

# 鋅銅電池的探討

國中組化學科第一名

基隆市立中正國民中學

作者：董奕鍾、洪紹勛

陳浩凱、趙鎮民

指導教師：廖本良

## 一、研究動機

在做鋅—銅電池的實驗時，發現鋅—銅電池的電壓為 1,100 伏特，但其電流却只有 0.6 毫安培，無法使小燈泡發光，為什麼鋅—銅電池的電流這麼微弱？是否有方法使其電流增大？又鋅—銅電池有一個 U 型管的鹽橋，但乾電池則無，鹽橋的功能為何？鋅—銅電池一定需要鹽橋嗎？這些問題引發探討本實驗的興趣。

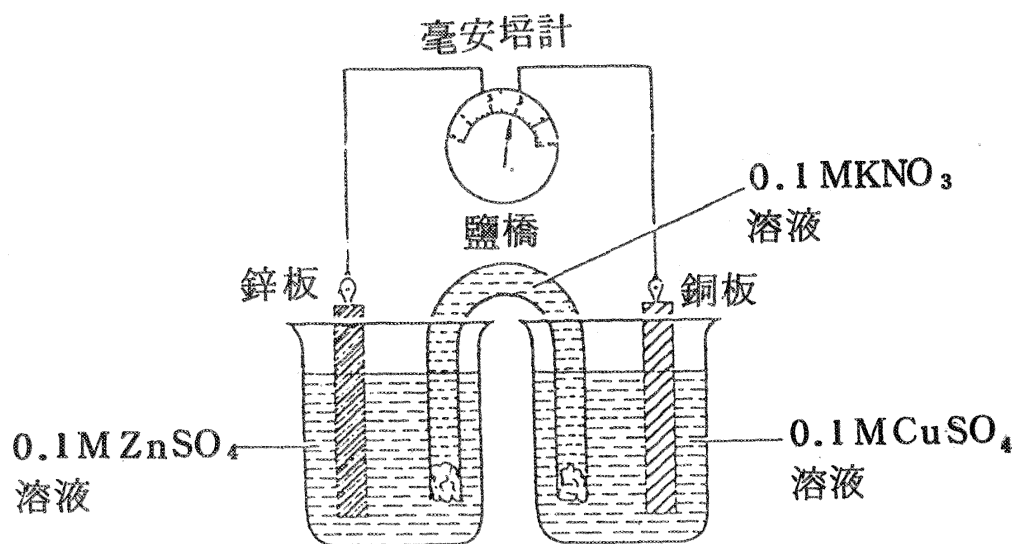
## 二、研究目的

- (一)製造鋅—銅電池並探討伏打電池的原理。
- (二)探討影響鋅—銅電池電流強弱的各種變因。
- (三)探討鹽橋的功能以及找尋適當的鹽類水溶液。
- (四)設計實驗裝置以改進鋅—銅電池，使其電流增強。
- (五)設計實驗以說明鋅—銅電池兩極的重量變化。
- (六)設計實驗以檢驗鋅—銅電池兩極的化學變化。

