آ) تغییر دمای مخلوط واکنش نشان دهنده چیست؟ **تغییر دمای مخلوط واکنش نشانهٔ انجام واکنش شیمیایی است. چون دمای مخلوط واکنش افزایش یافته پس یک واکنش گرماده رخ داده است.**

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

$Fe\,(s) + Cu^{2+}\,(aq) \rightarrow Fe^{2+}\,(aq) + Cu\,(s)$ ⇒ **اکسنده :** Cu^{2+} ، **کاهنده :** Fe

$Zn(s) + Cu^{2+}\,(aq) \rightarrow Zn^{2+}\,(aq) + Cu\,(s)$ ⇒ **اکسنده :** Cu^{2+} ، **کاهنده :** Zn

---

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

فلز Zn ، هرچه افزایش دمای مخلوط بیشتر باشد نشان دهندهٔ واکنش پذیری بیشتر واکنش دهنده‌ها است.

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

گونه‌ای که قدرت کاهندگی کمتری دارد نمی‌تواند با کاتیون گونه‌ای که قابلیت کاهندگی بیشتری دارد واکنش بدهد :

$Au(s) + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow$ واکنش نمی‌دهد $\quad Cu(s) + Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow$ واکنش نمی‌دهد $\quad Zn(s) + Al^{3+}_{(aq)} \rightarrow$ واکنش نمی‌دهد

با توجه به داده‌های جدول، واکنش پذیری روی بیشتر از آهن و آهن نیز بیش تر از مس است. طلا دارای کمترین واکنش پذیری در میان این چهار فلز است.

اگر در شرایط فوق فلز طلا را درون محلول مس (II) سولفات قرار دهیم شاهد تغییر دما نخواهیم بود می‌توان به این نتیجه رسید که واکنشی میان فلز طلا با این محلول انجام نخواهد شد. $Au_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow$ واکنش انجام نمی‌شود

$$Al > Zn > Fe > Cu > Au$$

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

چون Zn(s) واکنش پذیری بیشتری از Cu(s) دارد انتظار می رود واکنش میان Cu (s) و Zn^{2+} (aq) رخ ندهد.

(تیغه مس در محلول روی سولفات پس از مدت طولانی تغییری نمی‌کند.)

نکته : اگر قدرت **کاهندگی** فلز A از B بیشتر باشد می‌توان نوشت :

معادله موازنه شده‌ی فلز A با محلول دارای یون B^{m+} : $mA + nB^{m+} \rightarrow nB + mA^{n+}$

از معادلهٔ بالا می‌توان برای نوشتن این نوع واکنش‌های اکسایش-کاهش بدون نوشتن نیم واکنش‌ها و جمع کردن آنها استفاده کرد.

مثال : اگر فلز آلومینیوم را در محلول روی سولفات قرار دهیم بر اثر واکنش اکسایش-کاهش دمای محلول افزایش می‌یابد معادله واکنش به این صورت است : $2Al_{(s)} + 3Zn^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3Zn_{(s)}$

برای موازنه کافیست بار کاتیون Zn^{2+} را ضریب Al و بار کاتیون Al^{3+} را ضریب Zn قرار دهیم دو ضریب دیگر نیز به همین ترتیب مشخص می‌شوند. $2Al_{(s)} + 3Zn^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3Zn_{(s)}$

نکته : تمایل فلزات در محلول‌های آبی برای از دست دادن الکترون یکسان **نیست** و کاهندگی های متفاوتی دارند. در یک واکنش اکسایش-کاهش، فلزی که قدرت کاهندگی **بیشتری** دارد، می‌تواند با برخی کاتیون‌های فلزی واکنش دهد و آنها را به اتم های فلزی **بکاهد**. در واکنش‌هایی از این دست مخلوط واکنش **گرم** می‌شود زیرا سامانهٔ واکنش بخشی از انرژی خود را به شکل **گرما** به محیط می‌دهد.

