

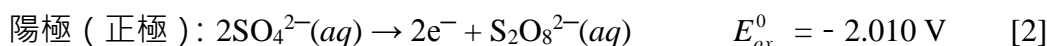
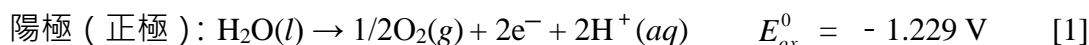
微量化學實驗：電解的微量實驗

■ 原理和概念

電解是一種非自發性的氧化還原反應，是藉由外加電壓所產生的直流電，迫使物質發生分解反應的現象，也就是說，電解是將電能轉換成化學能的過程。電解所發生的半反應可能有很多種，以半反應電位來決定何者最可能發生。在陽極反應中，各種物質相互競爭放出電子，應考慮電極的種類、水分子及陰離子的放出電子能力，以氧化電位較高者發生失去電子（即發生氧化反應）；在陰極反應中，各種物質相互競爭爭奪電子，應考慮水分子及陽離子的獲得電子能力，以還原電位較高者發生獲得電子（即還原氧化反應）。

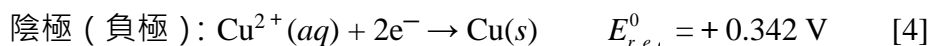
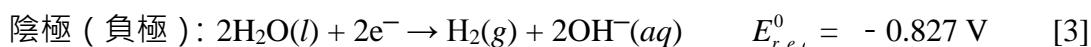
若以惰性電極石墨棒來電解硫酸銅水溶液（ $\text{CuSO}_4(aq)$ ），則溶液中含有水分子（ H_2O ）、銅離子（ Cu^{2+} ）、硫酸根離子（ SO_4^{2-} ）。

在陽極（正極）半反應中，有石墨、水分子及硫酸根離子相互競爭放出電子，石墨為惰性電極不參與反應，而水分子和硫酸根離子的氧化電位分別如式[1]和[2]所示：



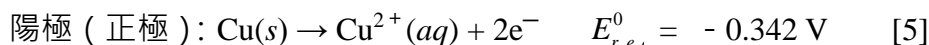
因此，陽極就由溶液中的水分子釋放電子，進行氧化反應而產生氧氣。

在陰極（負極）半反應中，有水分子和銅離子相互競爭獲取電子，水分子和銅離子的還原電位分別如式[3]和[4]所示：



因此，陰極就由溶液中的銅離子獲取電子，進行還原反應產生紅色的金屬銅，而附著於陰極的石墨棒上。

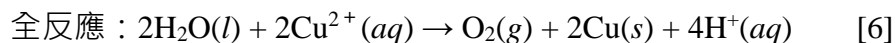
然而，如果以活性電極銅棒來電解硫酸銅水溶液（ $\text{CuSO}_4(aq)$ ），那麼在陽極（正極）半反應中，需要再考慮電極銅棒的氧化電位如[5]所示：



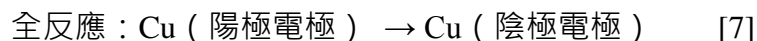
比較式[1]、[2]及[5]的氧化電位，陽極就會由電極金屬銅發生氧化反應，以致電極銅金屬

會被浸蝕而重量減輕。

總之，若以惰性電極碳棒電解硫酸銅水溶液，則其全反應為式[1]加上式[4]，得到全反應如[6]所示：



若以活性電極銅棒電解硫酸銅水溶液，則其全反應為式[5]加式[4]，得到全反應如[7]所示：



■ 微量電解裝置的製作和操作

一、器材和工具

透明吸管（長度約 20 公分） 1 支、剪刀 1 支、迴紋針 2 個、鱷魚夾導線 2 條（紅、黑色各 1 條，方便區分陰陽極）、膠帶 1 個、鉛筆筆芯 2 支、電池（9 伏特） 1 個、衛生紙（亦可用面紙或綿花替代） 1 張。

