

جدول ۲: مقایسه پیل‌های مولد جریان الکتریسیته و برقکافت

نوع پیل	نوع واکنش	E_{cell}	فرایند انجام شده	نام الکترود	علامت الکترود	جهت جریان
مولد جریان الکتریسیته	خودبه‌خودی	$E_{\text{cell}} > 0$	اکسایش	آند	-	آند به کاتد
			کاهش	کاتد	+	
برقکافت (الکترولیز)	غیرخودبه‌خودی	$E_{\text{cell}} < 0$	اکسایش	آند	+	آند به کاتد
			کاهش	کاتد	-	

فعالیت عملی ۴



مقایسه پیل‌های گالوانی و برقکافت

وسایل موردنیاز: یک سوکنده جریان (رکتیفایر)، بشر ۴۰۰ میلی‌لیتری ۴ عدد، میلی‌ولت‌سنج (گستره ۱۰۰۰-۰ میلی‌ولت) یک دستگاه، سیم‌های رابط و گیره‌های سوسماری، هر کدام ۴ عدد، لوله U شکل دو عدد مواد موردنیاز: مس (II) سولفات، قلع (II) سولفات، نیتریک اسید غلیظ، پل نمکی دو عدد، ورقه‌های مسی و قلع یک عدد، (الکترودها می‌توانند خنثی هم باشند)، محلول سیرشده پتاسیم نیترات و آگار

روش کار:

- ۱ محلول‌های یک مولار از نمک‌های قلع (II) سولفات و مس (II) سولفات تهیه کنید.
- ۲ با استفاده از محلول سیرشده پتاسیم نیترات دو پل نمکی تهیه کنید.
- ۳ محلول نیتریک اسید ۱۰٪ تهیه کنید و الکترودهای قلع و مس را ۳ دقیقه در محلول گرم آن قرار دهید تا سطح الکترودها براق و تمیز شوند. سپس با آب مقطر بشویید، در آون با دمای 110°C خشک کنید و در خشکانه قرار دهید.
- ۴ پیش از آزمایش، الکترودها را با گیره بردارید و با استفاده از ترازو، جرم آنها را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.
- ۵ با قرار دادن الکترودها (مطابق شکل ۱۴) در محلول‌های الکترولیت، یک پیل گالوانی و یک پیل برقکافت تهیه کنید.
- ۶ پس از ۱۰ دقیقه الکترودها را خارج کنید با آب مقطر بشویید، سپس در آون خشک کنید و پس از سرد شدن، جرم آنها را اندازه‌گیری کنید.

نکته

به جای فلز قلع و محلول قلع (II) سولفات، می‌توانید از فلز روی و محلول روی سولفات استفاده کنید.





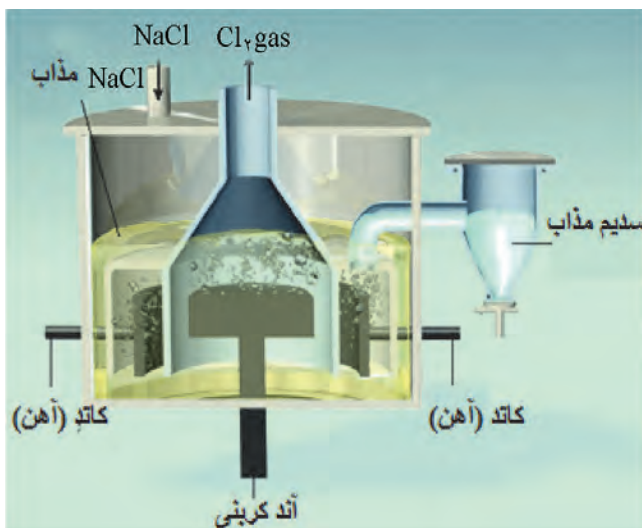
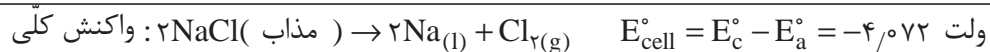
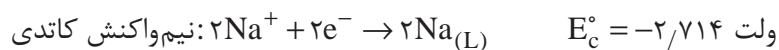
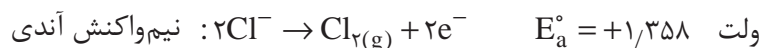
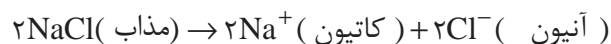
الف) تمامی واکنش‌های انجام شده در سطح الکترودهای کاتد و آند را در پیل گالوانی و پیل برقکافت، بنویسید.
ب) تغییرات جرم الکترودها پیش و پس از آزمایش را بررسی کنید.

مثال ۶:

نیم‌واکنش‌های آندی، کاتدی و پتانسیل پیل برقکافت سدیم کلرید مذاب را به دست آورید.

