



## سنجش‌های حجمی اکسایش – کاهش

### ۳- یدی سنجی و یدوسنجی<sup>۱</sup> (روش‌های ید)

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:

– با استفاده از غلظت  $I_2$  آزاد شده که از یک واکنش اکسایش – کاهش به دست می‌آید، سنجش‌های حجمی، غلظت یک اکسیدکننده را تعیین کند.

را در سنجش حجمی به کار برید.

در سنجش حجمی ید، نباید نشاسته را تا لحظه‌ای قبل از فرا رسیدن نقطه‌ی پایانی به محلول افزود. جدا از این واقعیت که پدیدگی رنگ ید مشخصه‌ی خوبی برای نزدیکی نقطه‌ی پایانی سنجش حجمی است، اگر در حالی که غلظت ید زیاد است نشاسته افزوده شود، ممکن است مقداری ید حتی در نقطه‌ی پایانی، جذب سطحی شود و دیگر قابل سنجش حجمی نباشد.

#### ۲- ۱۱- تهیه‌ی محلول $N/10$ ید

هدف: آشنا شدن با تهیه‌ی محلول ید با غلظت معین

مواد لازم

۱- ید،  $I_2$

۲- پتاسیم یدید، KI

۳- آب مقطر

ابزار لازم

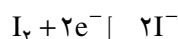
۱- بالن حجمی  $100\text{ mL}$  یا  $250\text{ mL}$

۲- شیشه‌ی ساعت

۳- ترازوی تجزیه‌ای

۴- آب فشان (بی‌ست)

سنجش‌های حجمی اکسایش – کاهش که با ید،  $I_2$  انجام می‌شود، تحت عنوان یدی سنجی و یدوسنجی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ید،  $I_2$  یک اکسندۀ ملایم است درحالی که یون یدید،  $I^-$  یک عامل کاهنده نسبتاً قوی می‌باشد. واکنش ید – یدید به شرح زیر است:



این سیستم (سیستم ید – یدید یا واکنش نیم‌پیل) دارای پتانسیل کاهش استاندارد  $+0.547\text{ V}$  است. این مقدار حدّ واسط بین مقادیر عامل‌های اکسندۀ قوی و کاهنده قوی است.

#### ۱- ۱۱- تهیه و به‌کارگیری محلول نشاسته

با یک گرم نشاسته و اندکی آب، خمیری تهیه کنید. این خمیر را در حال هم‌زدن در  $100\text{ mL}$  آب جوشان بریزید، یک دقیقه بجوشانید و صبر کنید محلول سرد شود. آن‌گاه ۲ تا  $3\text{ g}$  پتاسیم یدید به آن بیفزایید و محلول را در ظرف شیشه‌ای دردار نگهداری کنید.

فقط از محلول نشاسته‌ی تازه تهیه شده استفاده کنید.<sup>۲</sup>

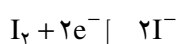
$2\text{ mL}$  محلول ۱٪ نشاسته برای  $100\text{ mL}$  محلول که باید سنجش شود، مقدار مناسبی است. همیشه همین حجم محلول نشاسته

۱ – Iodine methods - Iodimetry and Iodometry

۲ – با افزودن مقداری جیوه (II) یدید (در حد ppm) می‌توان چسب نشاسته را مدت بیش‌تری نگهداری کرد.

روش کار: چون مولکول‌های  $I_2$  غیر قطبی هستند، قابلیت حل شدن ید در آب ناچیز است. با انحلال ید در محلول پتاسیم یدید، این مشکل رفع می‌شود.

۲ گرم پتاسیم یدید با خلوص تجزیه‌ای (۹۹/۹ درصد) را روی شیشه‌ی ساعت با ترازوی تجزیه‌ای وزن کرده و در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری بریزید. ۳۰ تا ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر بیفزایید و آن را حل کنید سپس به یک بالن حجمی ۱۰۰ mL منتقل کنید. برای تهیه‌ی ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ N ید باید  $\frac{1}{10}$  اکی‌والان گرم ید را وزن کرد چون ید مطابق واکنش زیر احیا می‌شود:



بنابراین، اکی‌والان گرم آن برابر با  $\frac{1}{2}$  مولکول گرم آن یعنی  $\frac{254}{2}$  یا ۱۲۷ گرم است. ۱/۲۷ گرم ید خالص را که برابر با  $\frac{1}{100}$  اکی‌والان گرم می‌باشد، وزن کنید و آن را به‌وسیله‌ی یک قیف پودری به درون بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری دارای محلول پتاسیم یدید بریزید. درپوش شیشه‌ای را در دهانه‌ی بالن قرار داده و درسرما هم بزنید تا تمام ید حل شود. اجازه دهید دمای محلول به‌دمای اتاق برسد، سپس با آب مقطر حجم آن را تا خط نشانه برسانید. این محلول استاندارد نیست و باید آن را با محلول سدیم تیوسولفات تازه استاندارد شده در مقابل پتاسیم یدات، استاندارد کرد. محلول ید به بهترین وجه در بطری‌های درپوش‌دار ذخیره و نگهداری می‌شود. این بطری‌ها را باید کاملاً پر کرد و در محل خنک و تاریک نگهداری نمود.

### ۳-۱۱- تهیه‌ی محلول ۰/۱ N سدیم تیوسولفات

هدف: مهارت در تهیه‌ی محلول‌های با غلظت معین

مواد لازم

۱- سدیم تیوسولفات متبلور  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$

۲- آب مقطر

۳- سدیم کربنات

۴- کلروفرم

ابزار لازم

۱- بالن حجمی ۱۰۰ mL

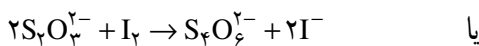
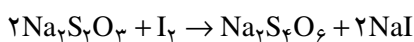
۲- شیشه‌ی ساعت

۳- ترازوی تجزیه‌ای

۴- آب فشان (بی‌ست)

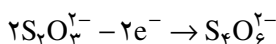
واکنش اساسی میان سدیم تیوسولفات و ید به‌صورت زیر

است:



در تبدیل یون تیوسولفات،  $S_2O_3^{2-}$  به یون تتراسیونات،

$S_4O_6^{2-}$ ، یک مول الکترون در مول از دست داده می‌شود:



بنابراین، هم‌ارز گرم (اکی‌والان گرم) سدیم تیوسولفات برابر با وزن یک مول آن می‌باشد. براساس عدد اکسایش نیز، تغییر عدد اکسایش گوگرد، S، از ۲+ به  $2\frac{1}{2}$ + می‌رسد. بنابراین، برای یک اتم گوگرد تغییر عدد اکسایش  $\frac{1}{2}$  است. به‌دلیل اینکه دو اتم گوگرد در مولکول سدیم تیوسولفات وجود دارد تغییر عدد اکسایش گوگرد برابر ۱ می‌شود. بنابراین اکی‌والان وزن آن برابر با وزن ۱ مول آن می‌باشد. فرمول سدیم تیوسولفات متبلور،  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  است و وزن مولکولی آن ۲۴۸/۲ می‌باشد. بنابراین محلول ۰/۱ N آن دارای ۲۴/۸۲ گرم از بلورهای حل‌شده آن در ۱ لیتر محلول خواهد بود.

به هر حال سدیم تیوسولفات پنتاهیدرات، نمی‌تواند به‌عنوان استاندارد اولیه<sup>۱</sup> به‌کار رود، زیرا این نمک مقداری از آب تبلور خود را می‌تواند از دست دهد. پیش از تهیه‌ی محلول ۰/۱ N سدیم تیوسولفات لازم است به نکات زیر توجه نمایید.

۱- محلول را با آب مقطر تازه جوشیده تهیه کنید (چرا؟).

۲- محلول سدیم تیوسولفات نباید در معرض تابش نور قرار گیرد، زیرا نور تجزیه‌ی آن را تشدید می‌کند.

روش کار: ۲/۴۸۲ گرم از بلورهای تیوسولفات خالص را وزن کرده و در آب مقطر جوشیده‌ی سرد شده درون یک بالن حجمی ۱۰۰ mL حل کنید. آن‌گاه حجم محلول را در حال هم‌زدن

و تا ناپدید شدن رنگ آبی سنجش را ادامه دهید.

## ۵-۱۱- استاندارد کردن محلول ید با محلول تیوسولفات استاندارد

### مواد لازم

۱- محلول سدیم تیوسولفات استاندارد

۲- محلول ید در پتاسیم یدید با غلظت تقریبی ۰/۱ N

۳- محلول نشاسته

۴- آب مقطر

### ابزار لازم

۱- بورت ۵۰ mL

۲- ارلن مایر ۵۰ mL

۳- پایه و میله

۴- گیره‌ی بورت

### روش کار

۱- بورت را با گیره‌ی مخصوص به میله‌ی متصل به پایه نصب کنید.

۲- یک عدد بورت را بعد از تمیز کردن، شستن و هواگیری، با محلول تیوسولفات استاندارد تازه تهیه شده از روش کار ۳-۱۱ و ۴-۱۱ پر کنید.

