

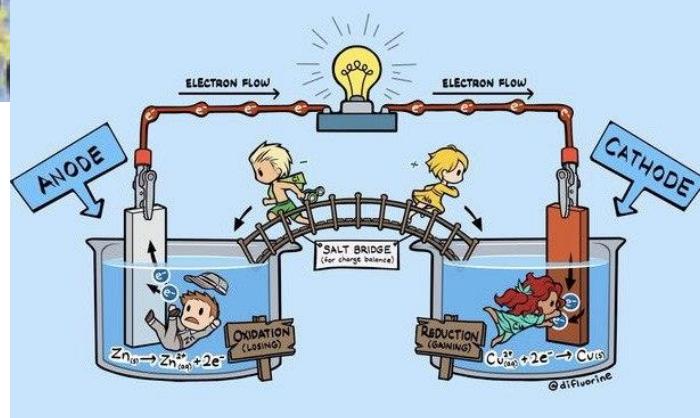
## شیمی ۳

فصل ۲

## آسایش و رفاه در سایه شیمی



استاد: دکتر حسن پلویی





علم استفاده از انرژی الکتریکی برای انجام یک تغییر شیمیایی و نیز تولید انرژی الکتریکی به وسیله واکنش های شیمیایی را الکترو شیمی گویند.

- ۱- به عبارتی الکتروشیمی، علمی است که با سفر و جابه جایی الکترون سر و کار دارد.
- ۲- پدیده هایی مانند آذرخش با تخلیه الکتریکی نشان می دهد که انرژی ممکن است به شکل انرژی الکتریکی جابه جا شود به عبارتی هر الکترون در حال حرکت طبق رابطه  $\frac{1}{2} m \cdot v^2$  دارای انرژی جنبشی می باشد (انرژی الکتریکی).
- ۳- این پدیده ها که از ماهیت الکتریکی ماده سرچشمه می گیرد، سبب شد تا تلاش برای شناسایی واکنش های شامل داد و ستد الکترون به طور هدفمند دنبال شود، واکنش هایی که مبنای تولید انرژی الکتریکی هستند. به عبارتی اساس علم الکتروشیمی، «داد و ستد الکترون» می باشد. علمی که باعث افزایش شدید سطح رفاه و آسایش شده است.

#### برخی قلمروهای الکترو شیمی:



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



ب) تولید مواد (مانند برقکافت و آبکاری)



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

- ۱- تولید انرژی پاک و ارزان (باتری ها و سلول های سوختی و سوخت آن)
- ۲- تولید مواد جدید (برقکافت، آبکاری): مانند تولید لوله های فلزی انتقال اب، قوطی های مواد غذایی، لوازم آشپزی مقاوم در برابر خوردگی
- ۳- پیاده شدن اصول شیمی سبز در جهان
- ۴- اندازه گیری و کنترل کیفی: اطمینان از کیفیت تولید فرآورده های دارویی، بهداشتی، غذایی و ...

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

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

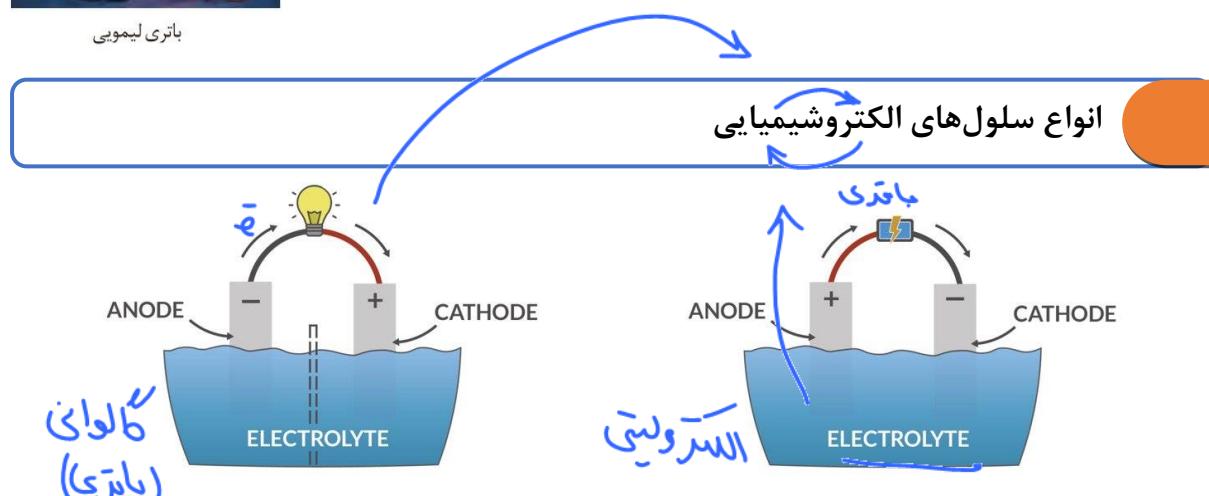


نمونه‌هایی از فناوری که نقش الکتروشیمی را در آسایش و رفاه نشان می‌دهند.

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



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



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

**B) سلول الکترولیتی:** مولدی است که در آن بخشی از انرژی الکتریکی باتری، تبدیل به انرژی شیمیایی می‌شود. نکته ۲: اساس علم الکتروشیمی سفر (جایه جایی) الکترون بین دو گونه می‌باشد.

## عدد اکسایش

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



یادآوری:

**زور**

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

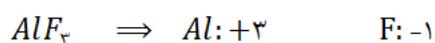
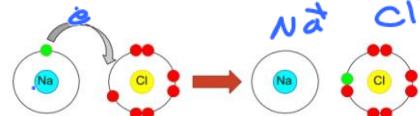
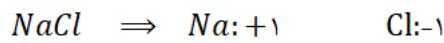


$$F \approx \frac{K_{919}}{2} \quad \text{تعداد پروتون} \cong \frac{\text{بار موثر هسته}}{(\text{تعداد لایه})^2} \cong \text{الکترونگاتیوی}$$

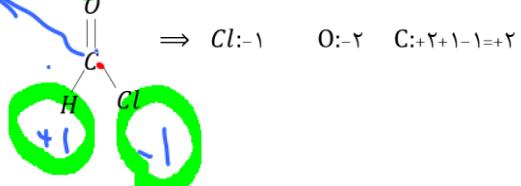
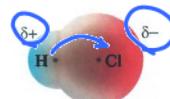
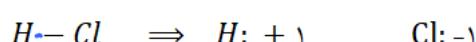
ترتیب الکترونگاتیوی نافلزات و شبه فلزات:



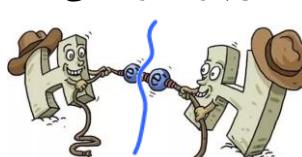
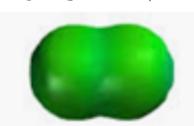
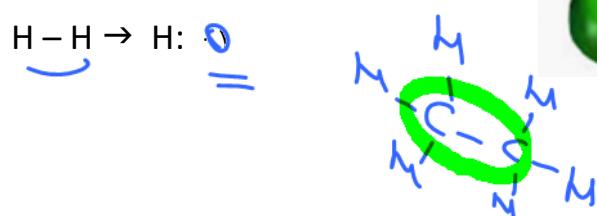
۱- در پیوند یونی چون انتقال الکtron کامل است، عدد اکسایش هر یون تک اتمی برابر با بار آن است.



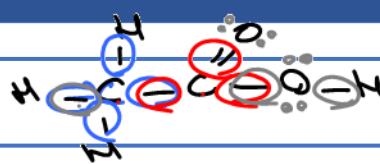
۲- در پیوند کوالانسی قطبی، فرض را بر یونی بودن گرفته (به اشتباه) و الکtron را به اتمی که الکترونگاتیوی بیشتر دارد نسبت می‌دهیم:



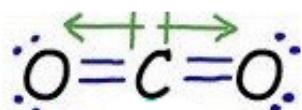
۳- در پیوند کوالانسی ناقطبی عدد اکسایش اتم‌ها صفر خواهد بود



## محاسبه عدد اکسایش اتم‌ها



الف) با استفاده از ساختار لوویس

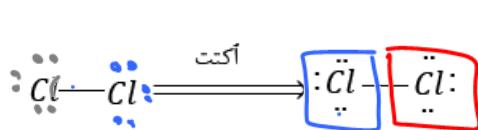
۱- ابتدا اتم‌ها (غیر از H) را اکتت می‌کنیم.

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

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

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

$$\text{تعداد e⁻ های نسبت داده شده} - \text{تعداد e⁻ های لایه ظرفیت} = \text{عدد اکسایش}$$

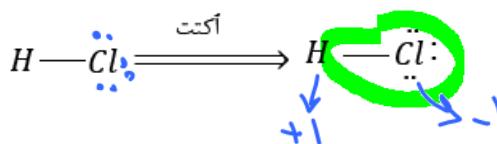


مثال ۱:

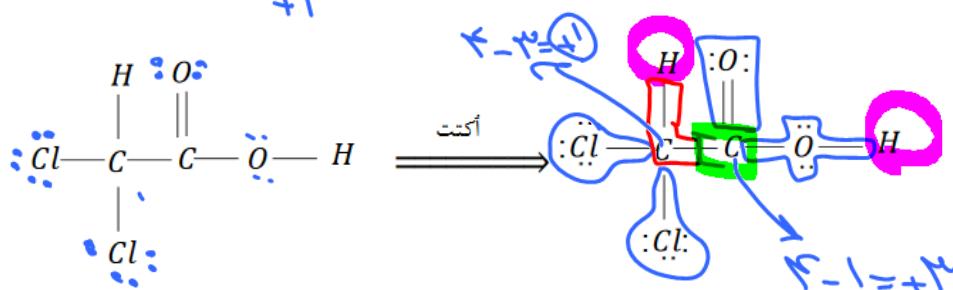
$$\text{عدد اکسایش هردوکلر} = 7 - 7 = 0$$

$$\text{عدد اکسایش کلر} = 7 - 8 = -1$$

$$\text{عدد اکسایش هیدروژن} = 1 - 0 = +1$$

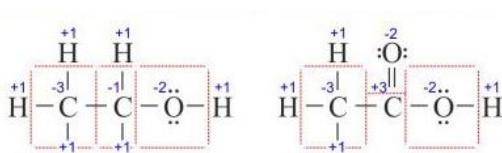


مثال ۲:



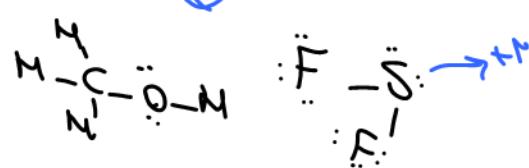
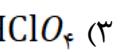
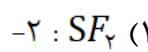
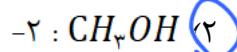
$$\text{کربن راست} : 4-3 = +1 \quad \text{کربن چپ} : 4-1 = +3 \quad \text{O} : 8-6 = -2 \quad \text{H} : 1-0 = +1 \quad \text{Cl} : 7-8 = -1 \quad \text{H} : 1-0 = +1$$

مثال ۳: عدد اکسایش اتم‌ها در چند ترکیب آلتی:

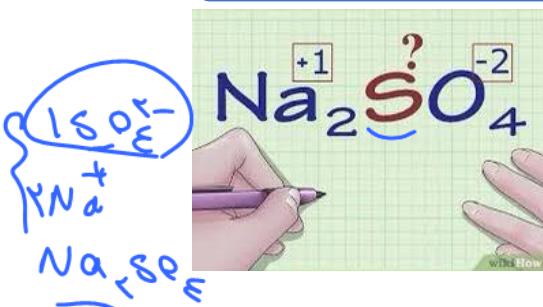


مثال ۴: عدد اکسایش اتم‌ها را با استفاده از ساختار لوویس محاسبه کنید.

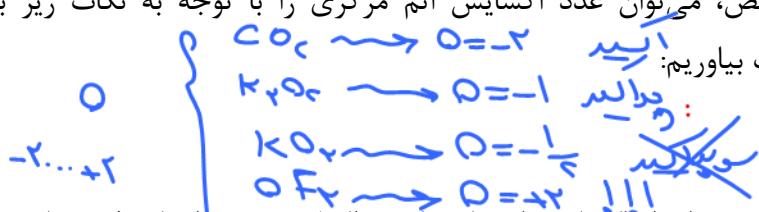
تست: عدد اکسایش اتم مرکزی در کدام ترکیب درست نشان داده شده است؟



ب) محاسبه عدد اکسایش اتم مرکزی بدون رسم ساختار لوئیس (به عذر عناصری باش)



در این روش بدون رسم لوئیس و با دانستن عدد اکسایش عناصری مشخص، می‌توان عدد اکسایش اتم مرکزی را با توجه به نکات زیر به دست بیاوریم:



۱- مجموع اعداد اکسایش اتم‌ها در یک مولکول خنثی برابر با صفر می‌باشد.

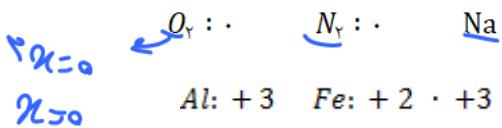
$$\text{H}_2\text{O} = 2(+1) + (-2) = 0$$

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

$$\text{OH}^- = (-2) + (+1) = -1$$



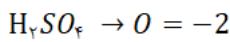
۳- عدد اکسایش یون تک اتمی برابر با بار یون می‌باشد:



۴- عدد اکسایش اتم‌ها در حالت عنصری (آزاد) صفر می‌باشد:

۵- عدد اکسایش فلزات در ترکیبات برابر با یون پایدار آنها است.

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

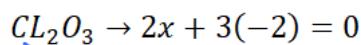
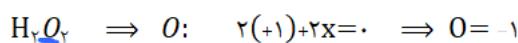


۷- عدد اکسایش (O) اگر اتم اطراف باشد همواره ۲ است.

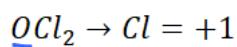
۸- عدد اکسایش هیدروژن (H) اکثرا ۱ می‌باشد. (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O و ....)

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

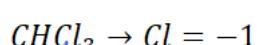
۹- عدد اکسایش اتم مرکزی را همواره باید محاسبه کرد. حتی اگر عنصری مانند اکسیژن باشد:



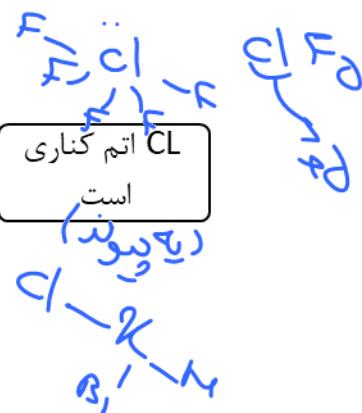
CL اتم مرکزی است: باید محاسبه شود:



اتم مرکزی آن FON است: +1



اتم مرکزی آن FON نیست: -1



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

$$\underline{HPO}_4^{\cdot} : \quad 3(+1) + x + 3(-2) = \cdot \Rightarrow P=+3$$

$$\underline{HCO}_3^- : \quad +1 + x + 3(-2) = -1 \Rightarrow C=+4$$

$$\underline{OF}_2 : \quad \cancel{+x} + 2(-1) = \cdot \Rightarrow O=+2$$

$$\underline{CrO}_7^{2-} : \quad 2x + 7(-2) = -2 \Rightarrow Cr=+6$$

$$\underline{FeO} : \quad Fe=+3$$

$$\underline{Fe_3(OCO_3)}_{\cdot} \begin{cases} (1) : 2(+3) + 3x + 9(-2) = \cdot \Rightarrow C=+4 \\ (2) : (OCO_3) : x + 3(-2) = -2 \Rightarrow C=+4 \end{cases}$$

$$\underline{Al(HPO_4)}_{\cdot} \begin{cases} (1) : 2(+3) + 3(+1) + 3x + 12(-2) = \cdot \Rightarrow P=+5 \\ (2) : (HPO_4^{\cdot}) : +1 + x + 4(-2) = -2 \Rightarrow P=+5 \end{cases}$$

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

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

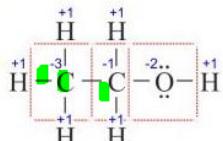
$$\underline{NH_4Cl} \Rightarrow x + 2(+1) + (-1) = 0 \rightarrow N=-3$$

$$\underline{COCl} \Rightarrow x + (-2) + 4(-1) \rightarrow C=+4$$

$$\underline{OCl} \Rightarrow x + 2(+1) = 0 \rightarrow O=-2$$

$$\underline{Ca(ClO_3)_2} \Rightarrow \begin{cases} \text{کل} : \dots \dots \dots \\ ClO_3^- : \dots \dots \dots \end{cases} Cl=+5$$

$$\underline{H_2S_2O_7} \Rightarrow 2(+1) + 2x + 7(-2) = 0 \rightarrow S=+7$$



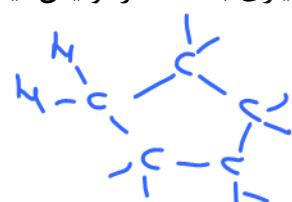
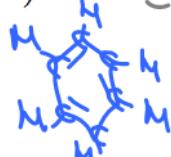
نکته : بطور کلی برای به دست آوردن عدد اکسایش اتم مرکزی در جسمی که

