فصل دوم: (آسایش و رفاه در سایه شیمی)

درس‌نامه

بخش ۱ (مقدمه‌ای بر الکتروشیمی و واکنش‌های اکسایش - کاهش)

۱-۱) انجام واکنش با سفر الکترون (کاربردهای الکتروشیمی و واکنش‌های اکسایش و کاهش)

الکتروشیمی

دربارهٔ تبدیل انرژی شیمیایی و الکتریکی به یکدیگر بحث می‌کند (الکتروشیمی علم ارتباط شیمی و الکتریسیته است که توسط فارادی مطرح شد)

کاربردها و قلمروهای الکتروشیمی:

- باتری یکی از فرآورده‌های مهم صنعتی است که در محل مورد نیاز با انجام واکنش‌های 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 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.
- کسب اطمینان از کیفیت تولید فرآورده‌های دارویی، بهداشتی، غذایی و...

تعریف اکسایش: ۱) گرفتن اکسیژن ۲) از دست دادن هیدروژن ۳) از دست دادن الکترون (جامع‌تر: افزایش عدد اکسایش)

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

کاهنده: ماده‌ای که الکترون می‌دهد. اکسایش می‌یابد و خاصیت **کاهندگی** دارد. زیرا باعث می‌شود که مادهٔ دیگر الکترون گرفته و کاهش یابد.

اکسنده: ماده‌ای که الکترون بگیرد کاهش می‌یابد و نقش **اکسندگی** دارد. زیرا باعث می‌شود که مادهٔ دیگر الکترون از دست داده و اکسایش یابد.

مثال ۱ *در ستون اول یکی از کاربردهای الکتروشیمی آورده شده و در ستون دوم مثال‌هایی از کاربردهای مختلف نوشته شده، هر مورد را به مثال‌های مربوطه متصل کنید و یا به‌صورت جمله بیان کنید.*

کاربردهای	مثال:
الف) تولید مواد	۱- pH آب پرتقال ۵/۵ الی ۶ است.
ب) تولید انرژی	۲- بیمارانی که مشکل شنوایی دارند از سمعک استفاده می‌کنند.
پ) کنترل کیفی	۳- از سلول سوختی به‌عنوان تأمین برق بیمارستان‌ها و فضاپیماها می‌توان استفاده کرد.
	۴- با برقکافت سدیم کلرید مذاب می‌توان فلز سدیم و گاز کلرید تولید کرد.

پاسخ: الف با مثال ۴ ب با مثال‌های ۲ و ۳ پ با مثال ۱

مثال ۲ *با توجه به واکنش* $Sn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq) \rightarrow Sn^{4+}(aq) + Fe^{2+}(aq)$ *پاسخ دهید.*

الف) کدام گونه اکسایش یافته و کدام گونه کاهش یافته است؟ دلیل بنویسید.

ب) کدام گونه اکسنده و کدام گونه کاهنده است؟

پاسخ: الف) Sn^{2+} اکسایش یافته زیرا ۲ درجه عدد اکسایش آن افزایش یافته است.

Fe^{3+} کاهش یافته زیرا ۱ درجه عدد اکسایش آن کاهش یافته است.

$$\underset{\downarrow}{\underline{Sn}^{+2}}(aq) + \underset{\downarrow}{\underline{Fe}^{+3}}(aq) \rightarrow \underset{\downarrow}{\underline{Sn}^{+2}}(aq) + \underset{\downarrow}{\underline{Fe}^{+3}}(aq)$$

$$\underset{\downarrow}{+2} \quad \underset{\downarrow}{+3} \quad \underset{\downarrow}{+4} \quad \underset{\downarrow}{+2}$$

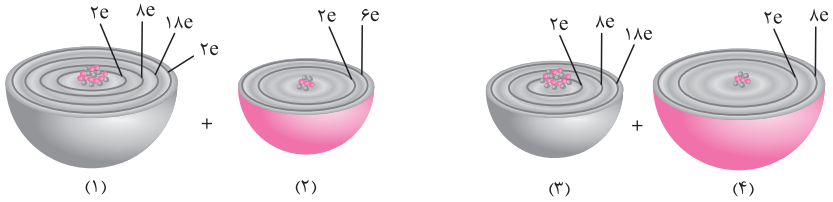
۲ درجه افزایش

۱ درجه کاهش

ب) Sn^{2+} کاهنده. زیرا Sn^{2+} با از دست دادن الکترون اکسایش یافته و سبب کاهش Fe^{3+} شده است.

Fe^{3+} اکسنده. زیرا Fe^{3+} با گرفتن الکترون کاهش یافته و سبب اکسید شدن Sn^{2+} شده است.

مثال۳ *اکسیژن نافلزی فعال است که با اغلب فلزها واکنش می‌دهد و آنها را به اکسید فلز تبدیل می‌کند، در حالی که 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.*



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

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

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

پاسخ:

الف) ۱- اتم روی ۲- اتم اکسیژن

ب) اتم روی الکترون از دست داده و اتم اکسیژن الکترون گرفته است.

پ) اتم روی اکسایش یافته (کاهنده است) - اتم اکسیژن کاهش یافته (اکسنده است)

۲-۱) موازنه واکنش اکسایش و کاهش و محاسبه عدد اکسایش

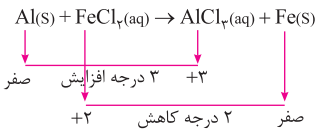
موازنه واکنش اکسایش و کاهش

۱- نیم‌واکنش اکسایش و نیم‌واکنش کاهش را می‌نویسیم.

۲- با قرار دادن ضریب، الکترون مبادله شده در ۲ نیم‌واکنش را برابر می‌کنیم.