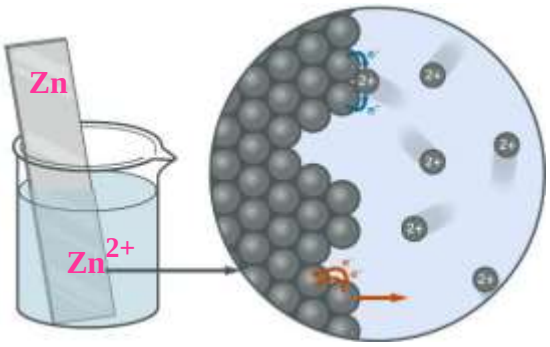
جمع بندی :

در تمام واکنش‌هایی که بررسی شد اگر واکنشی انجام شود، **گرما** تولید کرده و واکنش دهنده‌ها ، **اکسنده** و **کاهندهٔ** قوی‌تری از فرآورده‌ها، هستند. در ضمن از لحاظ پایداری فرآورده‌ها از واکنش دهنده‌ها **پایدارتر** هستند.

واکنش‌های شیمیایی و سفر هدایت شده الکترون‌ها :

نکته : برای ایجاد جریان الکتریکی، باید الکترون‌ها را از یک **مسیر معین** عبور داد یا از **نقطه‌ای به نقطه** دیگر جابجا نمود.

نکته : اگر بجای داد و ستد مستقیم الکترون میان گونه‌های اکسایش و کاهش یافته در یک واکنش بتوان الکترون‌ها را از طریق یک **مدار بیرونی** هدایت و جابجا کرد آنگاه می‌توان بخشی از انرژی آزاد شده در واکنش اکسایش-کاهش را به شکل انرژی الکتریکی در دسترس تبدیل کرد.



تعریف نیم‌سلول : هرگاه یک تیغه‌ی **فلزی** (الکترود) در محلولی از کاتیون‌های خودش (الکترولیت) قرار گرفته باشد، به مجموعهٔ حاصل **نیم سلول** گفته می‌شود. مثلاً قرار دادن تیغه فلز روی در محلول $ZnSO_4$.

نکته : کاتیون Zn^{2+} موجود در محلول **پایدارتر** از اتم موجود در **شبکه فلزی** است.

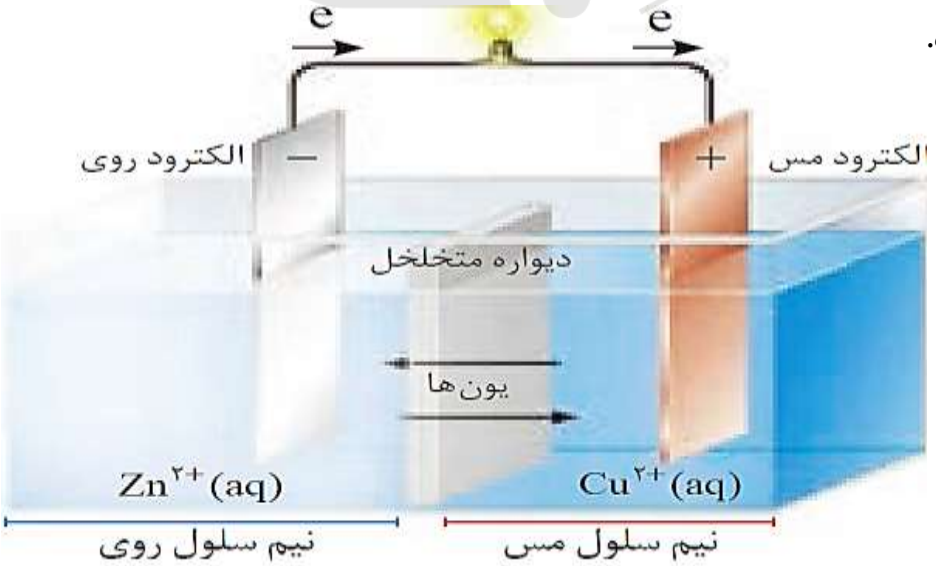
محلول دارای کاتیون‌های آبپوشیده خودش (رسانای یونی) + تیغه‌ی فلزی (رسانای الکتریکی) : نیم سلول

نکته : اگر دما $25^{\circ}C$ و غلظت محلول الکترولیت ۱ مولار ($1\ mol.L^{-1}$) بوده (در نیم سلول‌های حاوی جزء گازی فشار گاز $1\ atm$ باشد این مجموعه **نیم سلول استاندارد** نامیده می‌شود.

