

電化學實驗操作技巧

Interdisciplinary Experimental Techniques

107年國立中正大學深耕計畫 1-1
理學院跨領域基礎科學實作技術微課程

于淑君

國立中正大學化學暨生物化學系

2018.08.20

《電化學原理與化學電池》

是一門很重要的實驗實作課程，因為台灣是一個電子產業王國，而電化學在電子工業上扮演著相當重要的一環，包括大家所熟悉的名詞如電解、金屬加工與處理、電池、海水淨化和廢水處理等方面的應用，本課程特別設計化學電池、電位測量、電解、電鍍等內容，讓學生可以熟悉學術研究與產業的實際應用等面向。

電化學 (Electrochemistry)

電化學主要研究電能和化學能之間的相互轉換，如電解和化學電池，除了探討化學反應之外，也包含相關物理化學過程，如金屬的電化學腐蝕，以及電解質溶液中的金屬置換反應等。

化學電池

化學電池 (Galvanic Cell or Voltaic Cell) 是一種將化學能轉換為電能的裝置，由電極、電解液、鹽橋及導線所組成。

電池組成要件

一. 電極

陽極——釋放電子發生氧化反應，
也稱為負極。

陰極——得到電子發生還原反應，
也稱為正極。

電子流由陽極流向陰極；而電流由
陰極流向陽極。

電池組成要件(續-1)

二. 電解液

含有參與氧化還原反應之相關離子的電解質水溶液。

三. 鹽橋

電池內部連接兩半電池之橋樑，用以溝通電路、平衡電荷，通常有U型玻璃管及多孔性材料，內裝硝酸鹽或氯化鹽類水溶液。

電池組成要件(續-2)

四. 電極種類

電極依其參與反應與否，可分為：

活性電極—電極參與化學電池的氧化還原反應，如鋅銅電池中，鋅棒及銅棒均屬活性電極。

惰性電極—電極不參與反應，但電子可經由電極出入。通常為石墨棒電極、鉑電極或金電極。

電化學基本原理

一. 氧化還原反應

氧化反應(oxidation)：失去電子。

還原反應(reduction)：獲得電子。

氧化與還原反應 (redox reaction) 是電子轉移的反應，必須同時發生，氧化劑得到電子被還原；還原劑失去電子被氧化。

電化學基本原理(續-1)

二. 化學電池

利用氧化還原化學反應將化學能轉變成電能的裝置稱之為化學電池。
屬自發反應 ($\Delta E^\circ > 0$)

陽極(anode)—發生氧化半反應，又稱負極。

陰極(cathode)—發生還原半反應，又稱正極。

電化學基本原理(續-2)

三. 鹽橋

連接兩半電池，用以平衡電荷，通常選用不參與電池氧化還原反應之電解質溶液。

電解質陽離子往陰極移動，平衡半電池行還原反應時陽離子的損耗。

電解質陰離子往陽極移動，平衡半電池行氧化反應時陽離子的釋出。

電化學基本原理(續-3)

四. 電池電位

電池位能稱為電位，electromotive force (emf) 或 cell potential (E_{cell})，單位是伏特，volt (V)。

電流是由電位高的陰極(正極)經由外部導線往電位低的陽極(負極)流動，產生正值電位($\Delta E^{\circ} > 0$)。

電流與電子流方向相反

電化學基本原理(續-4)