۳- ۱۰ mL محلول ید تهیه شده از روش کار ۲-۱۱ را درون یک ارلن مایر ۲۵۰ mL بریزید و ۳۰ mL آب مقطر به آن بیفزایید تا حجم کل به ۴۰ mL برسد.

۴- به آرامی و در حال هم زدن محلول تیوسولفات استاندارد را به ارلن بیفزایید تا محلول ید به رنگ زرد کم‌رنگ درآید. ۲ mL محلول نشاسته اضافه کنید و سنجش حجمی با تیوسولفات را به آرامی در حال هم زدن ادامه دهید تا محلول بی‌رنگ شود. این آزمایش را دو بار با مقادیر مشابه انجام دهید و میانگین حجم تیوسولفات مصرف شده را به دست آورید و از آنجا نرمالیت‌ی محلول ید را یک بار از رابطه  $N_1V_1 = N_2V_2$  و بار دیگر از واکنش  $I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$  محاسبه نمایید.

تا خط نشانه به ۱۰۰ mL برسانید. در صورتی که قرار باشد محلول بیش از چند روز بماند به آن ۰/۱ گرم سدیم کربنات و ۳ قطره کلروفرم بیفزایید. غلظت این محلول  $\frac{1}{10}$  نرمال است و استاندارد نیست که باید آن را با محلول پتاسیم یدات استاندارد، استاندارد کرد.

## ۴-۱۱- استاندارد کردن سدیم تیوسولفات با پتاسیم یدات

### مواد لازم

۱-  $KIO_3$

۲-  $Na_2S_2O_3$  ، ۰/۱ N

۳- KI

۴-  $HCl$  ، ۶M

۵- محلول شناساگر نشاسته

### ابزار لازم

۱- خشک‌کن<sup>۱</sup>

۲- دسیکاتور

۳- ترازوی دقیق

۴- بالن حجمی ۲۵۰ mL

۵- پی‌پت

۶- ارلن

۷- بورت، پایه و گیره بورت

روش کار: پتاسیم یدات با خلوص استاندارد اولیه را برای ۱ ساعت در ۱۰۰ تا ۱۱۰ C خشک کرده و در دسیکاتور خنک کنید. ۱/۳۴ گرم از آن را با دقت وزن کرده و در بالن ۲۵۰ mL به حجم برسانید و کاملاً مخلوط کنید. بدین ترتیب محلول پتاسیم یدات ۰/۲۵ M تهیه کرده‌اید. ۲۵ mL از این محلول را با پی‌پت به داخل ارلن منتقل کنید در حدود ۵۰ mL آب و ۲g از پتاسیم یدید به ارلن بیفزایید. حدود ۲ mL از  $HCl$ ، ۶M بیفزایید و با سدیم تیوسولفات سنجش را انجام دهید تا رنگ محلول زرد کم‌رنگ شود. ۵ mL شناساگر نشاسته بیفزایید

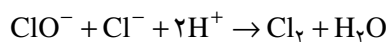
## پرسش و تمرین

۱- مس (II) سولفات مطابق معادله‌ی زیر با پتاسیم یدید واکنش می‌دهد.

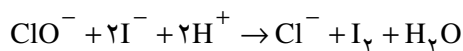


یک آزمایش طراحی نمایید که به کمک آن بتوان درصد مس را در کات کبود تعیین کرد.

۲- پودرهای سفیدکننده که به‌عنوان کف‌شوی به کار می‌روند، دارای جزء فعال هیپوکلریت،  $\text{ClO}^-$ ، می‌باشند. با اثر دادن هیدروکلریک اسید بر پودر سفیدکننده، کلر آزاد می‌شود.



کلر فعال به کلری گفته می‌شود که در هنگام تأثیر اسیدهای رقیق بر پودر سفیدکننده، آزاد می‌شود و برحسب درصد وزنی نسبت به پودر سفیدکننده بیان می‌شود. با استفاده از واکنش



در آزمایشگاه چگونه درصد کلر فعال پودر سفیدکننده را تعیین می‌کنند؟

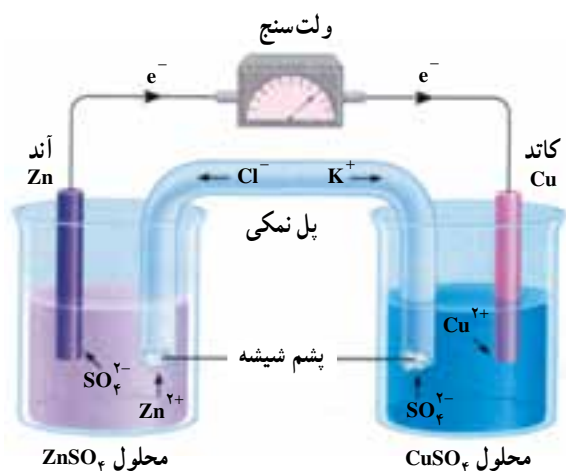
۳- یک آزمایش طراحی نمایید که به کمک آن بتوان با روش یدوسنجی ارزش حجمی آب اکسیژنه را

تعیین نمود.

## تشکیل یک پیل و اندازه‌گیری نیروی محرکه‌ی آن و اثر غلظت بر نیروی محرکه‌ی پیل، بررسی باتری اتومبیل و باتری معمولی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:

- ۱- یک پیل ساخته و نیروی محرکه‌ی آن را اندازه‌گیری کند.
- ۲- اثر غلظت بر نیروی محرکه‌ی پیل را توضیح دهد.
- ۳- باتری انباره و باتری خشک را پس از مشاهده تشریح نماید.



شکل ۱۲-۱- تشکیل یک پیل و اندازه‌گیری نیروی محرکه‌ی آن

بریزید و بشر سمت راست را تا  $\frac{2}{3}$  با محلول ۱M مس (II) سولفات پر کنید. یک تیغه‌ی روی در بشر سمت چپ و یک میله‌ی مس در بشر سمت راست قرار دهید. با دو سیم مسی میله‌ی مسی را به یک سر ولت‌سنج و تیغه‌ی روی را به سر دیگر ولت‌سنج متصل کنید. سرانجام درون یک لوله‌ی U شکل محلول سیر شده‌ی آمونیوم نترات بریزید و دو سر آن را با پشم شیشه ببندید. آن‌گاه آن را درون دو بشر وارونه نمایید، تا یک مدار الکتریکی کامل حاصل شود. حال نیروی محرکه‌ی این پیل را از روی ولت‌سنج اندازه بگیرید و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

### ۱۲-۱- تشکیل یک پیل (پیل دانیل) و اندازه‌گیری نیروی محرکه‌ی آن

هدف: ساختن پیل و اندازه‌گیری نیروی محرکه‌ی آن و پی‌بردن به واکنش‌های اکسایش - کاهش در پیل الکتروشیمیایی

مواد لازم

- ۱- تیغه‌ی روی
- ۲- تیغه‌ی مس
- ۳- محلول ۱M روی سولفات
- ۴- محلول ۱M مس (II) سولفات
- ۵- محلول اشباع  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

- ۶- سیم مسی
- ۷- پشم شیشه

ابزار لازم

- ۱- بشر ۲۵۰mL دو عدد
- ۲- لوله‌ی U شکل
- ۳- ولت‌سنج
- ۴- کلید قطع و وصل

روش کار: مطابق شکل ۱- ۱۲ تحقیق خود را درباره‌ی پیل الکتروشیمیایی با ساختن یکی از این پیل‌ها آغاز می‌کنیم. در بشر سمت چپ تا  $\frac{2}{3}$  محلول ۱M روی سولفات

۱- اگر غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  بیش تر از ۱M یا غلظت  $\text{Zn}^{2+}$  کم تر از ۱M باشد ولتاژ این پیل بیش تر از ۱/۱V خواهد بود.

۲- اگر غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  کم تر از ۱M یا غلظت  $\text{Zn}^{2+}$  بیش تر از ۱M باشد ولتاژ کم تر از ۱/۱V می شود.

فرض کنید در این پیل (پیل  $\text{Zn} - \text{Cu}^{2+}$ )، غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  از ۱M به ۰/۱M کاهش یابد. ولتاژ فقط به مقدار مختصری یعنی تا ۱/۰۷۷V پایین می آید. اما تغییر زیاد در غلظت، می تواند اثر عمده ای داشته باشد. اگر بگذاریم پیل  $\text{Cu}^{2+} - \text{Zn}$  برای مدت طولانی تخلیه شود، یون های  $\text{Cu}^{2+}$  نهایتاً مصرف می شوند. به صورت دقیق تر، غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  خیلی کاهش می یابد و در این صورت ولتاژ پیل خیلی کاهش می یابد و پیل از کار می افتد.

