

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030201

臺北縣立三民高級中學

指導老師姓名

丁振博

作者姓名

王惠瑩

王苡瑄

吳宜蓁

吳思婕

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會  
作品說明書

科別：化學科

組別：國中組

作品名稱：電！電！電！－電解、電解質、電池相關問題之探討

關鍵詞：電解、電解質、鹽橋

編號：

## 壹、摘要

電解質的種類很多，在電解的過程中它們會產生什麼反應呢？另外因鋅銅電池使用鹽橋來幫助導電，鹽橋兩端要塞棉花，棉花鬆緊對於導電會有何影響？電極距離、電解質濃度及溫度對於電解反應速率影響程度為何？本研究發現，含氯離子、鈣離子、鎂離子會參與電解反應，發生化學反應；離子粒子太大，如硝酸根離子，導電性則較差。棉花造成導電降低程度低於 10%，半透膜造成導電降低程度高於 10%；電極距離每增加 1cm，導電度會降低 4.7%；濃度每提升 0.1M，導電度約略升高 9.7%；溫度每升高 10℃，導電度升高 10%左右。

## 貳、研究動機

國中課本第三冊第十三章提到電解質的種類繁多，在電解的過程中需加入電解質來幫助導電，而且不同的電解質可能會有不同的反應，他們之間的異同如何呢？第十四章電與生活中提到自製鋅銅電池，兩杯溶液爲了避免混合及讓電路成爲通路狀態，需架接鹽橋來幫助導電，鹽橋是利用 U 型管裝入電解質溶液，在開口兩端塞棉花，課本要求不可太鬆也不可過緊，那麼棉花的鬆緊對於導電有何影響呢？另外在中華民國第三十五屆中小學科學展覽曾對於自製電池之探討及改良提出使用半透膜來替代鹽橋，那麼半透膜對於導電有何影響呢？種種的疑惑促使我們進行了這個研究。