電池電位

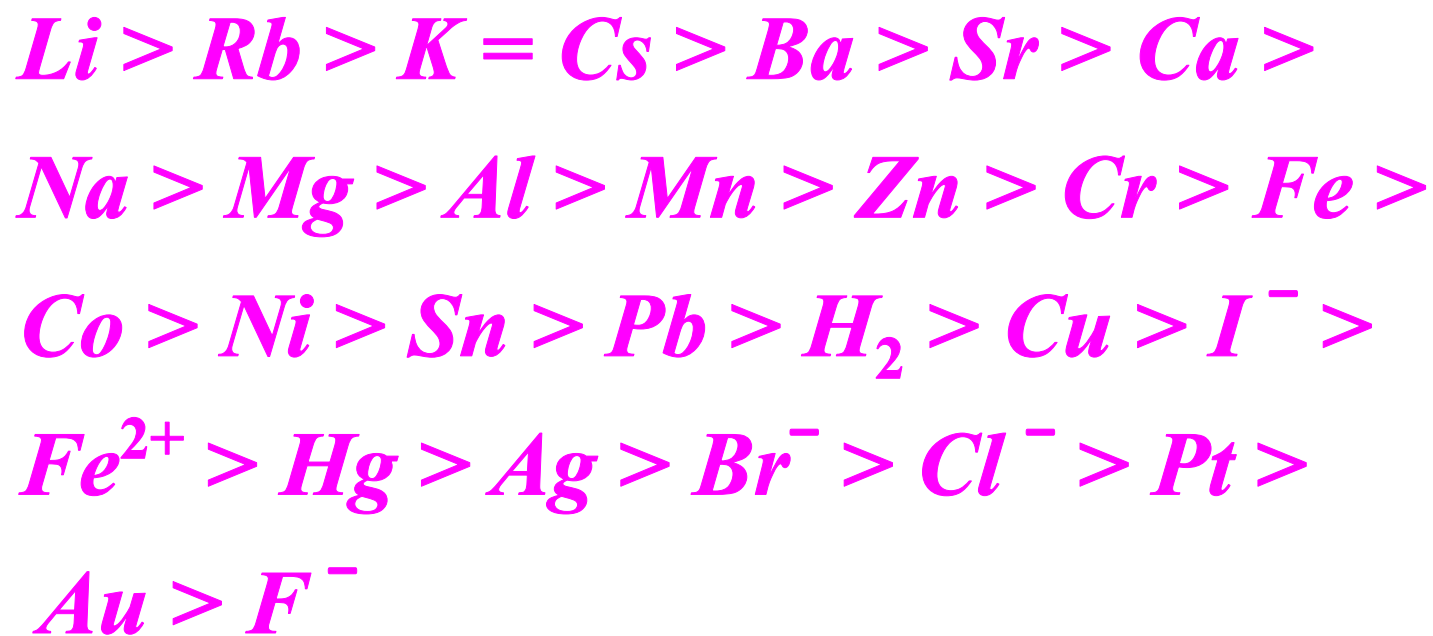
$$\begin{aligned}\Delta E &= \text{陽極氧化電位} + \text{陰極還原電位} \\ &= \text{陽極氧化電位} - \text{陰極氧化電位} \\ &= \text{陰極還原電位} - \text{陽極還原電位}\end{aligned}$$

$$\Delta E^0 = \text{標準電位 (1 atm, 1 M, 25 °C)}$$

電化學基本原理(續-5)

五. 金屬氧化電位

活性大的金屬其氧化電位亦大，故
氧化電位大小：



電池記號 (Cell Notation)

化學電池可用簡單記號來表示：

陽極 | 陽極溶液 || 陰極溶液 | 陰極

| 符號：半電池中金屬與溶液的相界面

|| 符號：分隔陰、陽兩半電池的鹽橋

$Zn | ZnSO_{4(aq)} || CuSO_{4(aq)} | Cu$ (鋅銅電池)

陽極半電池： $Zn | Zn^{2+}$

陰極半電池： $Cu^{2+} | Cu$

電池記號 (Cell Notation)