۳- ۲ نیم‌واکنش اکسایش و کاهش را جمع می‌کنیم و واکنش کلی موازنه شده را می‌نویسیم.

مثال۴ *واکنش اکسایش - کاهش مقابل را در نظر بگیرید و پرسش‌های مطرح شده را پاسخ دهید.*



الف) کدام‌گونه اکسایش یافته و کدام‌گونه کاهش یافته است؟ با ذکر دلیل

ب) گونه اکسنده، کاهنده و ناظر (تماشاگر) را مشخص کنید.

پ) نیم‌واکنش اکسایش و نیم‌واکنش کاهش را بنویسید و واکنش را موازنه کنید.

ت) در این واکنش چند الکترون مبادله شده است؟

پاسخ:

الف) Al اکسایش یافته و $Fe^{۲+}$ کاهش یافته است.

ب) Al (کاهنده)، $Fe^{۲+}$ (اکسنده)، Cl^- (ناظر) زیرا عدد اکسایش Cl^- تغییری نکرده است و در هر دو طرف برابر ۱- است.

پ) نیم‌واکنش اکسایش: $(Al(s) \rightarrow Al^{۳+}_{(aq)} + ۳e^-) \times ۲$

نیم‌واکنش کاهش: $(Fe^{۲+}(aq) + ۲e^- \rightarrow Fe(s)) \times ۳$

واکنش کلی موازنه شده: $۲Al(s) + ۳Fe^{۲+}_{(aq)} \rightarrow ۲Al^{۳+}(aq) + ۳Fe(s)$

ت) ۶ الکترون

۳-۱ محاسبه عدد اکسایش:

۱- عدد اکسایش عنصرها در حالت آزاد برابر صفر است.

۲- عدد اکسایش فلزهای قلیایی، قلیایی خاکی در ترکیب‌های شیمیایی به‌ترتیب برابر ۱+ و ۲+ است.

۳- عدد اکسایش هیدروژن و اکسیژن در اغلب ترکیب‌ها به‌ترتیب برابر ۱+ و ۲- است.

۴-عدد اکسایش یون تک‌اتمی با بار آن برابر است.

نکته عدد اکسایش هالوژنها (I, Br, Cl, F) در صورتی‌که اتم مرکزی نباشند برابر ۱- است.

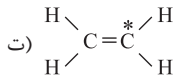
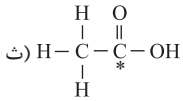
۵- مجموع عدد اکسایش ترکیب خنثی برابر صفر و مجموع عدد اکسایش یون‌ها برابر با یون است.

۶- در ترکیب‌های آلی با توجه به ساختار ترکیب می‌توان عدد اکسایش هر کدام از عناصر O, H, C .... را به‌دست آورد.

(مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی آن عنصر) - (شمار الکترون‌های لایه ظرفیت) = عدد اکسایش

مثال ۵ در هر کدام از گونه‌های زیر عنصری که با علامت * مشخص شده است را تعیین کنید.

الف) $K_2\overset{*}{M}nO_4$ ب) $\overset{*}{N}H_4^+$ پ) $\overset{*}{S}O_4^{2-}$

ت)  ث) 

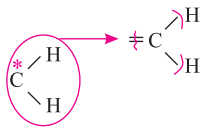
پاسخ:

الف) $2(+1)+Mn+4(-2)=0 \Rightarrow Mn=+6$

ب) $N+4(+1)=+1 \Rightarrow N=-3$

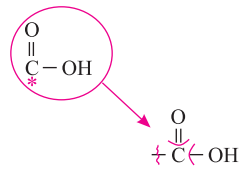
پ) $S+4(-2)=-2 \Rightarrow S=+6$

ت) $-2-(-6)=4$



کربن در مقایسه با هیدروژن خصلت نافلزی بیشتری دارد بنابراین الکترون‌های پیوندی $C-H$ به کربن تعلق می‌گیرد.

ث) $4-1=+3$:



کربن در مقایسه با اکسیژن خصلت نافلزی کمتری دارد بنابراین

* الکترون‌های پیوندی $C-OH$ و $\overset{O}{\underset{C}{\|}}$ به عنصر اکسیژن تعلق می‌گیرد.

* الکترون‌های پیوندی $C-C$ و $C=C$ در هر دو ترکیب متعلق به هر دو عنصر کربن است از وسط نصف می‌شود.

۲ سؤالات امتحانی بخش اول

۱. با استفاده از واژه‌های درون کادر، عبارت‌های زیر را کامل کنید. (چند مورد از واژه‌های درون کادر اضافی است.)

تیتانیوم - اکسنده - کاهش - پلاتین - کاهنده - اکسایش

الف) در یک واکنش اکسایش - کاهش گونه‌هایی که الکترون از دست می‌دهند ..... یافته‌اند و ..... محسوب می‌شوند (دی ۹۷- خارج کشور)

ب) در یک واکنش اکسایش - کاهش گونه‌ای که الکترون می‌گیرد ..... یافته است و ..... محسوب می‌شود. (فرداد ۹۸- خارج کشور)

پ) هنگام جراحی از فلز ..... می‌توان در بخش‌های مختلف بدن استفاده کرد. (شهریور ۱۴۰۰)

۲. با توجه به واکنش $Sn^{2+}(aq)+Fe^{3+}(aq) \rightarrow Sn^{4+}(aq)+Fe^{2+}(aq)$، پاسخ دهید. (دی ۹۷)

الف) کدام‌گونه کاهش یافته است؟ دلیل بنویسید.

ب) کدام‌گونه کاهنده است؟

پ) معادله نیم‌واکنش اکسایش را نوشته و آن را موازنه کنید.