پاسخ:

باتوجه به شکل ۱۵ در این پیل برقکافت آنیون Cl^- به سمت آند و کاتیون Na^+ به سمت کاتد حرکت می‌کنند و در دو الکتروود آند و کاتد به ترتیب اکسایش و کاهش انجام می‌دهند:



ب



الف

شکل ۱۵- برقکافت سدیم کلرید مذاب



تعیین مقدار مس در محلول مس(II) سولفات

وسایل مورد نیاز: یک سوکندۀ جریان (رکتیفایر)، بشر ۴۰۰ میلی لیتری ۱ عدد، گرم کن برقی، سیم‌های رابط و گیره‌های سوسماری هر کدام ۲ عدد
مواد مورد نیاز: محلول با غلظت مجهول مس(II) سولفات، نیتریک اسید غلیظ، سولفوریک اسید غلیظ، ورقه مسی یک عدد، الکتروود گرافیت یا پلاتین

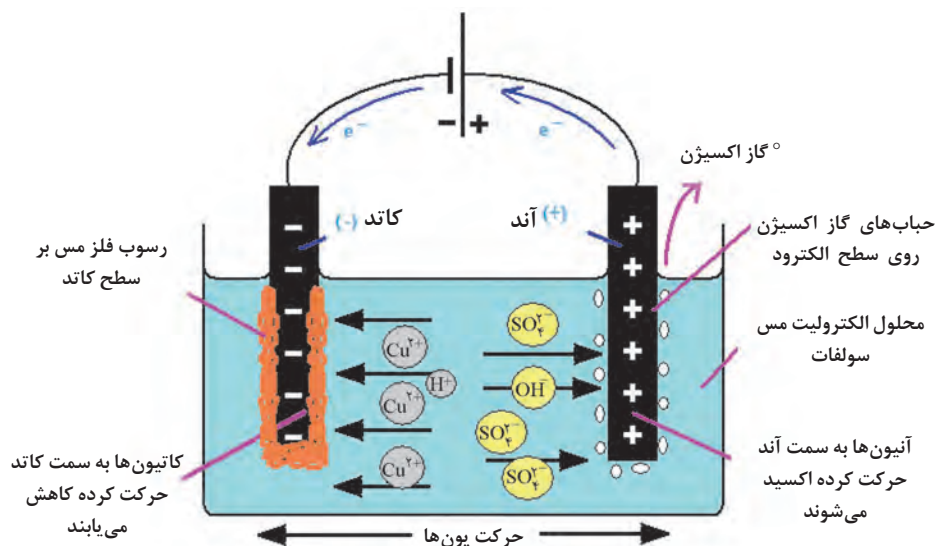
نکته ایمنی



- تماس با چشم، تماس با پوست و استنشاق بخارات نیتریک اسید سبب آسیب‌های جدی می‌شود.
- سولفوریک اسید باعث سوختگی شدید پوست و چشم‌ها می‌شود. مخلوط آن با آب به شدت گرم‌زا است و بخارات بسیار آزاردهنده تولید می‌کند.

روش کار:

- ۱ محلول نیتریک اسید ۱۰٪ تهیه کنید و الکتروودها را ۳ دقیقه در محلول گرم آن قرار دهید تا سطح الکتروودها برآق و تمیز شوند. سپس با آب مقطر بشویید، در آن با دمای 110°C خشک کنید و در خشکانه قرار دهید.
- ۲ پیش از آزمایش، الکتروودها را با گیره بردارید و با استفاده از ترازو، جرم آنها را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.
- ۳ حجم معینی از نمونه مجهول را در ظرف برقکافت بریزید و ۲ میلی لیتر سولفوریک اسید غلیظ و ۱/۵ میلی لیتر نیتریک اسید ۱۰٪ به آن اضافه کنید.
- ۴ الکتروودها را در ظرف برقکافت مطابق شکل ۱۶ در جای مخصوص خود قرار دهید (کاتد از جنس مس و آند گرافیت انتخاب شوند) و تا پوشیده شدن حدود ۲ سانتی متر از الکتروودها از آب مقطر استفاده کنید.
- ۵ دمای رسوب کردن مس $50 - 60^{\circ}\text{C}$ است. پس از رسیدن به دمای موردنظر، با شدت جریان ۲ آمپر برقکافت را به مدت ۳۰ دقیقه انجام دهید.
- ۶ برای حصول اطمینان از کامل شدن برقکافت مقداری آب مقطر به محلول اضافه کنید تا سطح جدیدی از کاتد در محلول قرار گیرد.
- ۷ شدت جریان را از ۲ آمپر به ۱/۵ آمپر کاهش دهید و آزمایش را تا ۱۰ دقیقه دیگر ادامه دهید.
- ۸ چنانچه پس از این مدت مس بر روی سطح جدید کاتد رسوب نکرد، برقکافت کامل بوده و می‌توانید کاتد را از مدار خارج کنید.
- ۹ الکتروود کاتد را که مس بر روی آن رسوب کرده است با آب مقطر بشویید و در آن خشک کنید و پس از سرد شدن به دقت وزن کنید.



شکل ۱۶- برقکافت محلول مس (II) سولفات با الکترودهای کربنی

پرسش ۸



الف) کلیه واکنش‌های انجام شده روی سطح کاتد و آند را بنویسید.
ب) با توجه به اختلاف جرم کاتد پیش و پس از عمل برقکافت، مقدار مس موجود در نمونه را برحسب مس سولفات ۵ آبه تعیین کنید.

پیل‌های خوردگی

خوردگی در محیط‌های آبی، دارای ماهیت الکتروشیمیایی است که بر مبنای یک پیل گالوانیک عمل می‌کند که به آن پیل خوردگی گفته می‌شود. با توجه به انواع پیل‌های الکتروشیمیایی، واکنش‌های خوردگی می‌تواند منطبق با یکی از انواع پیل‌های خوردگی زیر انجام شود:

الف) **پیل دو فلزی (گالوانی)²**: پیلی که از دو فلز با جنس‌های مختلف تشکیل می‌شود، پیل گالوانی دو فلزی گفته می‌شود.