ویژگی‌های نیم سلول استاندارد :
۱- دما $25^{\circ}C$ یا $298\ k$
۲- **غلظت** محلول الکترولیت **یک** مولار
۳- **فشار** گاز (در مورد نیم سلول‌های دارای جزء گازی) **یک** اتمسفر

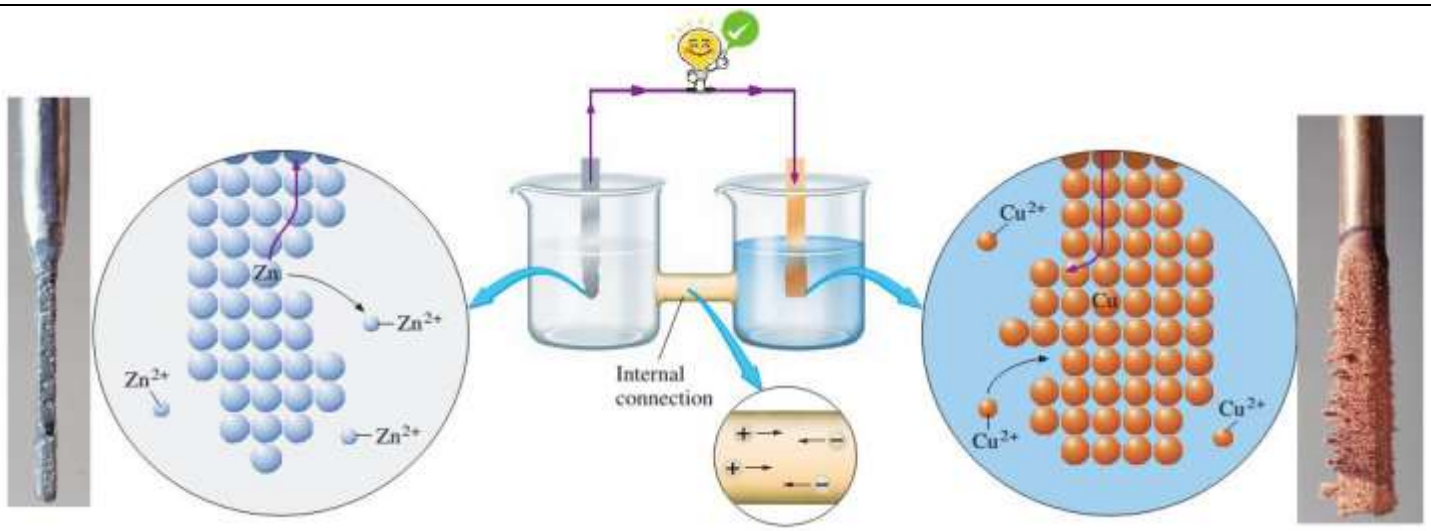
شیمی‌دان‌ها در پژوهش‌ها دریافتند که هرگاه **تیغهٔ روی** درون محلولی از **روی سولفات** (نیم سلول روی) و **تیغهٔ مس** درون محلولی از **مس(II) سولفات** (نیم سلول مس) قرار گیرد و نیم سلول به یکدیگر وصل شوند، **الکترون‌ها** از مدار بیرونی جابجا شده و **جریان الکتریکی** ایجاد می‌شود. جریانی که سبب روشن شدن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

نکته : هر سلول گالوانی دارای **دو نیم سلول** است.



سلول گالوانی روی- مس (Zn-Cu)

اگر الکترودهای دو نیم سلول را به وسیله‌ی یک سیم مطابق شکل زیر به هم وصل کنیم و محلول دارای کاتیون آنها (الکترولیت آن‌ها) را توسط یک دیواره متخلخل از یکدیگر جدا کنیم الکترون‌ها در مدار بیرونی جابجا شده و جریان الکتریکی ایجاد می‌شود به این وسیله **سلول گالوانی** گفته می‌شود.