**هدف: بررسی اثر غلظت بر ولتاژ یک پیل مواد لازم**

۱- تیغه ی مس

۲- تیغه ی روی

۳- محلول های ۲M، ۰/۱M و ۰/۵M

مس (II) سولفات

۴- محلول های ۲M، ۰/۱M و ۰/۵M

روی سولفات

۵- محلول سیر شده ی آمونیوم نترات

۶- پشم شیشه

ابزار لازم

۱- بشر ۲۵۰mL دو عدد

۲- لوله ی U شکل

۳- ولت سنج

۴- کلید قطع و وصل

روش کار: پیل مانند پیل شکل ۱-۱۲ مطابق روش کار ۱-۱۲ تشکیل دهید. اما این بار با تغییر غلظت های یون های  $\text{Cu}^{2+}$  و  $\text{Zn}^{2+}$  این پیل را به صورت های مختلف از غلظت یون های فوق بسازید و ولتاژها را اندازه بگیرید. مشاهدات خود را در جدولی تنظیم و ارائه نمایید.

۱- نیروی محرکه ی این پیل چند ولت است؟

۲- کاند و آند را در این پیل مشخص کنید.

۳- قطب منفی و مثبت پیل کدام است؟

۴- در کدام الکتروود واکنش اکسایش انجام می شود؟

۵- در کدام الکتروود واکنش کاهش صورت می گیرد؟

۶- نیم واکنش های اکسایش - کاهش را نوشته و از روی آن ها واکنش کلی پیل را بنویسید.

۷- با توجه به پتانسیل های کاهش یافته استاندارد، پتانسیل پیل را محاسبه نمایید و با پتانسیل اندازه گیری شده مقایسه نمایید و درصد خطا را تعیین کنید.

۸- نقش پل نمکی را در این پیل بیان کنید.

۹- نام این پیل را بیان کنید.

۱۰- از وزن کدام الکتروود کاسته و به وزن کدام الکتروود اضافه می شود؟

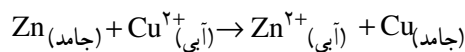
**۲-۱۲ مطالعه اثر غلظت بر نیروی محرکه ی پیل**

همان طور که می دانید ولتاژهای استاندارد تنها مربوط به شرایطی هستند که غلظت اجزای موجود یک مولار باشد. تغییر غلظت بر روی ولتاژ نیم پیل و در نتیجه بر روی ولتاژ پیل اثر می گذارد. می توانیم جهتی را که ولتاژ پیل با تغییر غلظت، تغییر می کند به آسانی پیش بینی کنیم.

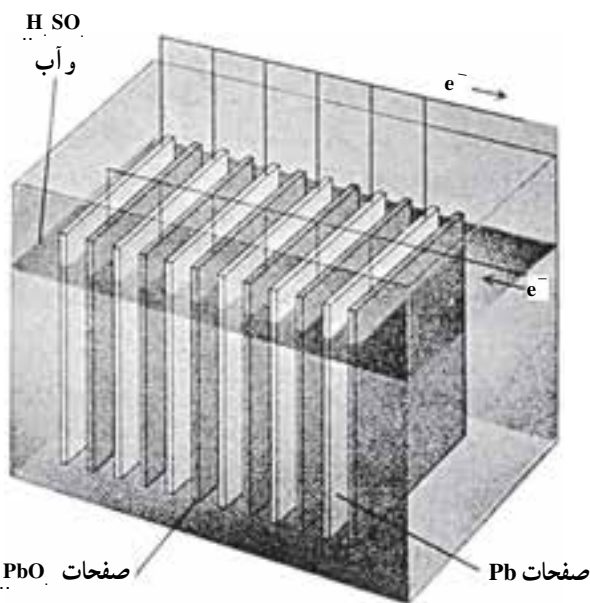
۱- اگر غلظت یک ماده ی اولیه زیاد یا غلظت محصول کم شود، ولتاژ افزایش خواهد یافت ( $E^\circ$ ،  $E$ ). هردوی این تغییرات موجب می شوند که واکنش رفت بهتر انجام گیرد و بنابراین، ولتاژ پیل زیاد می شود.

۲- اگر غلظت ماده ی اولیه کاهش یا غلظت محصول افزایش یابد، ولتاژ کم خواهد شد ( $E^\circ$ ،  $E$ ) این تغییرات واکنش عکس را تقویت می کنند و موجب می شود واکنش مستقیم کم تر انجام شود و در نتیجه ولتاژ پیل کم می شود.

با به کارگیری از این اصول واکنش پیل دانیل را که در بند ۱-۱۲ به ساختن آن اقدام کردید مورد بررسی قرار دهید:

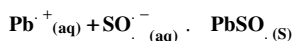
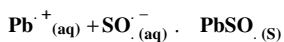
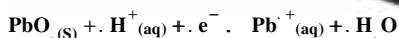


$$; E = 1/1V$$

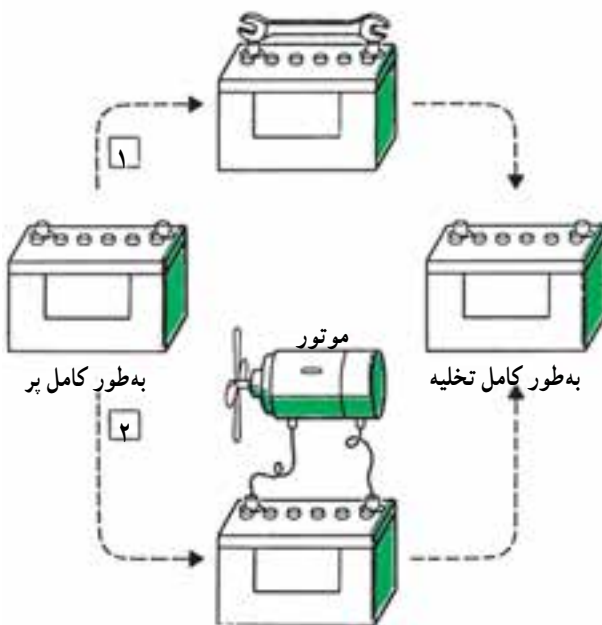


صفحات PbO<sub>2</sub>

صفحات Pb



الف



ب

شکل ۲-۱۲- الف - یک باتری انباره‌ی سربی. ولتاژ این باتری ۱۲۷ است و می‌تواند برای مدت کوتاهی مقدار زیادی انرژی الکتریکی فراهم کند. مزیت دیگر این باتری، این است که می‌تواند دوباره پر شود. اشکال این باتری سنگینی آن است. ب - یکی از کاربردهای انباره‌ی سربی

### ۱۲-۳- بررسی انباره‌ی سربی (باتری اتومبیل) با جزییات آن

هدف: تشریح انباره سربی به عنوان یک منبع الکتریکی ابزار لازم

- باتری اتومبیل

روش کار: باتری سربی یک پیل ثانویه است که به عنوان منبع الکتریکی برای مقاصد صنعتی و علمی اهمیت فراوان دارد. به شکل ۱۲-۲ ب خوب توجه کنید.

مطابق شکل ۱۲-۲ بعد از خالی کردن محتویات یک انباره‌ی سربی روکش آن را بردارید و به اجزای تشکیل دهنده‌ی آن خوب توجه کنید.

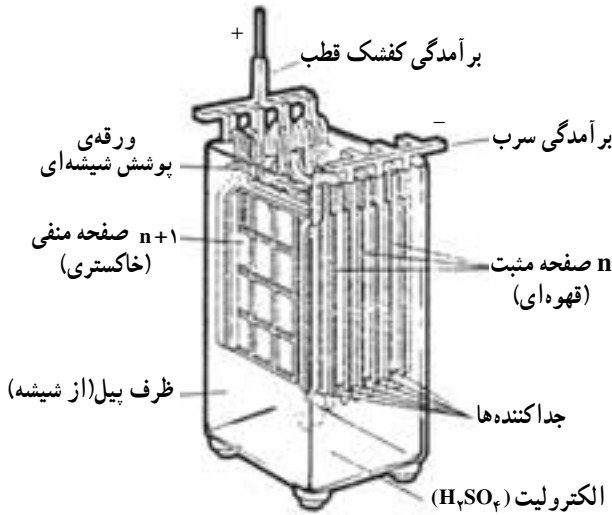
در این باتری فلز سرب آند (قطب منفی) و  $PbO_2$  کاتد (قطب مثبت) را تشکیل می‌دهند.