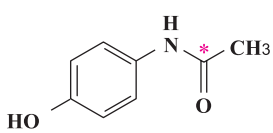
۳. با توجه به نیم‌واکنش $H_2O(l) \rightarrow H^+(aq)+O_2(g)$ به پرسش‌ها پاسخ دهید. (فرداد ۹۸)

الف) با وارد کردن نماد (e^-) در این نیم‌واکنش، مشخص کنید این نیم‌واکنش اکسایش یا کاهش است؟

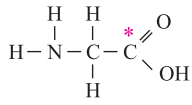
ب) معادله این نیم‌واکنش را موازنه کنید.

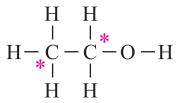
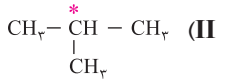
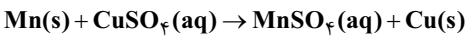
۴. پاسخ دهید.

الف) عدد اکسایش اتم نشان‌دار شده با ستاره را مشخص کنید. (فرداد ۹۸- خارج کشور، صبح)

I) $H_2S\overset{*}{O}_4$ II) $N\overset{*}{O}_3^-$ III) 

ب) عدد اکسایش اتم نشان‌دار شده با ستاره را مشخص کنید. (فرداد ۹۸- خارج کشور، عصر)

I) $Mn\overset{*}{O}_4^-$ II) $HCl\overset{*}{O}_3$ III) 

	پ) گوگرد در SO_4^{2-} II) اتم‌های کربن ستاره‌دار در  (فرداد ۹۹- خارج کشور، صبح)	
	ت) $\overset{*}{M}nO_4^-$ I)  II) (فرداد ۹۹- خارج کشور، عصر)	
۵.	در واکنش زیر با محاسبهٔ تغییر عدد اکسایش، گونهٔ «اکسایش‌یافته» را تعیین کنید. (شهریور- ۹۹) 	
۶.	در واکنش زیر با محاسبهٔ تغییر عدد اکسایش، گونه‌های اکسنده و کاهنده را تعیین کنید. (فرداد- ۹۹)	
۷.	با توجه به واکنش ، پاسخ دهید. $Zn(s)+Fe^{+2}(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+Fe(s)$ (فرداد ۹۸) الف) کدام گونه اکسید شده است؟ دلیل بنویسید. ب) کدام گونه اکسنده است؟ پ) معادله نیم‌واکنش کاهش را نوشته و آن را موازنه کنید.	

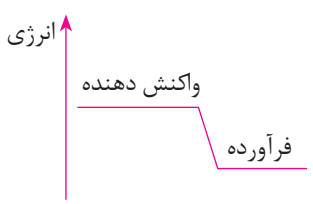
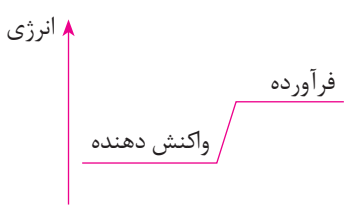
بخش ۲: (واکنش‌های شیمیایی و سفر هدایت‌شده الکترون‌ها)

۲-۱) نیم‌سلول الکتروشیمیایی:

هرگاه میله‌ای از یک فلز را وارد محلول یک مولار نمک خودش نمائیم یک نیم‌سلول یا الکترود داریم:

سلول‌های الکتروشیمیایی:

سلول گالوانی (ولتایی) سلول الکترولیتی

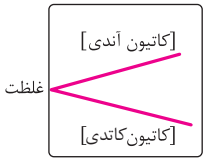
سلول‌های الکتروشیمیایی		
سلول گالوانی (ولتایی)	سلول الکترولیتی	سلول‌های گالوانی
انرژی شیمیایی به الکتریکی (برق تولید می‌شود.) مثال ← باتری خودبه‌خودی (نیازی به نیروی خارجی نیست) گرماده‌اند. آند (-) و کاتد (+) $emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \Leftarrow emf > 0$	انرژی الکتریکی به شیمیایی (برق مصرف می‌شود) غیر خودبه‌خودی (نیاز به نیروی خارجی) گرماگیر آند (+) و کاتد (-) $emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \Leftarrow emf < 0$	سلول‌های گالوانی دستهٔ اول (غیر قابل شارژ) دستهٔ دوم (قابل شارژ) نسل اول باتری‌های قلمی سلول‌های سوختی و ... نسل دوم باتری موبایل باتری انبارهٔ سربی و ...
		

سلول‌های گالوانی (ولتایی):

دستگاهی است که انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. سلول گالوانی از اتصال دو نیم‌سلول که توسط یک دیواره متخلخل از هم جدا شده‌اند تشکیل شده است.

نکات مهم در رابطه با سلول گالوانی	
کاتد	آند
● الکترودی که در آن نیم‌واکنش کاهش انجام گیرد کاتد گویند. ● الکترود کاتد قطب مثبت است. ● با گذشت زمان بر جرم تیغه کاتد افزوده شده و از جرم محلول آن کاسته می‌شود. ● آنیون اضافی کاتد به سمت آند حرکت می‌کند.	● الکترودی که در آن نیم‌واکنش اکسایش انجام گیرد آند گویند ● الکترود آند قطب منفی است. ● با گذشت زمان از جرم تیغه آند کاسته می‌شود و بر جرم محلول آن افزوده می‌شود. ● کاتیون تولید شده در آند به سمت کاتد حرکت می‌کند. ● الکترون‌های تولید شده در آند توسط مدار خارجی (سیم رابط) از آند به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

نمودار تغییر غلظت کاتیون‌های در محلول



نکته دیواره متخلخل اجازه عبور یون‌ها را بین محلول‌های الکترودی می‌دهد و کمک می کند که محلول‌های الکترودی از نظر بار الکتریکی خنثی باقی بماند یعنی امکان عبور آنیون‌ها به سمت آند و کاتیون‌ها به سمت کاتد را فراهم می‌کند.

