

# 鐵銅電池之探討及改良

## 國中組化學科第一名

花蓮縣立國風國民中學

作者：劉美辰 謝曼晴 林子淇

指導教師：葉一芥 宋淑貞

### 一、研究動機

按理化課本22-3的伏打電池，鋅銅電池實驗，實驗步驟進行實驗所產生的電流很小，尚未達到1mA，看不出“通電”的效果，再加上學校廢棄的易開罐（鐵罐）隨手可得，因此希望能改進實驗，使得伏打電池更簡便，更持久，於是在老師指導下進行了下列研究探討。

### 二、研究目的

- (一)增加電池電流，提高電池電壓，延長電池壽命。
- (二)利用半透膜取代鹽橋製作伏打電池。
- (三)利用鐵罐取代鐵片製作電池，同時易開罐可以當做容器使用。

### 三、研究器材藥品

(1)硫酸銅(2)硫酸亞鐵(3)硫酸鐵(4)硝酸銅(5)硝酸鐵(6)氯化銅(7)氯化亞鐵(8)硝酸鉀(9)硝酸鈉(10)硝酸銨(11)氯化鉀(12)氯化鈉(13)銅片(14)鐵片(15)易開罐（鐵製容量250ml）(16)U型管(17)伏特計(18)安培計（ $\mu A$ 、mA、A）各一(19)三用電表(20)磁攪拌器(21)小馬達（水波槽起動器）(22)玻璃紙（Cellphane）(23)小型砂輪機

### 四、研究過程及方法

(一)影響鐵銅電池電流各種變因之探討：

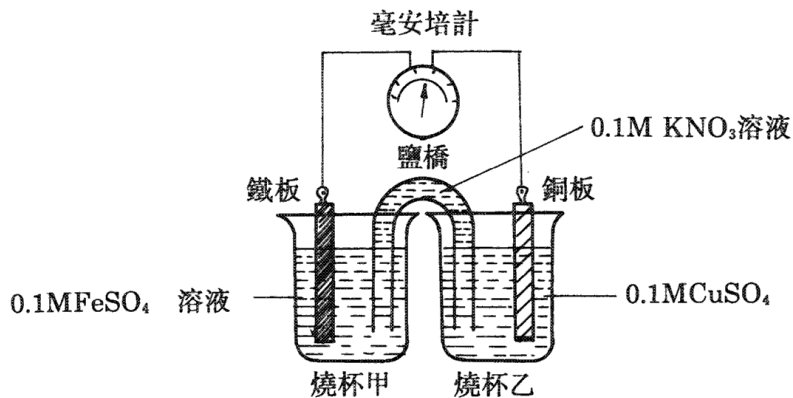
〔實驗一〕：對照實驗（課本實驗）

銅片、鐵片（ $3 \times 5 \text{cm}^2$ ） 鹽橋含0.1MKNO<sub>3</sub>(aq)