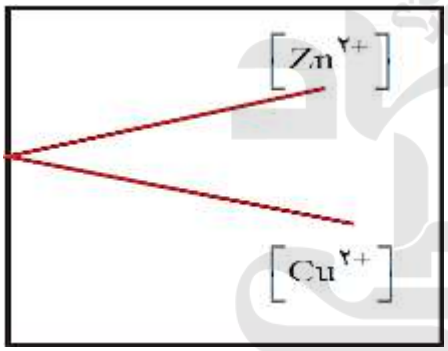


① می‌دانیم که تمایل به از دست دان الکترون (**کاهندگی**) فلز **روی** بیشتر از فلز **مس** می‌باشد پس در نیم سلول سمت چپ فلز **روی** الکترون از دست می‌دهد و به صورت **کاتیون فلزی** وارد محلول می شود: (الکترود روی **لاغرتر** می‌شود)

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

② الکترون‌های حاصل در **مدار بیرونی** به سمت نیم سلول **مس** رفته، جریان الکتریکی ایجاد شده و لامپ **روشن** می‌شود. در نیم سلول سمت راست **یون‌های مس** موجود در محلول با گرفتن الکترون‌هایی که جذب شده است به **اتم مس** تبدیل شده و به سطح تیغه می‌چسبند. (الکترود مس **چاق تر** می‌شود)

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ (نیم واکنش کاهش)



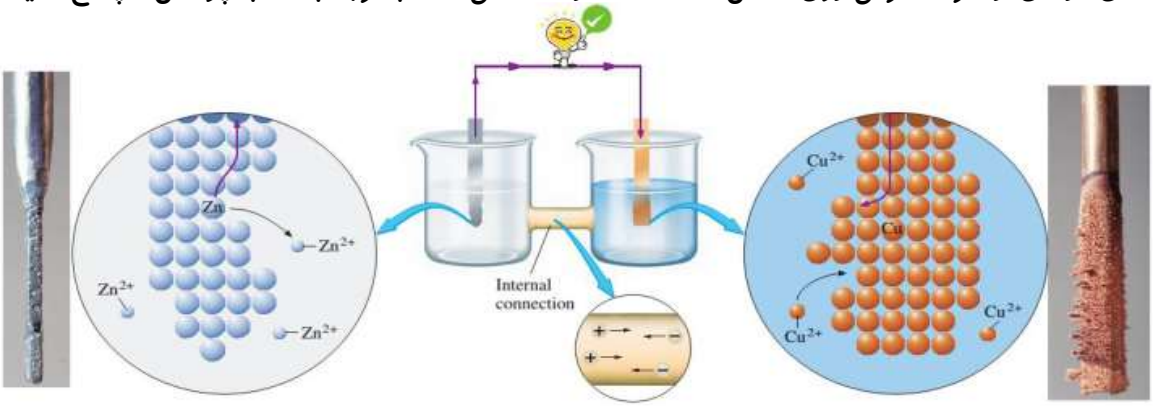
با توجه به مطالب گفته شده دربارهٔ این سلول با گذشت زمان یون‌های Zn^{2+} تولید و یون‌های Cu^{2+} مصرف می‌شوند. پس با گذشت زمان در این سلول، غلظت Zn^{2+} افزایش و غلظت Cu^{2+} کاهش می‌یابد در ضمن با توجه به اینکه در معادلهٔ واکنش، ضریب Zn^{2+} و Cu^{2+} برابر است باید مقدار تغییر غلظت این دو یون در یک بازهٔ زمانی معین با هم **برابر** شود. نمودار کلی روند تغییرات غلظت یون‌ها را در سلول گالوانی روی-مس می‌توان به صورت مقابل نشان داد.

نکته : با گذشت زمان انتظار داریم تا انتقال الکترون **محدودتر** شده و لامپ کم **نورتر** شود.

با هم بیندیشیم

ص ۴۵ کتاب

شکل زیر نمای ذره ای ازسلول گالوانی روی – مس (Zn - Cu) را نشان می دهد. با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.



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

نیم واکنش اکسایش در نیم سلول آند : $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نیم واکنش کاهش در نیم سلول کاتد : $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

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

نکته : در سلول گالوانی روی- مس **همواره** کاتیون‌ها (Zn^{2+}) با عبور از دیواره متخلخل به سمت **کاتد** و آنیون‌ها (در اینجا SO_4^{2-}) با عبور از دیوارهٔ متخلخل به سمت **آند** مهاجرت می‌کنند تا هم مدار الکتریکی را **کامل** کنند و هم بار الکتریکی دو نیم سلول را **خنثی** کنند.