معادله کلی واکنش در سلول گالوانی:

برای نوشتن معادله کلی واکنش در یک سلول گالوانی به این صورت عمل می‌کنیم

- نیم‌واکنش - اکسایش در آند و نیم واکنش کاهش در کاتد صورت می‌گیرد.
- تعداد الکترون‌های تولید شده در آند را با تعداد الکترون‌های مصرف‌شده در کاتد برابر می‌کنیم.
- از جمع نیم واکنش‌های آندی و کاتدی، واکنش کلی سلول را می‌نویسیم.

محاسبه نیروی الکتروموتوری سلول (emf)

برای محاسبه ولتاژ یک سلول گالوانی، ابتدا آند و کاتد را تعیین کرده سپس با استفاده از رابطه زیر پتانسیل سلول را به‌دست می‌آوریم.

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

پتانسیل کاهشی استاندارد

ولتاژی که ولت‌سنج در سلول گالوانی نشان می‌دهد اختلاف پتانسیل میان دو نیم‌سلول است که به آن نیروی الکتروموتوری پیل یا به اختصار emf گفته می‌شود.

اندازه‌گیری پتانسیل یک نیم‌سلول به‌صورت جداگانه ممکن نیست و باید این کمیت به‌طور نسبی اندازه‌گیری شود.

هر چه E° کوچک‌تر و منفی‌تر:
تمایل به از دست دادن الکترون بیشتر
نقش آند در سلول گالوانی
(قطب منفی)
نیم‌واکنش اکسایش
کاهنده‌تر

کاهنده قوی

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 قوی

هر چه E° بزرگ‌تر و مثبت‌تر:
تمایل به گرفتن الکترون بیشتر
نقش کاتد در سلول گالوانی
(قطب مثبت)
نیم‌واکنش کاهش
اکسنده‌تر

انجام‌پذیری واکنش:

۱- اگر $emf > 0$ (واکنش خودبه‌خودی) ← سلول گالوانی

۲- اگر $emf < 0$ (واکنش انجام‌ناپذیر) ← سلول الکترولیتی

مثال ۶ *با استفاده از واژه‌های درون کادر، عبارت‌های زیر را کامل کنید.*

اکسایش - کاهش - اکسنده - کاهنده - کاتیون‌ها - آنیون‌ها - الکترون‌ها - خنثی - یون‌ها

الف) در یک سلول گالوانی کاتد الکترودی است که در آن نیم‌واکنش ..... رخ می‌دهد و با گذشت زمان جرم آن ..... می‌یابد. *(دی ۹۷)*

ب) در یک واکنش اکسایش - کاهش گونه‌هایی که الکترون از دست می‌دهند ..... یافته‌اند و ..... محسوب می‌شوند. *(دی ۹۷ - خارج از کشور)*

پ) در سلول گالوانی ..... الکترودی است که در آن نیم‌واکنش ..... رخ می‌دهد. با گذشت زمان جرم آن ..... می‌یابد قطب منفی (-) سلول را تشکیل می‌دهد.

ت) دیواره متخلخل اجازه عبور ..... را بین محلول‌های الکترودی می‌دهد و کمک می‌کند که محلول‌های الکترودی از نظر بار الکتریکی ..... باقی‌بماند یعنی امکان عبور ..... به سمت آند و ..... به سمت کاتد را فراهم می‌کند.

پاسخ:

الف) کاهش - افزایش　　ب) اکسایش - کاهنده

پ) آند - اکسایش - کاهش　　ت) یون‌ها - خنثی - آنیون‌ها - کاتیون‌ها

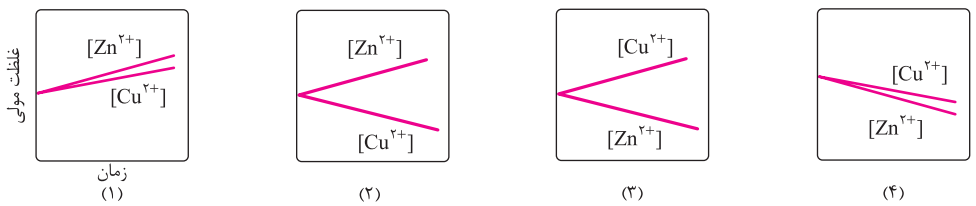
مثال ۷ *با توجه به پتانسیل کاهشی استاندارد مس و روی به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.* *(دی ۹۷ با کمی تغییر)*

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

الف) در سلول گالوانی روی - مس، کدام فلز نقش آند را ایفا می‌کند؟ چرا؟

ب) emf سلول روی - مس را حساب کنید.

پ) کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی - مس به درستی نشان می‌دهد. چرا؟



ت) نیم‌واکنش اکسایش و نیم‌واکنش کاهش را بنویسید.

ث) جهت حرکت الکترون‌ها و کاتیون‌ها را مشخص کنید.

پاسخ: الف) فلز روی - زیرا پتانسیل کاهش کوچک‌تری دارد.

ب) $emf = E^\circ_{\text{کاتد}} - E^\circ_{\text{آند}} \Rightarrow emf = -0/34 - (0/76) = +0/42V$

پ) نمودار ۲: زیرا در سلول گالوانی غلظت کاتیون آندی $[Zn^{2+}]$ افزایش و غلظت کاتیون کاتدی $[Cu^{2+}]$ کاهش می‌یابد.