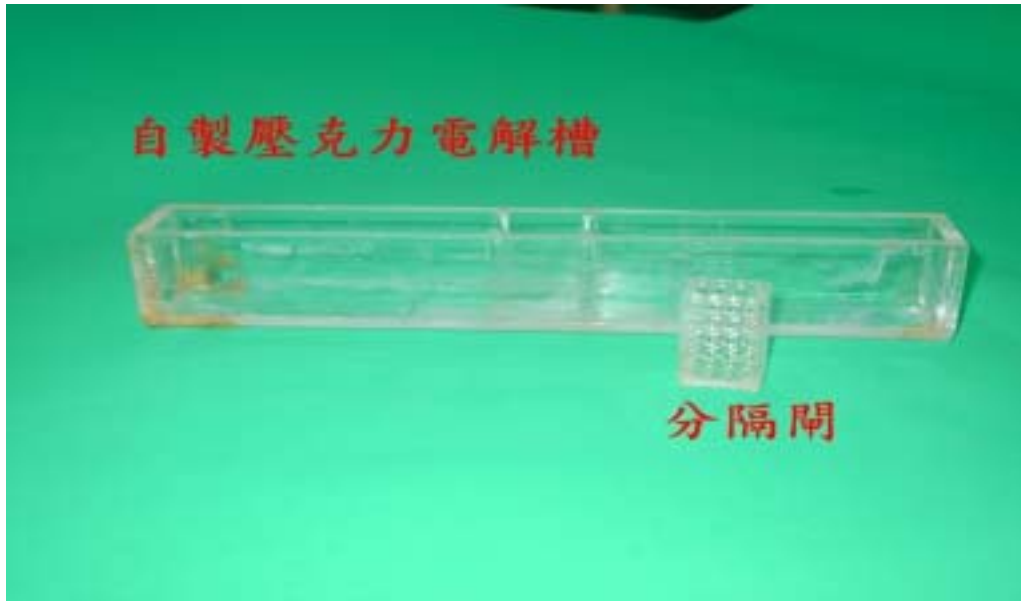
## 參、研究目的

綜合上述，本實驗的研究目的爲

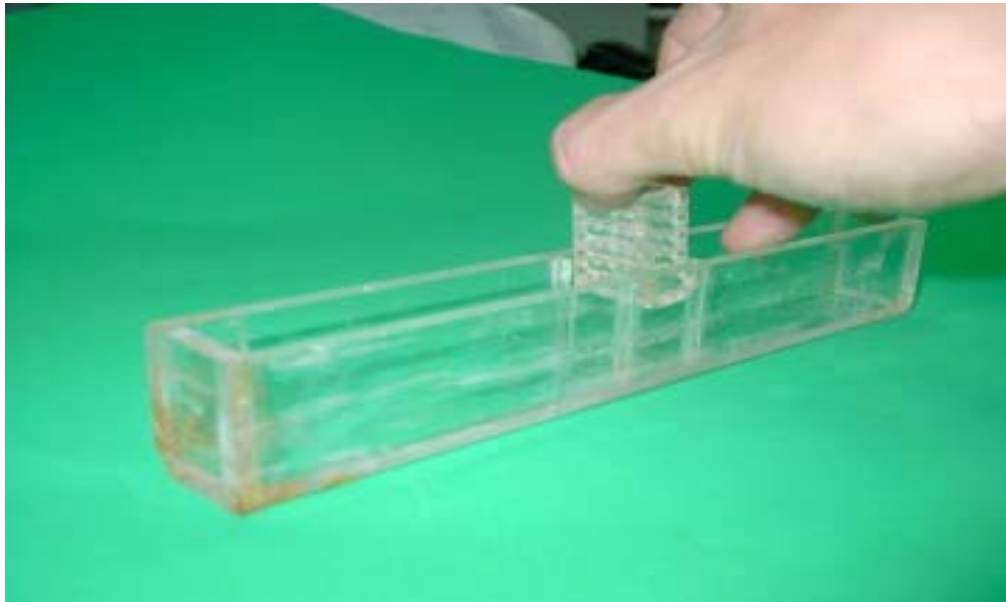
- 一、探討不同電解質溶液其電解情形。
- 二、氫氧化鈉及氫氧化鉀因棉花及半透膜而影響導電之探討。
- 三、探討棉花之疏密程度對於導電之影響。
- 四、探討電解質濃度對於電解之影響。
- 五、探討電極距離對於電解之影響。
- 六、探討溫度對於電解之影響。

## 肆、研究設備及器材

自製透明壓克力電解槽（長 21cm\*寬 3cm\*高 3.5cm）一個（於中間設置分隔閘長 2cm\*寬 1.5cm\*高 3cm）（如圖一、圖二）、數字型電源供應器一台、導線數條、數字型三用電錶一台、恆溫槽一台、鐵架三座、量筒一個、定量瓶兩個、電子天平一台、針頭、蒸餾水、氫氧化鈉、氫氧化鉀、氫氧化鈣、氫氧化鎂、氯化鈉、氯化鉀、氯化鎂、氯化鈣、氯化鋇、氯化鋇、硝酸鈉、硝酸鉀、硝酸鎂、硝酸鈣、硝酸鋇、硝酸鋇。



圖一：自製壓克力電解槽及分隔閘



圖二：電解時，分隔閘會填充棉花或半透膜或無填充任何物質置於電解槽中間

## 伍、研究過程或方法

一、預作：為掌握氫氧化物、氯化物及硝酸鹽類等電解質在電解時，因時間長短所表現出來的現象有所不同，觀察時間長短如何拿捏，使得在觀察時間內能夠觀察到現象及其改變，不致於因觀察時間太短而遺漏現象的變化，又不致於因時間太長，徒增觀察時間的浪費。

(一)、利用定量瓶來配製各 1M，250mL 的氫氧化鉀、氯化鉀及硝酸鉀。

(二)、分別針對氫氧化鉀、氯化鉀及硝酸鉀從事以下三種狀況的實驗：

### 1、分隔閘無填充棉花或加裝半透膜

- (1). 裝置如圖三、四。
- (2). 將裝有溶液的定量瓶放置於 25°C 恆溫水槽中，待溫度平衡後，利用量筒量取 83mL 溶液，慢慢地將溶液倒入電解槽中（電解槽已架設在恆溫水槽中）。
- (3). 利用針頭作為電極，兩電極間的距離為 9cm，通以直流電壓 6V，觀察三用電錶的電流大小及兩電極的變化情形。