化學電池可用簡單記號來表示：

陽極 | 陽極溶液 || 陰極溶液 | 陰極

| 符號：半電池中金屬與溶液的相界面

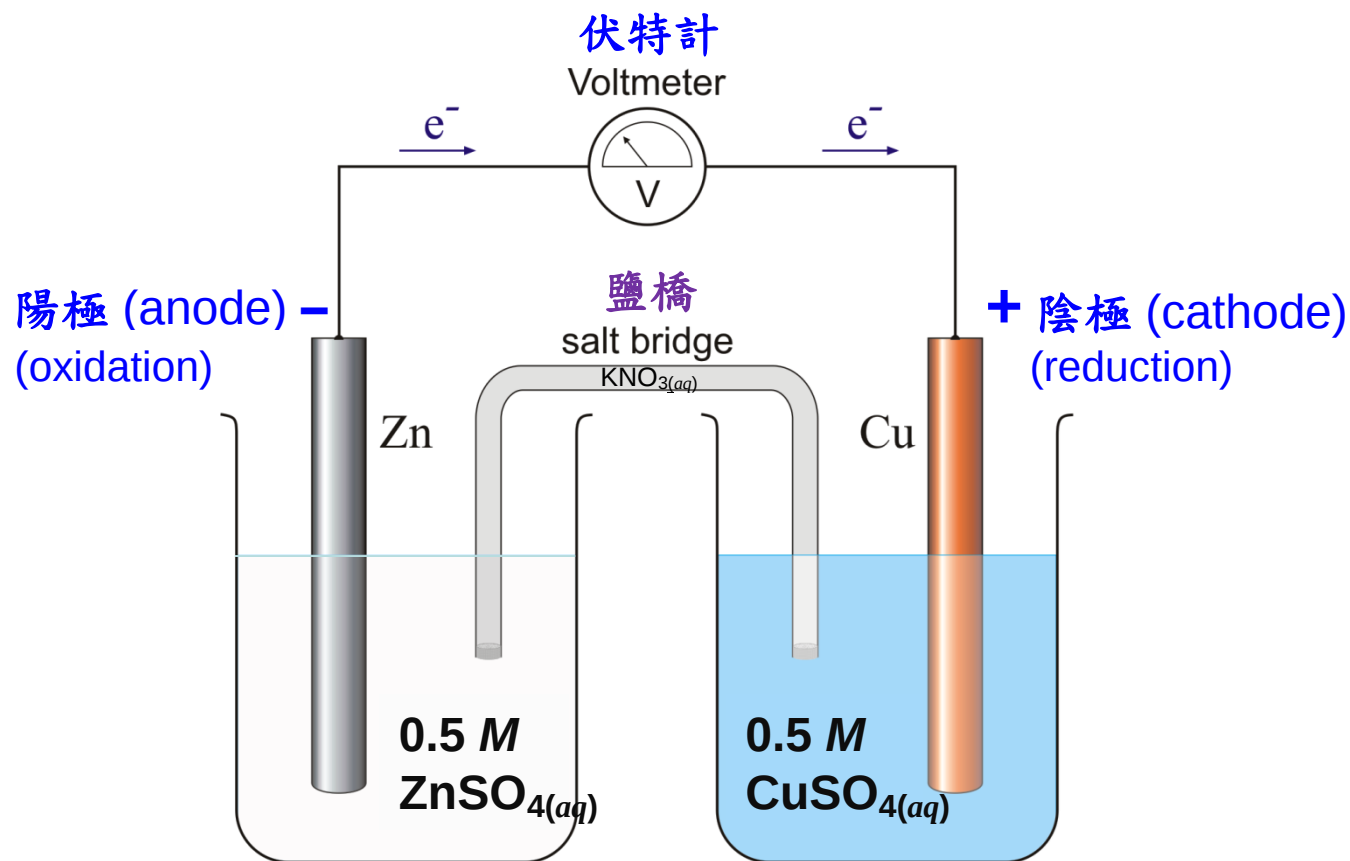
|| 符號：分隔陰、陽兩半電池的鹽橋

$\text{Zn} \mid \text{ZnSO}_{4(aq)} \parallel \text{CuSO}_{4(aq)} \mid \text{Cu}$ (鋅銅電池)