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

ث) الکترون‌ها از آند (Zn) به کاتد (Cu) و کاتیون‌ها از دیواره متخلخل به نیم‌سلول کاتدی جریان می‌یابد.

۲-۲) سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

سلول سوختی نوع سلول گالوانی است که شیمیدان‌ها برای گذر از تنگنای تامین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست توسط سوخت‌های فسیلی پیشنهاد می‌دهند.

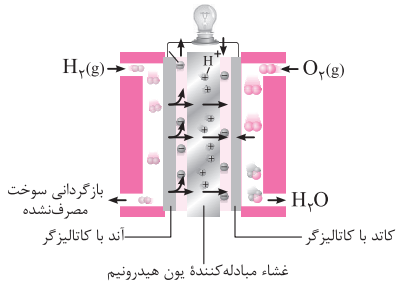
ویژگی کلی سلول‌های سوختی

۱) کارایی بیشتر در تامین انرژی

۲) با کاهش ردپای کربن دی‌اکسید باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن

رایج‌ترین سلول سوختی، سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن است. دستگاهی که در آن گاز هیدروژن با اکسیژن کنترل‌شده واکنش می‌دهد. و بخش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. این سلول تا زمانی که ورود سوخت ادامه داشته باشد به کار خود یعنی تا تولید برق ادامه می‌دهد.



نکته: یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوخت سلول‌های سوختی هیدروژن - اکسیژن خودنمایی می‌کند تامین سوخت آنها است.

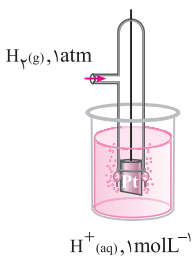
روش کار سلول‌های سوختی			
(۱) هر سلول سوختی سه جزء اصلی دارد که شامل یک غشا مبادله کننده، الکترود آند و الکترود کاتد. الکترودهای آند و کاتد از جنس پلاتین بوده که نقش کاتالیزگر را نیز دارند و کاتالیزگر واکنش اکسایش کاهش آسان‌تر است.	(۲) گاز هیدروژن از سمت بالای سلول و در بخش آندی وارد می‌شود و اکسایش می‌یابد و کاتالیزگر پلاتین، عمل اکسایش را تسریع می‌کند. نیم واکنش اکسایش $H_2(g) \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^-$	(۳) الکترون‌های تولید شده در آند توسط سیم رابط و یون‌های هیدروژن از طریق غشای مبادله‌کننده پروتون به سمت الکترود کاتد حرکت می‌کنند در کاتد گاز اکسیژن وارد شده و با الکترون‌های موجود و یون هیدروژن ترکیب شده و واکنش کاهش انجام می‌دهند. $O_2(g) + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$	(۴) با یکسان کردن تعداد الکترون‌های مبادله شده در آند و کاتد و جمع نیم‌واکنش‌ها، واکنش کلی به دست می‌آید. $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$

نکته استفاده از گاز متان به جای گاز هیدروژن در سلول‌های سوختی باعث تولید گاز کربن دی‌اکسید و آلودگی زیست محیطی می‌شود.

۳- ۲) نیم‌سلول استاندارد هیدروژن (SHE):

صفحه‌ای پلاتینی در محلولی با غلظت یون H^+ که **یک مولار** است. $(pH = 0)$ سپس گاز هیدروژن با فشار $1atm$ را از طریق صفحه‌ای پلاتینی به درون محلول عبور دهیم.

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



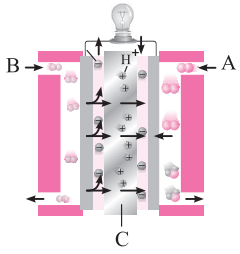
نکته۱ دما هر عددی می‌تواند باشد و تیغهٔ پلاتینی تنها نقش جاذب فیزیکی $H_2(g)$ و رسانایی الکتریکی را دارد.

نکته۲ برای SHE اسیدهای قوی یک پروتون‌دار مانند HBr یا HCl مناسب است اما اسیدهای ۲ پروتون‌دار مانند H_2SO_4 مناسب نیست.

واکنش فلزها با اسید

اسیدها دارای H^+ هستند و پتانسیل کاهشی H^+ صفر است. بنابراین تمامی فلزها با E° منفی با اسید واکنش می‌دهند. اما فلزها با E° مثبت با اسید واکنش نمی‌دهند.

مثال۸ *شکل زیر نوعی سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن را نشان می‌دهد.* *(خرداد ۹۸ با کمی تغییر)*



الف) به جای «A، B و C» واژه‌های توصیفی یا نماد شیمیایی مناسب قرار دهید.

ب) یک تفاوت سلول سوختی و باتری را بنویسید.

پ) یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی خودنمایی می‌کند را بنویسید.

ت) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش و واکنش موازنه شده سلول را بنویسید.

پاسخ:

الف) A: اکسیژن، B: هیدروژن، C: غشاء مبادله کننده پروتون (یون هیدرونیم)

ب) سلول‌های سوختی برخلاف باتری انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند.

پ) تامین سوخت آنها

ت)

نیم‌واکنش آندی (اکسایش): $2\times(H_2(g)\rightarrow 2H^+(aq)+2e^-)$

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

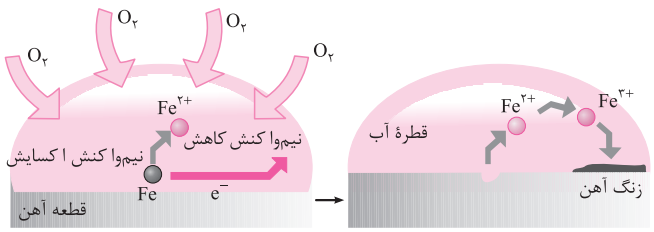
واکنش سلول: $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(l)$

۴-۲) خوردگی، یک واکنش اکسایش - کاهش ناخواسته

خوردگی آهن:

در خوردگی آهن نیم‌واکنش اکسایش و کاهش در دو بخش مختلف قطعهٔ آهن رخ می‌دهد که به ترتیب به آنها پایگاه آندی و کاتدی می‌گویند.

