

108年國立中正大學深耕計畫 1-1

電化學實驗操作技巧

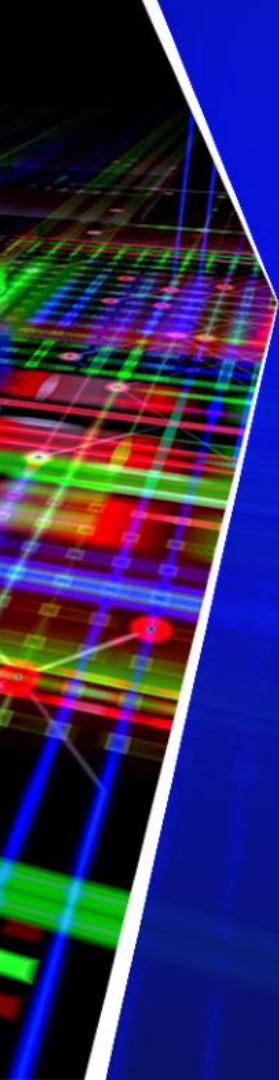
Interdisciplinary Experimental Techniques

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

2019.08.19



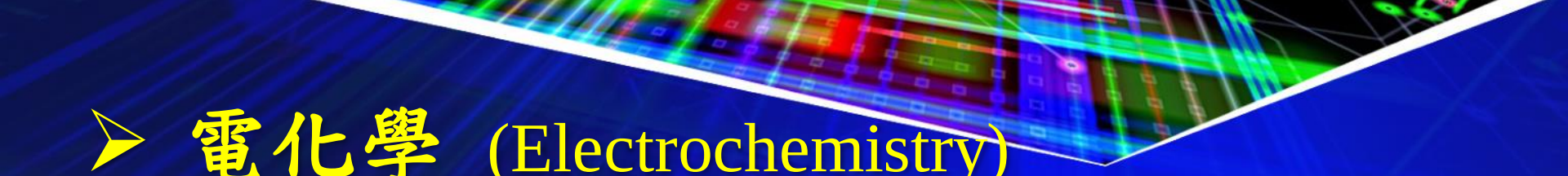
➤ 電化學原理與化學電池課程

台灣是電子產業王國，而電化學是一門很重要的實驗實作課程，包括大家所熟悉的電解、金屬加工與處理、電池、海水淨化和廢水處理等應用，在電子工業上扮演相當重要的一環。本課程結合學術研究與產業實際應用，含括化學電池、電位測量、電解、電鍍等原理與實作。



➤ 電化學原理與化學電池課程

台灣是電子產業王國，而電化學是一門很重要的實驗實作課程，包括大家所熟悉的電解、金屬加工與處理、電池、海水淨化和廢水處理等應用，在電子工業上扮演相當重要的一環。本課程結合學術研究與產業實際應用，含括化學電池、電位測量、電解、電鍍等原理與實作。



➤ 電化學 (Electrochemistry)

- ◆ 研究電能和化學能之間的相互轉換
- ◆ 探討化學反應與相關物理過程
- ◆ 例如，電解和化學電池
- ◆ 金屬的電化學腐蝕
- ◆ 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)
- ◆ 將化學能轉換為電能，其裝置包含：
 - ◆ 電極
 - ◆ 電解液
 - ◆ 鹽橋及導線

➤ 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，
如： $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-}$
- ◆ 陰極—得到電子發生還原反應，也稱為正極，
如： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$
- ◆ 電子由陽極流向陰極；電流由陰極流向陽極。



➤ 電池組成要件

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。



➤ 電池組成要件

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，通常內裝硝酸鹽或氯化鹽水溶液。



➤ 電極種類

電極依其參與反應與否，可分為：

- 一. 活性電極參與電池的氧化還原反應如鋅銅電池中，鋅、銅棒均屬活性電極。
- 二. 惰性電極不參與反應，但電子可經由電極出入。通常為石墨棒、鉑金屬片或金電極。



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



➤ 電化學基本原理

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

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，平衡半電池進行還原反應時陽離子的損耗。
- ◆ 電解質陰離子往陽極移動，平衡半電池進行氧化反應時陽離子的釋出。