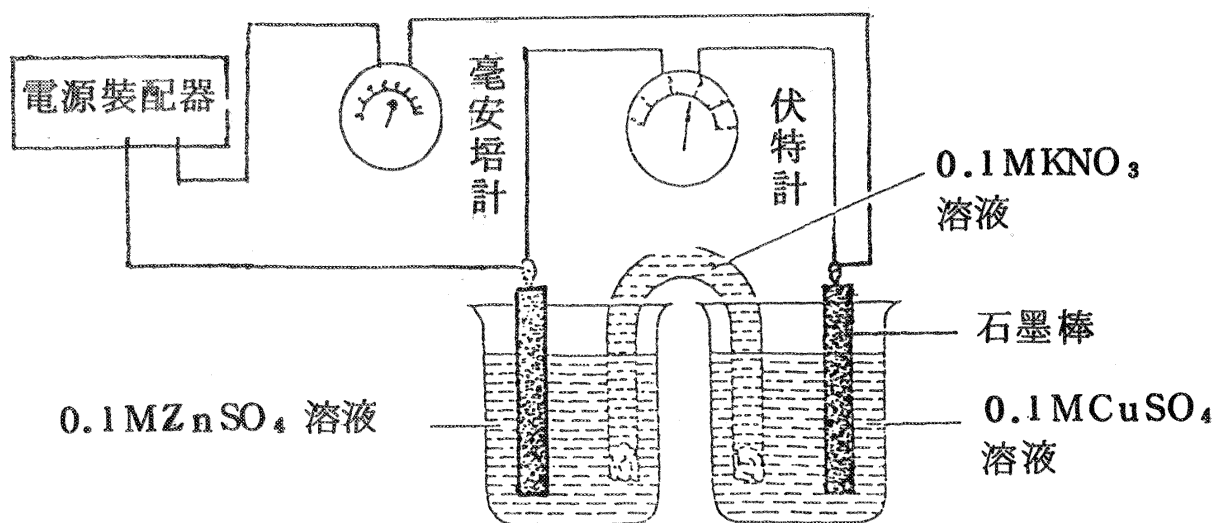
## 三、研究過程

(一)探討硫酸鋅和硫酸銅溶液的濃度的影響：

- 1.裝置如圖(一)所示；測鋅—銅電池的電流和電壓，注意硫酸銅溶液的顏色有無改變？兩個電極有無變化？



圖(一)



圖(二)

2. 裝置如圖(二)所示：調整電源供應器的電壓，使伏特計的讀數分別為 1 V、2 V、3 V、4 V、5 V，測取毫安培計的電流，再計算電阻的大小。
3. 將硫酸鋅和硫酸銅溶液的濃度分別改為 0.01 M、0.05 M、

0.2 M、0.3 M、0.4 M、0.5 M，分別測取鋅—銅電池的電壓、電流和電阻。

(二)探討極板面積的影響：

(三)探討極板與鹽橋距離的影響：

(四)探討U型管口徑和長度的影響：

(五)探討鹽橋中硝酸鉀濃度的影響：

(六)探討添加物質對鹽橋的影響：

分別在 0.1 M 100 mℓ 的硝酸鉀溶液中添加：(A)冰醋酸 3 mℓ  
(B)冰醋酸 3 mℓ、洋菜 1 克 (C)冰醋酸 3 mℓ、水玻璃 11 克 (D)冰醋酸 3 mℓ、澱粉 1 克。依圖(一)、(二)的裝置，測電壓、電流、電阻。

(七)探討各種物質製備鹽橋的影響：

1.配製 0.1 M 的下列各溶液：硝酸鈉、硝酸鉀、硝酸銨、醋酸銨、氯化鈉、氯化鉀、碘化鉀、溴化鉀、鹽酸、氫氧化鈉、硝酸鎂、氯化鈣、硫酸鋅、硫酸鈉、硫酸銅、硫酸鉀、硫酸銨。

2.分別製備鹽橋，測鋅—銅電池的電壓、電流和電阻。

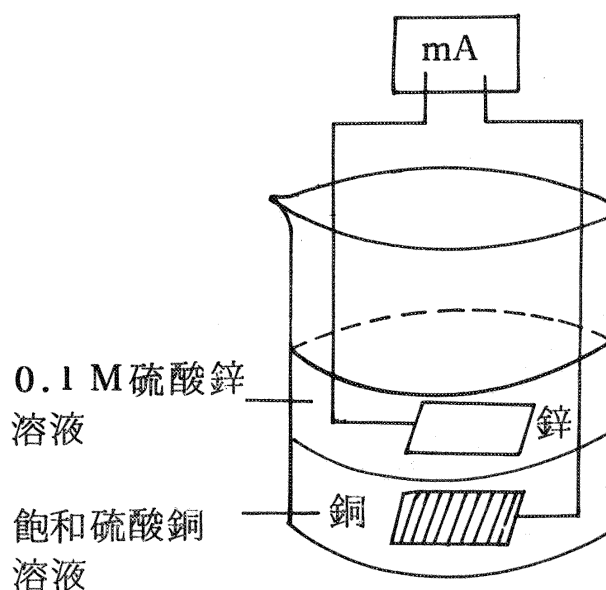
(八)探討導體物質取代鹽橋的影響：

以  $3.0 \times 5.0$  公分的鋅片、銅片、鐵片各二片和石墨棒 2 枝代替鹽橋，測各極間的電壓和電流，觀察各極的變化。

(九)製備比重電池：

1.將 0.1 M 硫酸鋅和飽和硫酸銅各 100 mℓ 混合，再將鋅片和銅片浸入，測電壓和電流，並觀察兩極的變化。

2.製備比重電池裝置如圖(三)所示。測電壓和電流，觀察兩極的變化。



圖(三)