CuSO<sub>4</sub>(aq)及FeSO<sub>4</sub>(aq)均為0.1M，

兩燒杯距離3cm

結果：電流0.35mA電壓0.70V



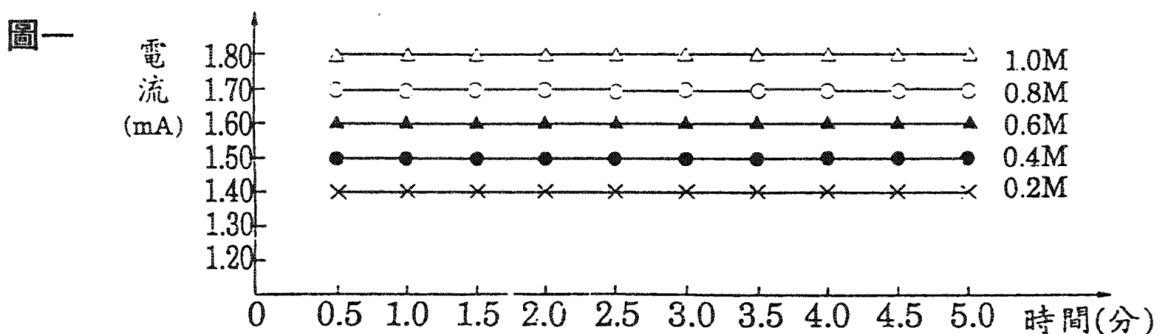
〔實驗二〕：硫酸亞鐵及硫酸銅溶液的濃度對電流影響。

1.步驟：裝置如對照實驗，鋅片銅片為 $3 \times 5 \text{ cm}^2$ 鹽橋為 $1 \text{ M KNO}_3(\text{aq})$ 、 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 及 $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ 同時改變為 $0.2 \text{ M}$ 、 $0.4 \text{ M}$ 、 $0.6 \text{ M}$ 、 $0.8 \text{ M}$ 、 $1.0 \text{ M}$ 每隔30秒測其電流及電壓。

2.結果：以數據及圖示之。

表一

[ CuSO <sub>4</sub> ] [ FeSO <sub>4</sub> ]	時 間 (分)										電 壓 V
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
0.2M	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	0.70
0.4M	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.70
0.6M	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	0.70
0.8M	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	0.70
1.0M	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	0.70



3.結論：硫酸亞鐵溶液與硫酸銅溶液濃度愈大，電流也愈大，但變化量並不大。

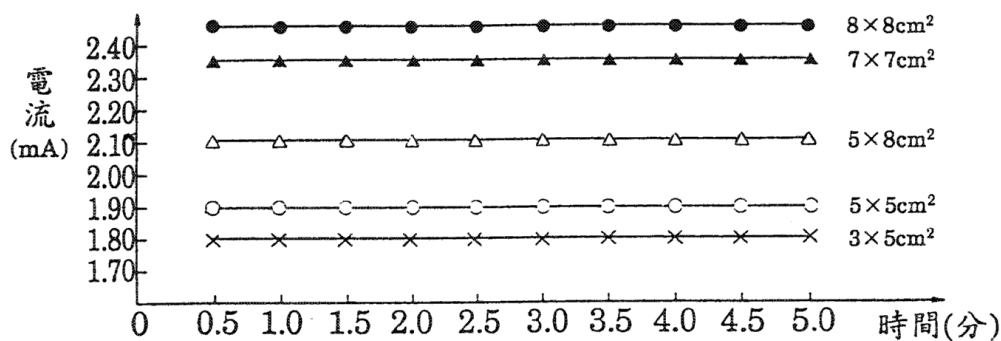
〔實驗三〕：鐵片銅片面積大小對電流的影響。

1. 步驟：裝置如對照實驗，鹽橋為 $1M\text{KNO}_3(\text{aq})$ 、 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 及 $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ 均為 $1M$ ，鐵片銅片面積分別為 $3\times 5\text{cm}^2$ 、 $5\times 5\text{cm}^2$ 、 $5\times 8\text{cm}^2$ 、 $7\times 7\text{cm}^2$ 、 $8\times 8\text{cm}^2$ 。
2. 結果：以表圖示之。

表二

鐵片、銅片 面積( $\text{cm}^2$ )	時 間 (分)										電 流 (mA)	電 壓 V
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		
3×5	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	0.70
5×5	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	0.70
5×8	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	0.70
7×7	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	0.70
8×8	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	0.70