➤ 電化學基本原理

四. 電池電位

- ◆ 電池位能稱為電位，electromotive force (emf) 或 cell potential (E_{cell})，單位：伏特，volt (V)。
- ◆ 電流由電位高的陰極(正極)經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

◆ 電池電位 (cell potential, ΔE)

ΔE = 陽極氧化電位 + 陰極還原電位

= 陽極氧化電位 - 陰極氧化電位

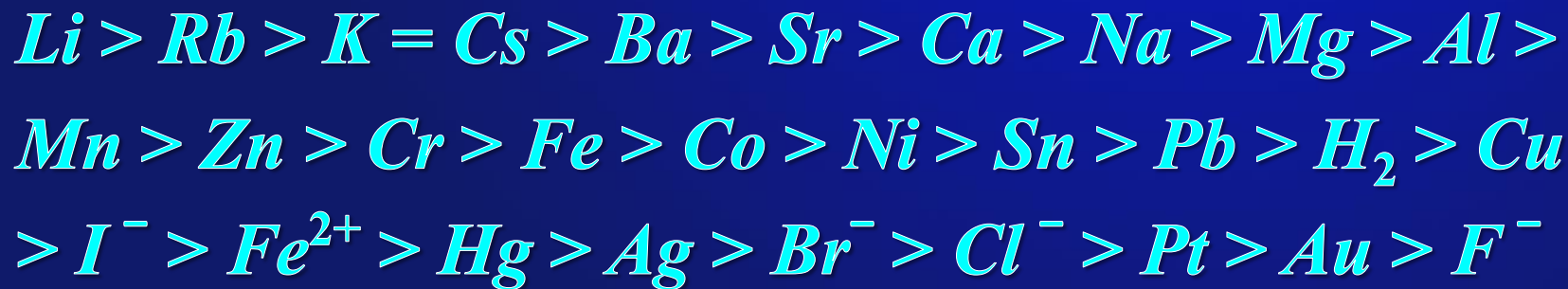
= 陰極還原電位 - 陽極還原電位

ΔE^0 = 標準電位 (1 atm, 1 M, 25 °C)