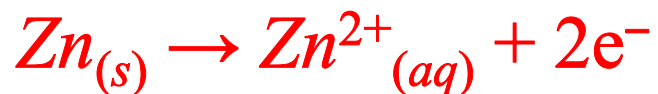
陽極半電池： $\text{Zn} \mid \text{Zn}^{2+}$

陰極半電池： $\text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$

鋅銅電池



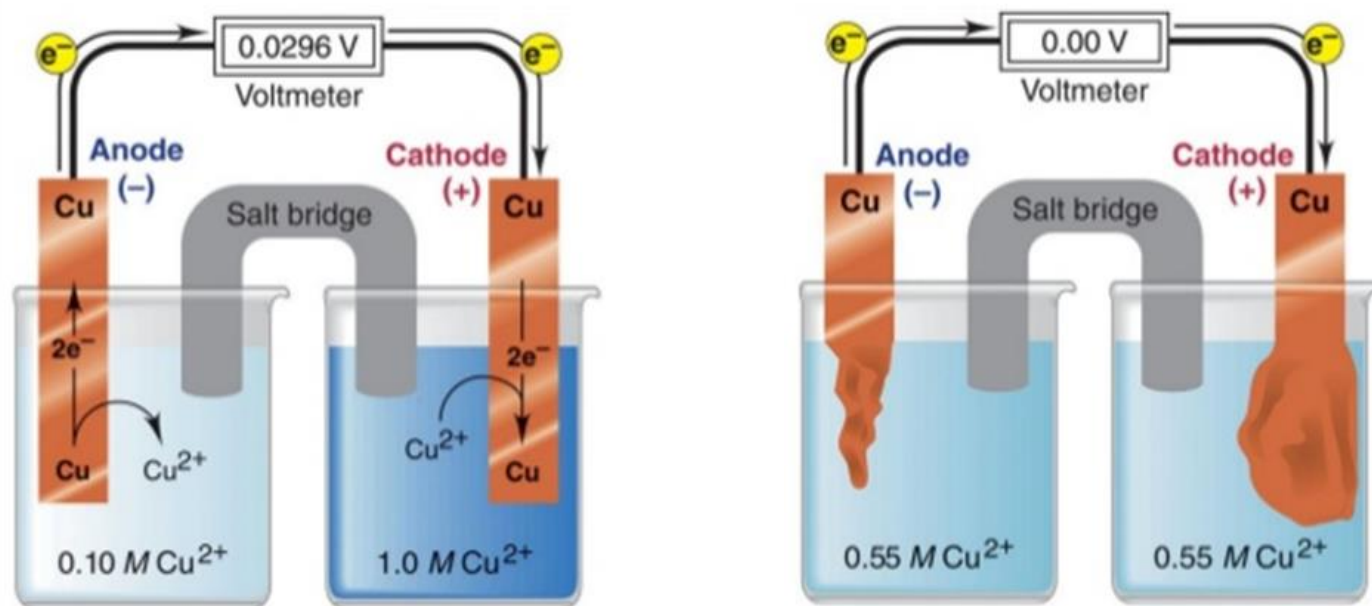
陽極半電池： $Zn | Zn^{2+}$



陰極半電池： $Cu^{2+} | Cu$



濃差電池 (Concentration Cell)

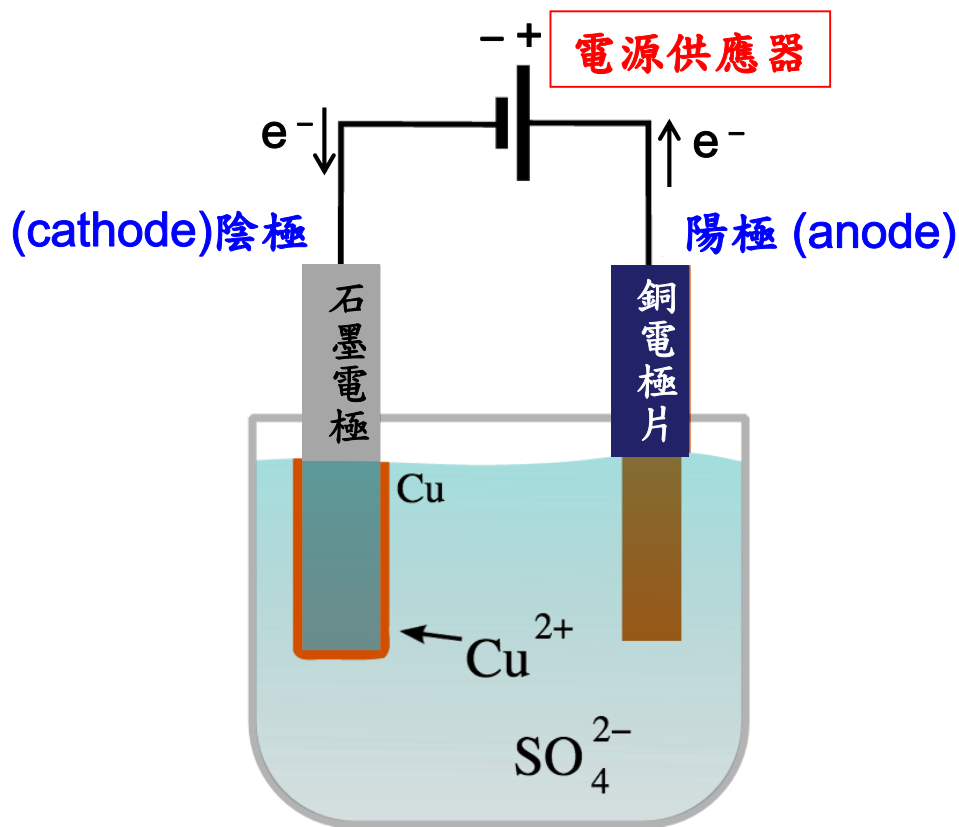


陽極半反應： $Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq, 0.1M)} + 2e^{-}$

陰極半反應： $Cu^{2+}_{(aq, 1.0M)} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)}$

電池全反應： $Cu^{2+}_{(aq, 1.0M)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq, 1.0M)}$