نکته پایگاه کاتدی معمولاً در جایی تشکیل می‌شود که غلظت اکسیژن زیاد باشد و پایگاه آندی در جایی ایجاد می‌شود که غلظت اکسیژن کم باشد.



۱- پایگاه آندی: درپایگاه آندی اتم‌های آهن اکسایش می‌یابد و یون‌های Fe^{2+} تولیدشده توسط قطره آب از محل دور می‌شوند و الکترون‌های تولید شده توسط آهن به پایگاه کاتدی می‌روند.

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

۲- پایگاه کاتدی: الکترون‌های تولید شده در پایگاه آندی به سمت پایگاه کاتدی جریان می‌یابد و در آنجا اکسیژن و آب نیم‌واکنش کاتدی را تشکیل می‌دهند.

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

یون‌های $Fe^{2+}(aq)$ که در پایگاه آندی تولید شدند در قطره آب جریان یافته و به سمت پایگاه کاتدی می‌روند که در آنجا با یون‌های $OH^-(aq)$ واکنش داده و رسوب $Fe(OH)_2(s)$ را تولید می‌کنند.

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

رسوب حاصله نیز به‌وسیله اکسیژن و آب اکسایش یافته به رسوب $Fe(OH)_3(s)$ تبدیل می‌شود.

$$Fe(OH)_2(s)+O_2(g)+2H_2O(l)\rightarrow Fe(OH)_3(s)$$

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

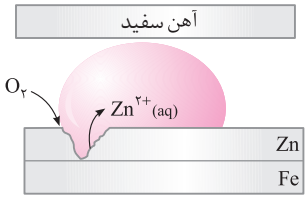
$$Fe(OH)_2(s)\rightarrow Fe_2O_3.3H_2O(s)$$

جلوگیری از پوسیدگی

روش معمولی: رنگ کردن، قیر اندود کردن، روکش دادن به بدنه فلزی

حفاظت کاتدی: یکی از روش‌های محافظت از خوردگی فلزات توسط کاتد، قرار دادن سطح فلز در یک سلول الکتروشیمیایی است. آهن گالوانیزه یک نمونه حفاظت کاتدی توسط اتصال روی به آهن در گالوانیزه کردن است.

آهن گالوانیزه (آهن سفید): لایه‌ای از فلز روی که بر روی آهن قرار می‌گیرد و فلز روی نقش آند را ایفا می‌کند و از پوسیدگی آهن جلوگیری می‌کند.



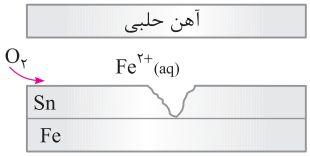
نیم واکنش آندی: $Zn(s)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+2e^-$

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

آهن حلبی:

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

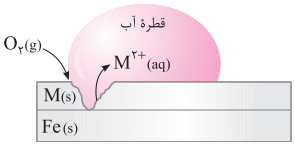
از حلبی برای ساختن قوطی‌های کنسرو مواد خوراکی استفاده می‌شود چون اسیدهای میوه روی قلع اثر نمی‌کنند. شکل زیر بخشی ازیک ورقه‌های آهنی را نشان می‌دهد که به وسیلهٔ لایهٔ نازکی از قلع پوشیده شده است. به این نوع آهن حلبی می‌گویند. از ورقه‌های حلبی برای ساختن قوطی‌های روغن نباتی نیز استفاده می‌شود. اگر حلبی خراشیده شود سلولی تشکیل می‌شود 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 $Fe(s)\rightarrow Fe^{2+}(aq)2e^-$

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

مثال ۹ شکل مقابل بخشی از یک ورقه آهنی را نشان می‌دهد که از فلز $M(s)$ پوشیده شده است. *(فرداد ۹۸ با کمی تغییر)*



الف) فلز M کدام‌یک از فلزهای مس (Cu) یا منیزیم (Mg) می‌تواند باشد؟ چرا؟

ب) نیم‌واکنش موازنه شدهٔ کاهش را بنویسید.

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

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

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

پ) اگر ورقه آهن از فلز Sn پوشیده شده باشد ورقه آهنی در اثر ایجاد خراش محافظت می‌شود؟ چرا؟

ت) کدام‌یک از ورقه‌های حلبی یا گالوانیزه برای بسته‌بندی موادغذایی مناسب است؟

پاسخ: الف) منیزیم - زیرا پتانسیل کاهشی فلز Mg نسبت به آهن منفی‌تر است. در اثر ایجاد خراش Mg اکسایش یافته و Fe محافظت می‌شود.

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

پ) خیر. زیرا Sn پتانسیل کاهشی مثبت‌تر نسبت به آهن دارد. هنگامی که خراش ایجاد شود آهن اکسایش یافته و Sn محافظت می‌شود.

ت) آهن حلبی

۲ سؤالات امتحانی بخش دوم

۸. با استفاده از واژه‌های درون کادر، عبارت‌های زیر را کامل کنید.