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

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

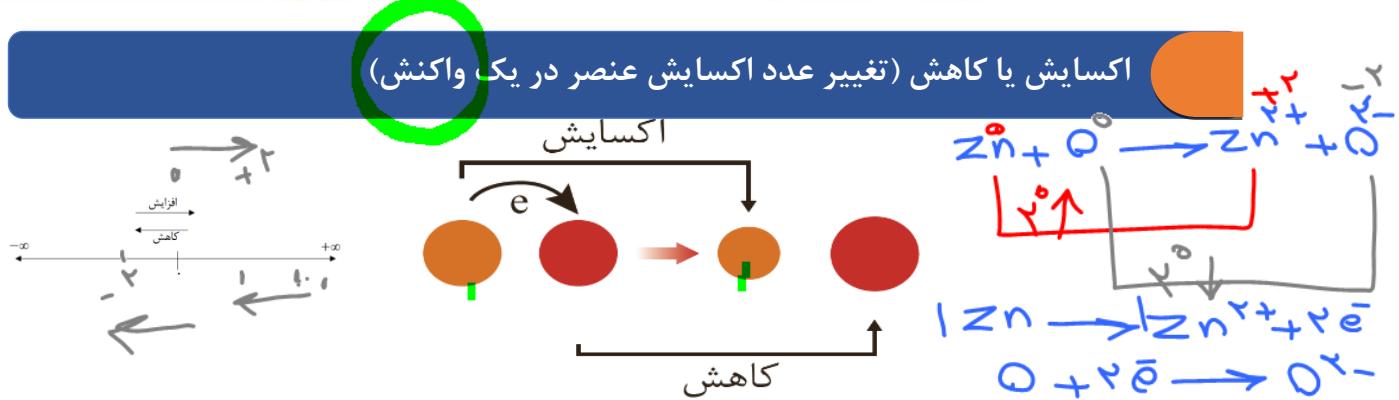
اکسایش یکسان دارند، نیازی به ساختار لوئیس نیست و می‌توان از روش ب استفاده کرد:

$$(C_6H_6)_{benzene} : 6x + 6(+1) = 0 \Rightarrow C=-1$$



$$\delta x + 1 \cdot (+1) = 0 \Rightarrow x = -2$$

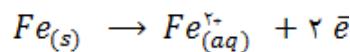
## شیمی دوازدهم



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

~~اکسایش = از دست دادن e = افزایش = آب شدن = کاهنده~~

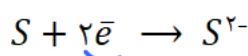
~~اکسایش = از دست دادن e = افزایش = آب شدن = کاهنده~~



مثالی از نیم واکنش اکسایش:

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

~~کاهش = گرفتن e = کاهیده شدن = به سمت -∞ = ک اند~~



مثالی از نیم واکنش کاهش:

### گستره عدد اکسایش عناصر:

به عنوان مثال عدد اکسایش کربن در ترکیبات آن می تواند از -4 تا +4 باشد.

یورکوایدر

0	0					
3 Li	4 Be					
11 Na	12 Mg					
19 K	20 Ca					
37 Rb	38 Sr					
+1	+2					

0	-4	-3	-2	-1	2 He
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
+3	+4	+5	+6	+7	0

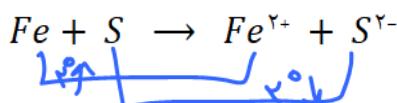
دامنه یا گستره یا بازه عدد اکسایش عناصر اصلی

نکته: بازه عدد اکسایش H از -1 تا +1 است و اکسیژن از -2 تا +2 و همچنین فلور از -1 تا +7 است.

لیال دروازه (+2 و +5)

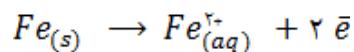
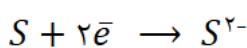
H → C → N → O → F

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



می‌یابد:

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



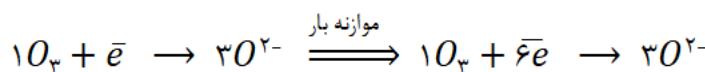
### موازن نیم واکنش‌ها

قانون مبتنی بر مجموعه بار

۱- ابتدا عنصر را به روش وارسی موازن نماییم.

۲- سپس با استفاده از موازن بار، ضریب  $e$  را تعیین نماییم.

مثال: نیم واکنش  $O_2 + e^- \rightarrow O^{2-}$  به این شکل موازن نمایش شود:



مثال: نیم واکنش  $P_4 + e^- \rightarrow P_4^{2-}$  را موازن نمایید.

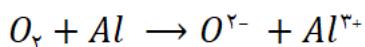
### موازن نیم واکنش اکسایش - کاهش

#### روش ۱: با استفاده از نیم واکنش ها

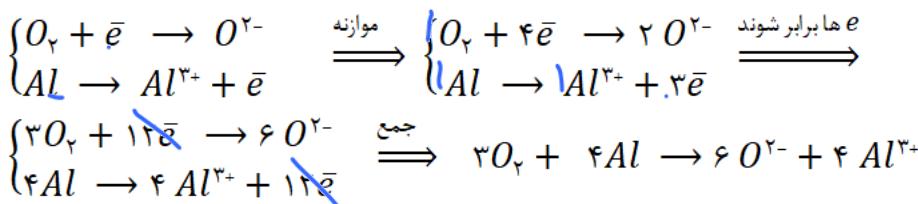
۱- ابتدا نیم واکنش‌ها موازن نماییم. ۲- تعداد  $e$  در دو نیم واکنش برابر نمایند.

۳- نیم واکنش‌ها جمع نمایند.

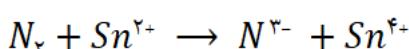
مثال: موازن نیم واکنش را به رو به کمک نیم واکنش:



جواب: نیم واکنش‌ها را استخراج نماییم و سپس موازن نماییم و ...



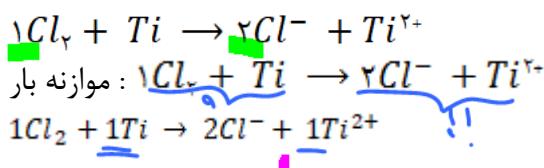
مثال: واکنش زیر را به روش نیم واکنشی موازن نمایید:



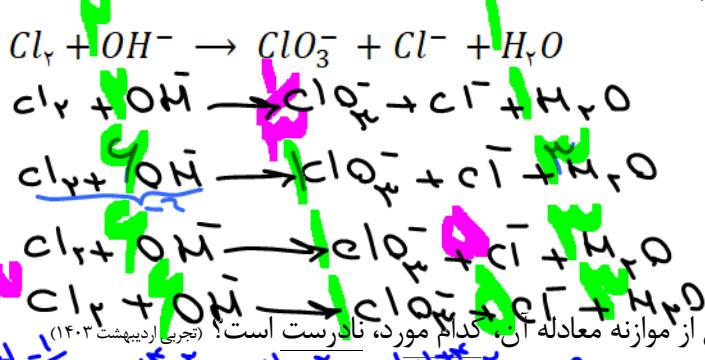
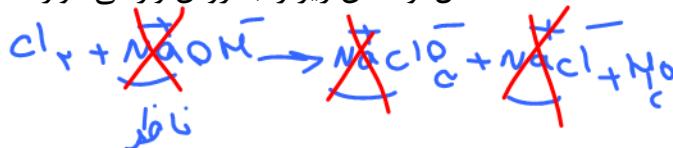
## روش ۲: با استفاده از روش وارسی

- ۱- تا حد امکان موازنی عنصرها را انجام می‌دهیم.
- ۲- هر جا دیگر امکان موازنی عنصرها نبود، از موازنی بار استفاده می‌کنیم.
- ۳- مجدد با استفاده از موازنی عنصرها، همه ضرایب را به دست می‌آوریم.

مثال: موازنی واکنش  $\text{Cl}_2 + \text{Ti} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{Ti}^{2+}$



مثال: واکنش زیر را به روش وارسی موازنی کنید:



مولکول هیدراتی  $\text{H}_2\text{O}$

- تست ۱: با توجه به واکنش داده شده، پس از موازنی معادله آن، کدام مورد نادرست است؟ (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)
- (۱) عدد اکسایش اتم‌های کربن، در مجموع ۳۲ واحد تعییر کرده است.
  - (۲) تفاوت مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، برابر ۱ است.

(۳) نسبت شمار مولکول(های) چند اتمی واکنش، به شمار آنیون(های) چند اتمی فراورده برابر  $1/5$  است.

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

$$\Delta x(+1) = +8$$

$$\Delta x(+4) = +32$$

$$= 1,0$$



تست ۲: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

با توجه به ساختار مولکول داده شده، چند مورد از موارد زیر، نادرست است؟

• شمار اتم‌های هیدروژن، با شمار پیوندهای دوگانه برابر است.

• شمار اتم‌های هیدروژن، با شمار اتم‌های هیدروکسیل برابر است.

• اگر اتم‌های هیدروژن آن با گروه عاملی هیدروکسیل جایگزین شود، جرم مولی آن،

به تقریب، ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

• شمار اتم‌های کربن با عدد اکسایش منفی، ۳ برابر شمار اتم‌های کربن با عدد

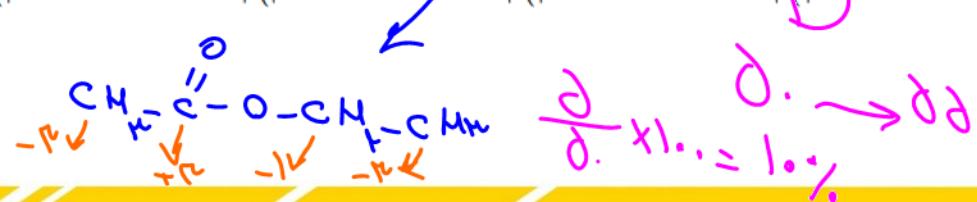
اکسایش منفی در مولکول اتیل اتانوات است.



$$\frac{12}{22} = 0.545$$

$$22$$

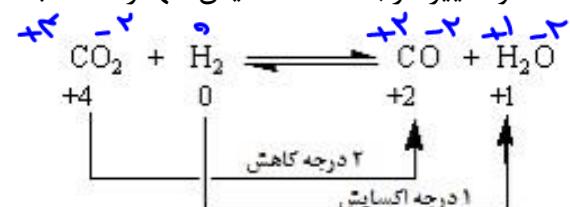
$$41$$



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

۱- ابتدا عدد اکسایش هر اتم را به دست می‌آوریم.

۲- سپس عنصر اکسیده و کاهنده و تغییر درجه عدد اکسایش آنها را محاسبه می‌نماییم.



مثال : در واکنش  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{N}^{3-} + 6\text{H}^+$  عنصر اکسیده و کاهنده و تغییر عدد اکسایش آنها به این شکل مشخص می‌شود:

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{N}^{3-} + 6\text{H}^+$  کاهنده است و هر اتم آن  ${}^{\circ}\text{N}$  اکسیده است و هر اتم آن  ${}^{\circ}\text{N}$  کاهش دارد.

تعداد  $e$  مبادله شده در این واکنش : ۶ عدد می‌باشد.

(سؤال)

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

مثال: در واکنش زیر چند مول  $e$  بین اکسیده و کاهنده مبادله می‌شود؟

در نیز تبدیل امولفه  $\text{Al}_{12}\text{O}_{36}$  به  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ۱۰ جنی ۶۰ جنی تبدیل می‌شود.

بارگذیند تقدیرهای تو

$$2x = 4$$

$$2\text{Al}^{3+} + 3\text{O}^{2-}$$

$$\begin{aligned} \text{Al: } & 2x = 4 \\ \text{H: } & 1x = 4 \end{aligned}$$

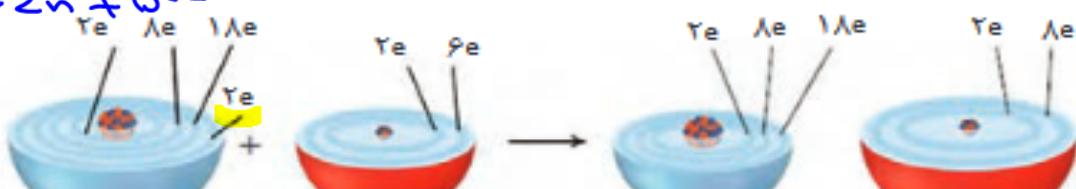
$$5 \text{ mol e}^{-}$$

## شیمی دوازدهم

عنوان: ملائمه با اکسیژن (فلزات تجیب)



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.



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

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

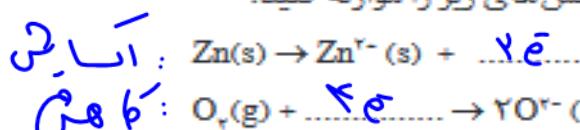
پ) اگر گرفتن الکترون را کاهش<sup>۱</sup> و از دست دادن الکترون را اکسایش<sup>۲</sup> بنامیم، کدام گونه

کاهش و کدام اکسایش یافته است؟

**آزمایش ۱:** شیمی‌دان‌ها هریک از فرایندهای گرفتن و از دست دادن الکترون را با یک نیم‌واکنش<sup>۳</sup>

نمایش می‌دهند که هر نیم‌واکنش باید از لحاظ جرم (atomها) و بار الکتریکی موازن باشد.

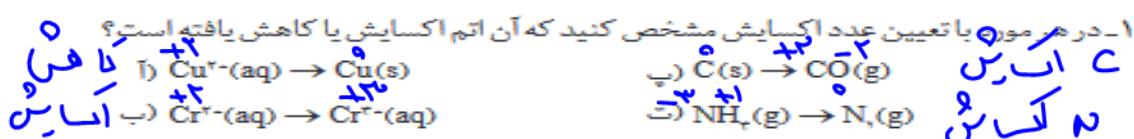
اینک با قرار دادن شمار معینی الکترون، هریک از نیم‌واکنش‌های زیر را موازن کنید.



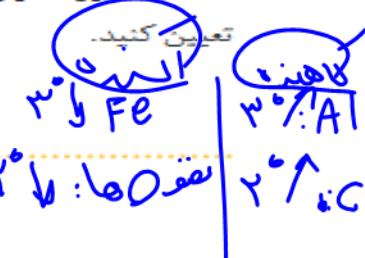
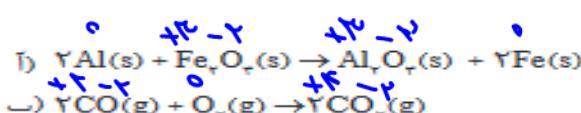
ث) کدام یک از نیم‌واکنش‌های بالا، نیم‌واکنش اکسایش و کدام یک نیم‌واکنش کاهش را نشان می‌دهد؟ چرا؟

ج) ماده‌ای که با گرفتن الکترون سبب اکسایش گونه دیگر می‌شود، اکسنده<sup>۴</sup> و ماده‌ای که با دادن الکترون سبب کاهش گونه دیگر می‌شود، کاهنده<sup>۵</sup> نام دارد. در واکنش روی با اکسیژن، گونه اکسنده و کاهنده را مشخص کنید.

## خود را بیازمایید

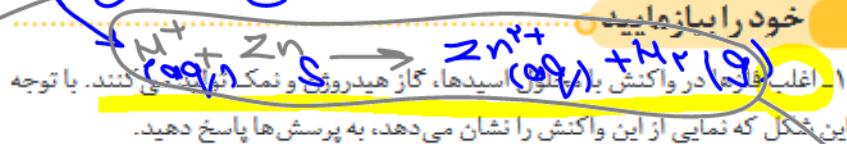


۲- یک هریک از واکنش‌های زیر با محاسبه تغییر عدد اکسایش، گونه کاهنده و اکسنده را تعیین کنید.



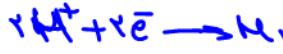
۳) قدر مقدار اکسایش را تعیین کنید.

## شیمی دوازدهم



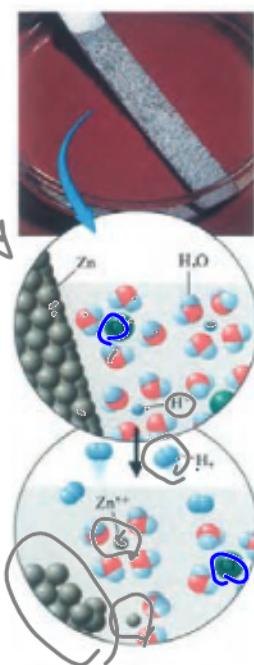
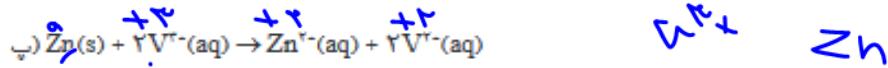
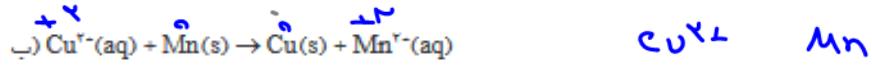
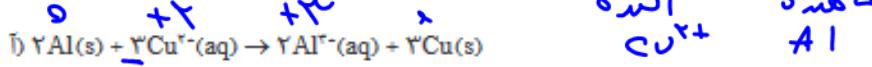
- (آ) کدام گونه اکسایش و کدام گونه کاهش یافته است؟ جواب:
- (ب) نیم واکنش‌های اکسایش و کاهش را بنویسید و موازن کنید.
- (پ) نیم واکنش‌ها را با هم جمع کنید تا با حذف الکترون‌ها، معادله واکنش به دست آید.