### 2、分隔閘填充棉花

- (1). 分隔閘填充 0.24 克棉花。
- (2). 裝置及步驟同第 1.項所述。

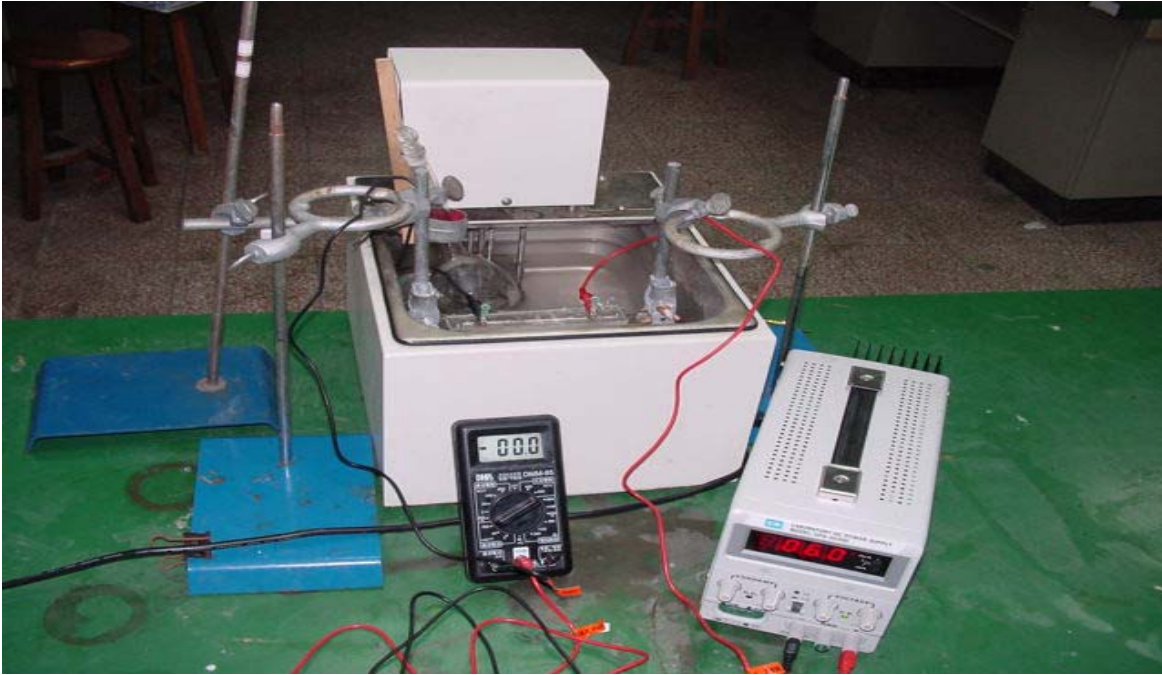
### 3、分隔閘加裝半透膜

- (1). 在分隔閘之一側加裝一張 3cm\*2cm 之半透膜。
- (2). 裝置及步驟同第 1.項所述。

## 二、電解不同電解質溶液之探討

分別針對氫氧化鈉、氫氧化鉀、氫氧化鎂、氫氧化鈣、氯化鈉、氯化鉀、氯化鎂、氯化鈣、氯化鋇、氯化鋇、硝酸鈉、硝酸鉀、硝酸鎂、硝酸鈣、硝酸鋇、硝酸鋇等不同電解質從事以下之實驗。

- (一)、利用定量瓶配製 1M，250mL 電解質溶液。
- (二)、裝置如圖三。
- (三)、將裝有溶液的定量瓶放置於 25°C 恆溫水槽中，待溫度平衡後，利用量筒量取 85mL 溶液，慢慢地將溶液倒入電解槽中。
- (四)、利用針頭作為電極，兩電極間的距離為 9cm，通以直流電壓 6V，每 15 秒觀察電流大小，持續 10 分鐘，並觀察正負兩電極的變化情形。