تمرین ۳



برای پیل‌های گالوانی $Al/Ni, Cu/Fe, Cu/Ni, Al/Cu, Cu/Zn$ زیر
الف) آند و کاتد را مشخص نمایید.
ب) پتانسیل زوج‌های گالوانی را در شرایط استاندارد محاسبه کنید.
ج) در هر مورد از زوج‌های گالوانی کدام فلز خورده شده و کدام یک حفاظت می‌شود؟

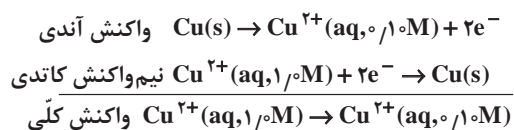
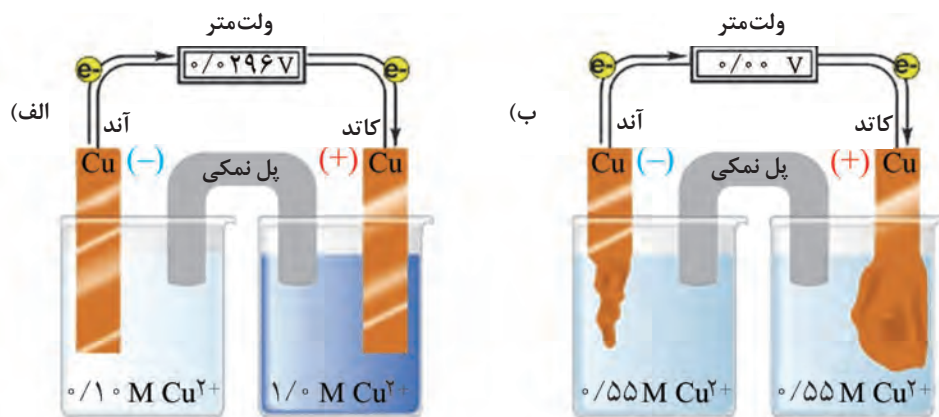
ب) **پیل غلظتی³**: این پیل از قرار گرفتن دو الکترود مشابه در محلول‌های الکترولیت با غلظت‌های متفاوت تشکیل می‌شود. مانند پیلی که از قرار گرفتن فلز مس در محلول مس سولفات غلیظ و الکترود مس دیگر

۱- Corrosion Cell

۲- Galvanic Cell

۳- Concentration Cell

در محلول مس سولفات رقیق تر تشکیل می‌شود (شکل ۱۷). خوردگی تا زمانی ادامه می‌یابد که در هر دو محلول، غلظت‌ها برابر شود.



شکل ۱۷- نمونه‌ای از پیل غلظتی

پتانسیل پیل غلظتی حاصل را می‌توان با استفاده از پتانسیل الکترودها و براساس معادله نرنست بیان کرد. هرگاه دو الکترودهای یکسان در محلول‌های الکترولیت با غلظت‌های متفاوت قرار گیرند، بین دو الکترودهای یک اختلاف پتانسیل برقرار و یک پیل غلظتی تشکیل می‌شود. پتانسیل پیل غلظتی حاصل را می‌توان با استفاده از پتانسیل الکترودها و بر اساس معادله نرنست بیان کرد. اگر غلظت یون فلزی در محلول الکترولیت رقیق‌تر C_1 و غلظت یون در الکترولیت غلیظ‌تر C_2 باشد، پتانسیل الکترودهای در تماس با این محلول‌ها در دمای 25°C ، از روابط زیر به دست می‌آید:

$$E_1 = E_{M^{n+}}^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log C_1, \quad E_2 = E_{M^{n+}}^{\circ} - \frac{0.0592}{n} \log C_2$$

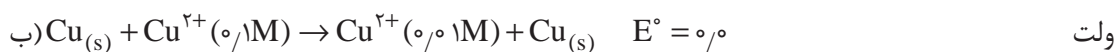
باتوجه به اینکه $C_1 < C_2$ است، پس $E_1 < E_2$ خواهد شد؛ یعنی الکترودهای قرارگرفته در الکترولیت غلیظ‌تر دارای پتانسیل کاهش بزرگ‌تری است؛ بنابراین نقش کاتد را دارد و یون‌های فلزی در سطح آن کاهش می‌یابند. در حالی‌که الکترودهای قرارگرفته در محلول رقیق‌تر (E_1) دارای پتانسیل کاهش کمتر است و نقش آند را ایفا می‌کند و خورده می‌شود. این پدیده اساس خوردگی اجزای فلزی تجهیزاتی را که در محلول‌های الکترولیت با غلظت‌های متفاوت هستند، تشکیل می‌دهد. در این تجهیزات، قسمتی از فلز که در تماس با الکترولیت رقیق‌تر است، نقش آند دارد و خورده می‌شود.

مثال ۷:

در یک پیل غلظتی با الکترودهای یکسان مس در دمای 25°C ، غلظت یون‌های مس در یکی از الکترودها 0.1 مولار و در دیگری 0.01 مولار است. الف) کدام الکتروود آند و کدام کاتد است؟ ب) واکنش کلی پیل چگونه است؟ ج) نیروی محرکه پیل را محاسبه کنید.

پاسخ:

الف) چون واکنش نهایی پیل‌های غلظتی فقط رقیق‌شدن الکتروولیت یا کاهش غلظت یون‌های مربوط است، پس الکتروودی که غلظت یون‌های مس در آن بیشتر (0.1 مولار) است، کاتد و دیگری (0.01 مولار) آند است.