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

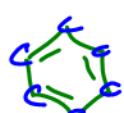


در این واکنش، اتم‌های روی الکترون از دست می‌دهند و کاهش می‌یابند و سبب کاهش اکسایش یون‌های هیدروژن می‌شوند، از این روش اتم‌های روی نقش از دست می‌آورند دارند. در حالی که یون‌های هیدروژن، الکترون از دست می‌دهند و کاهش اکسایش می‌یابند و سبب کاهش اکسایش روی می‌شوند، از این رو یون‌های هیدروژن نقش از دست می‌آورند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

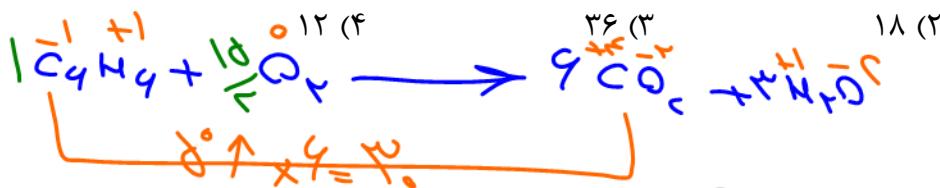
- ۲- در هریک از واکنش‌های زیر، گونه‌های اکسید و کاهنده را مشخص کنید.



- واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید.



تست ۱: در سوختن کامل بنزن، مجموع تغییر درجه اکسایش اتم‌های کربن چند است؟



تست ۲: در سوختن کامل استون ( $\text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3$ )، مجموع تغییر درجه اکسایش کربن‌ها چند است؟

۱۲ (۴)

۱۶ (۳)

۲۱ (۲)

۱۹ (۱)

## تشخیص واکنش اکسایش-کاهش از دیگر واکنش ها

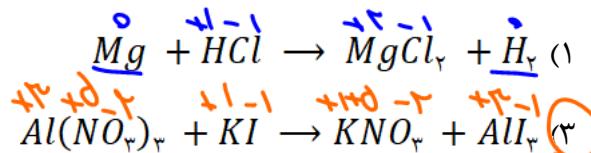
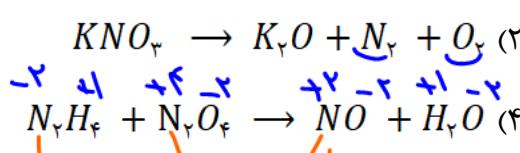
بطور کلی اعداد اکسایش عنصرهای یک واکنش را به دست می آوریم، چنانچه تعدادی از اتم ها تغییر درجه داشتند، واکنش از نوع اکسایش-کاهش است.

سواد - معنی:  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $Fe$  و ...

تربیت - معنی:  $NaCl$ ,  $H_2O$  و ...

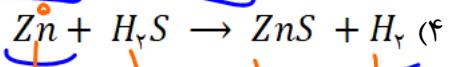
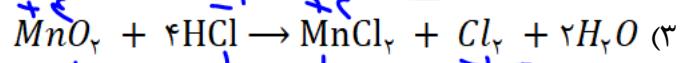
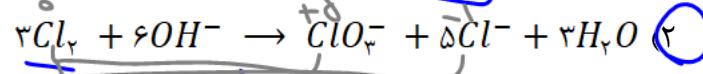
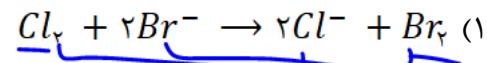
نکته: چنانچه در واکنشی عنصر (های) به حالت عنصر باشند، واکنش قطعاً از نوع اکسایش-کاهش می باشد.

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



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

ستیم نامناسب:

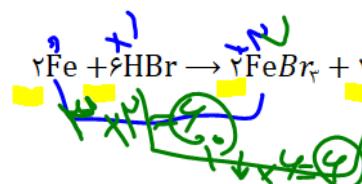


استوکیومتری و عدد اکسایش

تعداد مول الکترون مبادله شده در هر واکنش و نیو  $\Delta H$  واکنش متناسب با ضریب استوکیومتری هر جسم بر حسب مول می باشد.

$$\frac{1.8 \text{ mol e}}{2 \text{ mol }} = \frac{Q}{-200 \text{ kJ}}$$

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



تغییر عدد اکسایش هر اتم آهن ۳ درجه می باشد و تغییر درجه اکسایش هر اتم  $H$  برابر با ۱ درجه است.

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

۲ مول  $Fe$  مصرف می شود. ۶ مول  $HBr$  مصرف می شود. ۲ مول  $FeBr_3$  تولید می شود. ۳ مول  $H_2$  تولید می شود.

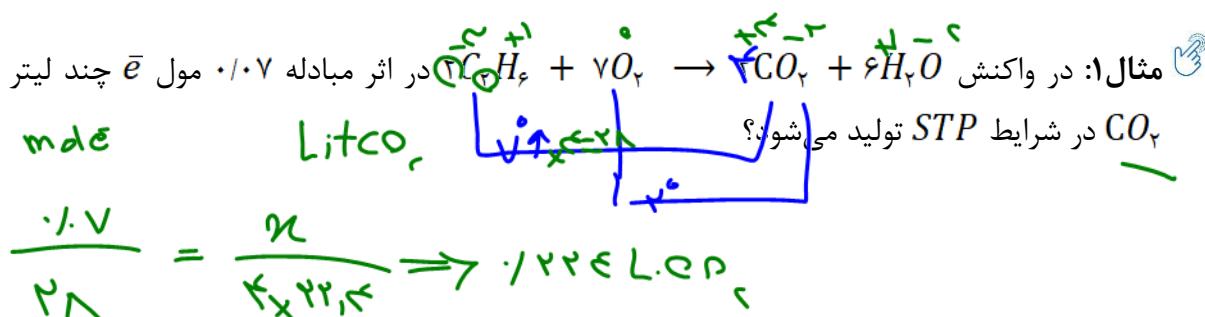
و ۲۰۰ کیلو زول گرما آزاد می شود.

مثال: در این مبادله  $(Fe + M_2)$  ۰.۲ مول  $e$ ، چند مول  $Fe$  و چند مول  $M_2$  تولید می شود.

$$\frac{0.2}{6} = \frac{2}{x}$$

$$x = \frac{2}{0.2} = 10$$

آموزش را با دبیران برنده ایران تجربه کنید



مثال ۲: در واکنش  $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Al} + 3\text{CO}_2$  اگر  $۳/۰۱ \times ۱۰^{۲۲}$  عدد  $e$  مبادله شود، چند گرم  $\text{Al}$  تولید می‌شود؟ ( $\text{Al} = ۲۷$ )



تست ۱: کدام گزینه نادرست است؟

۱) الکتروشیمی افزون بر تهییه مواد جدید به کمک انرژی الکتریکی می‌تواند در راستای پیاده کردن اصول شیمی سبز گام بردارد.

۲) ساخت لوله‌های فلزی انتقال آب، قوطی محتوی مواد غذایی، چهره‌ای از افزایش سطح رفاه و آسایش است.

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

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

تست ۲: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- در واکنش  $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$  اتمهای روی کاهنده و یون‌های کلرید اکسنده هستند.

- الکتروشیمی شاخه‌ای از علم شیمی است که در قلمرو تامین انرژی، تولید مواد، اندازه گیری و کنترل کیفی بر پایه اصول شیمی سبز عمل می‌کند.

- اکسنده جسمی است که اکسایش می‌یابد و کاهنده جسمی است که کاهش می‌یابد.

- هنگامی که بار یک گونه مثبت‌تر شود، آن گونه اکسایش یافته است.

- فلزها اغلب کاهنده و نافلزها اغلب اکسنده هستند.

۴) ۴

۳) ۳

۲) ۲

۱) ۱

تست ۳: در واکنش  $\text{MnO}_4^- + a\text{H}^+ + b\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{۴+} + c\text{H}_2\text{O}$  به ترتیب از راست به چپ کدامند؟

۴،۵،۸) ۴

۴،۴،۵) ۳

۳،۲،۵) ۲

۲،۳،۸) ۱

تست ۴: پس از موازنی واکنش  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{۴-} + \text{Sn}^{۴+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Sn}^{۴+} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cr}^{۳+}$  ضریب یون  $\text{Sn}^{۴+}$  چند برابر یون  $\text{Cr}^{۳+}$  می‌باشد؟

۳) ۴

۲) ۳

۱/۵) ۲

۱) ۱

## جاری شدن انرژی با سفر الکترون

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

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

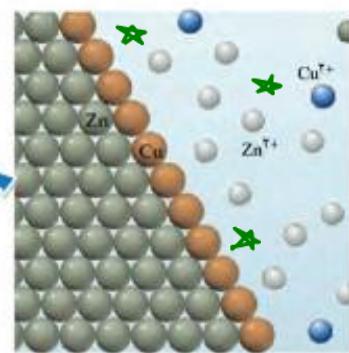
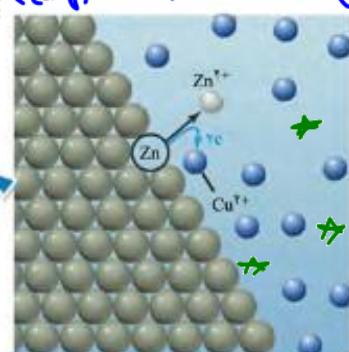
**نکته ۲:** تمایل فلزها برای از دست دادن الکترون در محلول‌های آبی نیز یکسان نیست. به عبارتی قدرت اکسایش (کاهندگی) در فلزات متفاوت است.



مثال ۱: بررسی واکنش تیغه روی با محلول آبی دنگ  $\text{CuSO}_4$  و افزایش دمای محلول:



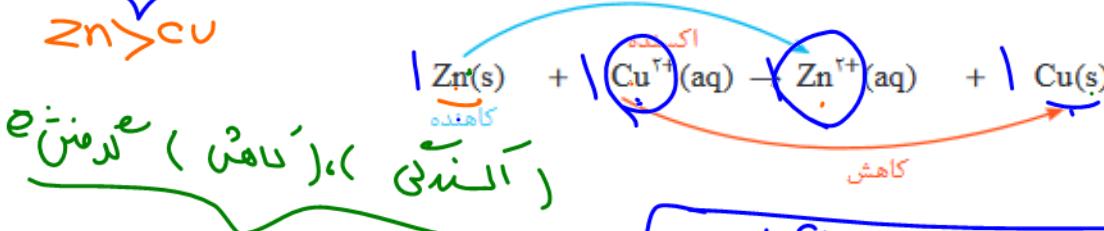
با گذشت زمان



(ناهنجی) و (آب) از متداول‌ترین



اکسایش

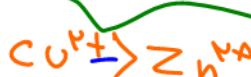


$\Delta m$

تغییر وزن (للرود)

$-1 \times 98$

$+1 \times 48$



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

$\text{Cu}^{2+} > \text{Al}^{3+}$  : در من قله  
 $\text{Cu} < \text{Al}$  : از دادن آن بین

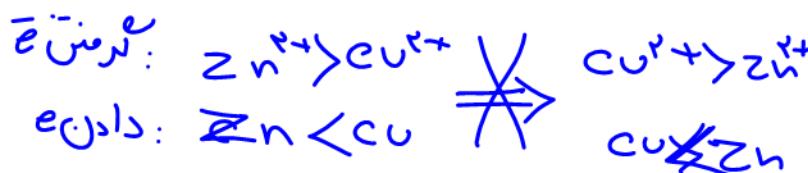
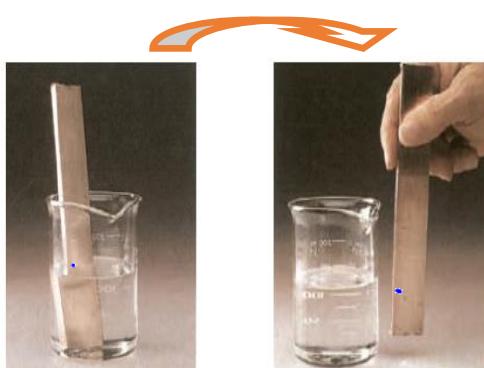
$2\text{Al(s)} + 3\text{Cu}^{2+}\text{(aq)} \longrightarrow 2\text{Al}^{3+}\text{(aq)} + 3\text{Cu(s)}$



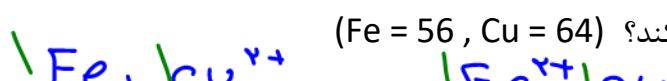
هنگامی که  $\text{Al(s)}$  درون  $\text{CuSO}_4\text{(aq)}$  قرار گیرد، برآور واکنش اکسایش-کاهش، دمای محلول افزایش می‌یابد.

مثال ۳: عدم واکنش تیغه مس با محلول  $\text{ZnSO}_4$  و ثابت ماندن دمای محلول:

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



مثال ۴: اگر تیغه‌ای از جنس آهن در محلول آبی رنگ مس ( $\text{Cu}^{2+}$ )، قرار گیرد، در اثر مبادله  $1/1$  مول



$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{(1 \times 56)}{\text{Fe}} - \frac{(1 \times 64)}{\text{Cu}} \Rightarrow \frac{\Delta m}{m} = -56 + (44) = +18$$

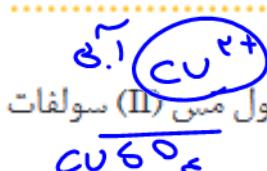
$$\frac{m}{\text{mole}} = \frac{1}{1} = +18$$

نکته ۳: هر چه تفاوت قدرت اکسید شدن دو فلز بیشتر باشد، در اثر واکنش آن‌ها گرمای بیشتری آزاد شده و دمای محلول افزایش بیشتری می‌یابد. (با فرض تعداد الکترون مبادله شده  $1/1$  برابر)

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

در محلول فلز، فلز به شکل کاتیون می‌باشد.

## خود را بیازمایید

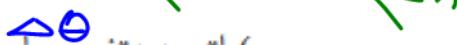
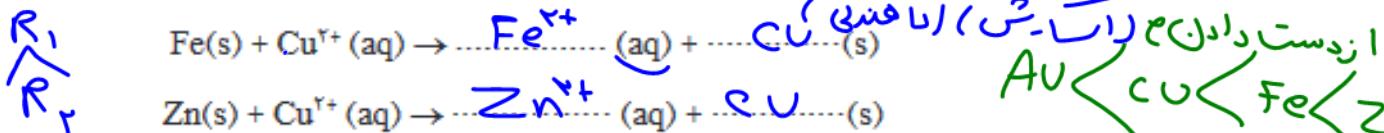


جدول زیر داده هایی را از قرار دادن برخی تیغه های فلزی درون محلول مس (II) سولفات در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.

نام فلز	نشانه شیمیایی فلز	دماهی مخلوط واکنش پس از مدتی (°C)	دماهی مخلوط واکنش پس از مدتی (°C)
آهن	Fe	۲۳	۲۰
طلاء	Au	۲۰	۲۰
روي	Zn	۲۶	۲۰
مس	Cu	۲۰	۲۰

(۱) تغییر دماهی مخلوط واکنش نشان دهنده چیست؟ ابیام و آن?

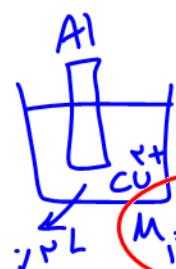
(۲) هر یک از واکنش های زیر را کامل کرده سپس گونه های کاهنده و اکسنده را مشخص کنید.