ساختمان اصلی یک انباره‌ی سربی که در شکل ۱۲-۲ نمایش داده شده است، به شرح زیر است:

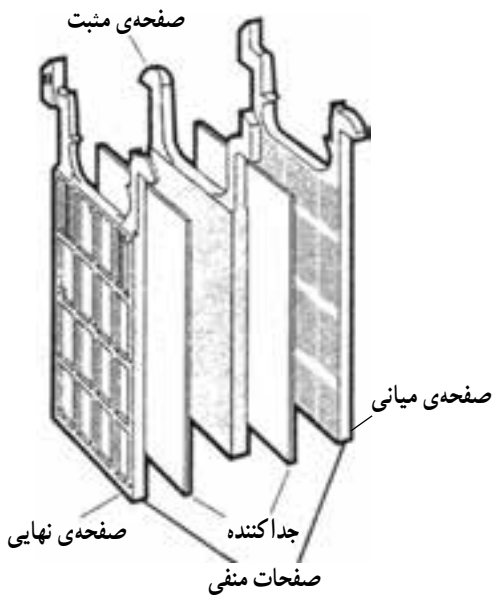
الکترودها، (آند و کاتد)، دو مجموعه‌ی موازی هم هستند که متناسب با قطب‌ها به عنوان مثبت و منفی در نظر گرفته می‌شوند. سنگینی آن به خاطر سرب به کار رفته در آن است.

در شکل ۱۲-۳ این باتری با جزییات آن نشان داده می‌شود، به صفحات درون باتری خوب نگاه کنید. این صفحات از شبکه‌ای از سرب سخت ساخته شده‌اند. در حالت پر، در حلقه‌های صفحات مثبت، سرب دی‌اکسید و در حلقه‌های صفحات منفی، سرب (به اصطلاح اسفنج سربی) با ظرافت خاصی قرار دارند. شکل ۱۲-۴ این صفحات را به خوبی نشان می‌دهد. در محفظه‌های پیل محلول سولفوریک اسید با چگالی بین  $1/18$  تا  $1/25 \text{ kg/L}$  ریخته می‌شود و این محفظه‌ها بستگی به نوع آنها با سولفوریک اسید با یک چگالی معین پر می‌شوند. چگالی محلول سولفوریک اسید در باتری سربی اتومبیل‌های معمولی (۱۲ ولت)  $1/25 \text{ kg/L}$  است.

توده‌ی فعال صفحات، یعنی سرب اکسید و اسفنج سربی، سطح وسیعی در اختیار سولفوریک اسید قرار می‌دهند. صفحات جداکننده، که از پلاستیک مخصوصی ساخته شده‌اند، از ایجاد اتصال کوتاه بین صفحات (مثبت و منفی) جلوگیری می‌کنند.



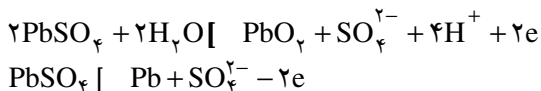
شکل ۱۲-۳- اجزای تشکیل دهنده‌ی باتری سربی



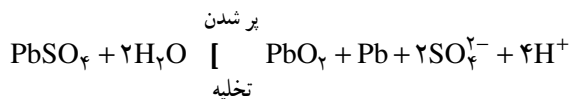
شکل ۱۲-۴- صفحات تشکیل دهنده‌ی باتری سربی



با جمع واکنش‌های مربوط به صفحات مثبت و منفی در موقع کار کردن می‌توان به واکنشی دست یافت که فقط حالات اولیه و نهایی کلیه‌ی موادی را که در واکنش شرکت دارند، بیان می‌کند.



واکنش کلی:

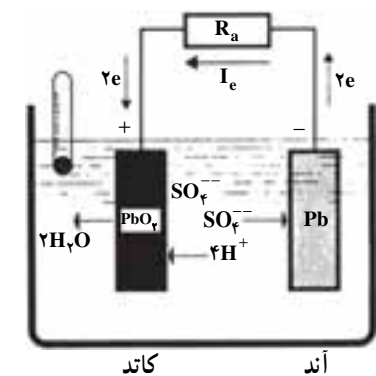


شکل ۵-۱۲ پر کردن و تخلیه این باتری را به صورت

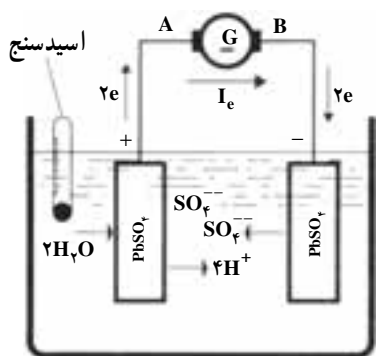
تصویری نشان می‌دهد.

اگر انباره سری مدت طولانی بدون استفاده بماند، سرب به تدریج با محلول سولفوریک اسید واکنش داده و سرب (II) سولفات تولید می‌شود. این عمل را سولفاته شدن صفحات می‌نامند. بدین ترتیب ظرفیت انباره تا حد بی‌مصرف شدن آن کاهش خواهد یافت. سولفاته شدن در اثر تخلیه شدید و یا پر کردن سریع نیز رخ

می‌دهد.



تخلیه



آند

کاتد

پر کردن

شکل ۵-۱۲- تصویری از تخلیه و پر کردن باتری سری

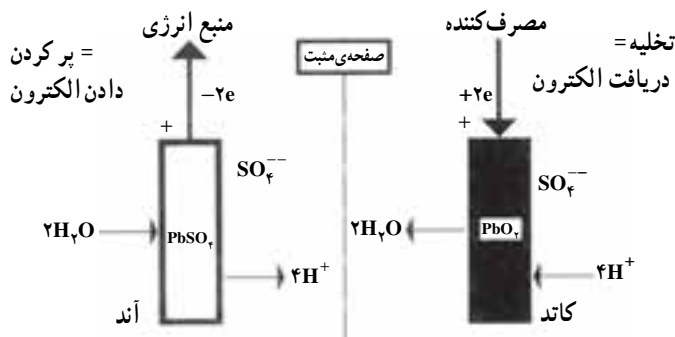
تفاوت بین صفحات مثبت و منفی فقط در شرایطی که انباره پر است، از رنگ آن‌ها تشخیص داده می‌شود. پس از تخلیه، کلیه صفحات انباره سفید هستند (چرا؟).

تغییر رنگ از واکنش‌های شیمیایی مواد فعال صفحات که موقع پر و خالی شدن پیل به وقوع می‌پیوندد، ناشی می‌شود. واکنش‌های زیر در صفحات مثبت انجام می‌گیرند:

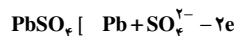
نیم واکنش آندی (در موقع کار کردن)



کاتد تخلیه



نیم واکنش کاتدی (در موقع کار کردن)



سرب (II) سولفات سفید که غیر محلول در آب و در صفحات ایجاد شده است، به هنگام پر شدن انباره با دادن الکترون با آب، سرب دی‌اکسید تولید می‌نماید. از طرف دیگر یون‌های  $\text{H}^+$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  به درون محلول رفته و چگالی سولفوریک اسید را افزایش می‌دهند.

حال به این پرسش پاسخ دهید که چگونه می‌توان با توجه به چگالی محلول اسید درون باتری به قابل استفاده بودن باتری پی برد؟ در صفحات منفی نیز موقع پر شدن انباره سرب سولفات با دریافت الکترون فلز سرب به شکل اسفنج سری به وجود می‌آید. یون‌های  $\text{SO}_4^{2-}$  نیز به داخل محلول وارد می‌شوند و باز چگالی اسید افزایش می‌یابد. یون‌های  $\text{H}^+$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  که موقع پر شدن تولید می‌شوند با دو مولکول  $\text{H}_2\text{SO}_4$  مطابقت دارند.

اکنون به این پرسش پاسخ دهید که کدام الکتروود در پر کردن و کدام یک در تخلیه نقش صفحه‌ی منفی را ایفا می‌کنند؟

## پرسش و تمرین

- ۱- برای چه کارهایی از پیل ثانویه استفاده می‌کنند؟
- ۲- واکنش‌های یک پیل سربی را به طور کامل به صورت نیم واکنش بنویسید.
- ۳- کدام ماده در صفحات مثبت و منفی اکسید یا کاهیده می‌شود؟
- ۴- مهم‌ترین ولتاژهای عملی یک پیل سربی را بیان کنید.
- ۵- چگالی اسید پرکننده‌ی یک پیل سربی چقدر است؟
- ۶- از چه ماده‌ای به عنوان حلال اسید استفاده می‌شود؟
- ۷- چگونه می‌توانید از سولفوریک اسید غلیظ با  $d = 1.84$ ، چهار لیتر محلول سولفوریک اسید با  $d = 1.25$  برای انباره‌ی سربی تهیه کنید؟
- ۸- با سولفاته شدن در یک پیل سربی چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۹- چه عللی باعث سولفاته شدن انباره‌ی سربی می‌شود؟
- ۱۰- کاند و آند در پیل سربی را مشخص کنید.

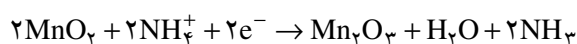
می‌دهند، عبارتند از الکترولیت‌ها، الکترودها. آند این پیل فلز روی و کاتد آن زغال قرع یا گرافیت است.

دو الکترودها با یک خمیر مرطوب از یکدیگر جدا شده‌اند. این خمیر شامل منگنز دی‌اکسید،  $MnO_2$ ، آمونیوم کلرید،  $NH_4Cl$ ، و ذرات ریزکربن با خمیر نشاسته است. البته خمیر الکترولیت، هنوز دارای تقریباً ۶٪ آب است و بنابراین، کاملاً خشک نیست. پیل خشک را به طور محکم می‌بندند، تا بدین وسیله از خروج الکترولیت جلوگیری شده و بتوان از آن در هر وضعیتی استفاده کرد.