ب) **آند** الکترودی است که در آن نیم واکنش **اکسایش** و **کاتد** الکترودی است که در آن نیم واکنش **کاهش** رخ می‌دهد. با این توصیف، کدام الکترود نقش آند و کدام نقش کاتد را دارد؟ **روی، الکترود آند و مس الکترود کاتد است.**

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

حرکت الکترون ها در مدار بیرونی از نیم سلول روی به سوی نیم سلول مس است. زیرا فلز روی با واکنش پذیری بیشتر نسبت به فلز مس، الکترون از دست می دهد و باعث شارش الکترون ها در مدار بیرونی می شود.

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

با گذشت زمان و انجام نیم واکنش اکسایش در آند، اتم‌های بیشتری ازتیغه (الکترود) روی اکسایش یافته و به شکل $Zn^{2+}_{(aq)}$ وارد محلول می‌شود در حالی که همزمان با آن با انجام نیم واکنش کاهش در کاتد، کاتیون بیشتری از $Cu^{2+}_{(aq)}$ کاهش یافته وبه شکل اتم های مس برسطح تیغه (الکترود) مس می نشیند.

اجزای سلول گالوانی :

۱- **نیم سلول آندی** : شامل یک تیغه (الکترود) و محلولی از جنس الکترود. در این نیم سلول نیم واکنش **اکسایش** انجام می‌شود و قطب **منفی** سلول گالوانی است و پس از انجام واکنش از جرم الکترود **کم** می‌شود.

۲- **نیم سلول کاتدی** : شامل یک تیغه (الکترود) و محلولی از جنس الکترود. در این نیم سلول نیم واکنش **کاهش** انجام می‌شود و قطب **مثبت** سلول گالوانی است و پس از انجام واکنش به جرم الکترود **افزوده** می‌شود.

۳-**سیم رابط** و **عامل بارگذاری الکترون‌ها** (لامپ ، ولت سنج یا ...) : سیم رابط به منظور **جابجایی** الکترون‌ها از **آند** به **کاتد** و عامل بارگذاری جهت **مشاهدهٔ** جریان استفاده می‌شود.

۴- **دیواره متخلخل** : جهت جابجایی **کاتیون‌ها** از **آند** به **کاتد** و **آنیون‌ها** از **کاتد** به **آند** استفاده می‌شود ، اگر دیواره متخلل **نباشد** جابجایی یون‌ها را **نداریم** و لذا مبادله الکترون پس از مدت کوتاهی **قطع** می‌شود.

نقش دیوارهٔ متخلخل در سلول گالوانی:

با قرار دادن دیوارهٔ متخلخل میان دو نیم سلول (از جنس سفال، خاک چینی، آزبست یا گرد فشرده شیشه است.) ، مدار **کامل** شده و لامپ همچنان **پرنور** باقی می‌ماند.

نکته : انتظار داریم به تدریج غلظت محلول آندی بیشتر و غلظت محلول کاتدی کمتر شود (به دلیل وجود دیواره متخلخل در عمل چنین اتفاقی نمی افتد.

در صورت نبود دیوارهٔ متخلخل :

۱- افزایش غلظت **کاتیون‌ها** در نیم سلول **آند**

۲- تجمع بار **مثبت** در نیم سلول **آند**

۳ - افزایش غلظت **آنیون‌ها** در نیم سلول **کاتد**

۴- تجمع بار **منفی** در نیم سلول **کاتد**

⇐ **قطع جریان** در مدار بیرونی (خاموشی لامپ)

دو وظیفه مهم دیوارهٔ **متخلخل** :

۱-از مخلوط شدن **مستقیم** و **سریع** دو الکترولیت **جلوگیری** می‌کند.

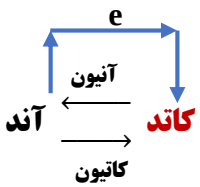
۲- به **یون‌های** موجود در دو محلول الکترولیت اجازه **عبور** می‌دهد به این ترتیب بار الکتریکی محلول‌ها **خنثی** می‌شود.

