌واکنش آندی:

نیم‌واکنش آندی : $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاتدی : $2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s)$

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

۲۲ - به طور کلی فلزی که بالاتر است و E° بزرگتری دارد کاتد بوده و فلز پایین‌تر با E° کوچکتر آند است.

الف

$emf = E^\circ$ (کاتد) $- E^\circ$ (آند)

۱) $\frac{Zn}{2Ag^+} \Rightarrow emf = 0{,}8 - (-0{,}76) = 1{,}56v$

تمرین های کتاب

۲) $\frac{Mg}{Fe^{2+}} \Rightarrow emf = -0/44 - (-2/37) = 1/93v$

۳) $\frac{Fe}{2Ag^{+}} \Rightarrow emf = 0/8 - (-0/44) = 1/24v$

۴) $\frac{Zn}{Cu^{2+}} \Rightarrow emf = 0/34 - (-0/76) = 1/1v$

۵) $\frac{Mg}{2Ag^{+}} \Rightarrow emf = 0/8 - (-2/37) = 3/17v$

ب بیشترین ولتاژ مربوط به اتصال کاهنده‌ترین فلز که کمترین E° را دارد به عنوان آند و فلزی که بیشترین E° را دارد به عنوان کاتد خواهد بود در این حالت اختلاف E° که همان emf سلول می‌شود بیشترین مقدار را خواهد داشت یعنی Mg و Ag.

- ۲۳

الف در روش **۲** که مسیر کوتاه‌تری را نشان می‌دهد حرارت دهی و اتلاف گرما نداریم اما در روش **۱** مقدار زیادی از انرژی سوخت برای تولید بخار تلف می‌شود.

انرژی الکتریکی ← انرژی مکانیکی ← انرژی گرمایی ← انرژی شیمیایی ⇒ روش (۱) یا موتور درون‌سوز

انرژی الکتریکی ← انرژی شیمیایی ⇒ روش (۲) یا سلول سوختی

ب روش **۲** کارایی بالاتری را در سلول سوختی نشان می‌دهد چون بازده بالاتری (حدود **۳** برابر) نسبت به روش **۱** دارد.

- ۲۴

الف

$O_2(g) + 4H^{+}(aq) + 4\bar{e} \rightarrow 2H_2O(l) \quad E^{\circ} = 1/2v$: واکنش کاتدی

$H_2(g) \rightarrow 2H^{+}(aq) + 2\bar{e} \quad E^{\circ} = 0/0V$: واکنش آندی

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

واکنش دوم را در **۲** ضرب و با واکنش اول جمع می‌کنیم تا واکنش کل به دست آید.

ب $emf : E^{\circ}_{کاتد} - E^{\circ}_{آند} = 1/2 - 0 = 1/2v$

- ۲۵

الف

$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^{+}(aq) + 4e^{-}$: نیم‌واکنش آندی

$2H_2O(l) + 2e^{-} \rightarrow H_2(g) + 2OH^{-}(aq)$: نیم‌واکنش کاتدی

ب ب) واکنش دوم را در **۲** ضرب و با واکنش اول جمع می‌کنیم:

$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^{+}(aq) + 4e^{-}$: نیم‌واکنش آندی

$2H_2O(l) + 2e^{-} \rightarrow H_2(g) + 2OH^{-}(aq)$: نیم‌واکنش کاتدی

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

پ پ) کاغذ pH پیرامون محیط آندی که H^{+} دارد و اسیدی است به رنگ قرمز و پیرامون محیط کاتدی که OH^{-} دارد و بازی است به رنگ آبی درمی‌آید.

- ۲۶

الف

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

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

ب

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

پ

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

- ۲۷

الف Fe خورده می‌شود و فلز Sn در برابر خوردگی محافظت می‌شود. چون پتانسیل کاهش برای Fe^{2+} کوچکتر از Sn^{2+} است و Fe کاهنده‌تر از Sn است پس Fe آند و Sn کاتد واقع می‌شود.

ب

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

$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}(aq)$: واکنش کاهش

پ فلز روی موجود در آهن گالوانیزه با آنزیم‌های مواد غذایی می‌تواند دچار اکسایش شده موجب فساد مواد غذایی شود در حالیکه آنزیم‌های غذا بر قلع بی اثر هستند.

- ۲۸

تمرین های کتاب

الف قطب منفی یا کاتد

ب $Ag^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Ag(s)$: نیم‌واکنش کاتدی

پ وجود یون‌های Ag^{+} در محلول با افزایش غلظت این یون به آبکاری قاشق کمک می‌کند.

- ۲۹

الف با توجه به مقدار پتانسیل کاهشی پلاتین $(E^{\circ}{}_{Pt^{2+}/Pt} = 1{,}20v)$ این فلز بسیار پایدار است و تمایلی به واکنش و از دست دادن الکترون ندارد و با عناصر بدن واکنش نمی‌دهد.

ب با توجه به مقدار پتانسیل کاهشی فلوئور $(E^{\circ}{}_{F_2/2F^{-}} = 2{,}87v)$ بیشترین تمایل به گرفتن الکترون را داشته و تمایل به کاهش و خاصیت اکسندگی مربوط به این عنصر بیشتر از سایر مواد است.

پ F همیشه عدد اکسایش -1 دارد پس اکسیژن عدد اکسایش $+2$ خواهد داشت:
(تمایل به جذب الکترون یا الکترونگاتیوی و خصلت نافلزی F از O بیشتر است.)

$$\overset{x}{O}\overset{-1}{F_2}$$

$$x + 2(-1) = 0 \qquad x = +2$$

ت در سوختن متان کربن دی اکسید تولید می‌شود و عدد اکسایش C از -4 به $+4$ یعنی ۸ درجه افزایش می‌یابد:

$$\overset{-4}{C}\overset{+1}{H_4} \rightarrow \overset{+4}{C}\overset{-2}{O_2}$$

- ۳۰

الف A^{+} قوی‌ترین اکسنده و D^{3+} ضعیف‌ترین اکسنده است.

ب D قوی‌ترین کاهنده و A ضعیف‌ترین کاهنده است.

پ گونه‌هایی که قدرت اکسندگی بیشتری دارند یعنی B^{2+} و A^{+}

- ۳۱

الف Zn الکترون می‌دهد و کاهنده است و دچار اکسایش می‌شود و آند یا قطب منفی سلول است. و Ag^{+} الکترون می‌گیرد، کاهش می‌یابد و اکسنده است.

ب Ag^{+} الکترون می‌گیرد دچار کاهش می‌شود و اکسنده است و Ag کاتد یا قطب مثبت سلول است.