اکسایش - اکسنده - کاهنده - کم - کاهش - تیتانیوم - پلاتین - افزایش - آب - دارد - اکسیژن - ندارد

الف) در یک واکنش اکسایش - کاهش گونه‌ای که الکترون می‌گیرد ..... یافته است و ..... محسوب می‌شود. *(فرداد ۹۸ خارج کشور - عصر)*

ب) در یک سلول گالوانی آند الکترودی است که در آن نیم‌واکنش ..... رخ می‌دهد و با گذشت زمان جرم آن ..... می‌یابد. *(تیر ۹۸)*

پ) نوعی سلول گالوانی که شیمی‌دان‌ها برای گذر از تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد داده‌اند، ..... است. *(فرداد ۹۸)*

ت) فراوردهٔ نهایی در سلول سوختی ..... می‌باشد و این سلول توانایی ذخیرهٔ انرژی شیمیایی را ..... . *(فرداد ۱۴۰۰)*

ث) هنگام جراحی از فلز ..... می‌توان در بخش‌های مختلف بدن استفاده کرد. *(شهریور ۱۴۰۰)*

ج) سلول‌های سوختی افزون بر کارایی بیشتر، رد پای کربن دی‌اکسید را ..... می‌دهند. *(دی ۱۴۰۰)*

۹. در هر مورد از بین دو واژه داده شده، واژه مناسب را انتخاب کرده و در پاسخ‌نامه بنویسید.

الف) علامت E° فلزهایی که قدرت کاهندگی (بیشتری - کمتری) از H_2 دارند، منفی است. *(دی ۱۴۰۰- خارج از کشور)*

ب) در ساخت باتری، نقش فلز « لیتیم / پتاسیم » پررنگ است، چون قوی‌ترین « اکسنده / کاهنده » می‌باشد و کمترین چگالی را دارد.

۱۰. درستی یا نادرستی هر یک از عبارت‌های زیر را مشخص کنید. شکل درست عبارت‌های نادرست را بنویسید.

الف) در ساخت باتری‌های جدید از فلز لیتیم استفاده می‌شود که در میان فلزها کمترین چگالی و E° را دارد. *(شهریور ۹۸)* درست ☐ نادرست ☐

ب) اکسایش گاز هیدروژن در سلول‌های سوختی بازدهی سلول را تا سه برابر کاهش می‌دهد. *(شهریور ۹۸)* درست ☐ نادرست ☐

پ) در آهن حلبی، فلز قلع نقش حفاظت از آهن را دارد. *(دی ۹۸ خارج کشور)* درست ☐ نادرست ☐

ت) بازده سوزاندن هیدروژن در سلول سوختی، کمتر از بازده سوزاندن این گاز در موتورهای درون‌سوز است. *(دی ۹۸ خارج کشور)* درست ☐ نادرست ☐

ث) از جمله ویژگی‌های لیتیم که سبب شده از آن در ساخت باتری دگمه‌ای استفاده شود، کم بودن چگالی و زیاد بودن E° آن است. *(فرداد ۹۹)* درست ☐ نادرست ☐

ج) خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد. *(فرداد ۹۹)* درست ☐ نادرست ☐

چ) سلول سوختی نوعی سلول الکترولیتی است. *(دی ۹۹)* درست ☐ نادرست ☐

ح) در واکنش « $Sn(s) + 2Cr^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + 2Cr^{+}(aq)$ » یون Sn^{2+} نقش کاهنده را دارد. *(فرداد ۱۴۰۰)* درست ☐ نادرست ☐

۱۱. برای هر یک از عبارت زیر دلیل بنویسید:

الف) در یک سلول گالوانی، آند الکترودی است که با گذشت زمان جرم آن کاهش می‌یابد. (دی ۱۴۰۰- خارج از کشور)

ب) از حلبی برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌کنند. (شهریور ۱۴۰۰)

پ) سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است. (شهریور ۱۴۰۰)

ت) به جای رها کردن یا دفن کردن پسماندهای الکترونیکی (مانند تلفن و باتری‌های لیتیمی)، باید آن‌ها را بازیافت کرد. (شهریور ۹۹)

ث) از آهن گالوانیزه نمی‌توان برای ساختن ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد. (تیر ۹۸)

ج) قدرت کاهندگی فلزات بیشتر از نافلزات است: (فرداد ۹۸ - خارج از کشور - صبح)

چ) فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد. (دی ۹۷- خارج کشور)

۱۲. با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. (دی ۹۷ - خارج کشور)

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

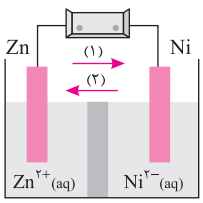
الف) گونه‌های کاهنده را بر حسب کاهش قدرت کاهندگی مرتب کنید.

ب) کدام گونه یا گونه‌ها می‌توانند یون $C^{2+}(aq)$ را اکسید کنند؟ چرا؟

پ) آیا واکنش زیر به‌طور طبیعی انجام‌پذیر است؟

$$2D(s)+3B^{2+}(aq)\rightarrow 2D^{3+}(aq)+3B(s)$$

۱۳. با توجه به شکل روبه‌رو، که طرحی از یک سلول گالوانی «مس - نیکل» را نشان می‌دهد به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (فرداد ۹۸)



$E^{\circ}(Ni^{2+}/Ni)=-0/23$ $E^{\circ}(Zn^{2+}/Zn)=-0/76$

الف) کدام الکترود نقش کاتد دارد؟

ب) در شکل مقابل کدام مورد «۱» یا «۲» جهت حرکت آنیون‌ها را نشان می‌دهد؟

پ) در واکنش کلی سلول، ذره کاهنده را مشخص کنید.

ت) نیروی الکتروموتوری (emf) سلول را محاسبه کنید.