圖二



3. 結論：鐵片、銅片面積變大，電流亦隨之加大。

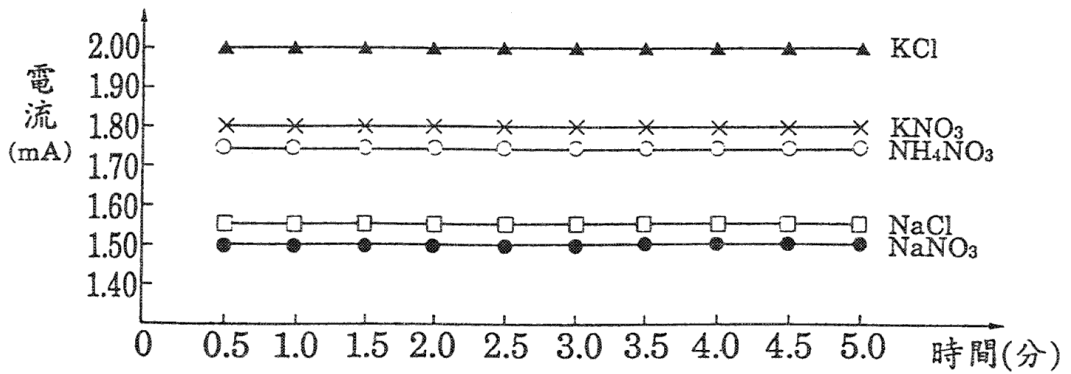
[ 實驗四 ]：鹽橋溶液的種類對電流影響。

1. 步驟：裝置如對照實驗，鐵片、銅片為 $3\times 5\text{cm}^2$ ， $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 、 $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ 、 $\text{KCl}(\text{aq})$ ， $\text{NaNO}_3(\text{aq})$ ， $\text{NaCl}(\text{aq})$ ， $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$ 均為 $1M$ 。
2. 結果：以表圖示之。

表三

電 解 質 種 類	時 間 (分)										電 流 (mA)	電 壓 V
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		
$\text{KNO}_3$	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	0.70
$\text{KCl}$	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.70
$\text{NaCl}$	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	0.70
$\text{NaNO}_3$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.70
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	0.70

圖三



3. 結論：分別以1M的溶液為鹽橋時，所產生電流：氯化鉀>硝酸鉀>硝酸鉍  
>氯化鈉>硝酸鈉。

〔實驗五〕：鹽橋中溶液的濃度對電流的影響。

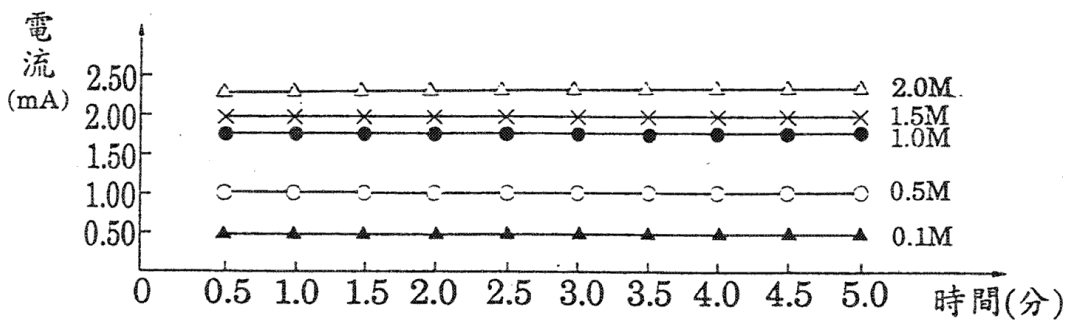
1. 步驟：裝置如對照實驗，CuSO<sub>4</sub>(aq)、FeSO<sub>4</sub>(aq)為0.1M，鐵片、銅片為3×5cm<sup>2</sup>，另配製0.1M、0.5M、1.0M、1.5M、2.0M的KNO<sub>3</sub>(aq)

2. 結果：以表圖示之。

表四

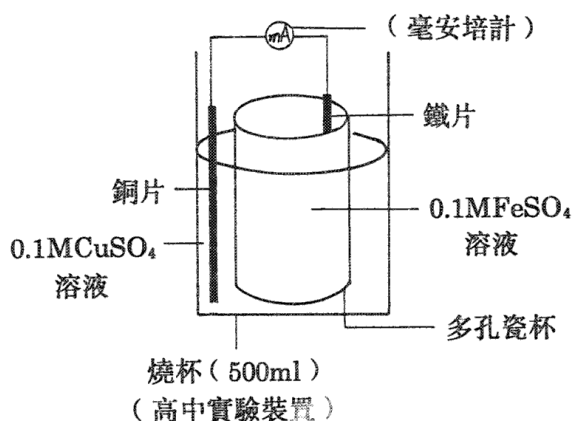
電解質 KNO <sub>3</sub> 濃度	時間(分)										電壓 V
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
0.1M	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.70
0.5M	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.70
1.0M	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	0.70
1.5M	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	0.70
2.0M	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	0.70