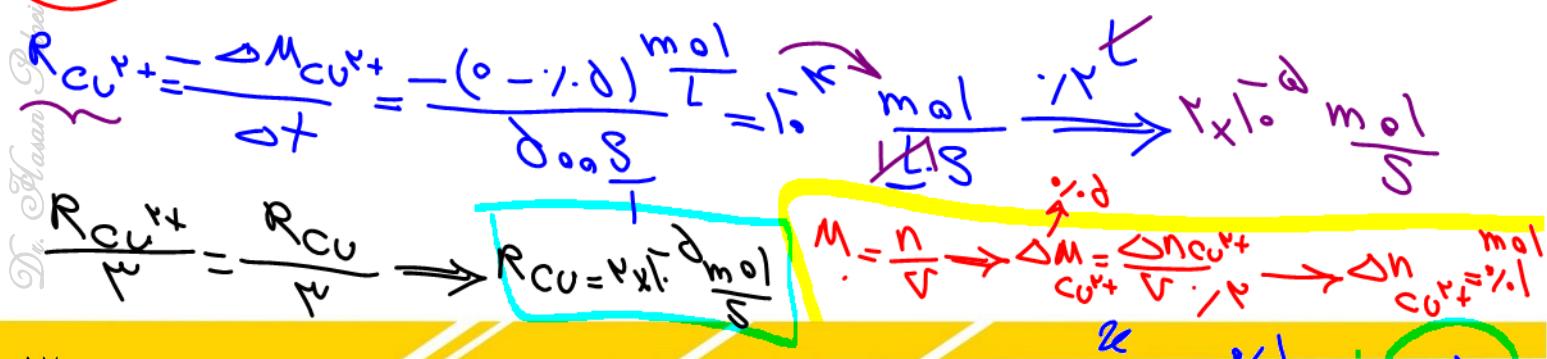
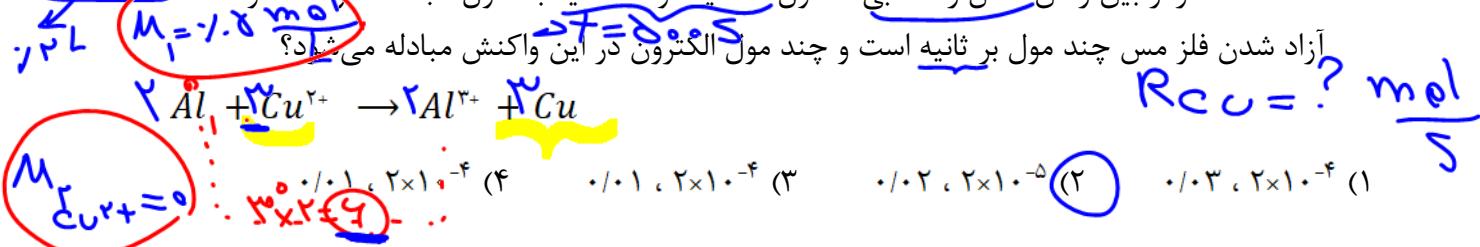
(۳) با توجه به تغییر دماهی هر سامانه، کدام فلز تمايل بيشتری به از دست دادن الکترون دارد؟ چرا؟

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

(۵) پیش بینی کنید هرگاه تیغه مس درون محلول روی سولفات قرار گیرد، آیا واکنشی انجام می شود؟ چرا؟



تست ۱: یک فویل آلومینیومی درون  $200 \text{ ml}$  میلی لیتر محلول  $\text{CuSO}_4$  با غلظت  $0.05 \text{ Molar}$  انداخته شده است. اگر از بین رفتن کامل رنگ آبی محلول ۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه به طول انجامد. سمعت متوجه آزاد شدن فلز مس چند مول بر ثانیه است و چند مول الکترون در این واکنش مبادله می شود؟

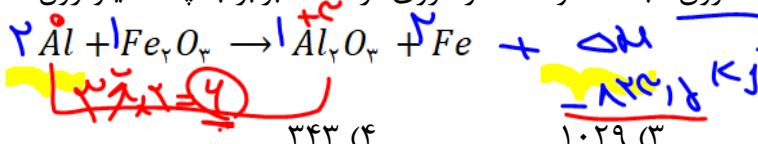


آموزش را با دبیران برنده ایران تجربه کنید

$$\frac{Q}{\Delta H}$$

$$Q \quad \Delta H$$

قست ۲: به ازای مصرف هر گرم آلمینیوم در واکنش ترمیت  $\frac{15}{25}$  کیلو ژول انرژی آزاد می‌شود. اگر در طول انجام شدن این واکنش  $6 \times 10^{24}$  الکترون مبادله شود، مقدار انرژی آزادشده برابر با چند کیلو ژول است؟ ( $Al = 27$ )



$$(Al = 27)$$

$$686 \text{ (۱)}$$

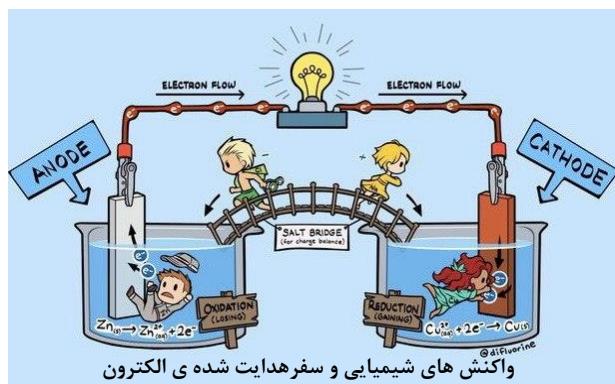
$$1372 \text{ (۲)}$$

H

$$\frac{g Al}{2 \times 27} = \frac{-1822 \text{ kJ}}{\Delta H} \rightarrow \Delta H = -822,8 \text{ kJ}$$

$$\frac{9,2 \times 10^{24}}{9,2 \times 10^{24}} = \frac{1822,8 \text{ kJ}}{Q} \Rightarrow Q = -1822,8 \text{ kJ}$$

## سلول گالوانی یا ولتاوی



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

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

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

## اجزای سلول گالوانی

**A) نیم سلول‌ها:** هر سلول گالوانی دارای دو نیم سلول آندی و کاتدی است. هر نیم سلول شامل الکترود و محلول الکتروولیت یون‌های آن تیغه می‌باشد (معمولًا).

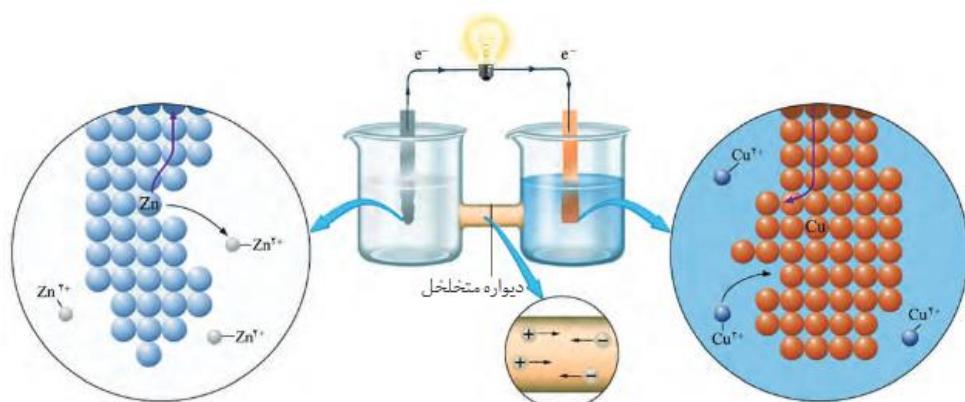
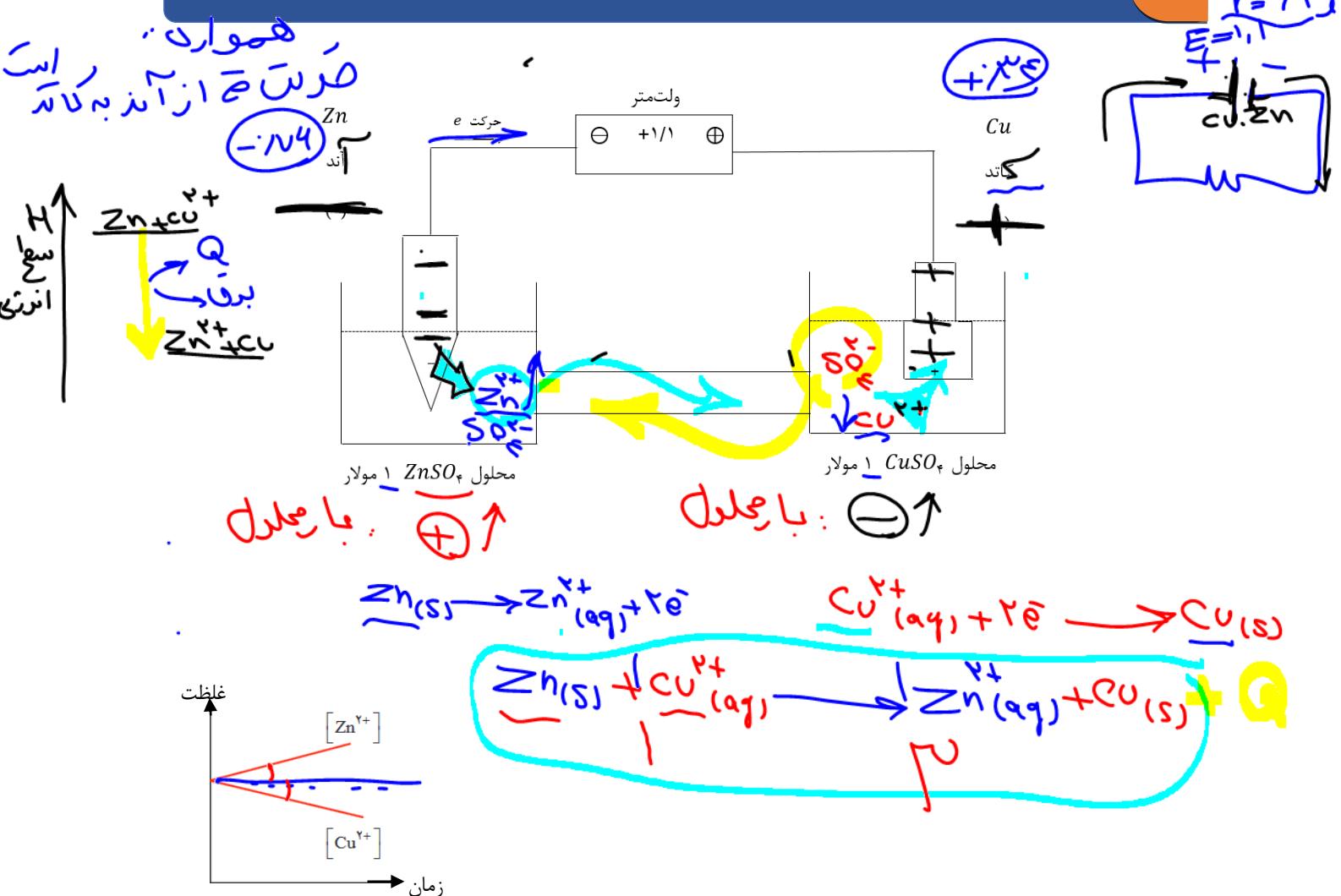
الکترود: یک رسانای الکترونی است که عمل اکسایش و کاهش در سطح آن انجام می‌شود. (فلز یا گرافیت که الکترون شناور دارد)

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

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

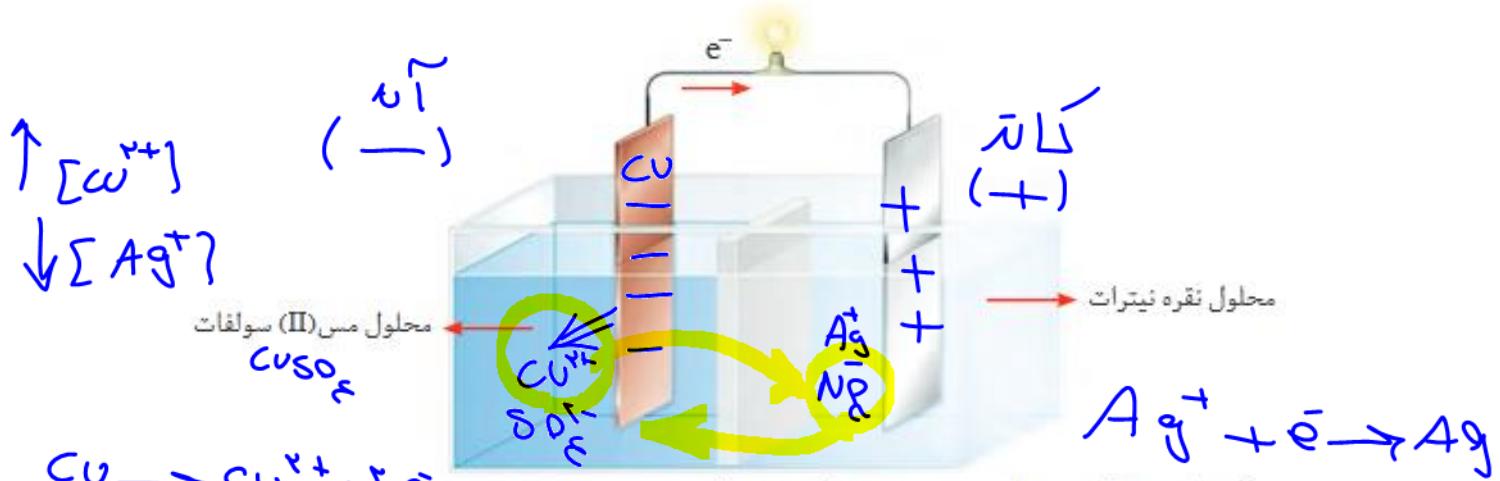
**C) دیواره متخلخل:** دیواره‌ای از جنس سفال و .... که از مخلوط شدن مستقیم دو الکتروولیت جلوگیری می‌کند اما برخی یون‌های موجود در دو محلول می‌توانند از آن عبور کنند (کاتیون‌ها از آن نیم سلول آندی به نیم سلول کاتدی می‌روند و آنیون‌ها از آن از نیم سلول کاتدی به آندی می‌روند). دیواره متخلخل محلول‌ها را از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

## سلول گالوانی روی - مس



## خود را بیازمایید

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



(آ) علامت الکترودهای مس و نقره را مشخص کنید.

(ب) نیم واکنش‌های انجام شده در آند و کاتد را بنویسید.

(پ) با انجام واکنش، جرم الکترودها چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

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

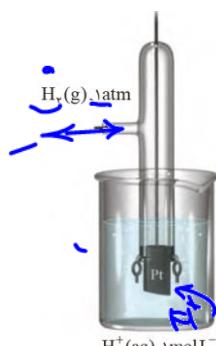
تمایل گونه‌ها برای گرفتن الکترون (پتانسیل کاهش استاندارد) ( $E^\circ$ )

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

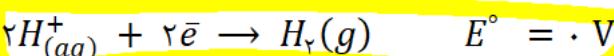
حال با توجه به اینکه تمایل و قدرت گونه‌ها برای گرفتن یا از دست دادن الکترون نیز متفاوت است، می‌توان معیاری برای این کمیت بیان کنیم و در نتیجه قدرت گونه‌ها از این نظر را با یکدیگر مقایسه کنیم  
قدرت گونه‌ها برای داد و ستد الکترون را با نماد  $E^\circ$  نمایش می‌دهند و طبق قرارداد تمایل یون  $H^+$  برای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

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

الکترود استاندارد هیدروژن (SHE): شامل یک الکترود پلاتینی است که در محلول  $1\text{ mol/L H}_2$  با فشار  $1\text{ atm}$  و دما  $25^\circ C$  قرار داده شده و گاز  $H_2$  به آن دمیده می‌شود.