圖三：電解裝置



圖四：電解裝置一隅

### 三、氫氧化鈉及氫氧化鉀因棉花及半透膜而影響導電之探討

分別配置 1M，250mL 氫氧化鈉及氫氧化鉀溶液進行以下實驗：

(一)、分隔閘填充棉花

1、分隔閘填充 0.24 克棉花。

- 2、將裝有溶液的定量瓶放置於 25°C 恆溫水槽中，待溫度平衡後，利用量筒量取 85mL 溶液，慢慢地將溶液倒入電解槽中（電解槽已架設在恆溫水槽中）。
- 3、利用針頭作為電極，兩電極間的距離為 9cm，通以直流電壓 6V，觀察三用電錶的電流大小。

#### (二)、分隔閘加裝半透膜

- 1、在分隔閘之一側加裝一張 3cm\*2cm 之半透膜。
- 2、利用量筒量取 85mL 溶液，慢慢地將溶液倒入電解槽中（電解槽已架設在恆溫水槽中）。
- 3、利用針頭作為電極，兩電極間的距離為 9cm，通以直流電壓 6V，觀察三用電錶的電流大小。

### 四、探討棉花之疏密程度對於導電之影響

- (一)、配製 1M，500mL 氫氧化鈉電解質溶液。
- (二)、分隔閘分別填充 0.12 克、0.24 克、0.36 克、0.48 克之棉花。
- (三)、利用針頭作為電極，維持 25°C 恆溫，兩電極間的距離為 9cm，通以直流電壓 6V，每 15 秒觀察電流大小，持續 10 分鐘。

### 五、探討電解質濃度對於電解之影響

- (一)、分別配製 0.2M、0.4M、0.6M、0.8M 及 1M 的 500mL 氫氧化鈉電解質溶液。
- (二)、分隔閘無填充棉花或加裝半透膜。
- (三)、利用針頭作為電極，維持 25°C 恆溫，兩電極間的距離為 9cm，通以直流電壓 6V，每 15 秒觀察電流大小，持續 10 分鐘。

### 六、探討電極距離對於電解之影響

- (一)、裝置如圖三。
- (二)、配製 1M，500mL 氫氧化鈉電解質溶液。
- (三)、分隔閘無填充棉花或加裝半透膜。
- (四)、維持 25°C 恆溫，通以直流電壓 6V，分別測量兩電極距離為 5cm、7cm、9cm、11cm 及 13cm 時電流大小，觀察時間間隔 15 秒，持續 10 分鐘。

### 七、探討溫度對於電解之影響

- (一)、裝置如圖三。
- (二)、配製 1M，500mL 氫氧化鈉電解質溶液。
- (三)、分隔閘無填充棉花或加裝半透膜。
- (四)、利用針頭作為電極，兩電極間的距離為 9cm，分別測量溫度為 25°C、35°C、45°C、