圖四



3. 結論：分別以0.1M、0.5M、1M、1.5M、2.0M的硝酸鉀溶液為鹽橋時所產生的電流強度隨濃度之增加而增加。

〔實驗六〕：高中實驗手冊中曾提及化學電池亦可不用鹽橋改以多孔瓷杯裝置如右圖：

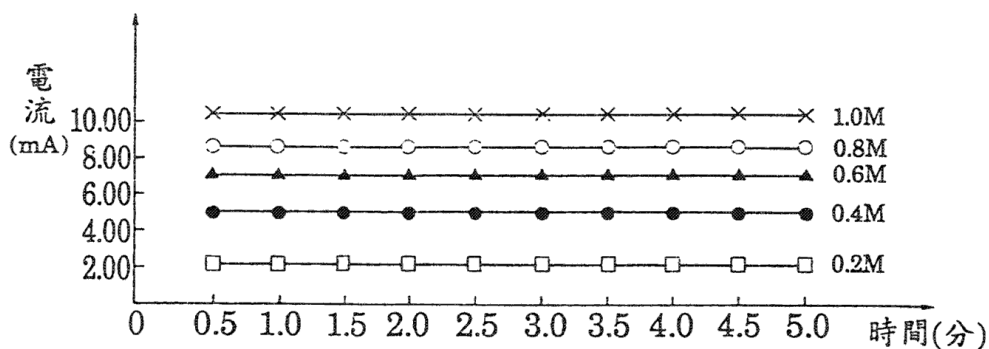


1. 步驟：銅片、鐵片 (  $3 \times 5\text{cm}^2$  )  $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 、 $\text{FeSO}_4(\text{aq})$  均為  $0.1\text{M}$ 。
2. 結果：電流  $1.25\text{mA}$  電壓  $0.60\text{V}$ ，若  $\text{CuSO}_4(\text{aq})$  及  $\text{FeSO}_4(\text{aq})$  同時改變為  $0.2\text{M}$ 、 $0.4\text{M}$ 、 $0.6\text{M}$ 、 $0.8\text{M}$ 、 $1.0\text{M}$  每隔  $30$  秒測其電流電壓。(以表圖示之)

表五

[ $\text{CuSO}_4$ ] [ $\text{FeSO}_4$ ]	時 間 ( 分 )										電 流 ( mA )	電 壓 V
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		
0.2M	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	0.60
0.4M	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.60
0.6M	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	0.60
0.8M	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.60
1.0M	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	0.60

圖五



### 3. 結論：

(1) 多孔瓷杯化學電池較鹽橋化學電池電流在濃度0.1M時增為約3.5倍，在濃度1.0M時增為約5.5倍但電壓則略為下降。

(2) 硫酸亞鐵溶液和硫酸銅溶液濃度愈大電流也愈大。

討論：由實驗二、三、四、五、六可以知道影響鐵銅電池的因素包括了，電解液濃度、電極片接觸面積、鹽橋中鹽類的種類濃度，其中又以鹽橋存在影響電流最大，而在做鐵銅電池實驗時，雖然產生電流可藉由毫安培計指針的偏轉而確知電路上電流存在，然而電流實在太小不足以使小燈泡發亮或者小馬達轉動（至少需要0.5A、0.45V以上的電流電壓），因而想消除鹽橋對電流產生限制而取消鹽橋，下面實驗是改良方法。