در این صورت پتانسیل الکتریکی  $SHE$ , صفر در نظر گرفته می‌شود:



$SHE$  نعمت‌آزاده:



نفس‌آزاده:

$$E_{H^+/H_2}^\circ = 0\text{ V}$$

▶ بدست آوردن پتانسیل کاهش استاندارد یک یون فلزی: تیغه‌ای از جنس فلز مورد نظر را در محلول  $1\text{ mol/L}$  یون آن قرار می‌دهیم و تیغه را توسط سیم به ولت متر وصل کرده و سر دیگر ولت متر را به  $SHE$  متصل می‌کنیم. عددی که ولت متر نشان می‌دهد بیانگر مقدار عددی  $E^\circ$  یون فلزی مورد نظر است، که خود ۲ حالت دارد:

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

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

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

$$E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\text{ V} \quad Cu_{(aq)}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu_{(s)} \quad E^\circ = +0.34\text{ V}$$

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

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

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

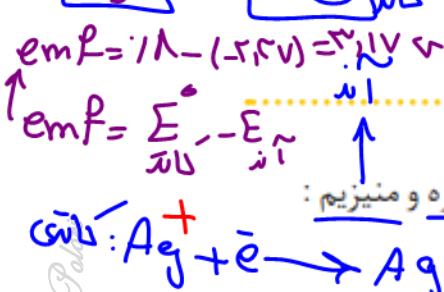
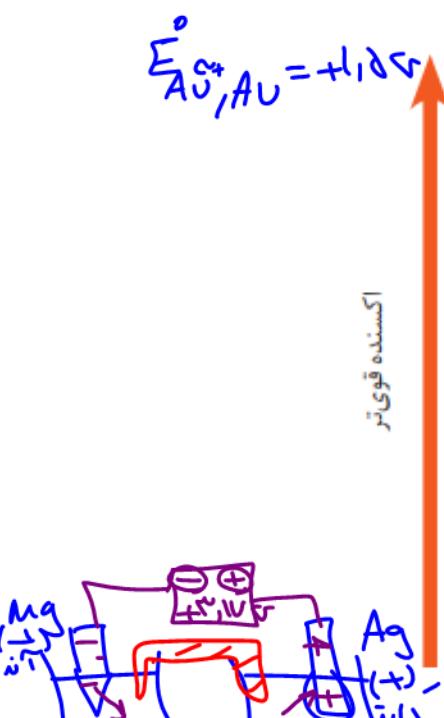


اگر عناصر را با توجه به مقدار  $E^\circ$  آنها به گونه‌ای رتبه بندی کنیم که هر چه عنصری  $E^\circ$  بیشتر داشته باشد بالاتر و هر چه مقدار  $E^\circ$  آن کمتر باشد پایین‌تر قرار گیرد، ترتیبی به نام سری الکتروشیمیایی به دست می‌آید:

جدول ۱- پتانسیل کاهشی استاندارد برای برخی نیم‌سلول‌ها

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

کاهشی‌تر



### خود را بیازمایید

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

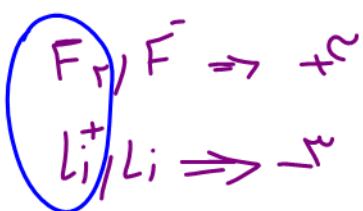
آ) کدام الکترود آند و کدام کاتد خواهد بود؟ چرا؟

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



## قویتیہ بناء الکتریہ

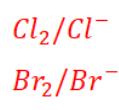
سری الکترو شیمیایی تستی:



اکسندہ ترین

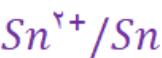
صلیف ترین کا ہڈہ  
(صلیف ترین آئندہ)

المسندہ ترین نوہ :

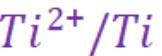
ملکی  
پیجیم

نفس اُنہ

افزاش کا ہندگی (دادن e)



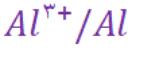
✓



✓



✓



✓



قطار الوصیوم

فلزات

کربن



✓



النہادہ



کاہنہہ ترین

صلیف ترین بناء  
(صلیف ترین ناہد)

## نکاتی از سری الکتروشیمی

- ۱- گونه‌ی سمت چپ صرفاً تمایل به کاهش دارد. (اکسنده)
- ۲- گونه‌ی سمت راست صرفاً تمایل به اکسایش دارد. (کاهنده)
- ۳- در مباحث این فصل نیز فلزات و هیدروژن می‌توانند به شکل مثبت (کاتیون) یا خنثی باشد.
- ۴- در مباحث این فصل نیز نافلزات می‌توانند به شکل منفی (آنیون) یا خنثی باشد.
- ۵- نیم واکنش کاهش را به دو حالت نمایش می‌دهند، به عنوان مثال نیم واکنش و  $E^\circ$  یون روی:
$$E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76 \text{ V} \quad \text{یا} \quad Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)} \quad E^\circ = -0.76 \text{ V}$$
- ۶- هر چه فلزی پایین‌تر باشد، واکنش پذیری آن بیشتر بوده به عبارتی فعال‌تر و ناپایدارتر است و استخراج آن از طبیعت دشوارتر می‌باشد
- ۷- هر چه نافلزی بالاتر باشد، واکنش پذیری آن بیشتر است به عبارتی فعال‌تر و ناپایدارتر است و استخراج آن از طبیعت دشوارتر می‌باشد
- ۸- هر گونه را  $E^\circ$  نیم سلول گویند. حال چنانچه دو گونه با یکدیگر واکنش دهند، به تفاوت  $E^\circ$  آنها، سلول یا نیروی الکتروموتوری یا emf یا نیرو محركه و یا ولتاژ سلول می‌گویند، که از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

**نیروی الکتروموتوری (emf) یا  $E^\circ$  سلول:**

- ۹- نیم سلول می‌تواند مثبت یا منفی باشد اما  $E^\circ$  سلول حتماً عددی مثبت می‌باشد.
- ۱۰- هر چه  $E^\circ$  سلول بیشتر باشد سرعت واکنش دو گونه اکسنده و کاهنده بیشتر بوده و اگر واکنش در محلول انجام شود، دمای محلول افزایش بیشتر می‌یابد و چنانچه واکنش دو گونه در یک سلول گالوانی انجام شود، با تری قوی‌تر ایجاد می‌شود.

## مقایسه قدرت اکسندگی و کاهندگی گونه‌ها



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

نکته ۲: در سری الکتروشیمیایی گونه سمت راست، اکسید شونده است یعنی کاهنده است و هر چه پایین‌تر باشد، کاهنده قوی‌تری است.

**مثال ۱:** گونه‌های  $Zn, Li^+, Al^{3+}, H_2, H^+, Ag^+, F^-$  را از نظر قدرت اکسندگی و کاهندگی مرتب کنید:

جواب: گونه‌هایی که می‌توانند کاهش یابند (اکسنده) :

گونه‌هایی که می‌توانند اکسایش یابند (کاهنده) :

**مثال ۲:** با توجه به  $E^\circ$  های داده شده، گونه‌ها را براساس اکسندگی و کاهندگی مرتب کنید؟

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

جواب:

گونه‌هایی که امکان کاهش دارند (اکسنده‌ها) :

گونه‌هایی که امکان اکسایش دارند (کاهنده‌ها) :

قدرت اکسندگی :

قدرت کاهندگی :

**تست:** با توجه به  $E^\circ$  های داده شده، چند مطلب از مطالب زیر درست است؟

- قدرت کاهندگی  $A$  از  $B$  بیشتر است.

- قدرت اکسندگی  $B^{2+}$  از  $A^{2+}$  بیشتر است.

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

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

- تمایل  $A$  برای گرفتن الکترون بیشتر از  $B$  است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

## پیوند با ریاضی

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

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

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

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

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



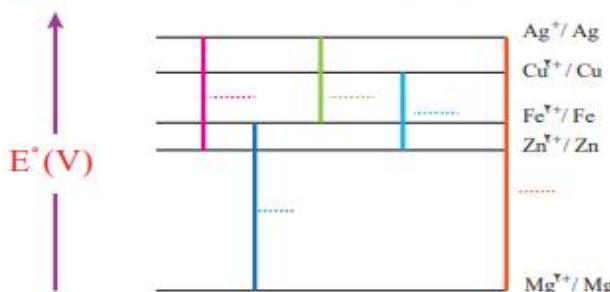
آ) این سلول را از روی شکل مشخص کنید.

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

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

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

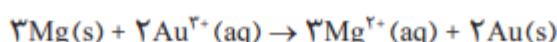
۴- در نمودار زیر هر خط رنگی نشان‌دهنده یک سلول گالوانی تشکیل شده از دو فلز را نشان می‌دهد. با توجه به جدول پتانسیل استاندارد به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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

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

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



## نکاتی دیگر از سلول گالوانی



۱- گونه‌ای که  $E^\circ$  کمتر دارد، آند و گونه‌ای که  $E^\circ$  بیشتر دارد کاتد است.

۲- حرکت  $e$  همواره از آند ( گونه‌ای با  $E^\circ$  کمتر) به کاتد ( گونه‌ای با  $E^\circ$  بیشتر) می‌باشد.

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

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

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



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



مثال: با توجه به  $E^\circ$  های داده شده، سلول گالوانی Al-Cu را بررسی کنید

$$E^\circ Al^{r+}/Al = -1.6V$$

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

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

تشخیص آند و کاتد با چه سری هایی؟

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

### تست ۱: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

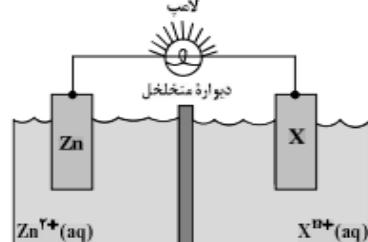
با توجه به شکل داده شده که سلول گالوانی استاندارد تشکیل شده از دو نیمسلول را نشان می دهد، کدام مورد، عبارت زیر را از نظر علمی بدسترسی کامل می کند؟ ( $Zn = 65 \text{ g.mol}^{-1}$ )

«اگر الکترود ..... باشد، ..... لاصب»

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

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

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



(۱)  $Ag$ : بظایای مبادله  $0.02 \text{ mol}$  الکترون، جرم الکترود روی،  $1/3$  گرم کاهش می یابد

(۲)  $V$ : جهت حرکت الکترون ها با جهت حرکت آئیون های نمک محلول و اندیم، همسو است

(۳)  $Ag$ : جهت حرکت کاتیون های محلول نقره به سمت الکترود روی است

(۴)  $E^\circ$  سلول، برابر  $44.0 \text{ V}$  ولت و  $Zn^{2+}$ , گونه اکسیده است

تست ۲: اگر در سلول گالوانی روی - هیدروژن، الکتروولیت به کار رفته در کاتد شامل ۴ لیتر محلول هیدروکلریک اسید ۱ مولار باشد، با مبادله  $4/0$  مول الکترون از مدار بیرونی، غلظت الکتروولیت کاتدی به چند مول بر لیتر می‌رسد؟

۰/۶ (۴)

۰/۸۵ (۳)

۰/۹ (۲)

۰/۸ (۱)

تست ۳: اگر نیروی الکتروموتوری سلول  $N - M$  برابر با  $0/9$  ولت باشد و از جرم الکترود  $N$  به تدریج کاسته شود و  $N - Z$  سلول  $emf$  برابر با  $1/2$  ولت و  $N - Z$  قطب مثبت باشد، کدام گزینه نادرست است؟

۱) ترتیب کاهندگی:  $Z > N > M$ ۲) ولتاژ سلول  $Z - M$  برابر  $2/1$  ولت است.۳) در سلول  $Z - M$  کاتیون‌ها به سمت نیم سلول  $Z$  حرکت می‌کنند.۴) در سلول  $Z - M$  آند سریعتر از سلول  $N - Z$  کاهش وزن می‌یابد.

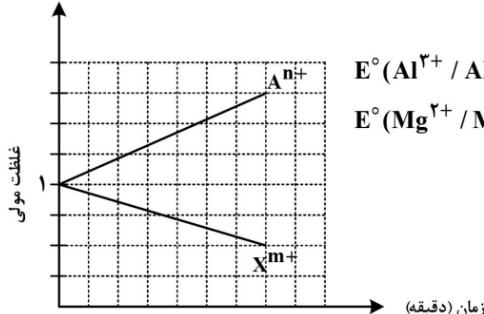
 **مثال ۱:** اگر تیغه Mg در محلول نمک آلومینیوم قرار گیرد در اثر عبور  $3/0 \times 10^{22}$  عدد الکترون، جرم تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ ( $Mg = 24$ ,  $Al = 27$ )

**مثال ۲:** در سلول منیزیم - آلومینیوم در اثر عبور  $3/0 \times 10^{22}$  عدد الکترون از مدار بیرونی، تفاوت جرم الکترودها چند گرم خواهد شد؟ (جرم اولیه الکترودها برابر است)

## تست ۱: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)



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



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

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

- (۱) A و X، می‌توانند به ترتیب، کروم و روی باشند و  $(aq)$   $Cr^{3+}$  در سلول، نقش اکسیده را دارد.  
 (۲) در این سلول گالوانی، بهازی مصرف  $0.06$  مول از فلز  $X$ ،  $10^{33} \times 10^{33}$  الکترون مبادله می‌شود.  
 (۳) نمودار می‌تواند مربوط به سلول گالوانی «منیزیم - آلومینیم» باشد، که مقدار  $m$ ، برابر مقدار  $n$  است.  
 (۴) الکترود  $E^\circ$  کوچکتر است و با گذشت زمان، از جرم تیغه A کاسته می‌شود.

## تست ۲: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

اگر در سلول گالوانی استاندارد تشکیل شده از فلز M و فلز مس، بهازی مصرف ۲ مول فلز M،  $3.612 \times 10^{24}$  الکترون مبادله شود و نسبت تغییرات جرم تیغه مس به تغییرات جرم تیغه M، برابر  $1/84$  باشد، جرم مولی فلز M به تقریب کدام است؟ ( $Cu = 64 \text{ g.mol}^{-1}$ )

- (۱) ۴۵      (۲) ۵۲      (۳) ۷۰      (۴) ۵۹

## تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

درباره سلول گالوانی استاندارد «آلومینیم - هیدروژن» کدام موارد زیر درست است؟ (حجم هریک از محلول‌های

$$(H = 1, Al = 27: g.mol^{-1}, E^\circ = (Al^{3+} / Al) = -1.66 \text{ V})$$

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

ب: اگر غلظت  $H^+$  ( $aq$ )  $5/3$  مولار کاهش یابد، غلظت  $Al^{3+}$  ( $aq$ )  $5/9$  مولار افزایش خواهد داشت.

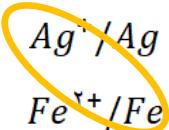
پ: اگر ۵/۵۴ گرم از جرم آند کاسته شود، ۶۷۲ میلی‌لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP تشکیل شده است.

ت: در نمودار «مول - زمان» برای این سلول، شب تغییر یون شرکت‌کننده در نیم‌واکنش کاتدی، ۳ برابر شب تغییر یون شرکت‌کننده در نیم‌واکنش آندی است.

- (۱) «پ» و «ت»      (۲) «ب» و «پ»      (۳) «الف» و «ب»      (۴) «الف» و «ت»

پیش بینی انجام پذیری یا انجام ناپذیری یک واکنش

روش ۱: یک واکنش شیمیایی در صورتی انجام می‌شود که گونه سمت چپ و بالاتر در مجاورت گونه سمت راست و پایین‌تر قرار گیرد (شیب منفی):



روش ۲: فرض را بر انجام پذیر بودن واکنش گرفته و کاتد فرضی و آند فرضی را مشخص می‌کنیم، حال  $emf$  واکنش را محاسبه کرده، در صورتی که عددی مثبت بود واکنش انجام پذیر، و گرنه انجام ناپذیر است.

مثال: آیا تیغه مس در محلول نمک سرب حل می‌شود؟

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

نکته ۱: طبق توضیحات روش ۱ و ۲، کاتیون فلز بالایی با فلز خنثی پایین‌تر از خود واکنش می‌دهد.

نکته ۲: همه فلزات پایین‌تر از هیدروژن می‌توانند با محلول اسیدها واکنش دهند و گاز  $H_2$  آزاد کنند.

نکته ۳: محلول کاتیون پایین‌تر را می‌توان در ظرف بالاتر نگهداری کرد.

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



نکته ۵: اگر در یک محلول واکنشی از نظر الکتروشیمیایی انجام پذیر باشد، دمای محلول افزایش می‌یابد. و در شرایط یکسان هر چه تفاوت  $E^\circ$  دو گونه‌ای که با هم واکنش می‌دهند بیشتر باشد، سرعت واکنش و نیز افزایش دمای محلول بیشتر خواهد بود. (بافرض شرایط یکسان)

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

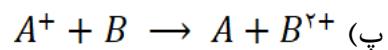
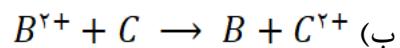
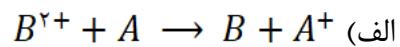
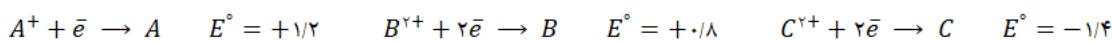
محلول A : محلول آبی رنگ  $CuSO_4$  و تیغه آلومینیومی.

محلول B : محلول  $AgNO_3$  و تیغه مسی.

محلول C : محلول آبی رنگ  $CuSO_4$  و تیغه نقره.

محلول D : محلول  $AgNO_3$  و تیغه لیتیم.

مثال ۲: با توجه به  $E^\circ$  گونه‌ها، کدام واکنش خود به خودی است (دمای محلول افزایش می‌یابد).  
 محلول‌ها را براساس افزایش دمای محلول و سرعت واکنش مرتب کنید؟



مثال ۳: کدام واکنش خود به خودی انجام نمی‌شود؟

۱) واکنش تیغه روی با محلول آهن II کلرید.

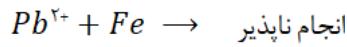
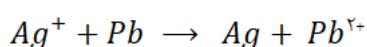
۲) واکنش گاز فلورید با محلول سدیم برمید.

۳) واکنش تیغه قلع با محلول هیدروکلریک اسید.

۴) واکنش تیغه آلومینیوم با محلول پتاسیم نیترات.