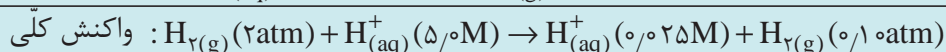
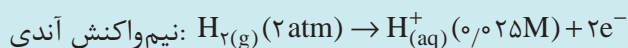
ج) باتوجه به اینکه پیل‌های غلظتی الکترودهای یکسان دارند، نیروی محرکه استاندارد پیل صفر است؛ در نتیجه خواهیم داشت:

$$E_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{cell}} - \frac{0.0592}{n} \log Q = 0.0 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]_{\text{محصول}}}{[\text{Cu}^{2+}]_{\text{مواد اولیه}}} = -0.0296 \log \frac{0.01}{0.1} = 0.0296 \quad \text{ولت}$$

بیشتر بدانید



نیروی محرکه پیل غلظتی زیر در دمای 25°C چنین خواهد بود:

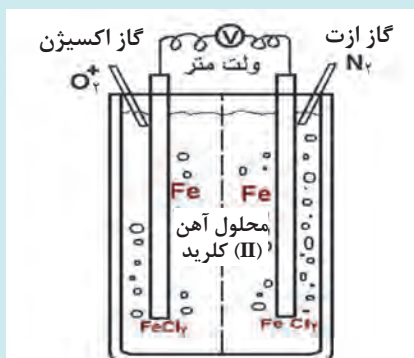


$$E_{\text{cell}} = E^{\circ}_{\text{cell}} - \frac{0.0592}{n} \log Q = 0.0 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{(0.025)(0.1)}{(5)(2)} = 0.127 \quad \text{ولت}$$

تمرین ۴

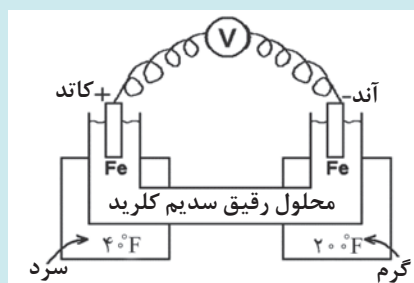


یک پیل غلظتی با الکترودهای یکسان گالیم (Ga) کار می‌کند. غلظت یون‌های گالیم (III) (Ga^{3+}) در یکی از الکترودها 2.0 مولار و در دیگری 0.3 است. الف) کدام الکتروود آند و کدام کاتد است؟ ب) واکنش کلی پیل چگونه است؟ ج) نیروی محرکه پیل را محاسبه کنید.



نمای ساده‌ای از پیل اختلاف دمشی

پیل اختلاف دمشی^۱: این پیل در اثر اختلاف غلظت اکسیژن محلول در الکترولیت‌های اطراف دو الکترود حاصل می‌شود. برای مثال، اگر دو الکترود آهنی در دو محلول آهن (II) کلرید قرار داده شوند و به یکی از محلول‌ها هوا دمیده و از دیگری هواگیری شود، غلظت نایابری از اکسیژن در دو محلول حاصل می‌شود که سبب اختلاف پتانسیل بین دو الکترود و تشکیل پیل می‌گردد (شکل روبه‌رو).



نمای ساده‌ای از پیل گرمایی

پیل گرمایی^۲ (اختلاف دما): این پیل ناشی از اختلاف دمای الکترولیت در اطراف الکترودهای کاتد و آند است و از قرار گرفتن دو الکترود یکسان در الکترولیت‌های با ترکیب مشابه ولی دماهای مختلف به وجود می‌آید (شکل روبه‌رو). در این پیل‌ها اغلب فلز در دمای بالاتر نقش آند و فلز در دمای پایین‌تر به عنوان کاتد عمل می‌کند.

در واقع پیل‌های اختلاف دما یک نوع پیل خوردگی هستند که تأثیر مستقیم دما بر خوردگی فلزات و آلیاژها را در محلول‌های الکترولیت نشان می‌دهند. تشکیل پیل‌های گرمایی در مبدل‌های گرمایی و دیگ‌های بخار مطرح است. این پیل‌ها از مهم‌ترین اجزای باتری‌های گرمایی به شمار می‌آیند.

اندازه پیل خوردگی خیلی کوچک است (کمتر از ۰/۱ میلی‌متر). در حقیقت یک پیل الکتروشیمیایی با اندازه میکرومتری است که به آن پیل موضعی^۳ هم می‌گویند. پیل‌های موضعی زمانی تشکیل می‌شوند که آلیاژ حضور داشته باشد و یا در سطح فلز، لایه‌های رسانای الکتریسیته مانند اکسیدها، سولفیدها و کربن وجود داشته باشد. عملکرد پیل‌های موضعی منجر به تخریب‌های موضعی بر روی سطح فلز مانند حفره‌ای شدن و ترک برداشتن سطح فلز می‌شود.

۱- Different Aeration Cell

۲- Temperature cell

۳- Local Cell



پیل غلظتی (اثر اختلاف غلظت یون فلزی بر خوردگی در اتصال دو فلز یکسان)

وسایل مورد نیاز: بشر ۴۰۰ میلی لیتری ۲ عدد، میلی ولت سنج (گستره ۰-۱۰۰۰ میلی ولت) یک دستگاه، میلی آمپرسنج (گستره ۰-۱۰۰۰ میلی آمپر) یک دستگاه، سیم های رابط و گیره های سوسماری هر کدام ۴ عدد، لوله U شکل یک عدد

مواد مورد نیاز: سولفوریک اسید غلیظ، مس سولفات ۳۰ گرم، پل نمکی یک عدد، ورقه های مسی (با اندازه ۱۰ cm × ۲cm) ۲ عدد، آگار، محلول سیرشده پتاسیم کلرید

طرز آماده کردن پل نمکی: ۵ گرم آگار را وارد ۱۰۰ میلی لیتر محلول KCl غلیظ کنید تا دمای جوش گرما می دهند. سپس لوله شیشه ای U شکل را به وسیله محلول داغ پر می کنند و اجازه می دهند تا سرد شود و به حالت ژلاتینی درآید. دو سر لوله را بین دو الکترولیت مربوط به هر یک از الکترودها قرار می دهند تا ارتباط الکتریکی بین دو الکترولیت از طریق جریان یونی برقرار شود.