#### (二) 改良實驗：

(1) 以半透膜（玻璃紙）代替鹽橋，一則可以隔開不同溶液，一則離子也可經由半透膜互為移動。

(2) 以鐵製易開罐取代電極鐵片，同時也可以做為容器。

(3) 加大電流可以朝此方向努力，a. 加大電極片面積，b. 增加鹽類溶液濃度，c. 縮短電極金屬片距離。

#### [ 實驗一 ]：

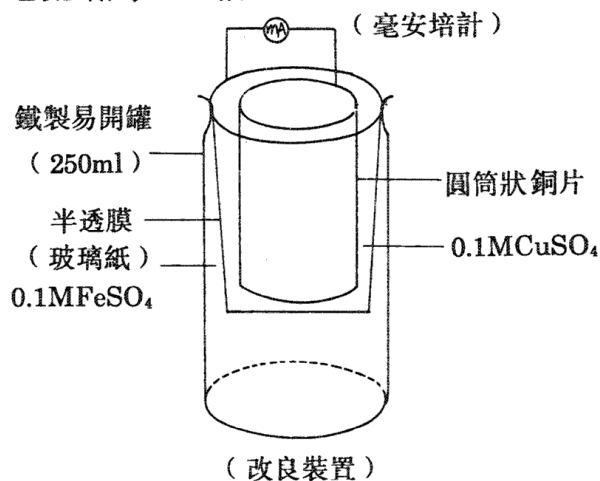
1. 步驟：(1) 取容量250ml鐵製的易開罐，以開罐器除去上蓋部份，內層的部份以砂紙或小型手提砂輪機磨光清水洗淨。

(2) 銅片用剪刀裁成圓筒狀以能置入易開罐為原則。

(3) 以玻璃紙包紮銅片圓筒、避免金屬棱角刮破慢慢置入易開罐中，再把兩種金屬鹽類溶液，硫酸亞鐵、硫酸銅同時倒入分隔的電極中。（皆為0.1M）。

(4) 接通電路每30秒測一次電壓電流。

2. 結果：電流為1500mA電壓為0.55V相同濃度下比鹽橋化學電池電流增為4285倍，比多孔瓷杯化學電池電流增為1200倍。



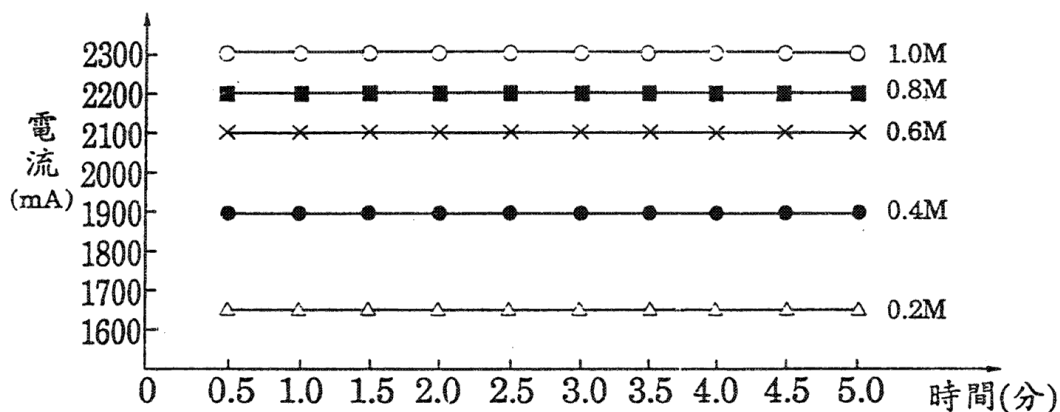
〔實驗二〕

- 步驟：裝置如改良裝置， $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 、 $\text{FeSO}_4(\text{aq})$ 同時改變為0.2M、0.4M、0.6M、0.8M、1.0M，每隔30秒測其電流電壓。
- 結果：以表圖示之。

表六

[ $\text{CuSO}_4$ ] [ $\text{FeSO}_4$ ]	時 間 ( 分 )										電 流 ( mA )	電 壓 V
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		
0.2M	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	0.55
0.4M	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	0.55
0.6M	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	0.55
0.8M	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	0.55
1.0M	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	0.55

圖六



3. 結論：

(1) 此實驗所得電流均比對照實驗（鹽橋化學電池）提高甚多。

[  $\text{FeSO}_4$  ] [  $\text{CuSO}_4$  ] 0.2M時，電流增加1178倍

0.4M時，電流增加1266倍

0.6M時，電流增加1312倍

0.8M時，電流增加1294倍

1.0M時，電流增加1277倍

(2) 濃度增加，電流強度也愈大

〔實驗三〕

- 步驟：裝置如改良裝置，下列溶液分別為1M [  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$  ] [  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  ] [  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$  ] [  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  ] 改變不同金屬鹽的電解液，接通電路每隔30秒測其電流電壓。