3.配製下列溶液：

(A) 97mℓ 飽和硫酸銅溶液加 3 mℓ 冰醋酸 (B) 97mℓ 飽和硫酸銅溶液加 3 mℓ 冰醋酸和 10 克尿素 (C) 97 mℓ 飽和硫酸銅溶液加 3 mℓ 冰醋酸和洋菜 2 克 (D) 97 mℓ 飽和硫酸銅溶液加 3 mℓ 冰醋酸和 4 克澱粉 (E) 20 克水玻璃溶於水後加水至 47 mℓ，再加入 3 mℓ 冰醋酸和 50 mℓ 0.25 M 硫酸銅溶液。

4.分別依照圖(三)裝置製備比重電池、測電壓和電流。

(+)探討添加劑對鋅—銅電池的影響：

1.分別稱取 2.5 克硫酸銅晶體溶於水後，再分別加入下列各種添加劑，並配成 100 mℓ 水溶液：

(A) 3 克氯化銨 (B) 5 克酒石酸 (C) 7 克檸檬酸 (D) 5 克氫氧化鈉 (E) 5 mℓ 濃氨水 (E) 本氏液。

2.分別依照圖(一)裝置測電壓和電流。

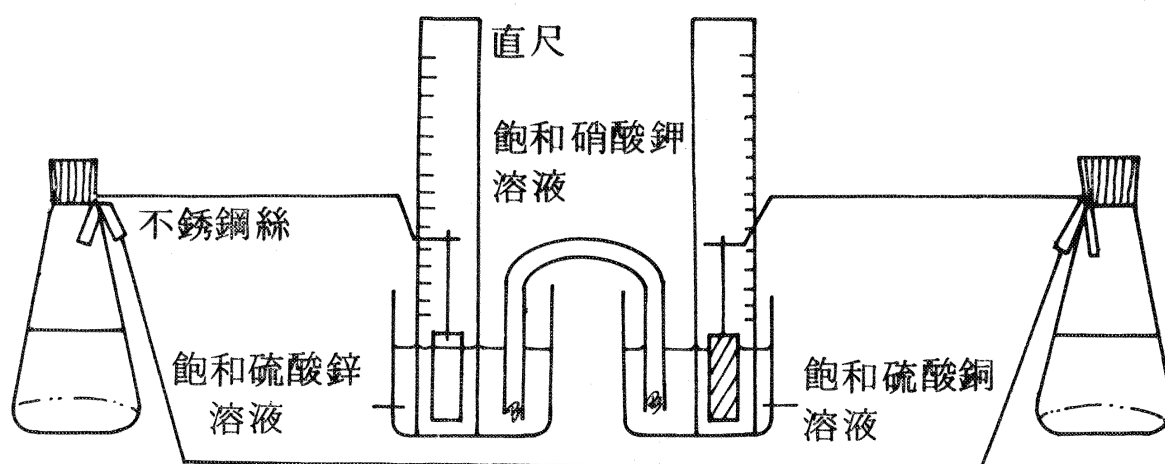
(+)觀測鋅—銅兩極的重量變化：

1.設計實驗裝置如圖(四)所示。

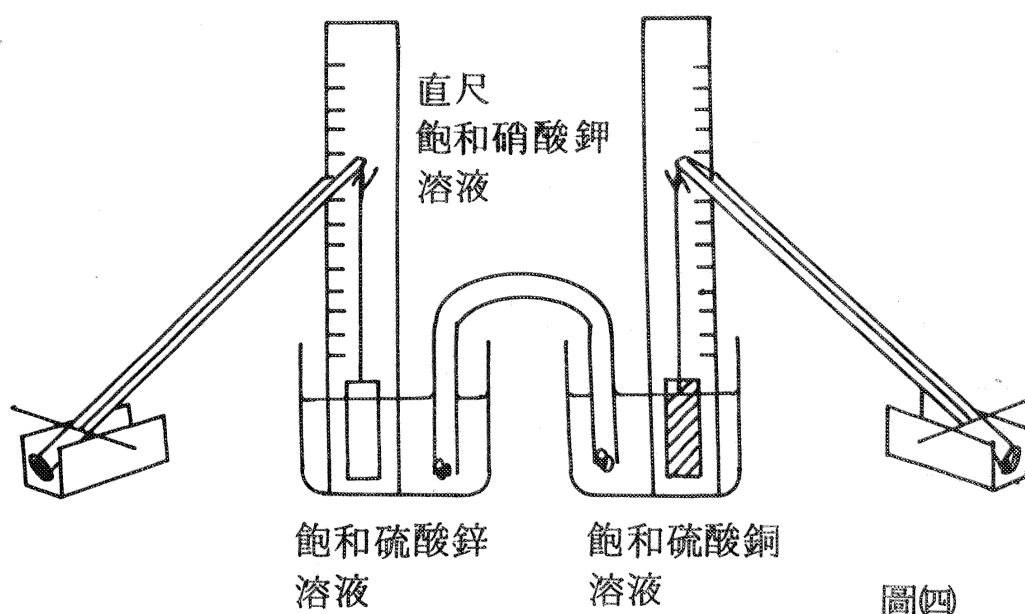
2.記錄最初不銹鋼絲末端在米尺上的位置。

3.接通兩極導線，靜置一天後，觀測不銹鋼絲末端在米尺上的位置變化。

4.將不銹鋼絲和錐形瓶更改為不等臂天平，重複操作本實驗。



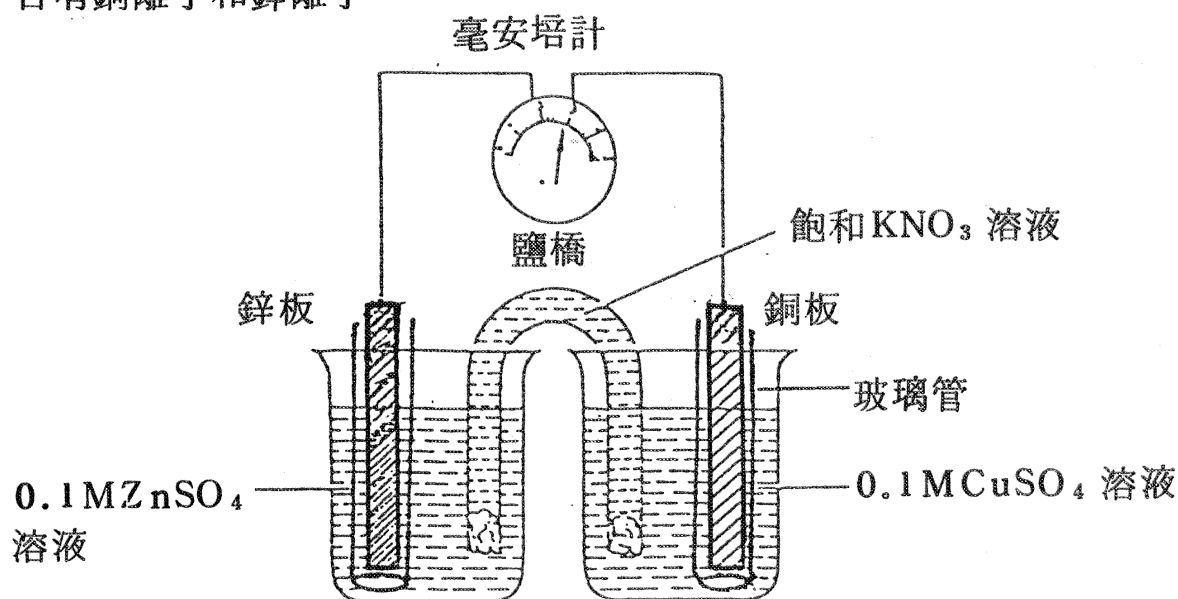
圖(四)