➤ 電化學基本原理

五. 電池電位

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

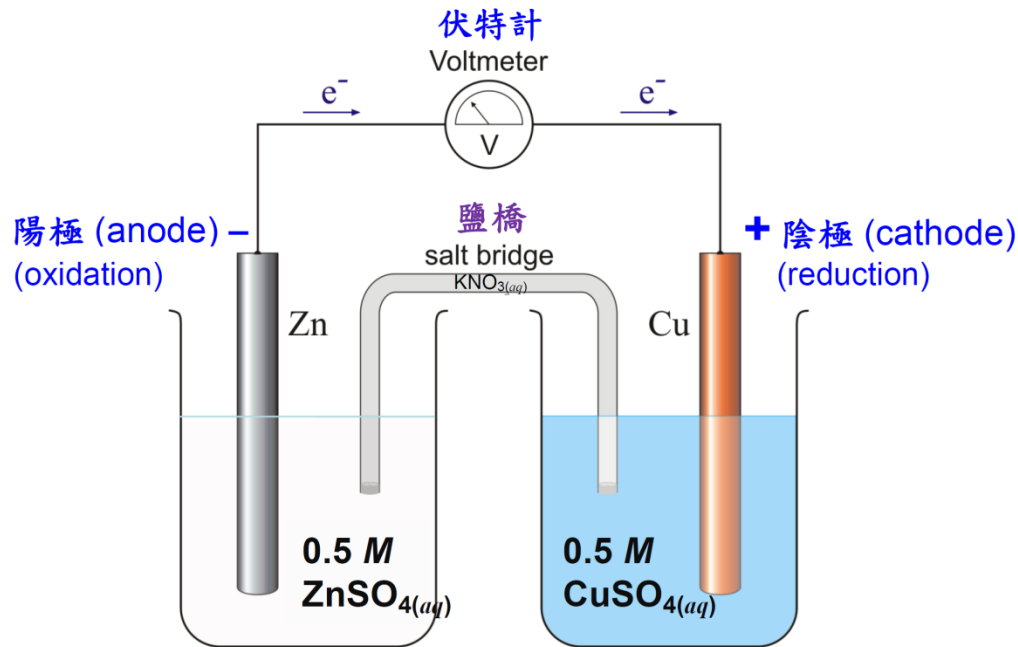
| 符號：半電池中金屬與溶液的相界面

|| 符號：分隔陰、陽兩半電池的鹽橋

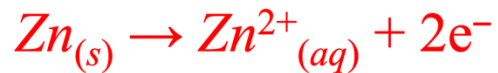
$Zn | ZnSO_{4(aq)} || CuSO_{4(aq)} | Cu$ (鋅銅電池)

陽極半電池： $Zn | Zn^{2+}$ 陰極半電池： $Cu^{2+} | Cu$

鋅銅電池



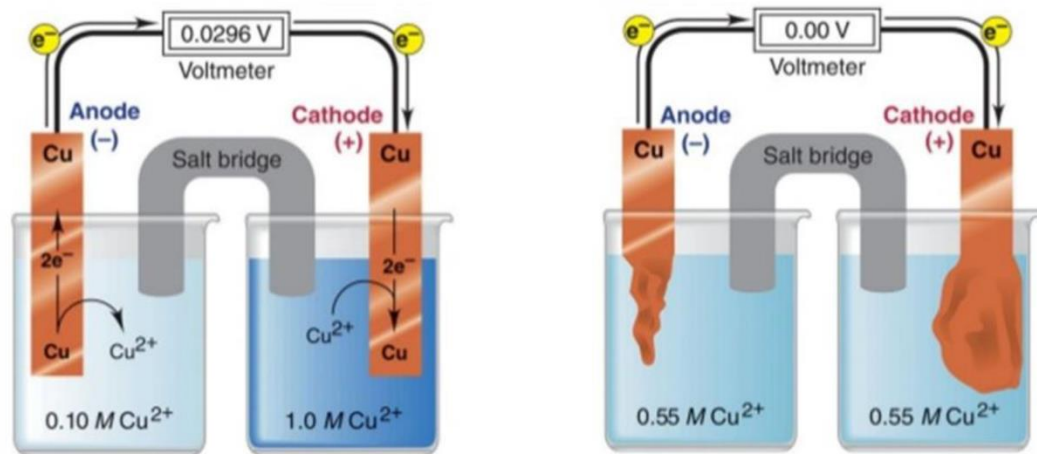
陽極半電池： $Zn | Zn^{2+}$



陰極半電池： $Cu^{2+} | Cu$



濃差電池 (Concentration Cell)

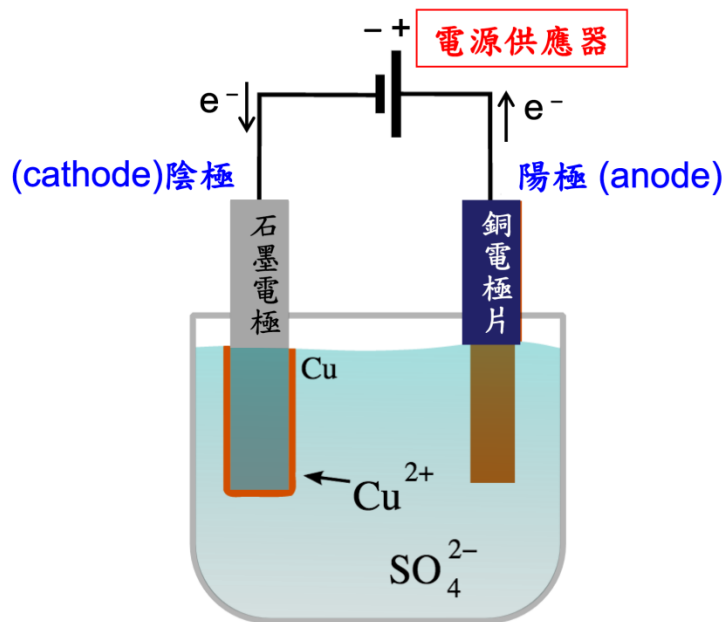


陽極半反應： $\text{Cu}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq, 0.1\text{M})} + 2e^-$