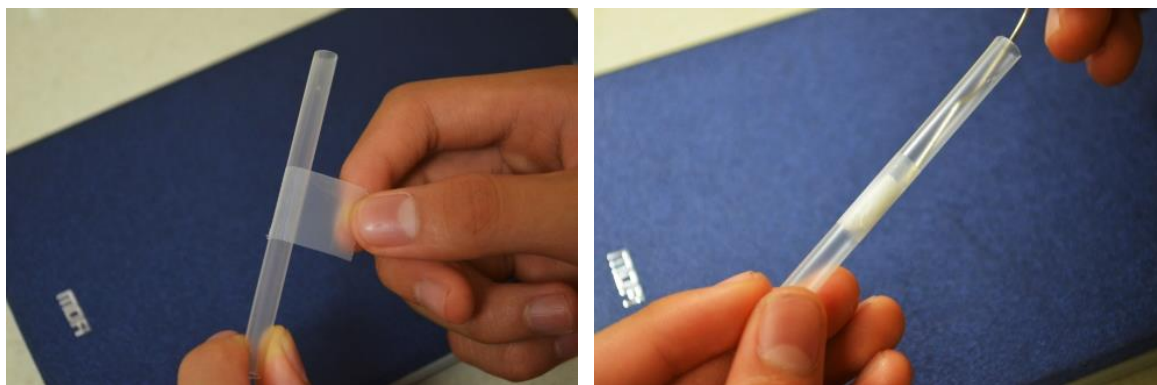
二、製作微量電解裝置

1. 取一支透明吸管，用剪刀剪出約 8 公分長度的吸管，如圖一所示。



圖一：剪一小段透明的吸管

2. 在剪下的透明吸管中間外圍，用膠帶纏繞 2 圈，如圖二左所示；並將一小片衛生紙輕揉成團狀，放入透明吸管的中间位置，如圖二右所示。



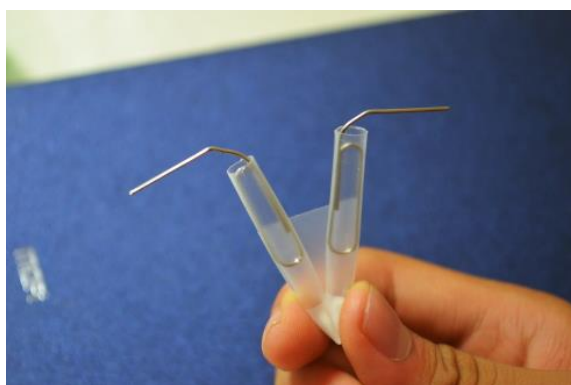
圖二：用膠帶纏繞 2 圈（左）；放入一小團衛生紙（右）

3. 將透明吸管從中間對折，使其形成 V 字形狀，並用一小片膠帶將左右兩管黏著使其固定，即可完成電解槽裝置，如圖三所示。（注意：折點位置兩邊是否均有衛生紙）



圖三：對折透明吸管，用膠帶固定左右兩管

4. 取 2 支迴紋針，將它們的一端彎成直角，並且放入透明吸管的兩端，即可完成電極的安裝，如圖四所示。



圖四：安裝迴紋針電極

5. 將兩條鱷魚夾導線的一端接在迴紋針上，紅色導線的另一端接在 9 伏特電池的正極上，黑色導線的另一端接在 9 伏特電池的負極上，如圖五所示，即可完成簡易電解實驗裝置的製作。



圖五：接上鱷魚夾導線及電池

■ 電解實驗步驟

一、水的電解

(一) 藥品與器材

自製簡易電解實驗裝置 1 組、滴管 2 支、礦泉水 1 mL、廣用指示劑 少許。

(二) 水的電解觀察

1. 使用滴管吸取礦泉水，滴入簡易電解實驗裝置的透明吸管中，使其兩邊大約八分滿。
2. 接通 9 V 的電源，使其開始進行電解，時間持續 5 分鐘。
3. 觀察兩邊透明吸管中電極表面及電解液的變化。(若電極表面沒有明顯的變化或不易觀察時，則可添加 1~2 顆食鹽幫助導電。)