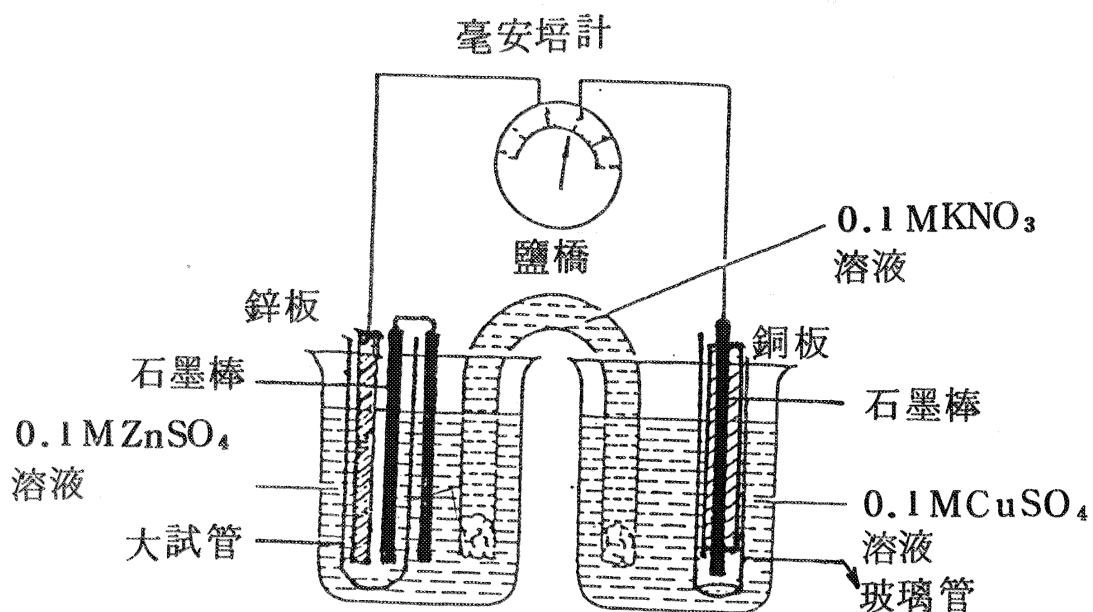
圖(四)

(三) 檢驗鋅—銅兩極的反應：

1. 裝置如圖(五)所示，玻璃管底部用玻璃紙封口，內裝 0.1 M 硝酸鉀溶液，其高度與外面液面高度相同。
2. A 組兩極不接導線，B 組兩極用導線連接，靜置觀察兩極的變化，檢驗兩玻璃管內是否有銅離子和鋅離子。
3. C 組在銅極板上，用橡皮筋綁上一枝石墨棒，依步驟 (12-1)、(12-2) 操作觀察石墨電極上是否有銅析出。
4. D 組，裝置如圖(六)，觀察兩極的變化，檢驗大試管和玻璃管內是否有銅離子和鋅離子。



圖(五)



圖(六)

#### 四、實驗結果

(一)表(一)製備比重電池的電流與電壓

下層 硫酸銅 溶 液	硫酸銅 硫酸鋅 混 合	飽 和 硫酸銅	添 加 冰醋酸	添 加 冰醋酸 和尿素	添 加 冰醋酸 和洋菜	添 加 冰醋酸 和澱粉	添 加 冰醋酸 和水玻璃
電池電壓 ( V )	1.006	1.099	1.083	1.096	1.097	1.095	0.972
電池電流 (mA)	190	310	200	300	220	200	50

(二)表(二)各種添加劑對鋅—銅電池的影響

添 加 劑	氯化銨	酒石酸	檸檬酸	氫氧化鈉	濃氨水	本氏液
電池電壓 ( V )	0.981	1.012	1.073	0.758	0.888	0.667
電池電流 ( mA )	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3

(三)表(三)觀測鋅—銅兩極的重量變化

電池電極 重量變化	鋅 極	銅 極
(甲)刻度變化	上升 0.6 公分	下降 0.6 公分
(乙)刻度變化	上升 1.2 公分	下降 1.2 公分
換算質量變化	減輕 0.060 克	增加 0.060 克