55°C、65°C時，通以直流電壓 6V，每 15 秒觀察電流大小，持續 10 分鐘。

## 陸、研究結果與討論

一、不同電解質溶液通以 6 伏特直流電，正、負電極與溶液顏色變化情形如表。

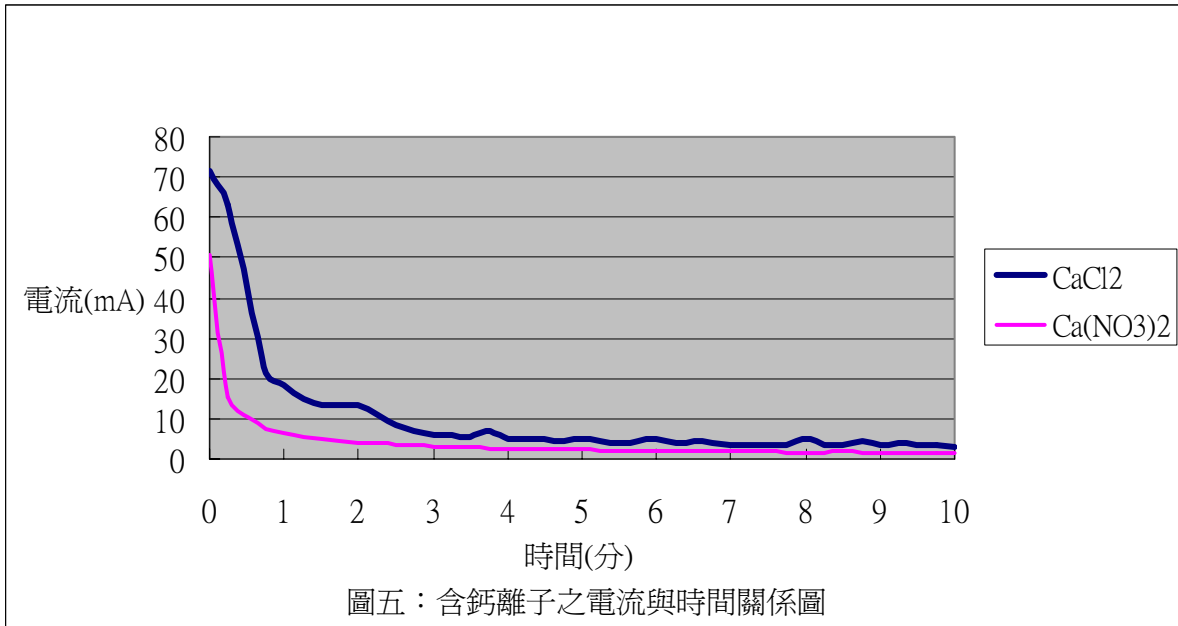
觀察標的 電解質	正電極	正電極附近溶液	負電極	負電極附近溶液
NaOH	產生氣體	透明	產生氣體	透明
KOH	產生氣體	透明	產生氣體	透明
NaCl	針頭腐蝕	黃綠色	產生氣體	透明
KCl	針頭腐蝕	黃綠色	產生氣體	透明
MgCl <sub>2</sub>	針頭腐蝕	黃綠色	產生氣體 而且有白色 固體析出	透明
CaCl <sub>2</sub>	針頭腐蝕	黃綠色	產生氣體 而且有白色 固體析出	透明
SrCl <sub>2</sub>	針頭腐蝕	黃綠色	產生氣體	透明
BaCl <sub>2</sub>	針頭腐蝕	黃綠色	產生氣體	透明
NaNO <sub>3</sub>	產生氣體	透明	產生氣體	透明
KNO <sub>3</sub>	產生氣體	透明	產生氣體	透明
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	產生氣體	透明	產生氣體 而且有白色 固體析出	透明
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	產生氣體	透明	產生氣體 而且有白色 固體析出	透明
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	產生氣體	透明	產生氣體	透明

附記：Mg(OH)<sub>2</sub>、Ca(OH)<sub>2</sub>、Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>因溶解度太小，不予實驗。

由上表發現，含氯離子的電解質溶液在電解的過程當中，會產生氯並溶於水，使得溶液呈現黃綠色，而且該針頭電極會參與反應，發生類似腐蝕，電解時間久一



點，針頭便會斷裂，使得在測量電流過程當中，電流會突然急劇變小；另外含有鈣離子及鎂離子的電解質溶液在電解的過程中，會產生白色的固體，含鈣離子的電解質經電解所生成的白色固體會很緻密地附著在電極上，導致電流突然變小，因為該白色固體為不良導體所致（如圖五）；含鎂離子的電解質經電解所生成的白色固體，部份鬆散地附著在電極上，部份則會漂浮於溶液面上，所以白色固體雖然會導致電流的降低，但因其本身並非完全阻絕電極，所以電流是慢慢地變小。