روش دیگر آماده سازی پل نمکی، پر کردن لوله شیشه ای U شکل با محلول سیرشده پتاسیم کلرید و قراردادن پشم شیشه در دو انتهای لوله است. همچنین می توان کاغذ صافی خیس شده در محلول سیرشده پتاسیم کلرید را برای ارتباط بین دو ظرف واکنش استفاده کرد.

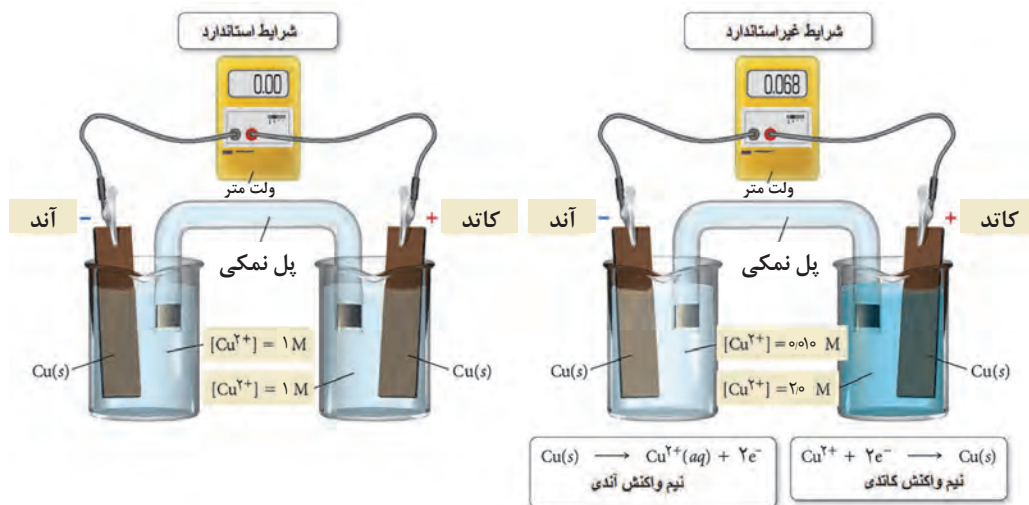
روش کار:

ابتدا محلول های مس سولفات با غلظت های ۰.۰۱٪، ۰.۱٪، ۱٪ و ۱۰٪ (w/w) در محلول ۱۰٪ (w/w) سولفوریک اسید تهیه کنید.

۱ در یکی از بشرها، ۲۵۰ میلی لیتر محلول اسیدی مس سولفات ۱٪، و در بشر دیگر ۲۵۰ میلی لیتر محلول اسیدی مس سولفات ۰.۱٪ بریزید. سپس هر یک از ورقه های مسی آماده سازی شده را در یکی از بشرها قرار دهید و به وسیله سیم رابط مطابق شکل ۱۸ به میلی آمپرسنج وصل کنید و جریان را اندازه گیری کنید. جهت جریان بین دو الکترود را مشاهده و یادداشت کنید. سپس میلی ولت سنج را در مدار قرار دهید اختلاف پتانسیل بین دو الکترود را اندازه بگیرید.

۲ آزمایش را با استفاده از محلول های ۱٪ و ۰.۱٪ مس سولفات اسیدی انجام دهید. جریان و اختلاف پتانسیل بین دو ورقه مسی را اندازه گیری و یادداشت کنید.

۳ آزمایش را با استفاده از محلول های ۱۰٪ و ۰.۰۱٪ مس سولفات اسیدی انجام دهید. جریان و اختلاف پتانسیل بین دو ورقه مسی را اندازه گیری و یادداشت کنید.



شکل ۱۸- نمایی از یک پیل غلظتی مس

پرسش ۹



الف) ولت برقراری جریان و پتانسیل ایجادشده بین دو الکتروود را توضیح دهید.
 ب) آند و کاتد پیل‌های تشکیل شده را مشخص کنید و در هر مورد واکنش کاتدی و آندی را برای دو نیم‌واکنش بنویسید.
 پ) برای هر آزمایش اختلاف پتانسیل را بر اساس معادله نرنست محاسبه کنید و با مقدار تجربی (اندازه گیری شده) مقایسه کنید.

فعالیت عملی ۷



خوردگی دو فلزی

وسایل موردنیاز: میکروآمپرسنج، ولت‌سنج، سیم‌های رابط و اتصالات از هر کدام دو عدد، بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری ۵ عدد.

مواد موردنیاز: ورقه‌های فلزی روی، مس، آهن، آلومینیم و نیکل از هر کدام یک عدد (با اندازه $2\text{cm} \times 10\text{cm}$)، پل نمکی، کاغذ سنباده، حلال چربی‌زدا (استون یا الکل)، محلول سدیم کلرید ۳/۵٪ w/w.