備註：(甲)利用不銹鋼絲的彎曲形變測重量變化。

(乙)利用不等臂天平測重量變化。

(四)表(四)檢驗鋅—銅兩極的反應

實 驗 組 別	A	B	C	D
開始時電池電壓 ( V )	0.912	0.928	0.994	1.050
開始時電池電流 ( m A )	1.0	1.2	1.4	1.5
一天後電池電壓 ( V )	0.930	0.403	0.894	0.386
一天後電池電流 ( m A )	1.1	0.26	0.63	0.075
銅 極 變 化	無 反 應	黑紅色銅析出	在石墨電極上有暗紅色銅	微量銅析出
四氨銅離子濃度 順 序	2	3	4	1
鋅 極 變 化	微量溶解	重量減輕	重 量 減 輕	重 量 減 輕
氫氧化鋅沈澱高 度 順 序	1	2	3	4

## 五、討 論

(一)由本實驗結果可發現導電性較佳的鹽橋依順序為

硫酸鈉 > 氯化鉀 > 氫氯酸 = 硫酸鉀 > 硫酸銨 > 氫氧化鈉 > 硝酸鉀 >

硝酸鎂＝氯化鈣＞硝酸銨＞硝酸鈉＞氯化鈉＝溴化鉀＞硫酸銅＞醋酸銨＝硫酸鋅＝碘化鉀＞水。在本實驗若使用濃度較大的氫氧化鈉溶液，會在U型管兩端產生氫氧化鋅和氫氧化銅的膠體沈澱物，阻塞離子的移動，使電流下降甚多。

(二)當硫酸鋅和硫酸銅溶液的濃度為0.1 M時，鋅－銅電池的電壓，其理論值為1.100伏特，由本實驗可看出硝酸鉀、硝酸銨、氯化鉀、氯化鈉、硝酸鎂、硫酸鋅等當鹽橋時，其實驗結果與理論值較接近，再由參考資料(五)可知，好的鹽橋，其離子的帶電量與其移動速率的乘積，陰、陽離子必須相等，才能使電荷平衡，減低液體連接電壓(Liquid Junction Potential)的影響。

(三)由本實驗結果，可發現電池的內電阻不是一個常數，它的大小隨著外加電壓的增強而減小；但水的電阻却是一個常數。

(四)由本實驗的結果以及照片所示，可以看出，金屬片取代鹽橋後的鋅－銅電池，實際上是兩個伏打電池或一個電池和一個電解槽串聯而成，其可能變化如下：

- 1.以鋅片取代可得水溶液為硫酸鋅的鋅－鋅電解槽，和水溶液為硫酸銅的鋅－銅電池，其鋅－銅電池的反應為： $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ ， $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ ，鋅－鋅電解槽的反應為： $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$ 發生在與鋅－銅電池相連的鋅電極上，另一鋅極為： $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ 。
- 2.以銅片取代可得水溶液為硫酸鋅的鋅－銅電池和水溶液為硫酸銅的銅－銅電解槽。其鋅－銅電池反應為鋅極微量溶解，銅極沒有反應。銅－銅電解槽的兩個銅片均有微量銅在其表面析出。
- 3.以鐵片取代，可得水溶液為硫酸鋅的鋅－鐵電池和水溶液為硫酸銅的鐵－銅電池，其鋅－鐵電池反應為：鋅極溶解 $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ ，鋅在鐵片上析出 $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$ ，其鐵－銅電池的反應為： $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ ，鐵片溶解， $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ ，銅在銅極上析出。
- 4.以石墨棒取代鹽橋，鋅極微量溶解，銅極微量析出，雖然石墨棒能導電，可使反應進行，但無法使兩燒杯內的離子所帶電荷平衡

，所以反應無法持續進行。

(五)表(一)所示硫酸銅與硫酸鋅混合液的電流比兩溶液分層時的電流小 120 mA，這表示  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  所釋放出的電子在混合液中約有三分之一不經由外接導線，在溶液中直接由鋅板釋放出給附近的銅離子，使銅離子在鋅極上還原為金屬銅。