با بستن مدار، واکنش‌های تولیدکننده‌ی جریان الکتریسیته در آند و کاتد آغاز می‌شوند.

واکنش آند، اکسایش: قطب (-)  $Zn - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$   
جریان الکتریکی به کاتد وارد شده و یون‌های  $H^+$  حاصل از  $NH_4^+$  را که دارای بار مخالف هستند، جذب می‌کنند.

واکنش کاتد، کاهش: قطب (+)



شکل ۷-۱۲ انجام واکنش‌های فوق را نشان می‌دهد.

اگر جریان زیادی از پیل خشک گرفته شود، گاز آمونیاک تولید شده در اطراف کاتد به عنوان عایق عمل می‌کند و جریان یون‌ها را متوقف می‌سازد و پیل از کار می‌افتد. ولتاژ این پیل ۱/۵ ولت است.

## ۴-۱۲- بررسی باتری معمولی (باتری خشک)

هدف: بررسی پیل خشک و واکنش‌های آن به عنوان

یک پیل اولیه

از بین تعداد زیادی پیل الکتروشیمیایی مختلف، عملاً پیل لکلانسه که در حدود سال ۱۸۷۵ میلادی تکمیل گردید آزمایش خوبی داده است. امروزه تولید سالانه‌ی این پیل در سراسر گیتی به میلیون‌ها عدد می‌رسد. این پیل که یک پیل خشک است با کاربردهای مختلف در اندازه‌ها و با خواص متفاوت ساخته و عرضه می‌شود. شما با این پیل در برخورد با چراغ قوه، رادیو ترانزیستوری و ... آشنایی دارید. از آنجا که پیل لکلانسه دارای اهمیت صنعتی و اقتصادی شایانی است، به عنوان نمونه از پیل‌های خشک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ابزار لازم

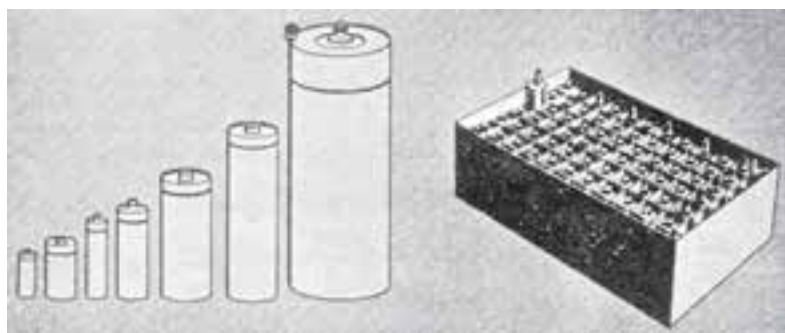
۱- یک پیل خشک

۲- قیچی آهن‌بری

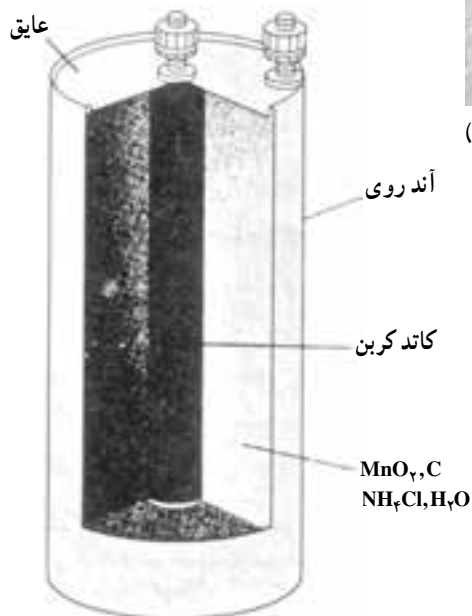
۳- پیچ گوشتی

۴- انبردست

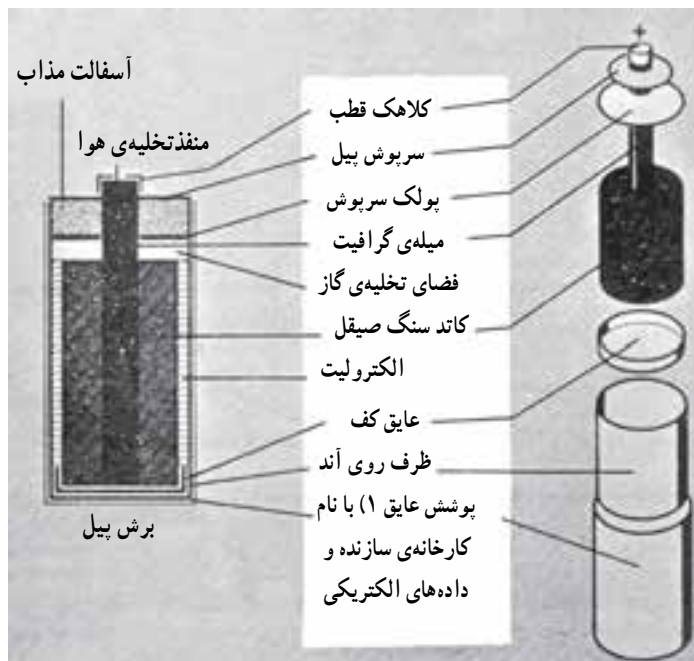
روش کار: مطابق شکل ۶-۱۲ مقطعی از این پیل را به وسیله‌ی قیچی آهن‌بری، پیچ گوشتی و انبردست تهیه کنید. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید بخش‌هایی که این پیل را تشکیل



باتری ساخته شده از پیل های خشک پیل های خشک در اندازه های مختلف (باتری های قلمی)

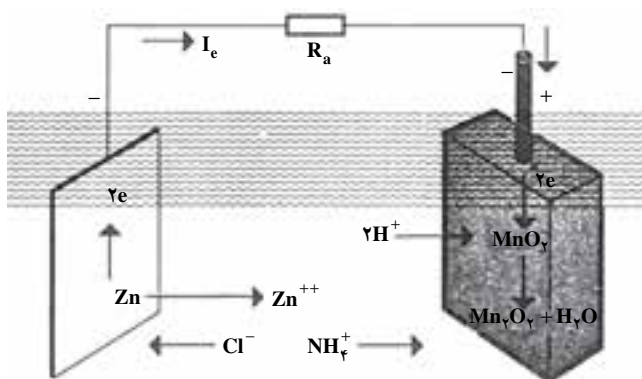


یک «پیل خشک» در این پیل Zn به عنوان آند عمل می کند.  $MnO_2$  در کاتد کربن کاهیده می شود. پتانسیل این پیل ۱/۵ ولت است و قابل پرکردن دوباره نیست. این پیل منبع نسبتاً ارزانی است که مقدار کمی انرژی الکتریکی تولید می کند.



تصویر اجزاء پیل طرح ساختمان یک پیل لکلانسه پیشرفته

شکل ۶-۱۲- انواع پیل خشک و مقطع آنها



شکل ۷-۱۲- انجام واکنش های پیل خشک بعد از بستن مدار

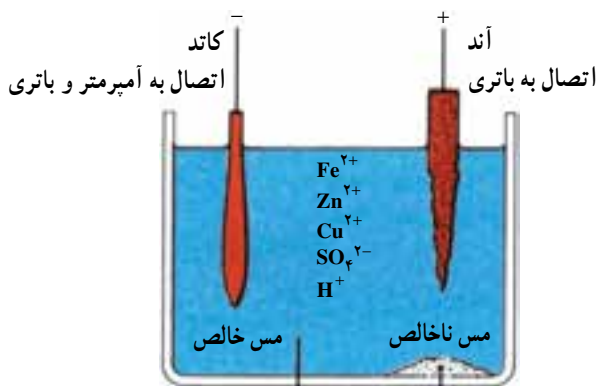
### پرسش و تمرین

- ۱- در پیل لکلانسه چه موادی کاتد و آند می‌باشند؟
- ۲- چه یون‌هایی در الکترولیت یک پیل خشک موجود است؟
- ۳- واکنش کاتد را در پیل خشک بنویسید.
- ۴- ولتاژ یک پیل خشک چند ولت است؟
- ۵- چه موقع پیل از کار می‌افتد؟
- ۶- آیا می‌توانید یک پیل خشک بسازید؟ حتماً می‌توانید، عمل کنید.

## الکترولیز از نظر کمی و کیفی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:

- ۱- مس خالص را از مس ناخالص از طریق الکترولیز تهیه کند.
- ۲- الکترولیز محلول پتاسیم سولفات و مس (II) سولفات را انجام دهد.