مثال ۴: اگر فلز M با محلول نقره کلرید واکنش دهد اما بر محلول نمک‌های روی بی‌اثر باشد، ترتیب قدرت اکسندگی و کاهندگی گونه‌ها را بنویسید؟

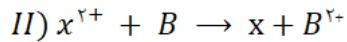
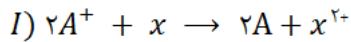
مثال ۵: با توجه به واکنش‌های زیر به سوالات پاسخ دهید:



- الف) قوی‌ترین اکسیده:      ب) ضعیف‌ترین اکسیده:      پ) قوی‌ترین کاهنده:      ت) ضعیف‌ترین کاهنده:  
 د) کمترین نیروی الکتروموتوری سلول:      ج) سریعترین واکنش بین دو گونه:

- تست ۱: اگر تیغه‌ای از جنس سرب را در محلول آبی رنگ  $Cu^{2+}$  قرار دهیم، رنگ آبی محلول کم  $E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34$  یون مس چند مورد از مطالب زیر درست است؟
- واکنش انجام شده به شکل  $Cu^{2+} + Pb \rightarrow Cu + Pb^{2+}$  می‌باشد.
  - $Pb^{2+}$  اکسیده ضعیف‌تری از  $Cu^{2+}$  می‌باشد.
  - به تدریج آلیاژی از سرب و مس ایجاد می‌شود.
- ۴ (۴)                  ۳ (۳)                  ۲ (۲)                  ۱ (۱)

- تست ۲: با توجه به واکنش‌های زیر اگر  $E^\circ$  واکنش (I) به اندازه ۰/۱ ولت بیشتر از  $E^\circ$  واکنش (II) بوده و گونه‌های  $A^+$  و  $B^{2+}$  به ترتیب ۰/۳ و ۰/۵ ولت باشد، پتانسیل کاهش گونه  $x^{2+}$  چند ولت است؟



-۰/۳۵ (۴)

-۰/۴۵ (۳)

-۰/۱۵ (۲)

-۰/۰۵ (۱)

- تست ۳: اگر با قرار دادن تیغه روی در محلول یون  $Cu^{2+}$  بعد از مدتی ۰/۰۵ مول الکترون مبادله شود، جرم  $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$  تیغه چند گرم تغییر می‌کند؟ ( $Zn = 65$ ,  $Cu = 64$ )

۱) ۰/۰۲۵ گرم افزایش      ۲) ۰/۰۲۵ گرم کاهش      ۳) ۰/۵ گرم افزایش      ۴) ۰/۰۵ گرم کاهش

قست ۴: با قرار دادن تیغه روی در محلول اسید به ازای مبادله  $3/0 \times 10^{-22}$  الکترون، چند میلی لیتر گاز در شرایطی که چگالی گاز اکسیژن  $1/28.0 \text{ g.L}^{-1}$  است تولید می‌شود؟ ( $H = 1, 0 = 16$ )

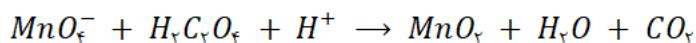
۱۲۵۰ (۴)

۶۲۵ (۳)

۱۲۵ (۲)

۳۹ (۱)

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



- (۱) انجام این واکنش باعث کاهش  $PH$  محلول می‌شود.  
 (۲) هر اتم منگنز در این واکنش ۳ درجه کاهش می‌یابد.  
 (۳) اتم‌های اکسیژن نقش اکسنده دارند.  
 (۴) با مصرف  $1/0.1$  مول  $H_2C_2O_4$ ،  $1/0.1$  مول الکترون مبادله می‌شود.

قست ۶: (تجربی اردیبهشت ۱۴۰۳)

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

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

$$E^\circ(Fe^{3+}/Fe) = -0.04 V, \quad E^\circ(Cl^-/2Cl^-) = +1.35 V, \quad E^\circ(I^-/2I^-) = +0.54 V$$

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

- (۲) مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش:  $Fe^{3+}(aq) + I_3(s) \rightarrow FeI_3(aq)$ ، پس از موازنۀ معادله آن برابر ۷ است و به طور طبیعی انجام می‌شود.

(۳) ید، برم و محلول آهن (II) کلرید را می‌توان در ظرفی از جنس آهن نگهداری کرد.

(۴) قدرت کاهنده‌گی یون یدید، کمتر از قدرت کاهنده‌گی فلز آهن و یون برمید است.

قست ۷: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

با توجه به  $E^\circ$  نیم‌واکنش‌های زیر، کدام مورد درست است؟

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

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

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

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

(۴) واکنش:  $2Cu(s) + Cl^-_3(g) \rightarrow 2Cu(s) + 2Cl^-(aq)$  به طور طبیعی انجام می‌شود.

قست ۸: (ریاضی اردیبهشت ۱۴۰۳)

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

$$E^\circ(V^{2+}/V) = -1.20 V, \quad E^\circ(V^{2+}/V^{4+}) = -0.26 V$$

$$E^\circ(Mn^{2+}/Mn) = -1.18 V, \quad E^\circ(Fe^{2+}/Fe) = -0.04 V$$



## باتری لیتیم دار



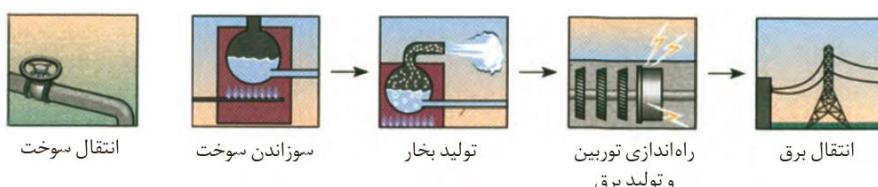
- ۱- لیتیم فلزی ارزشمند برای ذخیره انرژی الکتریکی است زیرا در میان فلزها کمترین چگالی و  $E^\circ$  و جرم مولی را دارد است. در نتیجه با استفاده از این فلز می‌توان باتری‌های سپکتر، کوچکتر و با توانایی ذخیره انرژی بیشتر تولید کرد.
- ۲- باتری‌های دکمه‌ای و نیز باتری‌های قابل شارژ (رایانه و تلفن) از جمله باتری‌های لیتم دار هستند.

۳- پسماندهای الکترونیکی تلفن و رایانه و باتری‌های لیتیمی و .... به دلیل داشتن مواد شیمیایی گوناگون سمی هستند و نباید در طبیعت رها یا دفن شوند؛ هر چند برخی از این پسماندها به دلیل داشتن مواد ارزشمند و گران قیمت، منبع مناسبی برای بازیافت مواد هستند.

## باتری سوختی

- سلول سوختی نوعی سلول گالوانی است که در آن از اکسایش آهسته‌ی سوختی مانند  $H_2$  یا  $CH_4$  به طور مستقیم برق تولید می‌شود.

**سوال:** روش قدیمی تولید برق از سوخت (برق حرارتی) چگونه است؟ (موتور درون سوز)



**جواب:** در این روش طبق مراحل زیر انرژی شیمیایی موجود در سوختی مانند مازوت، هیدروژن یا متان به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

مرحله ۱: انتقال سوخت به نیروگاه حرارتی.

مرحله ۲: سوزاندن سوخت و تولید گرمای.

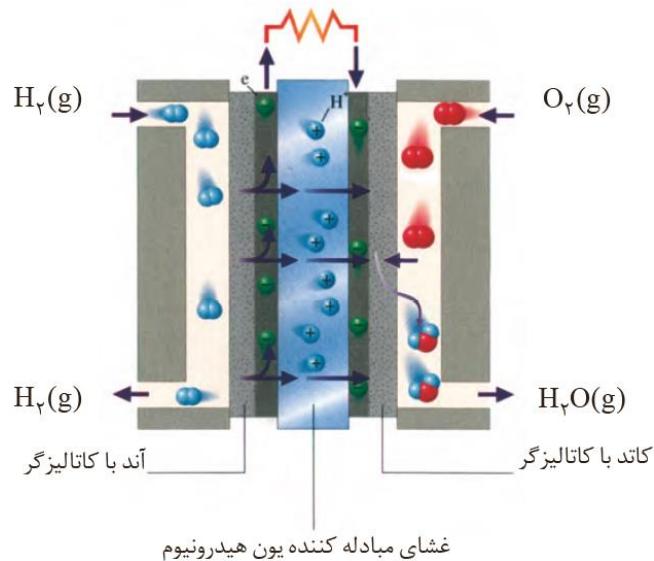
مرحله ۳: به جوش آمدن آب موجود در دیگ‌های آب و تولید بخار آب که انرژی مکانیکی دارد.

مرحله ۴: هدایت بخار آب به توربین و تولید برق.

مرحله ۵: انتقال برق تولیدی به مراکز مصرف.

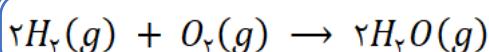
به این شکل فقط ۲۰٪ انرژی شیمیایی به الکتریکی تبدیل شده و مابقی انرژی شیمیایی، تبدیل به گرما می‌شود و از طرفی انتقال سوخت و ساخت نیروگاه و توربین (مولد) نیز هزینه زیادی دارد.

## سلول‌های سوختی هیدروژن – اکسیژن



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

۱- این سلول باعث کاهش آلودگی محیط زیست شده و رد پای کربن دی اکسید را کاهش می‌دهد.



۲- بازده آن ۶۰٪ می‌باشد (سه برابر موتور درون سوز)

۳- واکنش کلی انجام شده :

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

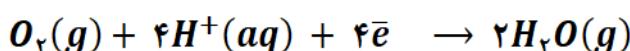
۵- کاتد و آند کاتالیزگرهایی هستند از جنس گرافیت (C)

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

بیرونی به سمت کاتد می‌رود:

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

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



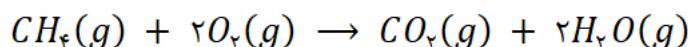
$$E^\circ = 1/2 \text{ V}$$

۸- نیروی الکترو موتوری این سلول (نظری) :

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

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

 نکته: به دلیل تهیه گران هیدروژن و انعجار پذیر بودن آن، سلول سوختی متان-اکسیژن نیز مورد استفاده قرار گرفته است. مزیت این سلول ارزان‌تر بودن و کم خطر بودن  $CH_4$  نسبت به  $H_2$  می‌باشد؛ اما اشکال آن تولید آلاینده  $CO_2$  می‌باشد. (متان سوخت پاک محسوب نمی‌شود)



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

- ۱- نوعی سلول گالوانی است که در آن از سوختن سریع  $CH_4$  یا  $H_2$  به طور مستقیم برق تولید می‌شود.
- ۲- آند و کاتد آن نقش کاتالیزگر را نیز داشته و جرم آنها به ترتیب کم و زیاد می‌شود.
- ۳- غشا مبادله کننده پروتون نقش دیواره متخلفل را دارا است ولی فقط در آن کاتیون حرکت می‌کند.
- ۴- نسبت به موتورهای درون سوز بازده بیشتری داشته و آلاینده محیط زیست نیستند.

تست ۲: اگر در سلول سوختی به جای هیدروژن از سوخت ارزان‌تر و کم خطر تر متان استفاده شود، برای عبور همان شمار الکترون ناشی از مصرف ۱ مول هیدروژن از مدار بیرونی، چند گرم متان مصرف می-  
شود؟ ( $C = 12$ ,  $H = 1$ )

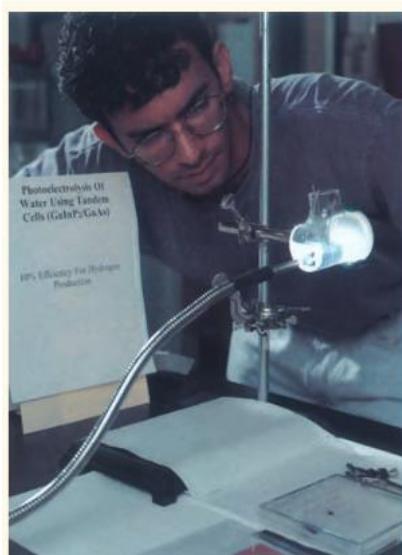
۳۲ (۴)

۱۶ (۳)

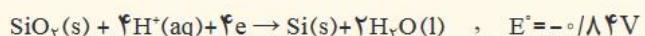
۸ (۲)

۴ (۱)

### سلول فتو الکتروشیمیایی



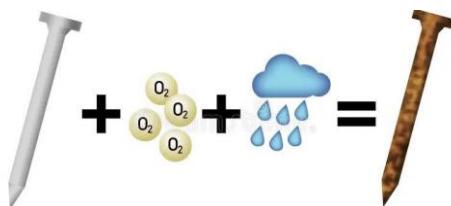
شیمی‌دان‌ها در برخی سلول‌های الکتروشیمیایی برای انجام واکنش اکسایش-کاهش از نور بهره می‌برند و آنها را سلول نور الکتروشیمیایی می‌نامند. در نمونه‌ای از آنها که برای تهیه گاز هیدروژن از آب به کار می‌رود، با توجه به نیم‌واکنش‌های زیر:



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

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

## اکسایش و خوردگی فلزات



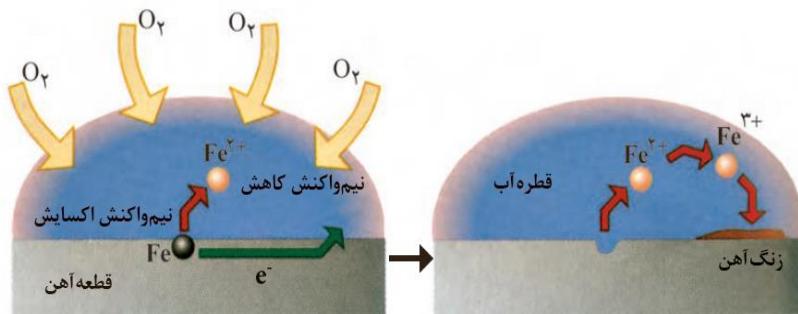
اکسایش فلزات : غیر از فلزات نجیب (طلاء، پلاتین و پالادیوم) که حتی در محیط اسیدی هم اکسایش نمی‌یابند، مابقی فلزات با اکسیژن (به دلیل مثبت بودن زیاد  $E^\circ$  اکسیژن) واکنش داده و اکسایش می‌یابند.

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

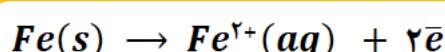
نکته: اکسید فلزاتی مانند آلومینیوم، منیزیم، قلع و روی خوردگی نمی‌یابند و پایدارند.

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

## زنگ زدن و خوردگی آهن

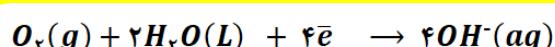


- برای اکسایش و خوردگی فلزات از جمله آهن وجود اکسیژن و آب الزامي است.
- در جاییکه غلظت اکسیژن محلول در آب کمتر است آهن اکسایش یافته و به شکل  $Fe^{2+}$  وارد آب شده و الکترون آن از طریق ورقه‌های آهنی به جاییکه غلظت اکسیژن در آب بیشتر است حرکت می‌کند:



نیم واکنش آندی:

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



نیم واکنش کاتدی:

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



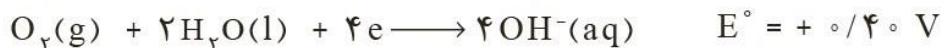
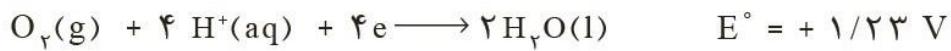
۵- واکنش کلی اکسایش آهن:

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

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

### با هم بیندیشیم

با توجه به نیم واکنش های زیر توضیح دهید چرا :



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

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

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

### فداکاری فلزها برای حفاظت آهن

### حفاظت کاتدی

تعريف: برای جلوگیری از خوردگی فلز، می توان آن را به فلزی که  $E^\circ$  کمتر (کاهنده تر) دارد متصل کرد. در اینصورت فلزی که  $E^\circ$  کمتر دارد اکسید شده و فلز مورد نظر که  $E^\circ$  بیشتری دارد حفاظت کاتدی شده و از خوردگی مصون می ماند.

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



(ب)



(ج)

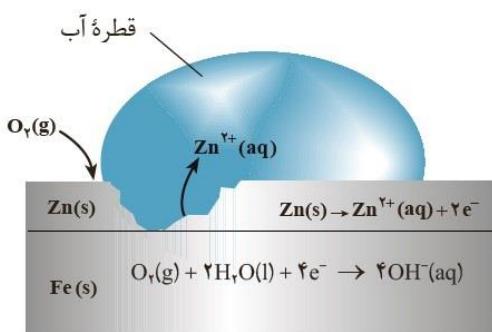
حفظ از آهن با منیزیم، (آ) بدنه کشتنی ب) لوله های نفتی

## آهن سفید یا گالوانیزه

۱- به ورقه‌های آهنی که با فلز روی پوشیده شده‌اند، آهن سفید یا گالوانیزه گویند.

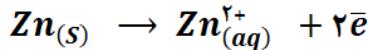
۲- از این ورقه‌ها برای ساخت تانکر آب، کانال کولر و ..... استفاده می‌شود.

۳- با ایجاد روکش از جنس روی در آهن سفید، از دو روش ایجاد روکش و حفاظت کاتدی برای جلوگیری از خوردگی آهن استفاده می‌شود.

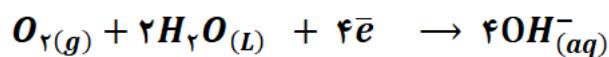


۴- با ایجاد خراش در سطح آهن گالوانیزه، هر دو فلز در مجاورت اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند اما چون  $E^\circ$  فلز روی کمتر است، روی در اکسایش برنده شده و آهن حفاظت کاتدی می‌شود.

۵- نیم واکنش آندی:



رقابت آهن و روی در آهن گالوانیزه



۶- نیم واکنش کاتدی:

## حلبی

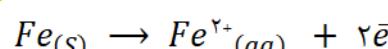
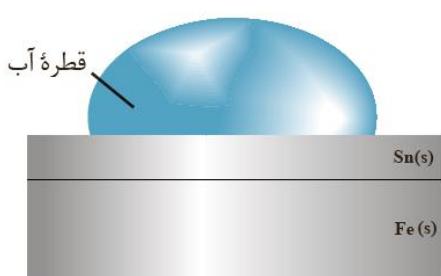
۱- به ورقه‌های آهنی که با فلز قلع پوشیده شده است، حلبی گویند.