۱۴. با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید. (فرداد ۹۸- خارج کشور ، صبح)

الف) کدام فلز کاهنده‌تر است؟ چرا؟

$E^{\circ}(V)$	نیم‌واکنش کاهش
-۰/۴۴	$Fe^{2+}(aq)+2e^{-}\rightarrow Fe(s)$
+۰/۳۴	$Cu^{2+}(aq)+2e^{-}\rightarrow Cu(s)$
-۰/۷۶	$Zn^{2+}(aq)+2e^{-}\rightarrow Zn(s)$

ب) در سلول گالوانی آهن - روی، با گذشت زمان از جرم کدام فلز کاسته می‌شود؟ (شهریور - ۱۴۰۰ (با کمی تغییر)

پ) کدام ظرف (مسی یا آهنی) برای نگه‌داری محلول ۱ مولار روی نیترات مناسب‌تر است؟ چرا؟

۱۵. با توجه به جدول پاسخ دهید. (فرداد ۹۸ خارج کشور، عصر)

$E^{\circ}(V)$	نیم‌واکنش کاهش
+۰/۸	$A^{+}(aq)+e^{-}\rightarrow A(s)$
+۰/۳۴	$B^{2+}(aq)+2e^{-}\rightarrow B(s)$
-۰/۴۴	$C^{3+}(aq)+2e^{-}\rightarrow C(s)$
-۰/۷۶	$D^{3+}(aq)+2e^{-}\rightarrow D(s)$

الف) کدام گونه قوی‌ترین اکسنده است؟

ب) آیا واکنش اکسایش - کاهش زیر به‌طور طبیعی انجام‌پذیر است؟ چرا؟ $C(s)+A^{+}(aq)\rightarrow C^{2+}(aq)+A(s)$

۱۶. در سلول گالوانی (مس - نقره) با توجه به E° های داده شده، به پرسش‌ها پاسخ دهید. (فرداد ۹۸ خارج کشور، عصر)

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ $\quad E^\circ = +0/34V$

$Ag^{2+}(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ $\quad E^\circ = +0/8V$

الف) کدام فلز نقش آند را ایفا می‌کند و نیم‌واکنش انجام شده در آند را بنویسید.

ب) emf سلول مس- نقره را حساب کنید.

پ) با انجام واکنش، جرم کدام الکترود افزایش می‌یابد؟ چرا؟

۱۷. در نمودار زیر هر خط نشان‌دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز است، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید. (شهریور۹۸-خارج کشور)

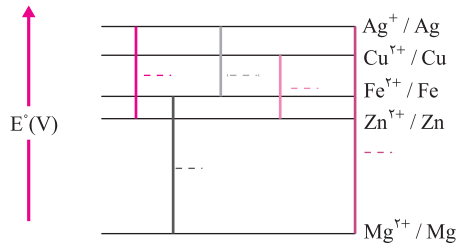
$E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0/44V$ $\quad E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0/76V$ $\quad E^\circ(Ag^{2+}/Ag) = +0/8V$

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

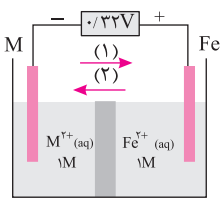
الف) بدون محاسبه بیان کنید کدام سلول گالوانی می‌تواند بیشترین ولتاژ را ایجاد کند؟ چرا؟ (شهریور-۹۹)

ب) نیروی الکتروموتوری سلول گالوانی روی - نقره (Zn-Ag) را حساب کنید.

پ) بین ذره‌های $(Cu, Cu^{2+}, Zn, Zn^{2+})$ کدام یک کاهنده قوی‌تری است؟ چرا؟



۱۸. با توجه به ولتاژی که ولت‌سنج، در سلول گالوانی نشان داده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



الف) در این سلول کدام فلز (Fe یا M) نقش کاتد را ایفا می‌کند؟ (دی ۹۸ خارج کشور و شهریور ۱۴۰۰)

ب) با انجام واکنش جرم کدام تیغه (Fe یا M) کاهش می‌یابد؟

پ) کدام مورد «۱» یا «۲» جهت حرکت آنیون‌ها را نشان می‌دهد؟

ت) کدام ذره اکسنده است؟

ث) اگر پتانسیل کاهشی استاندارد Fe^{2+}/Fe برابر $-0/44V$ باشد، پتانسیل کاهشی استاندارد M^{2+}/M را محاسبه کنید.

۱۹. با استفاده از پتانسیل‌های کاهشی داده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (دی ۱۴۰۰ خارج کشور)

الف) کدام فلز نقش کاتد را ایفا می‌کند؟ چرا؟ $E^\circ(Ag^+/Ag) = +0/8$

ب) emf سلول گالوانی روی - نقره را محاسبه کنید. $E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0/76$

۲۰. با توجه به پتانسیل کاهشی استاندارد نقره و منیزیم به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (فرداد ۱۴۰۰)

$E^\circ(Ag^+/Ag) = +0/8$ $\quad E^\circ(Mg^{2+}/Mg) = -2/37$

الف) در سلول گالوانی منیزیم - نقره، کدام فلز نقش کاتد را ایفا می‌کند؟ چرا؟

ب) نیم‌واکنش انجام گرفته در آند را بنویسید.

پ) emf سلول منزیم - نقره را حساب کنید.

ت) با انجام واکنش جرم کدام الکترود کاهش می‌یابد؟

۲۱. با توجه به جدول زیر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

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

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

$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	-۰/۷۶
$Mn(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	-۱/۱۸
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+۰/۸

الف) E° واکنش (۲) را محاسبه کنید.

ب) در واکنش (۱)، کدام واکنش‌دهنده کاهنده است؟ چرا؟

پ) در سلول منگنز - نقره، جهت الکترون‌ها در مدار بیرونی چگونه است؟ دلیل بنویسید.

۱) از منگنز به سوی نقره ۲) از نقره به سوی منگنز