電解電池 (Electrolytic Cell)

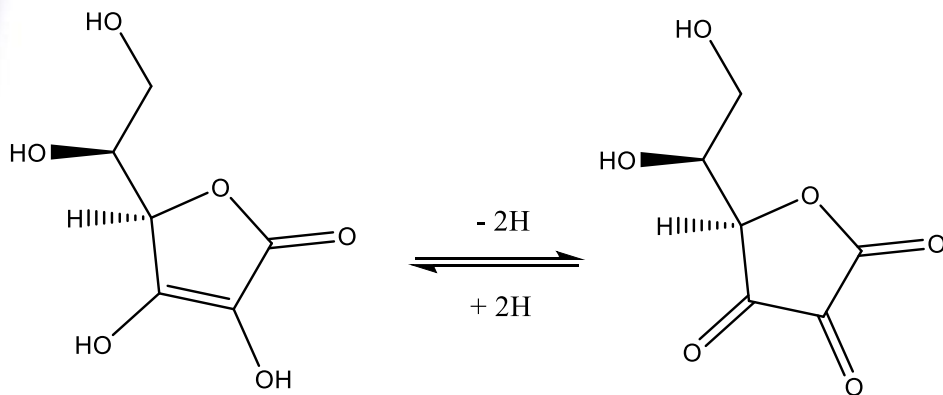


陽極：接電源供應器正極 $\text{Cu}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$

陰極：接電源供應器負極 $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$

鋅銅電池示範一 (檸檬汁電解液)

檸檬中含有豐富的維生素C（抗壞血酸），本示範實驗將利用檸檬汁中之酸性物質內的氫離子在正極被還原成氫氣，而陽極的鋅被氧化，所產生的電位差使LED燈泡發光。反應式如下：



維生素C脫氫
的可逆反應式

鋅銅電池示範二（可樂電解液）

在一沾滿可樂的濾紙上，接上鋅片以及銅片後，經三用電表測定發現以可樂當電解液的鋅銅電池發電量約為 1 V。

可樂之所以可以當作電解液，是因為含有碳酸鈉，經分解後可得到 Na^+ , CO_3^{2-} 等離子，可當作電解質，而讓鋅銅電池發電。

鋅銅電池示範三 (去離子水電解液)

由於去離子水中的雜質，如鈣、鎂、鐵、鉻、錳等金屬離子含量很少，且在室溫下的解離率並不高 ($K_w = 1 \times 10^{-14}$)，所以是非常弱的電解質，無法持續協助電子流通產生穩定的電流，因此無法使燈泡發亮。