کاتد  
اتصال به آمپرمتر و باتری

آند  
اتصال به باتری

مس خالص

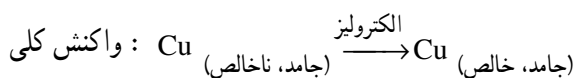
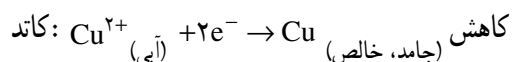
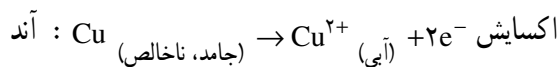
مس ناخالص

لجن آندی شامل  
نقره، طلا و پلاتین

محلول ۱M مس (II) سولفات  
به عنوان الکترولیت

شکل ۱-۱۳- تهیه مس خالص از مس ناخالص با روش الکترولیز

در این آزمایش، مس ناخالص به عنوان آند پیل عمل می‌کند و به یون‌های  $\text{Cu}^{2+}$  اکسیده می‌شود. این یون‌ها در کاتد که ورقه‌ای از مس خالص است به اتم‌های مس کاهش می‌شوند. غلظت  $\text{Cu}^{2+}$  موجود در الکترولیت در تمام مدت الکترولیز در حدود ۱M ثابت می‌ماند.



گاهی اوقات محلول الکترولیت داخل سلول الکترولیز را با محلول  $\text{CuSO}_4$  تازه عوض می‌کنند. فلزهای با فعالیت کم‌تر از مس اکسیده نمی‌شوند بلکه در ته پیل جمع می‌شوند و لجن

### ۱-۱۳- تهیه مس خالص از مس ناخالص با روش الکترولیز

هدف: تهیه فلز خالص از طریق الکترولیز

مواد لازم

- ۱- تیغه مس خالص
- ۲- تیغه مس ناخالص
- ۳- محلول ۱M مس (II) سولفات
- ۴- سولفوریک اسید، ۳۰٪

ابزار لازم

- ۱- باتری ۱/۵ ولت
- ۲- سیم رابط
- ۳- بشر ۵۰ mL
- ۴- آمپرمتر

روش کار: مطابق شکل ۱-۱۳ در یک بشر ۵۰ mL تا

$\frac{2}{3}$  آن محلول ۱M مس (II) سولفات بریزید، حدود ۱M سولفوریک اسید به آن اضافه کنید. دو تیغه مسی انتخاب کنید که یکی مس خالص و دیگری ناخالص است. تیغه مس خالص را به عنوان کاتد و تیغه ناخالص دیگر را به عنوان آند درون بشر قرار داده و به قطب‌های (+) و (-) یک باتری خشک ۱/۵ تا ۶ ولت وصل کنید و آمپرمتر را بین راه آند و پیل قرار دهید تا شدت جریان را نشان دهد. بعد از مدتی خواهید دید که اندازه‌ی مس ناخالص کاهش و اندازه‌ی مس خالص افزایش یافته است و بدین طریق از مس ناخالص با روش الکترولیز مس خالص تهیه کرده‌اید. شدت جریان به کار رفته را یادداشت کنید.

آندی را تشکیل می‌دهند.

## پرسش و تمرین

- ۱- انرژی لازم برای این الکترولیز کم است. می‌توانید بگویید چرا؟
- ۲- چرا یون‌های  $Fe^{2+}$  و  $Zn^{2+}$  به عنوان ناخالصی در آند اکسایش نمی‌یابند؟
- ۳- لجن آندی ممکن است شامل چه فلزهایی باشد؟
- ۴- یک آزمایش برای تهیه‌ی آهن خالص از ناخالص طرّاحی کنید.

## ۱۳-۲ الکترولیز محلول پتاسیم سولفات

هدف: انجام الکترولیز محلول نمک‌ها و پیش‌بینی

### محصولات الکترولیز

#### مواد لازم

۱- محلول  $0.2M$  پتاسیم سولفات

۲- فنل فتالتین

۳- تورنسل

#### ابزار لازم

- ۱- بشر  $50.0 mL$
- ۲- الکتروود پلاتین یا الکتروود زغال (گرافیت)
- ۳- انباره‌ی ۶ ولت
- ۴- آمپرسنج

روش کار: ابتدا الکتروود کاتد را وزن کنید. سپس مطابق

شکل ۱۳-۲ تا ارتفاع  $\frac{2}{3}$  بشر، محلول پتاسیم سولفات  $0.2M$

درون بشر بریزید. الکتروودهای خنثای پلاتین یا زغال را به عنوان

کاتد و آند درون بشر قرار داده و از طریق یک انباره‌ی ۶ ولت

مدار را کامل کنید بین کاتد و انباره یک آمپرسنج قرار دهید که

شدت جریان را نشان دهد. این الکترولیز را به مدت ۵ دقیقه

انجام دهید و شدت جریان را یادداشت کنید. در اطراف کاتد

چند قطره فنل فتالتین و در اطراف آند چند قطره تورنسل بریزید.

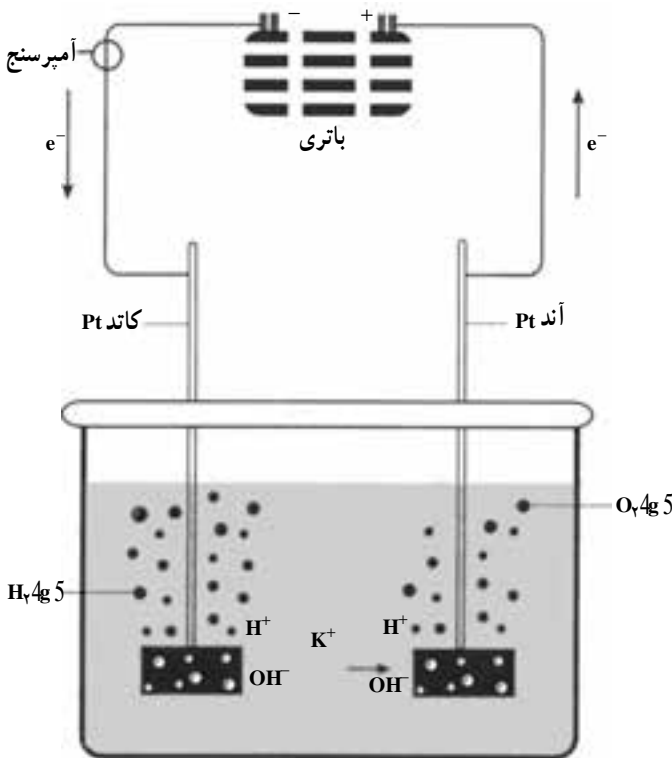
اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱- اگر الکترولیز محلول پتاسیم سولفات به مدت ۵ دقیقه

انجام شود و شدت جریان  $500$  میلی‌آمپر باشد، چه ماده‌ای و چه

مقدار در کاتد آزاد می‌شود؟ می‌دانید که  $96500$  کولمب

الکتریسیته که برابر با یک فاراد الکتریسیته است یک کی‌والان‌گرم



شکل ۱۳-۲ الکترولیز محلول پتاسیم سولفات

از جسم را در کاتد آزاد می‌کند و یا رسوب می‌دهد.

۲- محلول اطراف کاتد با وارد کردن فنل فتالتین به چه

رنگی درآمد و چرا؟

۳- محلول اطراف آند با وارد کردن تورنسل به چه رنگی

درآمد و چرا؟

۴- آیا فلز پتاسیم در کاتد رسوب کرد؟ چرا؟

۵- در آند چه ماده‌ای رسوب یا آزاد شد؟ چرا؟

۶- آیا یون‌های  $SO_4^{2-}$  اکسید شدند؟ چرا؟

۷- نیم‌واکنش‌های کاتد و آند را در الکترولیز محلول آبی

پتاسیم سولفات بنویسید و واکنش کلی الکترولیز را نتیجه بگیرید.