۲- از این ورقه‌ها برای ساخت قوطی کنسرو و روغن نباتی استفاده می‌شود.

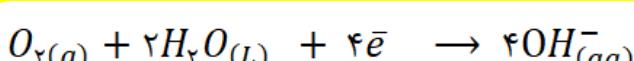
۳- در اثر ایجاد خراش در سطح حلبی، فلز آهن که  $E^\circ$  کمتری از قلع دارد اکسیده شده



و در حقیقت قلع حفاظت کاتدی می‌شود. برای همین در هنگام بسته‌بندی کنسروها باید دقیق تر خراشی به روی بدنه قوطی‌ها ایجاد نشود.



۴- نیم واکنش آندی:



۵- نیم واکنش کاتدی:

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

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

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

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

تست ۲: چه تعداد از مطالب زیر درست است؟

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

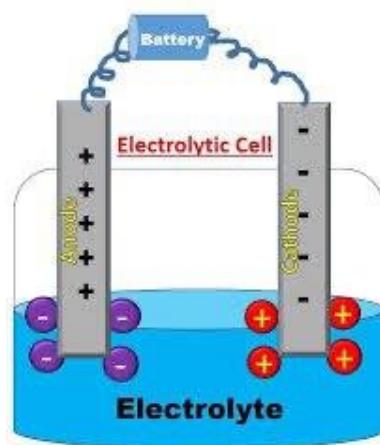
۴) ۴

۳) ۳

۲) ۲

۱)

## سلول‌های الکترولیتی



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

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

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

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

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

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

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

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

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

۱- سلول برقکافت  $\text{NaCl}$  مذاب: برای تولید  $\text{Na}$  (سلول دانز)

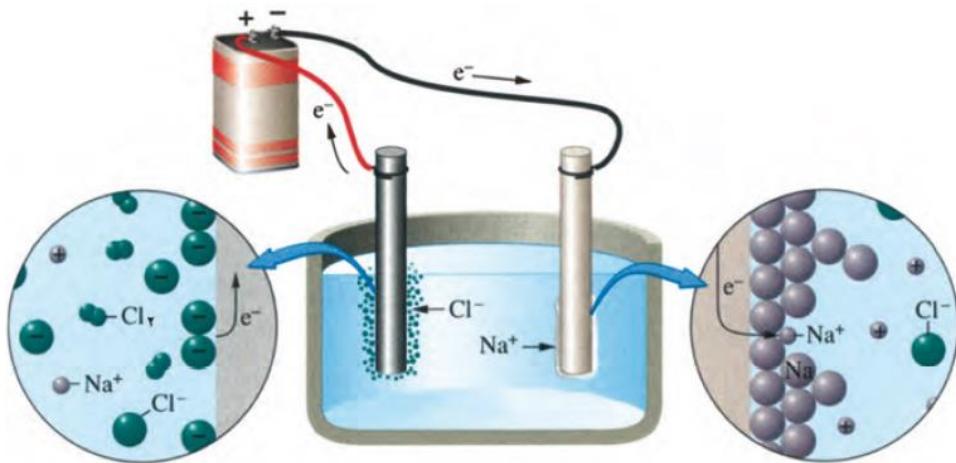
۲- سلول برقکافت آب: برای تولید گاز  $\text{H}_2$

۳- سلول برقکافت  $\text{MgCl}_2$  مذاب: برای تولید  $\text{Mg}$

۴- سلول آیکاری

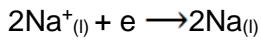
۵- سلول برقکافت  $\text{Al}_2\text{O}_3$  مذاب: برای تولید  $\text{Al}$  (سلول هال)

## برقکافت سدیم کلرید مذاب

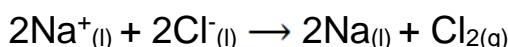


۱- سدیم کلرید به همراه مقداری کلسیم کلرید (کمک ذوب) به حالت مذاب وارد سلول الکتروولیتی می‌شود.

۲- نیم واکنش کاتدی:



۳- نیم واکنش آندی:



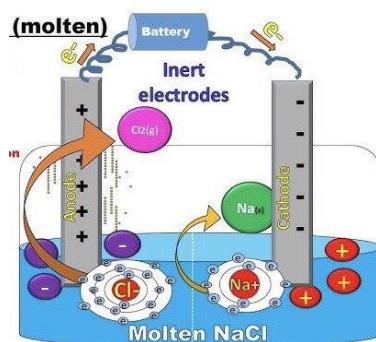
۴- واکنش کلی:

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

۶- سدیم کلرید خالص در  $1^{\circ}\text{C}$  سانتیگراد ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود  $587^{\circ}\text{C}$  سانتیگراد پایین می‌آورد. این کار از نظر اقتصادی باعث کاهش مصرف سوخت و آلایندگی کمتر هواکره می‌شود.

۷- اگر از محلول آبی سدیم کلرید استفاده شود، در رقابت کاتدی به جای یون  $\text{Na}^{+}$  یون  $\text{H}^{+}$  (آب) برنده شده و گاز  $\text{H}_2$  تولید می‌شود نه  $\text{Na}$  (در نتیجه برای تولید فلز سدیم اجباراً از برقکافت سدیم کلرید مضاب استفاده می‌شود نه محلول آبی آن).

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

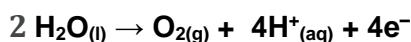
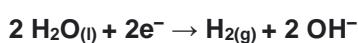


## برقکافت آب



تجزیه آب به گازهای هیدروژن و اکسیژن با مصرف انرژی الکتریکی

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



- ۵- از این روش برای تولید گاز هیدروژن استفاده می‌شود.  
۶- واکنش انجام شده در برقکافت آب و سلول سوختی کاملاً عکس یکدیگرند.

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

۰,۲-۱                    ۰,۴-۲                    ۰,۶-۳                    ۰,۸-۴

- تست ۲: در سلول دانز اگر ۴۶ گرم فراورده در کاتد تولید شود، چند عدد الکترون از سلول گالوانی خارج می‌شود؟ ( $\text{Na}=23 \text{Cl}=35.5$ )

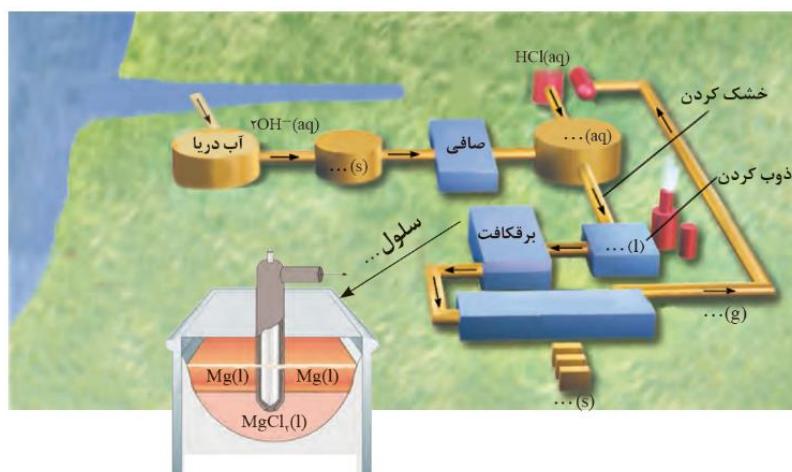
$6.2 \times 10^{24}$  (۴)       $6.02 \times 10^{23}$  (۳)       $3.01 \times 10^{23}$  (۲)       $1.2 \times 10^{24}$  (۱)

تست ۳: کدام عبارت درست می‌باشد؟

- ۱- واکنش برقکافت آب و واکنش انجام شده در سلول سوختی، عکس یکدیگرند و هر دو  $\text{emf}$  مثبت دارند.  
۲- در برقکافت آب و برقکافت نمک طعام، وزن الکترودهای آندی کاهش می‌یابد.  
۳- حرکت الکترون‌ها در سلول گالوانی و الکترولیتی از آند به کاتد است.  
۴- حجم گاز تولیدی در تجزیه آب، در کاتد نصف حجم گاز تولیدی در آند است.

## برقکافت منیزیم کلرید مذاب

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

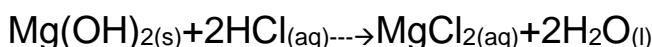
مراحل تولید منیزیم کلرید از آب دریا:

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



۲- عبور از صافی برای جداسازی ناخالصی‌ها

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

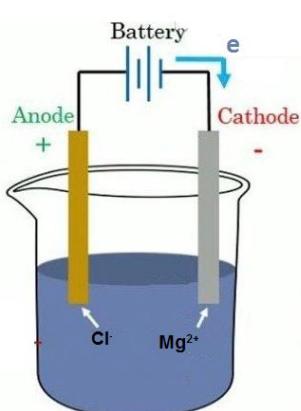


۴- خشک کردن محلول منیزیم کلرید و تولید منیزیم کلرید جامد.

۵- برقکافت منیزیم کلرید مذاب و تولید فلز منیزیم

## ► برقکافت منیزیم کلرید مذاب و تولید منیزیم:

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



۲- نیم واکنش کاتدی:

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

۳- نیم واکنش آندی:

$$2Cl^{-}_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e$$

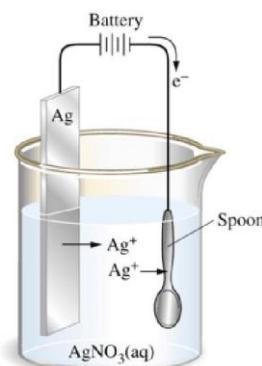
۴- واکنش کلی:

$$MgCl_{2(l)} \rightarrow Mg_{(l)} + Cl_{2(g)}$$

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

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

## سلول الکترولیتی آبکاری

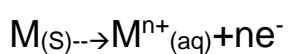


**آبکاری:** پوشاندن یک فلز با لایه نازکی از فلزهای ارزشمند و مقاوم در برابر خوردگی را "آبکاری" گویند که در سلول الکترولیتی انجام می‌شود.

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

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

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



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



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

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



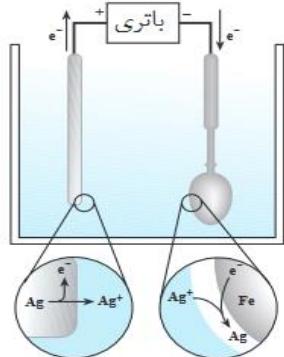
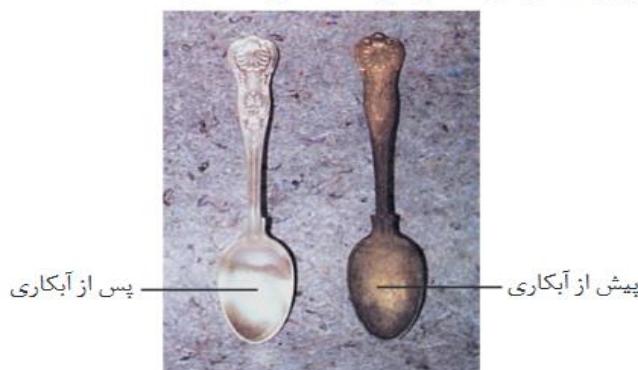
نکته: در آبکاری، همه چیز وابسته به جنس لایه نازک (فلز پوشاننده) می‌باشد:

- ۱- جنس فلز آند
- ۲- جنس محلول الکترولید
- ۳- نیم واکنش آندی
- ۴- نیم واکنش کاتدی

## شیمی دوازدهم

## خود را بیازمایید

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



- آ) قاشق فولادی به کدام قطب باتری متصل است؟  
 ب) نیم واکنش کاتدی را بنویسید.  
 پ) چرا الکتروولیت را محلولی از نمک نقره انتخاب کرده‌اند؟

## خود را بیازمایید

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



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

 تست ۱: اگر در فرایند آبکاری یک جسم مسی توسط نقره، تغییر جرم جسم مورد نظر  $2,16 \text{ گرم}$  باشد، چند الکترون در مدار خارجی این سلول بین تیغه‌های آندی و کاتدی مبادله شده است؟  
 (بازده  $50 \text{ درصد}$ ) ( $\text{Ag}=108$ )

$$2,4 \times 10^{22} - 4 \quad 2,4 \times 10^{23} - 3 \quad 1,2 \times 10^{22} - 2 \quad 1,2 \times 10^{23} - 1$$

تست ۲: در آبکاری یک کلید آهنی توسط نیکل، کدام گزینه نادرست است؟

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

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

$$4-4 \quad 3-3 \quad 2-2 \quad 1-1$$

تست ۴: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

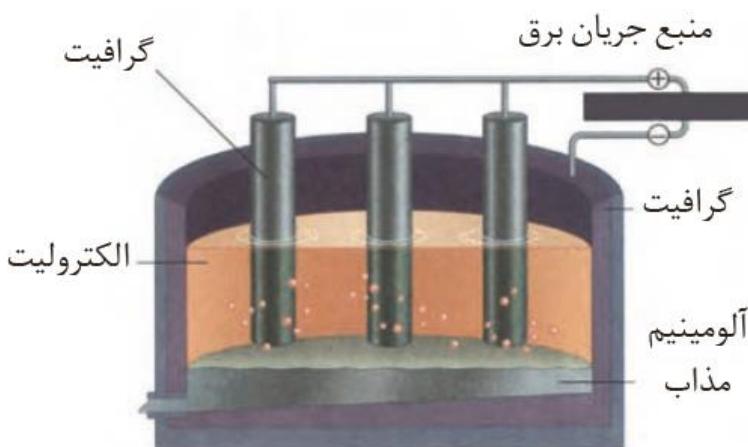
اگر از الکترون‌های تولیدشده در سلول سوختی هیدروژن برای تهیه فلز منیزیم از آب دریا استفاده شود، با مصرف چند کیلوگرم گاز هیدروژن در سلول سوختی با بازدهی  $60 \text{ درصد}$ ، می‌توان  $18 \text{ کیلوگرم منیزیم مذاب تهیه کرد}$ ؟



$$1,25(4) \quad 2,5(3) \quad 12,5(2) \quad 25,0(1)$$

## برقکافت آلمینیوم اکسید مذاب (سلول هال)

- فلز آلمینیوم را از برقکافت آلمینیوم اکسید مذاب تولید می‌کنند.
- ۲- فلزاتی مانند آلمینیوم با اینکه به سرعت در هوا اکسید می‌شوند اما به دلیل لایه چسبنده و متراکم  $Al_2O_3$ ، از ادامه اکسایش لایه زیرین جلوگیری می‌شود و استحکام ورقه آلمینیوم حفظ می‌شود. در نتیجه آلمینیوم فلزی مناسب برای ساخت لوازم خانگی، هواپیما و کشتی و غیره می‌باشد.
- ۳- آلمینیوم نیز همانند دیگر فلزات فعال در طبیعت به شکل ترکیب و به خصوص ترکیب با اکسیزن ( $Al_2O_3$ ) وجود دارد. بوکسیت، سنگ معدن آلمینیوم یعنی  $Al_2O_3$  ناخالص می‌باشد.
- ۴- برای تولید آلمینیوم عنصری،  $Al_2O_3$  مذاب را در سلول الکتروولیتی به نام "هال" برقکافت می‌کنند.

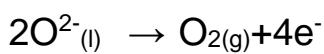
فرآیند هال

- ۱- الکتروولیت آلمینیوم اکسید مذاب می‌باشد.
- ۲- دیواره و کف سلول هال از جنس گرافیت بوده و به قطب منفی متصل بوده است و یون  $(Al^{3+})_{(l)}$  کاهیده شده و فلز آلمینیوم مذاب تولید می‌شود.



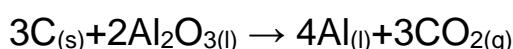
نیم واکنش کاتدی:

- ۳- آند به شکل استوانه‌های گرافیتی است که به قطب مثبت متصل بوده یون  $(O^{2-})_{(l)}$  در آن اکسایش می‌یابد:



نیم واکنش آندی:

- ۴- گاز اکسیژن تولیدی به محض تولید با کربن آند واکنش داده  $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$  و  $CO_{2}$  تولید می‌شود (وزن آند کم می‌شود)



۵- واکنش کلی:

- ۶- سلول‌ها هال مقدار زیادی انرژی الکتریکی مصرف می‌کنند. در صورتی که بازیافت قوطی و وسائل آلمینیومی ۷ درصد انرژی هال را مصرف می‌کند و در ضمن باعث افزایش عمر یکی از مهمترین منابع تجدید ناپذیر طبیعت شده و برخی هزینه‌های تولید این فلز را کاهش می‌دهد.