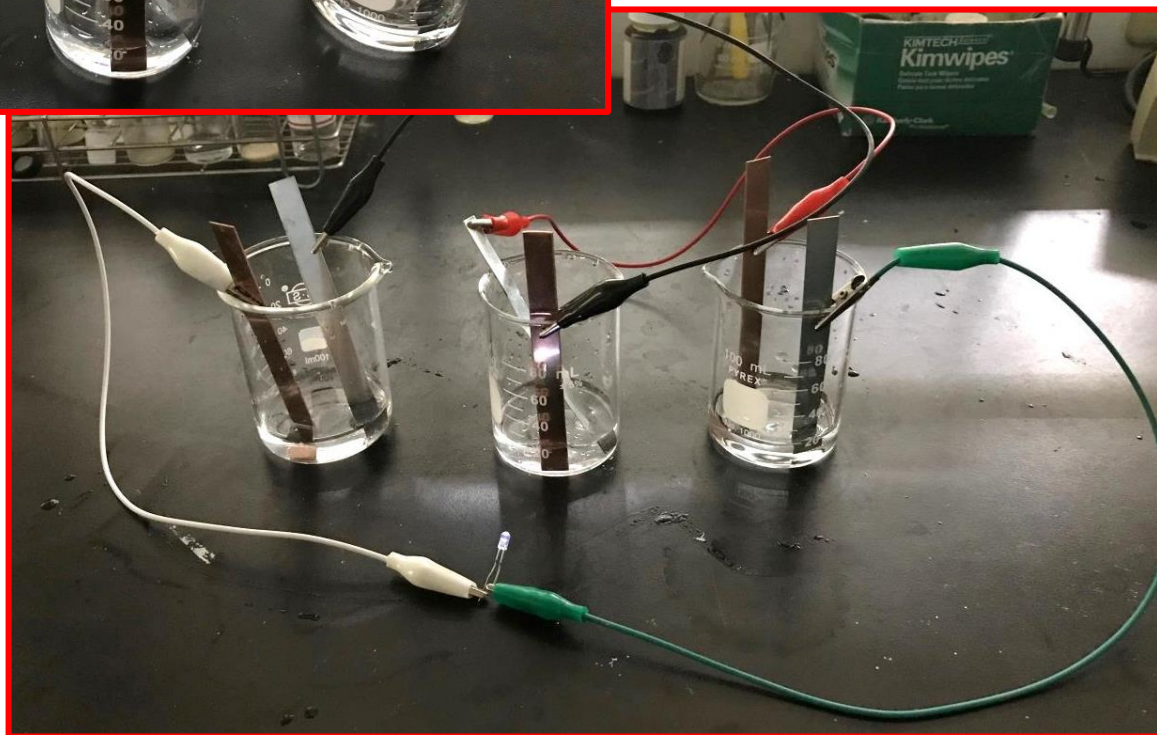
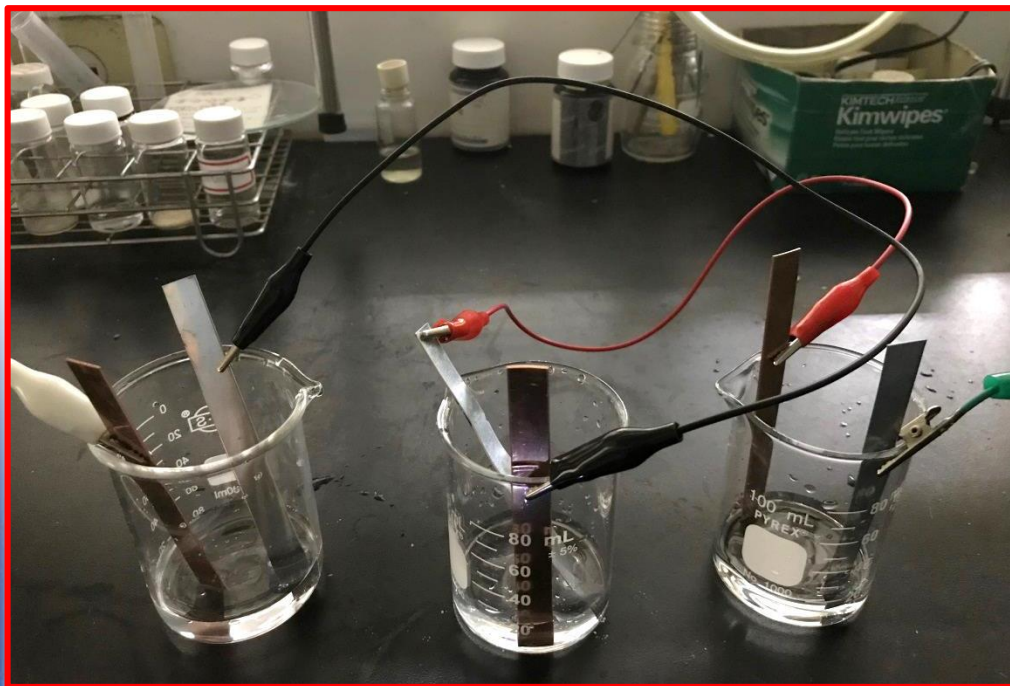
鋅銅電池示範四 (硫酸電解液)

硫酸水溶液帶有酸性的氫離子，在正極被還原成氫氣，而陽極的鋅被氧化釋放電子，所產生的電位差使LED燈泡發光。

利用0.5 M硫酸水溶液為電解液，透過串聯3組鋅片及銅片所組成的化學電池產生電流，使LED燈泡發光。

反應式如下：





鋅銅電池示範五 (飽和食鹽水電解液)

飽和食鹽水含大量NaCl，以 Na^+ 、 Cl^- 的形式存在於水溶液中。鋅銅電池中，銅 $E_{\text{red}} = 0.34 \text{ V}$ ，鋅 $E_{\text{ox}} = 0.76 \text{ V}$ ，因此，銅端為陰極，進行還原反應得到電子；而鋅端為陽極，進行氧化反應失去電子。陽極的鋅片提供電子經外部電路流至陰極的銅片中，此時帶正電的鋅片會吸引 Cl^- 靠近並進行氧化反應產生氯氣；而在接收電子的銅片會將多餘的電子提供給水進行氧化反應並產生氫氣。

反應式如下：