### ۱۳-۳ الکترولیز محلول آبی مس (II) سولفات

هدف: مهارت در انجام آزمایش‌های الکترولیز و

پیش‌بینی محصولات الکترولیز

مواد لازم

۱- محلول مس (II) سولفات ۰/۲ مولار

۲- محلول تورنسل

۳- محلول باریم کلرید ۰/۲ مولار

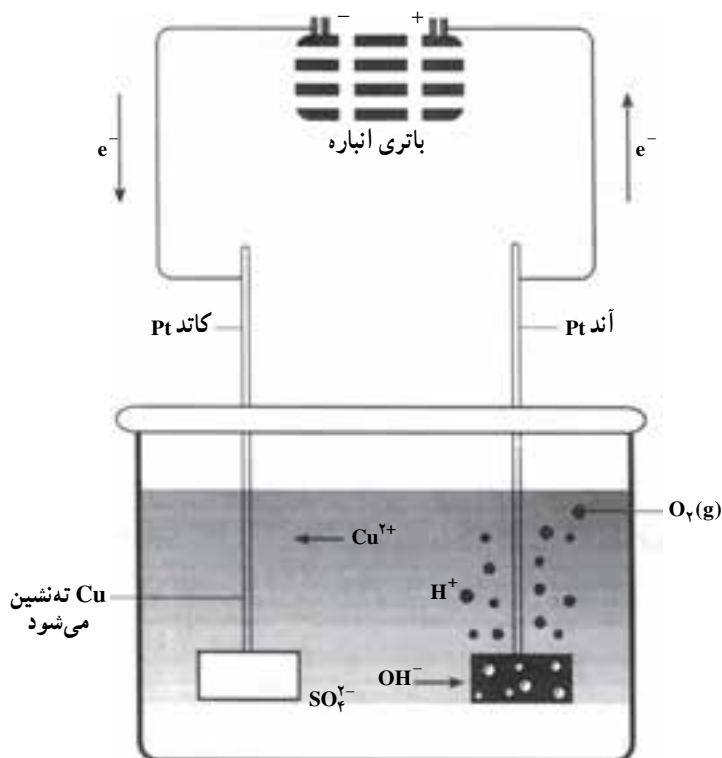
ابزار لازم

۱- یک بشر ۲۵۰mL

۲- دو الکترود پلاتین یا دو میله‌ی زغالی

۳- یک انباره‌ی ۶ ولت

۴- یک آمپرسنج



شکل ۱۳-۳ الکترولیز محلول مس (II) سولفات

چند گرم مس در کاتد رسوب نمود؟ از طریق توزین و از طریق محاسبه وزن مس رسوب داده شده را به دست آورید و با یکدیگر مقایسه نمایید. خطای نسبی را به دست آورید.

۲- چرا یون‌های سولفات در آند اکسید نشدند؟

۳- چرا محلول اطراف آند با وارد کردن تورنسل قرمز

شد؟

۴- چرا گاز هیدروژن در کاتد آزاد نشد؟

روش کار: مطابق شکل ۱۳-۳ تا ارتفاع  $\frac{2}{3}$  بشر را با

محلول مس (II) سولفات ۰/۲M پر کنید. الکترودهای خنثای پلاتین یا زغالی را به عنوان کاتد و آند درون بشر قرار داده و از طریق اتصال به آمپرسنج و انباره‌ی ۶ ولت مدار را کامل کنید. این آزمایش را به مدت ۵ دقیقه انجام دهید و به هنگام الکترولیز شدت جریان را یادداشت کنید. ضمناً چند قطره تورنسل در اطراف آند و ۱mL محلول باریم کلرید ۰/۲M در اطراف کاتد در طول انجام الکترولیز بعد از ۴ دقیقه بریزید و مشاهدات خود را یادداشت کنید. اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱- در مدت ۵ دقیقه با توجه به شدت جریان به کار رفته

## آبکاری<sup>۱</sup> با توجه به ساختار الکترولیت

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:  
- در زمینه‌ی آبکاری مهارت لازم را کسب نماید.

### ۱۴-۱- آبکاری یکی از کاربردهای الکترولیز

آبکاری یا روکش کردن، غالباً به قرار دادن روکش فلزی روی یک فلز دیگر اطلاق می‌شود. این روکش‌ها، لایه‌های نازکی به ضخامت چند هزارم سانتی‌متر از فلز دیگری است که روی سطح اصلی قرار می‌گیرد. آبکاری ممکن است به منظور تزئین یا بالا بردن مقاومت در برابر خوردگی یا برای هر دو منظور فوق‌الذکر روی فلز انجام شود. در آبکاری، محلول الکترولیت باید دارای یون فلزی لازم برای کاهش در کاتد باشد. قبل از آبکاری، باید سطح جسم را برای روکش کردن آماده کرد. بدین منظور باید چربی‌های روی سطح جسم با مواد چربی‌گیر (بازها) مانند سدیم کربنات یا محلول سود برطرف گردد. چنانچه سطح جسم اکسید شده باشد، باید با محلول هیدروکلریک اسید ۵٪ نسبت به برطرف کردن اکسید اقدام کرد.

### ۱۴-۲- روکش کردن مس با نیکل

مواد لازم

۱- یک قطعه فولاد ضدزنگ

۲- یک قطعه مس

۳- نیکل سولفات

۴- نیکل کلرید

۵- بوریک اسید

ابزار لازم

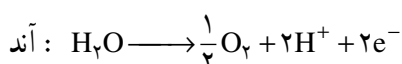
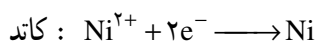
۱- منبع جریان مستقیم

۲- سیم رابط

۳- بشر ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ mL یا ظرف شیشه‌ای با حجم

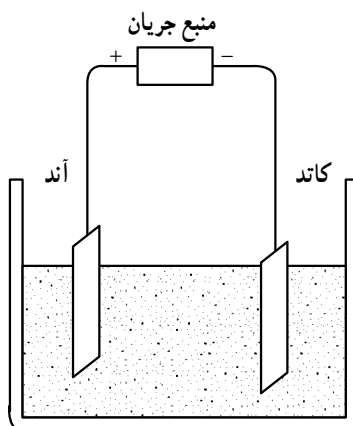
بیش‌تر

روش کار: مخلوطی شامل ۶۰ گرم نیکل سولفات، ۱۵ گرم نیکل کلرید و ۱۱ گرم بوریک اسید را در آب حل کنید و به حجم ۲۵۰ mL برسانید. مطابق شکل ۱-۱۴ یک بشر مناسب را تا  $\frac{2}{3}$  از محلولی که تهیه کرده‌اید، بریزید. سپس قطعه مسی را به قطب منفی (کاتد) و قطعه فولاد ضدزنگ را به قطب مثبت (آند) وصل کنید و در بشر قرار دهید. جریان الکتروسیته را برقرار کنید. ولتاژ مورد نیاز حدود ۴ تا ۶ ولت (اگر ابعاد قطعه مسی حدود  $2 \times 10 \times 0.2$  cm باشد) است. مشاهده می‌کنید که لایه‌ای از نیکل روی قطعه مسی می‌نشیند. واکنش‌های الکترولیز عبارتند از:



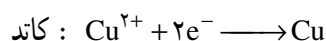
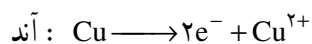
میشل فاراده (۱۷۹۱-۱۸۶۷) دانشمند انگلیسی که اصطلاحات آند، کاتد، الکتروود، الکترولیت و الکترولیز را وضع کرد.



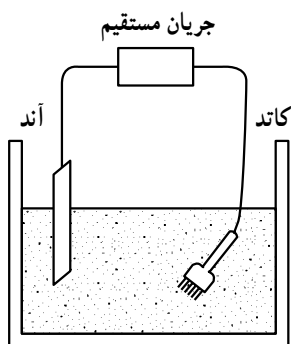


شکل ۱-۱۴

آبکاری شود به قطب منفی (کاتد) وصل کنید. مشاهده می کنید که لایه‌ای از مس بر روی جسم می نشیند. واکنش‌های الکترولیز عبارتند از:



مشاهدات خود را یادداشت و گزارش نمایید.



شکل ۲-۱۴

### ۳-۱۴- آبکاری با مس

مواد لازم

۱- تیغه‌ی مسی

۲- جسم مورد نظر (مانند چنگال، کلید، ...)

۳- محلول مس (II) سولفات، ۱M

۴- محلول سولفوریک اسید ۱M

ابزار لازم

۱- بشر ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ mL یا ظرف شیشه‌ای با حجم

بیش‌تر

۲- باتری ۶ ولت

۳- سیم رابط

روش کار: مطابق شکل ۲-۱۴ تا ارتفاع  $\frac{2}{3}$  ظرف از

محلول مس (II) سولفات بریزید. ۳ mL سولفوریک اسید اضافه

کنید. تیغه‌ی مسی را به قطب مثبت (آند) و جسمی را که باید

### تمرین و پرسش

۱- آبکاری با نیکل را آزمایش کنید.

۲- در آبکاری با مس به چه دلیل باید محیط را با  $\text{H}_2\text{SO}_4$  اسیدی کرد؟

## ۱ pH سنجی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود بعد از انجام آزمایش‌های این فصل بتواند:  
 - غلظت اسید و باز را از طریق pH سنجی تعیین نماید.



الف - کاغذ pH



ب - دستگاه pH سنج

شکل ۱-۱۵

الف - کاربرد کاغذ pH و ب - کاربرد دستگاه pH سنج

### ۱-۱۵ - pH سنجی

یکی از معمول‌ترین کارهای آزمایشگاهی، اندازه‌گیری غلظت یون،  $H_3O^+$ ، در محلول‌های آبی می‌باشد و این عمل اغلب به وسیله‌ی دستگاه pH سنج انجام می‌گیرد.

می‌دانید که  $pH = -\log[H^+]$  می‌باشد و محلول‌های

اسیدی دارای pH کمتر از ۷ و محلول‌های قلیایی دارای pH بالاتر از ۷ هستند.