(三) 水的電解結果檢驗

1. 分別吸取陰陽兩極透明吸管內的電解液，滴 1 滴在白色的衛生紙上。
2. 在衛生紙上再各滴 1 滴的廣用指示劑，測定兩極電解液的酸鹼性。

二、電解碘化鉀水溶液

(一) 藥品與器材

1. 自製簡易電解實驗裝置 1 組、滴管 2 支、0.5 M 碘化鉀 20 mL、澱粉液少許。
2. 配製 0.5 M 碘化鉀：1.66 克碘化鉀固體，加水至總體積 20 毫升。【此量足以 10 組使用】
3. 配製澱粉液：2 克澱粉固體，加水 20 毫升，加熱至溶液澄清後，靜置冷卻。

(二) 電解碘化鉀的觀察

1. 使用滴管吸取碘化鉀水溶液，滴入簡易電解實驗裝置的透明吸管中，使其兩邊大約八分滿。
2. 接通電源，使其開始進行電解，時間持續 10 分鐘。
3. 觀察兩邊透明吸管中電極表面及電解液的變化。

(三) 電解碘化鉀的產物檢驗

1. 吸取陽極(紅色導線端)透明吸管內的電解液，滴 1 滴在白色的衛生紙上，再滴上 1 滴澱粉液，觀察其顏色。
2. 吸取陰極(黑色導線端)透明吸管內的電解液，滴 1 滴在白色的衛生紙上，再滴上 1 滴酚酞指示劑，觀察其顏色。

三、電解硫酸銅水溶液

(一) 藥品與器材

1. 自製簡易電解實驗裝置 1 組、滴管 2 支、礦泉水 1 mL、銅棒 2 支、石墨棒 2 支。
2. 銅棒取自銅導線，以美工刀去除塑膠外皮，如圖六所示。石墨棒取自鉛筆的硬度大的筆芯。



圖六：剝去銅導線的塑膠外皮，取得銅棒

3. 配製 0.5 M 硫酸銅：取得 2.5 克的碘化鉀固體，加水至總體積 20 mL。【此量足以 10 組使用】

(二) 電解硫酸銅的觀察

1. 將簡易電解實驗裝置中的迴紋針換成銅線。

2. 使用滴管吸取硫酸銅水溶液，滴入簡易電解實驗裝置的透明吸管中，使其兩邊大約八分滿。
3. 接通電源，使其開始進行電解，時間持續 10 分鐘。
4. 觀察兩邊透明吸管中電極表面及電解液的變化。
5. 將簡易電解實驗裝置中的迴紋針換成石墨棒，重複上敘步驟 1~4。

(三) 電解硫酸銅的產物檢驗

1. 當用銅線電極電解硫酸銅水溶液時，觀察陰極和陽極兩管內硫酸銅的顏色變化，且將銅線電極取出，觀察銅線電極表面有何變化。
2. 當以石墨棒電極電解硫酸銅水溶液時，觀察陰極和陽極兩管內硫酸銅的顏色有何變化，且將銅線電極取出，觀察銅線電極表面有何變化。

■ 廢棄物處理和安全注意事項

- 在電解後的溶液體積很小，因此可以用衛生紙將它擦乾後直接丟棄。
- 以透明吸管當作電解裝置，在電解後可以直接丟棄到垃圾桶中。
- 以鉛筆的筆芯（石墨棒）用清水清洗後妥善保存，可以重複使用。
- 銅導線可用砂紙將表面磨亮後妥善保存，可以重複使用。

■ 結果與討論

一、電解水

（此處以圖文並茂方式描述實驗結果和討論，並寫出陽極和陰極的半反應式及全反應式。）

二、電解碘化鉀水溶液

(此處以圖文並茂方式描述實驗結果和討論，並寫出陽極和陰極的半反應式及全反應式。)

三、電解硫酸銅水溶液

(此處以圖文並茂方式描述實驗結果和討論，並寫出陽極和陰極的半反應式及全反應式。)

實驗設計：陸冠輝，國立臺中高級工業職業學校

資料來源：《臺灣化學教育》(<http://chemed.chemistry.org.tw/>)，第十四期。