روش کار:

- هر کدام از الکترودهای فلزی را بعد از سنباده زدن، گریس‌زدایی با الکل و شست‌وشو با آب، خشک کنید.
- هر یک از الکترودهای فلزی آماده‌سازی شده را مطابق با زوج‌های گالوانی زیر در محلول ۳/۵٪ سدیم کلرید غوطه‌ور کنید و با استفاده از پل نمکی، ۵ پیل گالوانی زیر را تشکیل دهید.

Cu/Ni, Al/Ni, Cu/Fe, Al/Cu, Cu/Zn

۳ اختلاف پتانسیل بین دو الکترود را برای هر یک از زوج‌های پیل‌های تشکیل شده، به وسیله ولت‌سنج اندازه بگیرید.

۴ آزمایش انجام شده را به جای محلول سدیم کلرید، در آب شهر نیز تکرار کنید.

الف) با استفاده از جدول پتانسیل کاهش استاندارد، آند و کاتد را در هر زوج گالوانی مشخص کنید.
ب) نیروی محرکه استاندارد هر یک از زوج‌های گالوانی را محاسبه کنید.
پ) در هر مورد از زوج‌های گالوانیکی کدام فلز خورده شده و کدام یک حفاظت می‌شود؟
ت) نتایج حاصل از آب شهر را با نتایج به دست آمده در محلول سدیم کلرید مقایسه کنید. چنانچه تفاوتی در نتایج به دست آمده وجود دارد، توضیح دهید.

پرسش ۱۰



خوردگی در صنایع

باتوجه به کاربرد فلزات و آلیاژهای فلزی در صنایع مختلف، بحث خوردگی در بیشتر صنایع مطرح است و فرایند خوردگی به صورت مستقیم بر عملکرد آنها تأثیر می‌گذارد و سالیانه هزینه بسیار بالایی صرف تعویض و نگهداری تأسیسات می‌شود. علاوه بر هزینه‌های خوردگی، زندگی بشر نیز به عملکرد درست بسیاری از تأسیسات و سازه‌های فلزی بستگی دارد که در معرض ضررهای خوردگی قرار دارند.

در ارتباط با زیان‌های ناشی از خوردگی بر مصرف انرژی، محیط‌زیست و سلامتی بشر گزارشی تهیه کنید و در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید
۵



تعدادی از صنایع و تجهیزات شیمیایی که در معرض خوردگی قرار دارند، عبارت‌اند از:

الف) خوردگی در چاه‌های نفت و گاز: صنعت نفت و گاز دارای تعداد زیادی محیط خورنده است. چاه‌های نفت شامل هیدروکربن‌های مایع، آب و مقداری گاز (متان و اتان) هستند. نمک‌ها، CO_2 و H_2S گونه‌هایی هستند که در این چاه‌ها حضور دارند و می‌توانند در آب چاه‌ها حل شوند و خوردگی را تشدید کنند. در چاه‌های نفت، خوردگی قسمت‌های زیر اتفاق می‌افتد:

۱ لوله‌های حفاری چاه نفت

۲ تجهیزات تزریق آب به چاه

۳ تجهیزات سر چاه

۴ تجهیزات و سکوه‌های دریایی

ب) خوردگی در پالایشگاه نفت خام: نفت خام که از چاه‌های نفت خارج می‌شود، حاوی مقادیر زیادی آب، نمک‌های مختلف و ذراتی است که باید پیش از رسیدن به پالایشگاه تا حد امکان از آن جدا شود. این مواد بر اساس نفت خامی که از چاه‌های مختلف استخراج می‌شود، دارای تنوع است. خوردگی در پالایشگاه سبب افزایش هزینه‌های تعمیر و تعویض قطعات، افزایش هزینه به دلیل تعطیلی پالایشگاه و هزینه‌های کارکنان

است. خوردگی پالایشگاهی در برخی از موارد به دو دسته تقسیم می‌شود: الف) خوردگی در دمای پایین (کمتر از 26°C) ب) خوردگی در درجه حرارت بالا (بالای 26°C)

پ) خوردگی در دیگ‌های بخار: دیگ‌ها و مولدهای بخار از اجزای اصلی کارخانجات یا مجتمع‌های پالایشگاهی - پتروشیمی و نیروگاهی هستند که برای تولید بخار مورد نیاز توربین‌های مولد برق، بخار مورد نیاز فرایند و گرمایش استفاده می‌شوند. دیگ‌های بخار بر اساس نوع استفاده، فشار بخار تولیدی، مواد مورد استفاده در ساخت دیگ، گنجایش، شیوه احتراق و گرمایش طبقه‌بندی می‌شوند. برای پیشگیری و کم کردن سرعت خوردگی، آب پیش از ورود به سامانه تولید بخار، تصفیه می‌شود و عوامل تشدیدکننده خوردگی نظیر ذرات معلق، نمک‌ها و اکسیژن محلول از آب حذف می‌شوند؛ به علاوه مواد افزودنی برای افزایش pH آب، حذف اکسیژن و معلق نگه داشتن رسوبات به آب افزوده می‌شود. از مهم‌ترین افزودنی‌ها برای کنترل خوردگی این سازه‌ها استفاده از بازدارنده‌های خوردگی است.

اما در هر صورت خوردگی رخ می‌دهد. اکسایش در دمای بالا در سطوح لوله‌های در معرض شعله و گازهای داغ حاصل از احتراق، تورم هیدروژنی و تشکیل رسوبات رخ می‌دهد که به همین دلیل بازرسی‌های دوره‌ای این سامانه‌ها ضروری است.