(六)添加水玻璃、尿素、洋菜、澱粉等，雖可增加溶液的密度，方便操作和溶液分層的保持，但使硫酸銅的溶解度降低，濃度減小，減低電流強度。

(七)在硫酸銅溶液中添加酒石酸、檸檬酸、濃氨水皆可產生銅的錯化合物。銅錯化合物比銅離子安定，較不易和鋅反應，因而降低了電池電壓，氯化銨和氫氧化鈉均可改變溶液的酸鹼性，亦使鋅銅電池的電壓減小，電流也相對地減小。

(八)由表(四)A組結果得知：銅離子和鋅離子，可以通過玻璃紙滲透到玻璃管內，B、C、D組結果顯示出銅離子在銅極上析出，鋅板溶解產生鋅離子。比較四組實驗銅極析出的情形和四氨銅離子的濃度，D組濃度大於A組，表示銅離子除了經由自然滲透進入玻璃管外，更受到銅極板的吸引游向銅極。B、C兩組四氨銅離子濃度比A小，但銅極上析出的銅比A多，這說明電解析出的速率比銅離子滲透移動的速率慢。C組石墨棒上的銅可用濃硝酸加以檢驗。其次比較四組實驗氫氧化鋅的沈澱量，D組有少量氫氧化鋅沈澱，可用以說明  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ ，B、C兩組沈澱高度比A組少，表示由鋅極溶解出的  $\text{Zn}^{2+}$  離子游離鋅極滲透出玻璃管外。

## 六、結 論

(一)鋅—銅電池的電壓，隨著硫酸銅和硫酸鋅的濃度增加而增強，其電流也隨著濃度變大而略為增強。鹽橋的鹽濃度愈大，電池的電壓和電流也愈強。兩者的濃度均以飽和為最佳。

(二)U型管愈短，口徑愈大，極板距離愈小，都可使電流愈大。

(三)以金屬導體取代鹽橋後的鋅—銅電池，實際上是兩個伏打電池或一個電池和一個電解槽串聯而成，以石墨取代鹽橋，雖可使反應短暫

- 進行，但無法使兩燒杯內的離子帶電量平衡，反應無法持續進行。
- (四)銅離子可以和酒石酸根、檸檬酸根和氨分子形成較穩定的錯合離子，較不易和鋅反應，因而降低了電池的電流和電壓。
- (五)鹽橋中的鹽必須是強電解質，其濃度最好比兩個燒杯內溶液的濃度高。本實驗發現：「導電性較佳且可平衡電荷的鹽橋，依順序為：氯化鉀>硝酸鉀>硝酸鎂>硝酸銨，且鹽類離子在糊狀物中與在液體中導電並無顯著差別。」
- (六)鹽橋的功能在避免兩液互相混合，聯繫兩隔離的溶液和做為電流的橋樑。比重電池的優點為不用鹽橋，可使兩極板的距離最短，兩液接觸的截面積達到最大，並可避免兩液互相混合，因此電池電流大為增強。以飽和硫酸銅溶液與 0.1 M 硫酸鋅溶液分層的比重電池，電流最強，可以使小燈泡發光，引發學生學習的興趣。
- (七)本實驗步驟(二)和(三)，使用簡便的器材，不必使用精密的儀器，可以直接觀測鋅—銅兩極的重量變化，和檢驗鋅—銅兩極的反應，對實驗原理的證驗甚有助益。

## 七、參考資料

- 1.國立編譯館主編 國中理化第四冊 pp36 ~ 41。
2. Skoog and west 儀器分析原理 pp408 ~ 437。
3. J.king 定性分析 pp393 ~ 395，pp440 ~ 441。
4. GEORGE L. GILBERT "Electrochemical Cells Using Sodium Silicate" Journal of Chemical Education Vol 65 No. 4 1988 pp358 ~ 359。
5. Troquato Mussini "Concentrated Equitransferent Salt Bridges To Minimize Liquid Junction Potentials ? A Revision" Journal of Chemical Education Vol.65No. 3 1988 pp242 ~ 243。

## 評 語

- 實驗設計能針對目標，針對問題，因而得到正確結論。

- 數據完整，思考嚴謹，所得結論皆確實根據數據，頗可徵信。
- 實驗確實，具科學追究精神。