تست ۱: کدام مورد درباره سلول هال درست است؟

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

تست ۲: در شرایط یکسان به ازای مبادله شدن تعداد الکترون برابر، حجم گاز تولیدی در بر قカفت سدیم کلرید مذاب، چند برابر حجم گاز تولیدی در فرآیند هال است؟

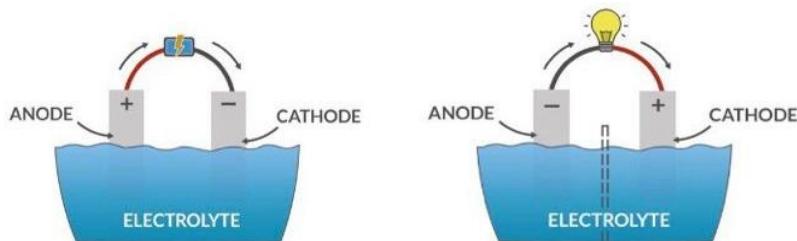
۲ - ۴                  ۰,۲۵ - ۳                  ۰,۵ - ۲                  ۱ - ۱

تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

کدام مورد، نادرست است؟

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

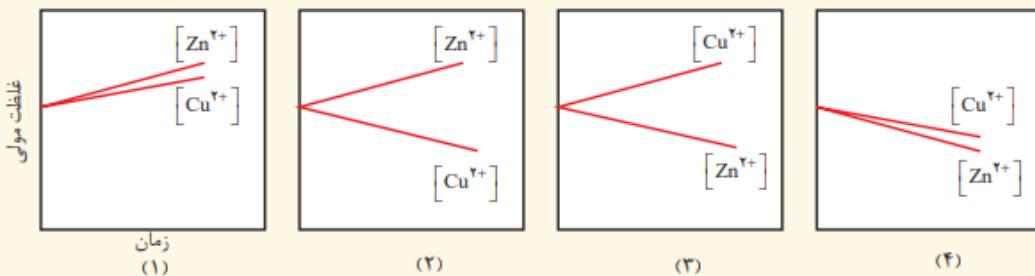
## مقایسه سلول گالوانی و الکتروولیتی



سلول الکتروولیتی	سلول گالوانی	سلول
		کمیت
الکتریکی به شیمیایی	شیمیایی به الکتریکی	تبديل انرژی
غیر خود به خود	خود به خود	نوع فرایند
فراوردها بیشتر	فراوردها کمتر	سطح انرژی فراوردها و واکنش دهنده‌ها
کاهش	کاهش	عمل انجام شده در کاتد
اکسایش	اکسایش	عمل انجام شده در آند
منفی	ثبت	قطبیت کاتد
ثبت	منفی	قطبیت آند
معمولًاً ثابت می‌ماند	معمولًاً افزایش جرم	تغییر جرم کاتد
معمولًاً ثابت می‌ماند	معمولًاً کاهش جرم	تغییر جرم آند

## تمرین‌های دوره‌ای

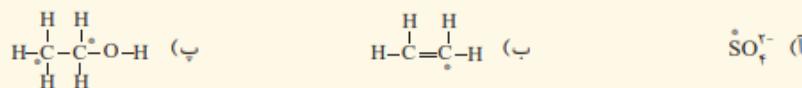
- ۱- برای هر یک از جمله‌های زیر دلیلی بنویسید.
- فلز پلاتین را می‌توان در بخش‌های مختلف بدن هنگام جراحی به کار برد.
  - فلوئور، اکسنده‌ترین عنصر در جدول دوره‌ای است.
  - عدد اکسایش اکسیژن در  $\text{OF}_2$  برابر با  $+2$  است.
- ۲- با مراجعه به جدول ۱، توضیح دهد کدام نمودار تغییر غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی-مس در بخشی از زمان نشان می‌دهد.



- ۳- سلولی که واکنش زیر در آن رخ می‌دهد برابر با  $1.98 \text{ V}$  است.  $E^\circ$  نیم سلول A را حساب کرده و با مراجعه به جدول ۱، مشخص کنید کدام فلز است؟



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



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

- $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO(g)}$
- $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{KI(aq)} \rightarrow \text{I}_2(\text{s}) + 2\text{KCl(aq)}$
- $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$

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



- گونه‌های اکسنده و کاهنده را در آن مشخص کنید.
- آند و کاتد را در این باتری مشخص کنید.

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

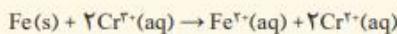
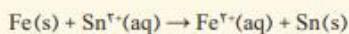
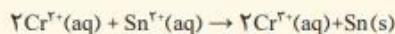
نیم واکنش کاهش	$E^\circ(V)$
$A^-(aq) + e^- \rightarrow A(s)$	+1/33
$B^{r+}(aq) + 2e^- \rightarrow B(s)$	+1/87
$C^{r+}(aq) + e^- \rightarrow C^{r+}(aq)$	-1/12
$D^{r+}(aq) + 2e^- \rightarrow D(s)$	-1/59

آ) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین اکسید است؟

ب) کدام گونه قوی‌ترین و کدام ضعیف‌ترین کاهنده است؟

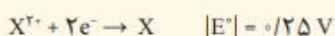
پ) کدام گونه‌ها می‌توانند  $C^{r+}$  را اکسید کنند؟

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



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

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



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

- فقط فلزهای A و C با محلول  $\text{M}/1$  هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند و گاز هیدروژن تولید می‌کنند.

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

● یون  $\text{B}^{2+}$  اکسنده قوی‌تری از  $\text{D}^{2+}$  است.

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

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

	$\text{B}^{2+}/\text{B}$	$\text{C}^{2+}/\text{C}$
$\text{A}^{2+}/\text{A}$	$-0.89 \text{ V}$	$-0.58 \text{ V}$
$\text{B}^{2+}/\text{B}$	-	$-0.31 \text{ V}$

اگر  $\text{E}^{\circ} \text{C}^{2+}/\text{C} = -0.00 \text{ V}$  باشد فلز A با یون  $\text{C}^{2+}$  واکنش ندهد:

آ) مقدار پتانسیل کاهشی استاندارد را برای دو عنصر A و B به دست آورید.

ب) نماد اکسنده‌ترین و کاهنده‌ترین گونه را بنویسید.



تست جامع فصل

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

الف- انجام خود به خودی واکنش

ب- جنس الکترودهای آند و کاتد

پ- داشتن دو الکترود با الکترولیت‌های مجزا

ت- جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی از آند را به کاتد

۴-پ، ت

۳-الف، ب

۲-ب، ت

۱-الف، پ

تست ۲: جمع جبری تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن در معادله سوختن پروپانول کدام است؟

۱۰-۴

۱۲-۳

۱۸-۲

۱۹-۱

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

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

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

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

۴-۸۶۴۰

۳-۶۴۸۰

۲-۴۳۲۰

۱-۲۱۶۰

تست ۵: چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- در آبکاری باروی برای تولید آهن سفید روی در آند اکسید می‌شود.
- در برکافت نمک خوراکی مذاب، شمار سلول‌های فراوردها در کاتد دو برابر آند است.
- به ازای هر مول آلومینیوم در فرایند هال، ۱۶۸ لیتر گاز در شرایط STP تولید می‌شود.
- در اتصال نیم سلول استاندارد همه فلزها به she، الکترودی منفی مشاهده می‌شود
- عدد اکسایش کلر در  $\text{PCl}_5$  و  $\text{CCl}_4$  به ترتیب  $+5$  و  $+1$  است.

۴-۴

۳-۳

۲-۲

۱-۱

تسنیع ۶: کدام یک از عبارت‌های زیر درست است؟

- آ- نیم واکنش انجام شده در قطب مثبت سلول هال:  $2O^{2-}(l) \rightarrow O_2(g) + 4e^-$
- ب- نیم واکنش انجام شده در قطب مثبت برگرفته آب:  $2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$
- پ- نیم واکنش انجام شده در آند سلول گالوانی مس-نقره:  $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$
- ت- نیم واکنش کاتدی خوردگی آهن سفید:  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$
- ث- در سلول کاری تولید ورق حلبي، ذره اكسنده و کاهنده به ترتیب اتمی قلع و یون قلع است
- ۱- آ، ب، ت      ۲- ب، پ، ت      ۳- آ، ت، ث      ۴- ب، ت، ث

تسنیع ۷: در سلول گالوانی روی-هیدروژن، الکتروولیت به کار رفته در نیم سلول کاتدی ۱۰ لیتر محلول هیدروکلریک اسید یک مولار است. اگر پس از گذشت مدتی،  $PH = 6.5$  این الکتروولیت به ۱/۰ برسد، جرم تیغه آند چند گرم تغییر می‌کند؟

۴-۱۹۵

۳-۱۲۰

۲-۱۲۵

۱-۶۵

تسنیع ۸: در تجزیه آب به عناصر سازنده آش، از یک کیلوگرم آب نمک با غلظت یک درصد به عنوان الکتروولیت استفاده شده است. اگر آزمایش تا زمانی ادامه یابد که غلظت آب نمک به ۲ درصد برسد حجم گازهای تولید شده در شرایط به تقریب چند لیتر است؟

۱۸۶۶-۴

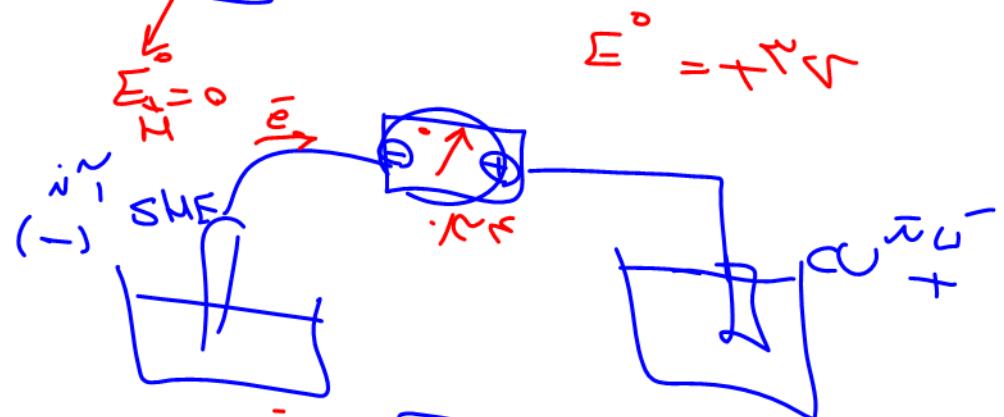
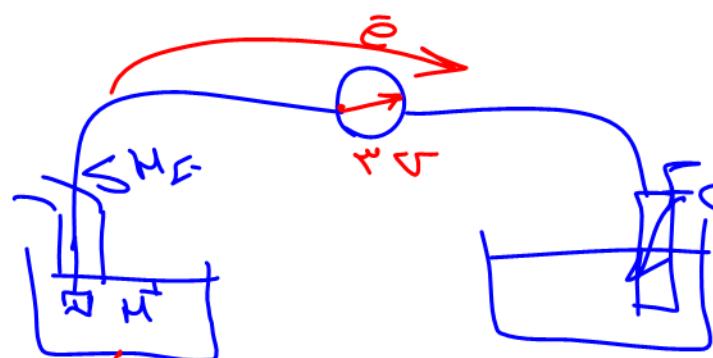
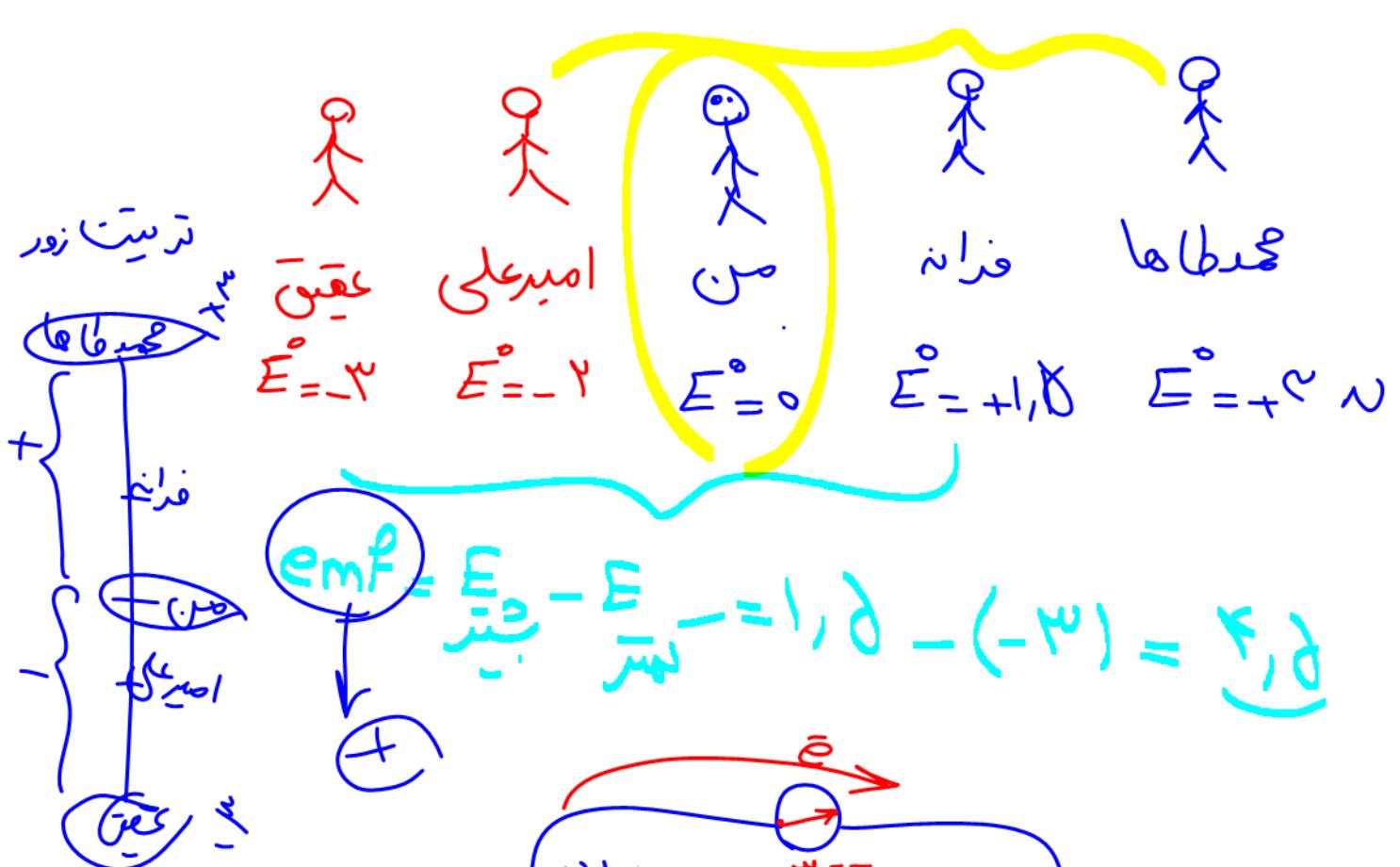
۹۳۳-۳

۶۲۲-۲

۳۱۱-۱

تسنیع ۹: به ازای عبور مقادیر یکسان جریان برق در سلول دانز و سلول منیزیم، نسبت جرم فلز تولید شده در سلول اول به جرم فلز تولید شده در سلول دوم کدام است؟  $Mg=24$     $Na=23$

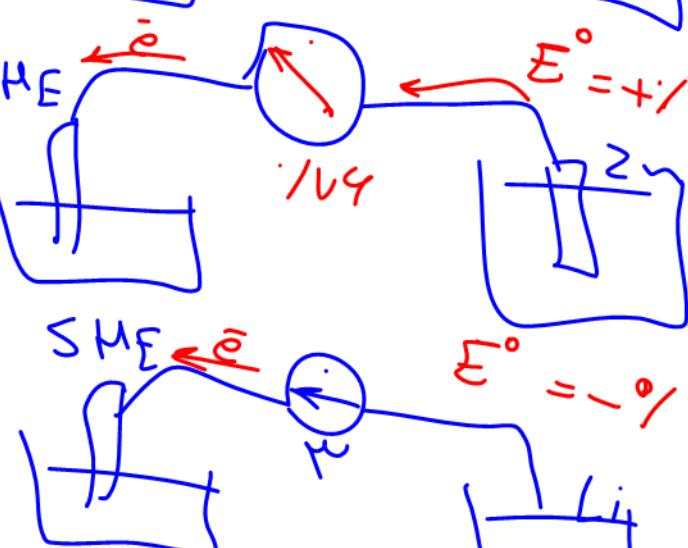
 $\frac{46}{24}$ -۴ $\frac{46}{68}$ -۳ $\frac{23}{48}$ -۲ $\frac{23}{24}$ -۱



$$\text{emf} = E_{\text{FC}}^\circ - E_{\text{SHE}}^\circ$$

$$\text{emf}_{\text{Zn-Cu}} = 1,14 - (-0,14)$$

$$\text{emf}_{\text{Zn-Cu}} = 1,14 \text{ V}$$



$$E_{\text{FC}}^\circ = -E_{\text{SHE}}^\circ$$

بلند قدترین دفتر  
هریم < زهرا

نواته قدترین دفتر:  
هریم

قد

اعصر علی هریم زهرا  
۱۸. ۱۹۰ ۱۷. ۱۹.