ت) خوردگی در توربین‌ها: توربین‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: توربین‌های بخار و توربین‌های گازی. در توربین‌های بخار، بخار مورد نیاز توسط دیگ‌های بخار (در نیروگاه‌هایی که با سوخت فسیلی کار می‌کنند) و یا واکنشگاه (در نیروگاه‌های هسته‌ای) تأمین می‌شود.

در توربین‌های بخار، شکستگی پره‌ها و دیسک‌ها از نتایج آسیب‌های خوردگی است. این پدیده به غلظت ناخالصی‌های ناشی از تبخیر آب بستگی دارد. قطعات موجود در توربین‌های گازی نظیر پره‌ها و دیسک‌های کمپرسور در معرض خوردگی قرار دارند. محلول‌های آبی سبب خوردگی کمپرسورها می‌شوند. در برخی محیط‌ها مانند نزدیک دریا، رطوبت چنان زیاد است که قطرات آب روی اجزای کمپرسور متراکم می‌شوند. وجود آب سبب ایجاد خوردگی در پره‌ها و دیسک‌های کمپرسور می‌شود.

ث) خوردگی در خطوط لوله: از خطوط لوله برای انتقال مواد مختلف به‌ویژه نفت و گاز در مناطق خشکی، ساحل و در بستر یا زیر بستر دریا استفاده می‌شود. عوامل زیادی می‌توانند سبب ایجاد انواع خوردگی در خطوط لوله شوند. اگر سیال درون لوله حاوی CO_2 و H_2S باشد، در این صورت احتمال خوردگی خطوط لوله وجود دارد. بدنه خارجی لوله‌ها که در تماس با آب دریا، خاک و یا جو قرار دارند، در معرض انواع عوامل خوردنده موجود در این محیط‌ها مانند نمک‌های محلول و ذرات معلق در آب، اکسیژن، pH و ریزاندامکان‌ها قرار می‌گیرند.

راه‌های جلوگیری از خوردگی: روش‌های گوناگونی برای جلوگیری از خوردگی وجود دارد که عبارت‌اند از: استفاده از پوشش‌های محافظ، حفاظت الکتروشیمیایی (حفاظت کاتدی و آندی)، استفاده از بازدارنده‌های خوردگی و انتخاب آلیاژ و مواد مناسب در محیط خوردنده.

در زمینه روش‌های گوناگون جلوگیری از خوردگی تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.

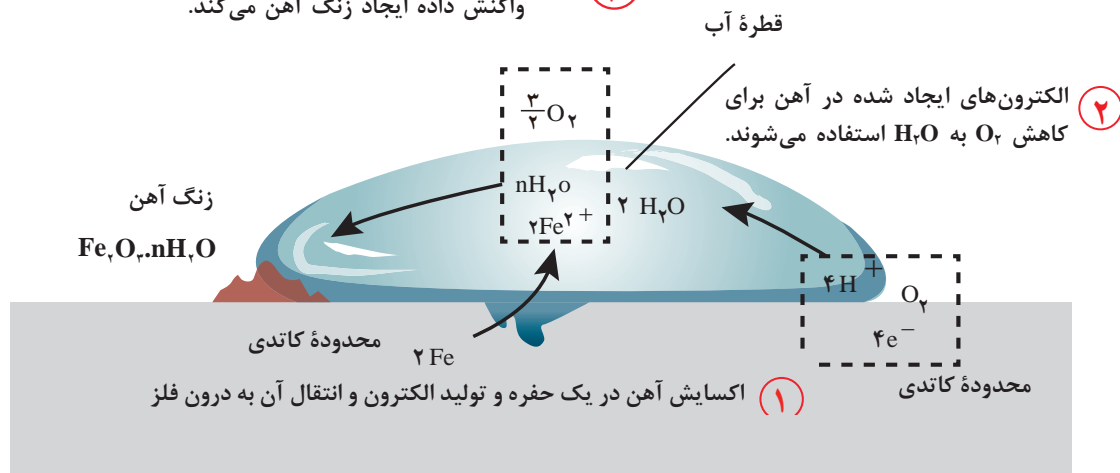
تحقیق کنید
۶



۱- این ناخالصی‌ها از جمله سیلیس است که به دلیل سرعت بالای بخار در توربین مانند گلوله عمل می‌کند و در برخورد با پره‌ها باعث ایجاد خسارت می‌شود.

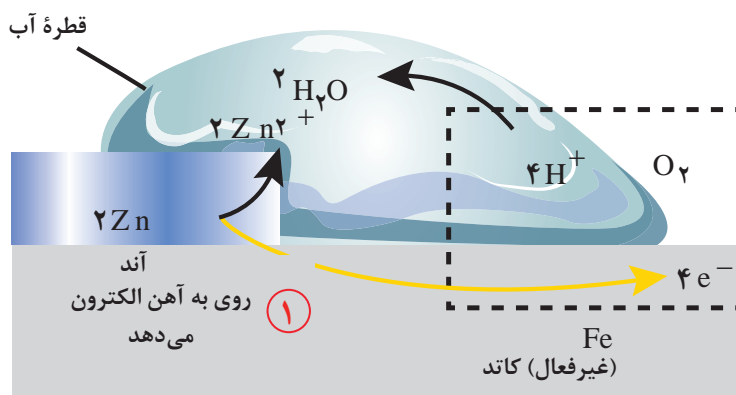
شکل ۱۹ نمای ساده‌ای از فرایند خوردگی آهن را نشان می‌دهد. یکی از روش‌های پیشگیری از خوردگی فلزات، حفاظت کاتدی است. حفاظت کاتدی اولین بار توسط هامفری دیوی^۱ در سال ۱۸۲۴ میلادی برای حفاظت بدنه کشتی‌های جنگی استفاده شد. حفاظت از طریق کاتد قرار دادن بدنه کشتی با استفاده از جریان اعمال شده با اتصال به یک آند فداشونده^۲ (فلز فعال تر نسبت به بدنه کشتی که دارای پتانسیل کاهش کمتری است) انجام گرفت. در این صورت یک پیل گالوانی بین سازه حفاظت‌شده (کاتد) و آند قربانی‌شونده ایجاد می‌شود که در آن الکترون‌ها به‌طور خودبه‌خودی از آند وارد کاتد می‌شوند. آندهای روی (شکل ۲۰) و منیزیم (شکل ۲۱)، مهم‌ترین آندهای گالوانی برای کاربردهای زیرزمینی هستند.