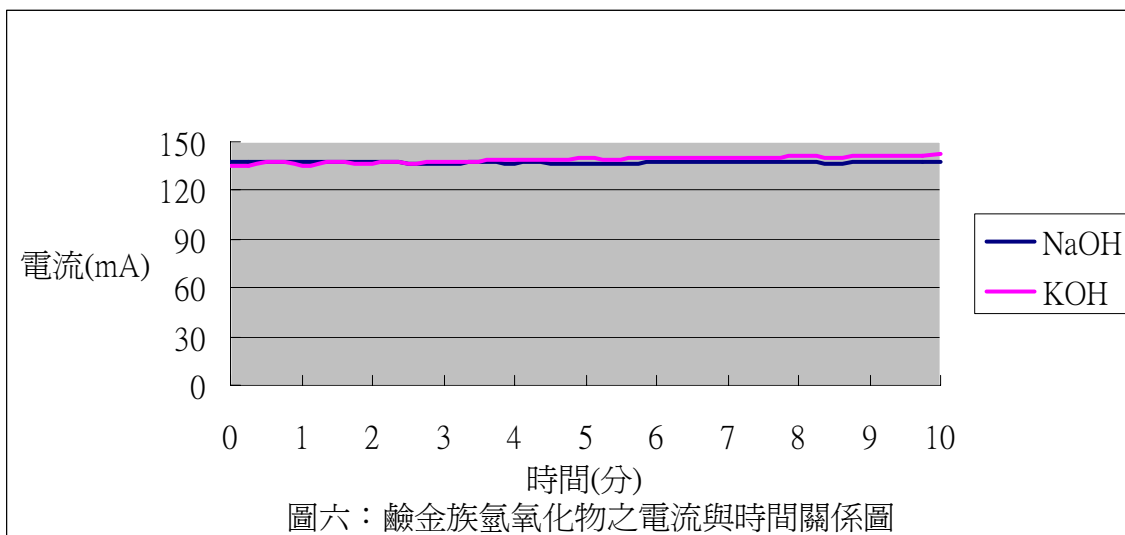


至於其餘電解質，其正、負離子扮演導電的角色，實際參與反應的則是水，正極產生氧氣，負極產生氫氣。氣體產生的速率取決於電解質導電度，導電度的優劣在本實驗中藉由所測量的電流大小來衡量，所測量的電流量大，意謂該電解質的導電度大，電流小，表示導電度小。

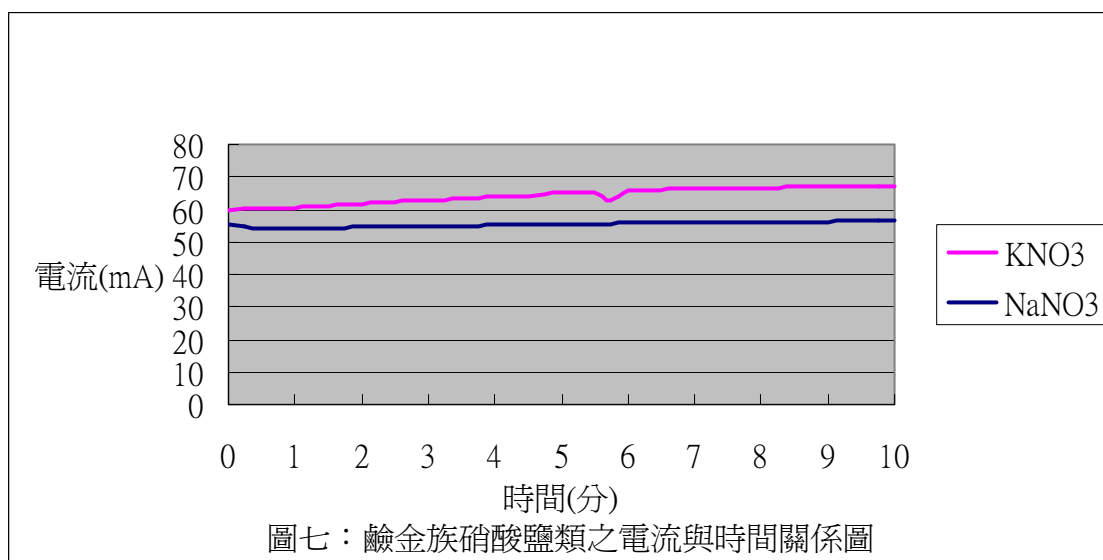
## 二、在電解時，不同電解質的電流大小

在本實驗中，就負離子而言，主要探討了氫氧化物、氯化物及硝酸鹽類等電解質；就正離子而言，主要探討了鹼金族中的鈉、鉀離子及鹼土金族離子；所以接下來的討論將依這幾個面向討論，但因為數據很多，實驗值呈現於本文附件中。