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

電池全反應： $\text{Cu}^{2+}_{(aq, 1.0\text{M})} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq, 0.1\text{M})}$

電解電池 (Electrolytic Cell)

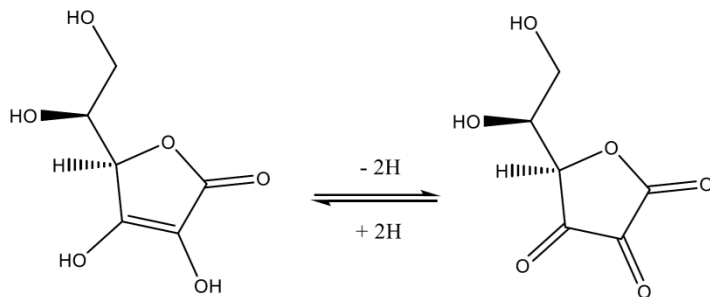


陽極：接電源供應器正極 $\text{Cu}_{(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{e}^-$

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

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。

可樂因為含有碳酸鈉，容於水中可得到 Na^+ 與 CO_3^{2-} 離子，因此可當作電解質，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 (飽和食鹽水電解液)

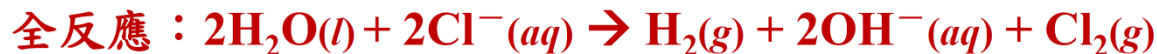
飽和食鹽水含NaCl，以 Na^+ 、 Cl^- 形式存在於水溶液中。

鋅銅電池中，銅 $E_{red} = 0.34 \text{ V}$ ，鋅 $E_{ox} = 0.76 \text{ V}$ ，

銅端為陰極，進行還原反應得到電子；

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，帶正電的鋅片會吸引 Cl^- 靠近並進行氧化反應產生氯氣；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：



微型電解示範裝置



碘化鉀溶液作為電解液，陽極的碘離子被氧化成碘分子，陰極的水被還原成氫氣和氫氧化鉀。電解液中的酚酞指示劑和氫氧化鉀形成紫色的錯合物。

陽極半反應： $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$

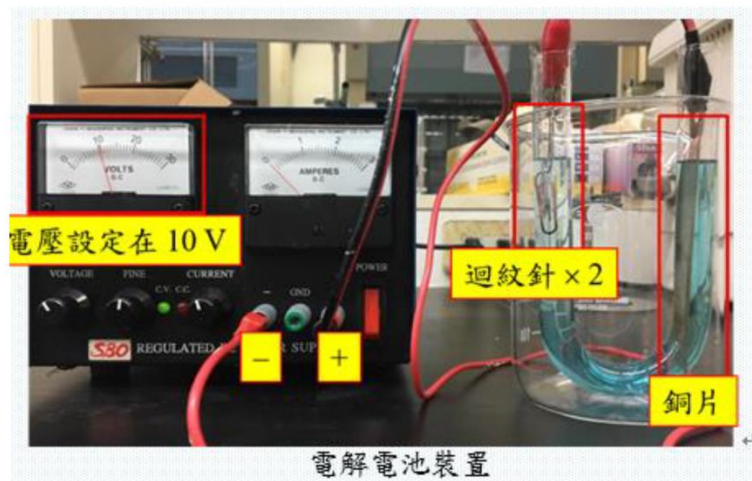
陰極半反應： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 2\text{K}^+ \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{KOH}$

全反應： $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{K}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{KOH}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$

電解與電鍍示範裝置

電解利用電能產生化學反應，屬於非自發反應 ($\Delta E < 0$)，需外加電源提供足夠電壓，迫使電解溶液中的金屬離子接受電子進行還原反應而使擬鍍金屬析出在陰極(負極)表面上，形成金屬膜。

迴紋針鍍銅的反應：





助教：吳盈勳

李 竹、陳芳翎

陳汶慧、洪雋瑋

蔡文元、于興唐