موادی وجود دارند که در محیط‌های اسیدی، یعنی در

pH کم‌تر از ۷ و در محیط‌های قلیایی، یعنی در pH بالاتر از ۷ رنگ مشخصی را تولید می‌کنند. از این مواد می‌توان انواع

شناساگرها و انواع کاغذهای شناساگر را که کاغذ شناساگر

عمومی<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند نام برد. به علت این که این مواد از دقت کمی برخوردار هستند تشخیص رنگ در افراد، متفاوت است و

بستگی به عوامل مختلف مانند میزان نور محیط و ... دارد، فقط مقدار تقریبی pH مشخص می‌شود. بنابراین، برای اندازه‌گیری

دقیق pH باید از دستگاه pH سنج استفاده شود، که به نوع

pH سنج بستگی دارد و دقت اندازه‌گیری انواع آن‌ها از ۰/۱ تا ۰/۰۰۱ است، به شکل‌های ۱-۱۵، ۲-۱۵، ۳-۱۵ و ۴-۱۵

خوب نگاه کنید.



شکل ۲-۱۵- دو نوع pH سنج با دقت  $0.1$  pH.



شکل ۴-۱۵- اندازه‌گیری pH به وسیله‌ی دستگاه pH سنج

شکل ۳-۱۵- دو نوع pH سنج. الف- با دقت  $0.001$  pH و ب-

با دقت  $0.1$  pH ج- انواع الکترودهای pH سنج، که الکترودهای ۱، ۲ و ۳ برای سنجش‌های حجمی اسید- باز و الکترود (۴) برای سنجش‌های حجمی اکسایش- کاهش به کار می‌رود.

## ۲-۱۵- طرز کار با دستگاه pH سنج

۲- مواظب باشید از محتویات درون الکترودها کاسته نشود.

۳- وقتی الکترودها از یک محلول به محلول دیگر برای اندازه گیری pH به کار برده می شود، باید با همان محلول شسته شوند. خشک کردن با دستمال یا کاغذ یا هر چیز دیگر به هیچ وجه توصیه نمی شود.

۴- هنگامی که از دستگاه pH سنج استفاده نمی شود، دستگاه باید در حالت STAND BY قرار گیرد.

۵- در بعضی از محلولها، که دارای قدرت یونی ضعیف هستند، الکترودها سریع جواب نمی دهند. در این صورت باید مدتی صبر کرد تا pH مربوطه به دست آید.

۶- در محلولهای دارای قدرت یونی زیاد و pH های بالا مانند محلول NaOH یا pH های خیلی پایین مانند محلول HCl، کمی انحراف در عقربه ی pH سنج مشاهده می شود و زمان رسیدن به تعادل در این محلولها بیش تر است که باید دقت زیادی به کار برد.

## ۳-۱۵- سنجش حجمی یک باز قوی با یک اسید قوی به وسیله ی دستگاه pH سنج و رسم منحنی

### سنجش حجمی

#### مواد لازم

۱- محلول سدیم هیدروکسید با غلظت مجهول

۲- محلول هیدروکلریک اسید ۰/۱N

#### ابزار لازم

۱- دستگاه pH سنج

۲- بشر ۲۵۰mL

۳- همزن مغناطیسی

۴- بورت ۵۰mL و متعلقات آن

هدف: اندازه گیری غلظت یک باز قوی به وسیله ی

یک اسید قوی با روش سنجش حجمی با دستگاه pH سنج

و رسم منحنی سنجش حجمی اسید و باز قوی

روش کار: در این آزمایش غلظت یک باز قوی به وسیله ی

یک اسید قوی را با دستگاه pH سنج و بدون استفاده از شناساگر

اولین نکته ای که دانستن و به کار بردن آن ضروری می باشد این است که همیشه الکترودها را باید در محلول بافر با  $pH = 7$  نگهداری نمود. در این مورد آب مقطر توصیه نمی شود و باید برای نگهداری الکترودها، همواره موقعی که مورد استفاده قرار نمی گیرد در محلول بافر با  $pH = 7$  قرار داد و نگذاشت که خشک شوند. برای استفاده از دستگاه pH سنج ابتدا با بستن کلید و اتصال دستگاه به برق بگذارید مدتی گرم شود. سپس دستگاه را با دقت تنظیم (کالیبره) نمایید. برای کالیبره کردن دستگاه از محلول بافر با  $pH$  معین استفاده نمایید که به صورت محلول های آماده به وسیله ی شرکت های سازنده ی مواد شیمیایی عرضه می شود. در غیر این صورت، از محلول های بافری که خودتان در فصل ۵ تهیه کرده اید، استفاده کنید.

### کالیبره کردن دستگاه pH سنج: برای کالیبره کردن

دستگاه pH سنج به شرح زیر عمل نمایید:

۱- الکترودها را در محلول بافر با  $pH = 4$  یا  $pH = 8$

قرار دهید. دمای محلول بافر را اندازه بگیرید و دما را به وسیله ی دکمه ی تنظیم دما که زیر آن کلمه ی TEMP<sup>۲</sup> نوشته شده است، روی دمای محلول بافر تنظیم کنید.

۲- دستگاه را از حالت STAND BY خارج کرده و

روی حالت pH قرار دهید. آن گاه به وسیله ی دکمه ی CALIBRATE، عقربه ی pH سنج یا دستگاه pH سنج دیجیتال<sup>۳</sup> را روی pH محلول بافر تنظیم کنید.

۳- برای دقت بیشتر می توان دستگاه pH سنج را با یک

محلول بافر دیگر تنظیم نمود. برای این کار، دستگاه را در حالت STAND BY قرار دهید و سپس الکترودها را بیرون بیاورید. با همان محلول بافر بشوید و مانند حالت قبل، عملیات فوق را با بافر جدید انجام دهید. اگر تنظیم اولیه دقیق صورت گرفته باشد، باید دستگاه pH سنج بدون تغییر دادن دکمه ی تنظیم آن، pH این محلول جدید را با دقت لازم نشان دهد.

رعایت نکات ضروری، هنگام کار با pH سنج:

۱- مواظب باشید الکترودها ضربه نخورند.

رنگی تعیین می‌کنیم.

بشر قرار دهید. دمای محلول را با دماسنج اندازه بگیرید و دکمه‌ی تنظیم دما را روی همان دما قرار دهید. سپس مانند شکل ۴-۱۵ به وسیله‌ی بورت کم کم از محلول HCl با غلظت ۰/۱N به محلول سود اضافه کنید و پس از هر بار اضافه کردن و به هم زدن pH محلول را بخوانید و یادداشت کنید. و در هر بار حجم اسید به کار رفته را هم بخوانید و یادداشت کنید تا زمانی که pH محیط به ۱ یا ۲ برسد نتایج را در جدول ۱-۱۵ یادداشت کنید.

مقدار ۳۰mL از محلول NaOH با غلظت مجهول را برداشته و در یک بشر ۲۵۰mL بریزید. یک میله‌ی مغناطیسی مناسب درون بشر قرار دهید و آن را روی همزن مغناطیسی بگذارید. آن‌گاه همزن را روشن کنید. دستگاه pH سنج را با محلول بافر مطابق بخش ۲-۱۵ تنظیم کنید. الکتروود مرکب یا الکترودهای pH سنج را با همان محلول سود بشوید و درون

جدول ۱-۱۵

pH	
حجم HCl مصرف شده	

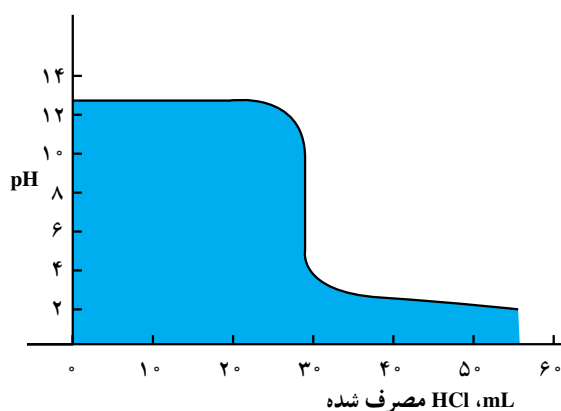
تغییر کرده است.

با به دست آوردن این نقطه، خطی بر محور حجم عمود کنید. حجم محلول HCl لازم برای رسیدن به نقطه‌ی اکی‌والان به دست می‌آید. به شکل ۵-۱۵ خوب توجه کنید. آن‌گاه با استفاده از رابطه‌ی  $N_1V_1 = N_2V_2$  نرمالیتیه‌ی سود مجهول را تعیین کنید.

دقت کنید: در حوالی نقطه‌ی پایانی تغییرات pH شدید

است. بنابراین افزودن اسید در این مرحله بسیار تدریجی صورت گیرد.

در روی یک کاغذ میلی‌متری، نمودار pH را برحسب حجم (mL) محلول HCl مصرف شده رسم کنید. نقطه‌ی هم‌ارز (اکی‌والان)، نقطه‌ای است که شیب منحنی در آن نقطه به شدت



شکل ۵-۱۵- منحنی سنجش حجمی NaOH با HCl