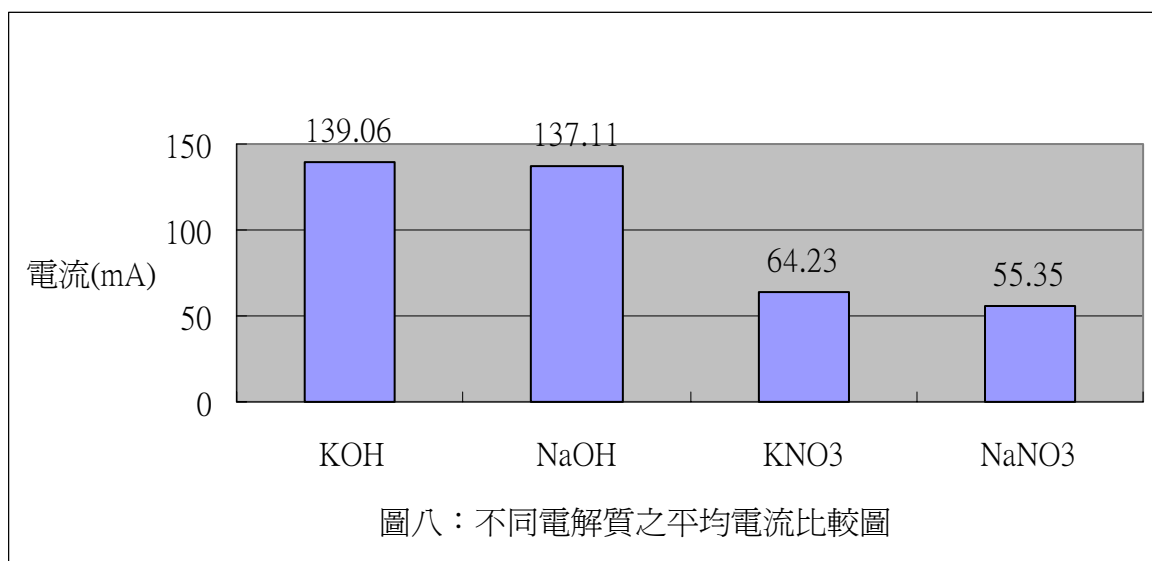
鹼金族鉀、鈉等氫氧化物之電流與時間關係如圖六，由關係圖中發現，氫氧化鈉（平均電流：137.11mA）和氫氧化鉀（平均電流：139.06 mA）的導電度相似，在電解的過程中，電流只有小幅度的變動，其原因可能為離子不規則地運動及電解水會解離出H<sup>+</sup>、OH<sup>-</sup>等離子影響電流的大小。