سوال : اگر دو الکترولیت با هم مخلوط شوند چه اتفاقی می‌افتد؟ **الکترون‌های تولید شده در آند به جای مدار بیرونی مستقیماً به یون‌های Cu^{2+} منتقل می‌شوند و جریان الکتریکی قطع می شود.**

سوال : چرا با وجود اجازهٔ عبور یون‌ها از دیوارهٔ متخلخل، یون‌های Cu^{2+} موجود در نیم سلول کاتدی به سمت آند نمی‌روند؟

محلول الکترولیت نیم سلول آندی به دلیل انجام فرآیند اکسایش دارای بارهای مثبت است کاتیون های Cu^{2+} هم بار همنام دارند و به علت دافعهٔ بارهای همنام یون‌های Cu^{2+} تمایلی ندارند که از دیوارهٔ متخلخل عبور کرده و به سمت آند حرکت کنند.

شماتیک حرکت الکترون‌ها ، کاتیون‌ها و آنیون‌ها در سلول گالوانی :



برای تشخیص کاتد و آند به روش‌های زیر توجه می‌شود :

۱- بر اساس معادلهٔ واکنش : گونه‌ای که **اکسایش** می‌یابد نقش **آند** و دیگری نقش **کاتد** دارند.

۲- براساس نامی که برای سلول گالوانی به کار می‌رود مثلاً سلول **نیکل – مس** در نوشتن فلز **اولی** نقش **آند** (نیکل) و دیگری **کاتد** (مس) است.

۳- از روی شکل سلول :

آ. در صورت **مثبت** بودن پتاسیل سلول ، آند سمت **چپ** و کاتد سمت **راست**

ب. در صورت نمایش جهت جریان الکترون، الکترون‌ها از **آند** به **کاتد** جریان می‌یابند. یعنی از قطب **منفی** به **مثبت** است.

ج. در صورت نمایش جهات حرکت یون‌ها، **آنیون‌ها** به سمت **آند** و **کاتیون‌ها** به سمت **کاتد** می‌روند.

ویژگی‌های سلول گالوانی

- ✓ سلول **گالوانی** دستگاهی است که می‌تواند بر اساس قدرت **کاهندگی** فلزها انرژی **الکتریکی** تولید کند.
- ✓ دراین سلول واکنش بصورت **خود به خودی** انجام شده و انرژی **شیمیایی** به **الکتریکی** تبدیل می‌شود.
- ✓ سلول گالوانی به دلیل **تولید** انرژی **الکتریکی** ویژگی‌های یک **باتری** را دارد و هر سلول ولتاژ **معینی** دارد.
- ✓ **آند** الکترودی است که در آن نیم واکنش **اکسایش** رخ می‌دهد و بار الکتریکی آن **منفی** است.
- ✓ فلز **فعالتر** که تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون دارد نقش **آند** را ایفا می‌کند و **خورده** می‌شود.
- ✓ غلظت **کاتیون** در الکترولیت آند **افزایش** می‌یابد (بار الکترولیت **مثبت** می‌شود)، پس در الکترولیت، **آنیون‌ها** به سمت **آند** جابجا می‌شوند.
- ✓ **کاتد** الکترودی است که در آن نیم واکنش **کاهش** رخ می‌دهد و بار الکتریکی کاتد **مثبت** است.
- ✓ فلزی که فعالیت **کمتری** دارد نقش **کاتد** را ایفا می‌کند و بر جرم آن **افزوده** می‌شود.
- ✓ غلظت **کاتیون** در الکترولیت کاتد **کاهش** می‌یابد (بار الکترولیت **منفی** می‌شود)، پس در الکترولیت، **کاتیون‌ها** به سمت **کاتد** جابجا می‌شوند.
- ✓ جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی همیشه از **آند** به **کاتد** است.
- ✓ جهت حرکت یون‌ها : همیشه **کاتیون‌ها** به سمت **کاتد** و **آنیون‌ها** به سمت **آند** جریان می‌یابند. بدین ترتیب مدار جریان کامل می‌شود.
- ✓ نیم واکنش **اکسایش** را نیم واکنش **آندی** و نیم واکنش **کاهش** را نیم واکنش **کاتدی** می‌نامند.
- ✓ از آنجا که واکنش اکسایش یا کاهش در سطح الکترود (مرز میان رسانای الکترونی و رسانای یونی) روی می‌دهد، از این رو به این نوع واکنش ها، واکنش‌های **الکترودی** می‌گویند.
- ✓ در سلول‌های گالوانی سطح انرژی واکنش دهنده‌ها **بالاتر** از فرآورده‌ها می‌باشد.