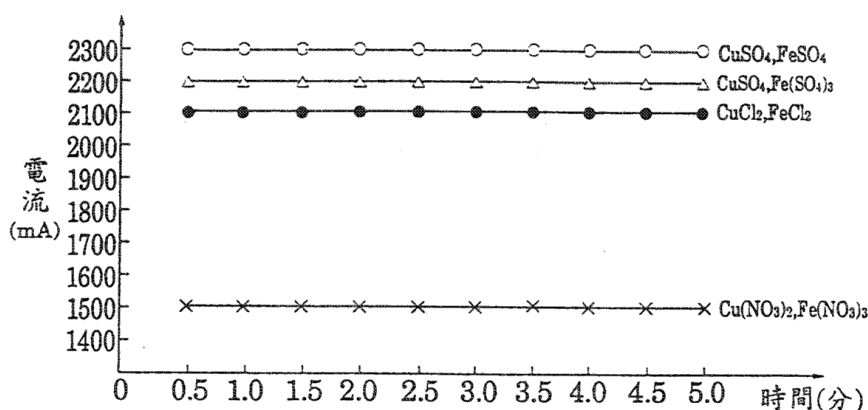
2. 結果：以表圖示之。

表七

電解液種類	時間(分)										電壓 V	
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		
CuSO <sub>4</sub> , FeSO <sub>4</sub>	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	0.55
CuSO <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	0.50
CuCl <sub>2</sub> , FeCl <sub>2</sub>	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	0.40
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	0.40

※FeCl<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O溶解度較小皆取其飽和溶液

圖七



3. 結論：(1)分別以1M的溶液為電解液所產生的電流電壓，〔CuSO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub>〕 > 〔CuSO<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>〕 > 〔Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>〕 > 〔CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>〕。

(2)〔CuSO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub>〕〔CuSO<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>〕為電解液的Fe—Cu電池可使小馬達轉動約十小時，不比乾電池遜色，但以〔Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>〕、〔CuCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>2</sub>〕為電解液的Fe—Cu電池，電壓略小，必須要串聯2個才可以使小馬達轉動。

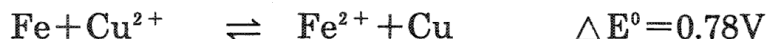
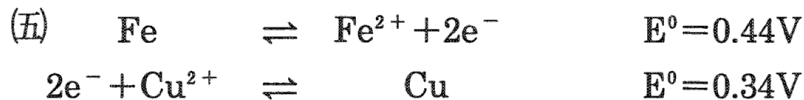
## 五、討 論

- (一)按照課本裝置Fe—Cu電池電流僅有0.35mA，若以多孔瓷杯取代鹽橋電流也僅為1.25mA，電流甚小。
- (二)由實驗得知，電流隨CuSO<sub>4</sub>(aq), FeSO<sub>4</sub>(aq)的濃度增加而增加但差距並不大，鹽橋的濃度、種類、電解液的濃度種類，金屬電極片的種類面積、均會影響電流的大小且發現鹽橋的存在是造成電流很小的主要原因。
- (三)鹽橋的功用能避免兩溶液相混，把兩種隔離溶液聯繫起來作為電流的橋樑而改良裝置以半透膜取代鹽橋，可使金屬電極板距離最短，兩溶液接觸面積達



到最大，並可避免兩溶液相混，因此電流大為增加，若要得到較高電壓只要串聯此裝置，可點亮小燈泡。

(四)利用廢棄易開罐，使用簡單材料，再加上改良裝置，不但能點亮小燈泡，推動小馬達，更能使用聲光電動玩具，大大提高同學動手做的樂趣。



Fe-Cu電池標準電位差為0.78V而鹽橋式Fe-Cu電池實測電壓為0.70V，多孔瓷杯式Fe-Cu電池電壓為0.60V，而改良裝置Fe-Cu電池電壓為0.55V略為下降，有待更進一步研究。

## 六、參考資料 (略)

### 評語

本作品改良Fe / Cu電池，使鐵 / 銅電池輸出電流比傳統的鐵 / 銅電池增加了幾千多倍（原來照傳統Fe / Cu電池裝置只能產生約0.3mA電流，而此改良型的Fe / Cu電池卻可得到1500~2300mA），在學術上及應用上都具有相當價值。本研究變因的探討也相當深入及相當好的完整性。

本作品的作者科學態度及科學精神也相當好，那種解決問題的毅力及方法值得肯定。