۳ Fe^{2+} به درون فلز مهاجرت می‌کند و با H_2O و O_2 واکنش داده ایجاد زنگ آهن می‌کند.



شکل ۱۹- فرایند خوردگی آهن

۲ الکتردهای ایجاد شده در روی برای کاهش O_2 به H_2O استفاده می‌شوند.



شکل ۲۰- حفاظت از خوردگی آهن در تماس با فلز روی

۱- Humphery Davy

۲- Sacrificial Anode



در مورد نیم‌واکنش‌های آندی و کاتدی و واکنش کلی، الف) در فرایند خوردگی آهن (شکل ۱۹) (ب) حفاظت از خوردگی آهن (شکل ۲۰) تحقیق کنید و در کلاس ارائه دهید.



استفاده از پوشش‌های معدنی (آبکاری فلزات) و آلی (رنگ‌ها) از مهم‌ترین روش‌های حفاظت قطعات و تجهیزات فلزی هستند که در پودمان عملیات در صنایع پوششی با آنها آشنا خواهید شد.

شکل ۲۱- حفاظت لوله آهنی در خاک به روش آند فدا شونده

پرسش‌های پایانی

- ۱ شش عامل مؤثر و مهم بر خوردگی فلزات را نام ببرید.
- ۲ چند مثال عملی برای خوردگی فلزات در صنایع را بنویسید.
- ۳ چند دلیل عملی برای حفاظت از فلزات در برابر خوردگی را ذکر کنید.
- ۴ سه روش کلی برای جلوگیری از خوردگی را شرح دهید.
- ۵ دلیل اهمیت الکتروشیمی در خوردگی فلزات چیست؟
- ۶ پیل خوردگی، پیل مولد جریان محسوب می‌شود یا پیل برقکافت؟ در پیل خوردگی، فلز مورد نظر که تحت حمله خوردگی قرار می‌گیرد، نقش آند دارد یا کاتد؟ و این الکتروود قطب مثبت است یا منفی؟
- ۷ بر طبق جدول پتانسیل‌های استاندارد کاهش، اتصال کدام یک از فلزات زیر به آهن از خوردگی آن می‌تواند جلوگیری کند (نقش آند فداشونده داشته باشد)؟
الف) مس ب) منیزیم ج) روی د) آلومینیم
- ۸ افزایش دما چه اثری روی مقدار پتانسیل الکتروودها دارد؟
- ۹ پتانسیل‌های الکتروودی چگونه در تعیین میزان تمایل فلزات برای خورده شدن در محیط‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
- ۱۰ تمایل مس برای خوردگی در محلول مس کلرید با غلظت دسی مولار را محاسبه کنید.
- ۱۱ میزان علاقه مس به خوردگی در محیط سولفوریک اسید سانتی مولار را محاسبه کنید.

ارزشیابی شایستگی پیشگیری خوردگی در صنایع شیمیایی

<p>شرح کار: چگونگی استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی را بداند و کار سپرده شده را با دقت انجام دهد. هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند. پس از انجام کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.</p>			
<p>استاندارد عملکرد: به کارگیری روش‌های حفاظت از خوردگی در صنایع شیمیایی طبق دستور کار</p>			
<p>شاخص‌ها:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ رعایت مسائل ایمنی حین کار ■ انجام کار طبق دستور کار 			
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: شرایط مکان: آزمایشگاه شرایط دستگاه: تمیز و آماده برای کار زمان: یک جلسه آموزشی</p> <p>ابزار و تجهیزات: pH سنج، کولیس، منبع تغذیه DC، ترازوی دقیق ۰/۰۰۰۱ گرم، میلی‌ولت‌سنج در گستره ۰-۱۰۰۰ میلی‌ولت، میلی‌آمپرسنج در گستره ۰-۱۰۰۰ میکروآمپر، گرمکن صفحه‌ای، دماسنج، سیم‌های رابط، وسایل آزمایشگاهی شیشه‌ای، کپسول‌های اکسیژن و نیتروژن، الکتروود مرجع نقره - نقره کلرید، الکتروود کمکی پلاتین، الکتروود استاندارد هیدروژن</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری مفاهیم خوردگی	۱	
۲	به کارگیری پیل‌های الکتروشیمیایی	۲	
۳	به کارگیری روش‌های جلوگیری از خوردگی	۱	
۴			
	<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</p> <p>۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه‌جویی ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۵- مستندسازی: گزارش نویسی</p>	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.