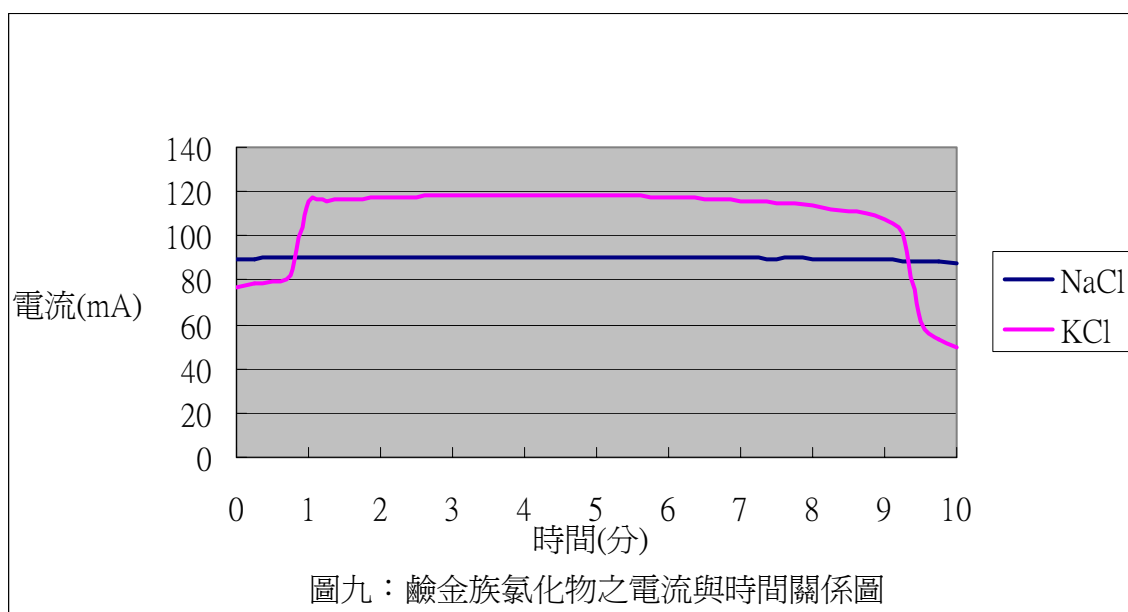
鹼金族鉀、鈉等硝酸鹽類之電流與時間關係如圖七，由關係圖中發現，硝酸鉀（平均電流：64.23 mA）比硝酸鈉（平均電流：55.35mA）的導電度稍佳，其原因可能為鉀離子和硝酸根離子的離子大小較相近，比較不會產生電荷不均現象，而降低離子的游動；另外由圖六、圖七相比較發現，氫氧化物的導電度優於硝酸鹽類，其主要的原因為氫氧化物解離後離子較小，擴散性及游動性佳，導電度也就較大；而硝酸根離子較大，擴散性及游動性較小，導電度便降低。並且由本實驗說明了為何課本在自製鋅銅電池的實驗中使用了硝酸鉀溶液當作鹽橋，而非硝酸鈉溶液。



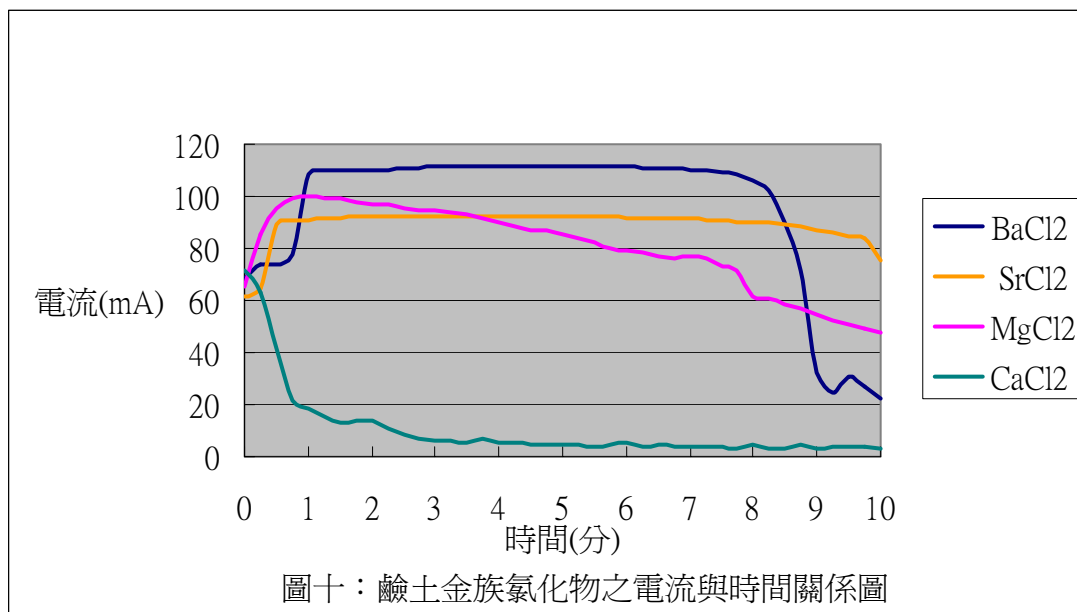
綜合上述，比較氫氧化鉀、氫氧化鈉、硝酸鉀及硝酸鈉的平均電流大小如圖八



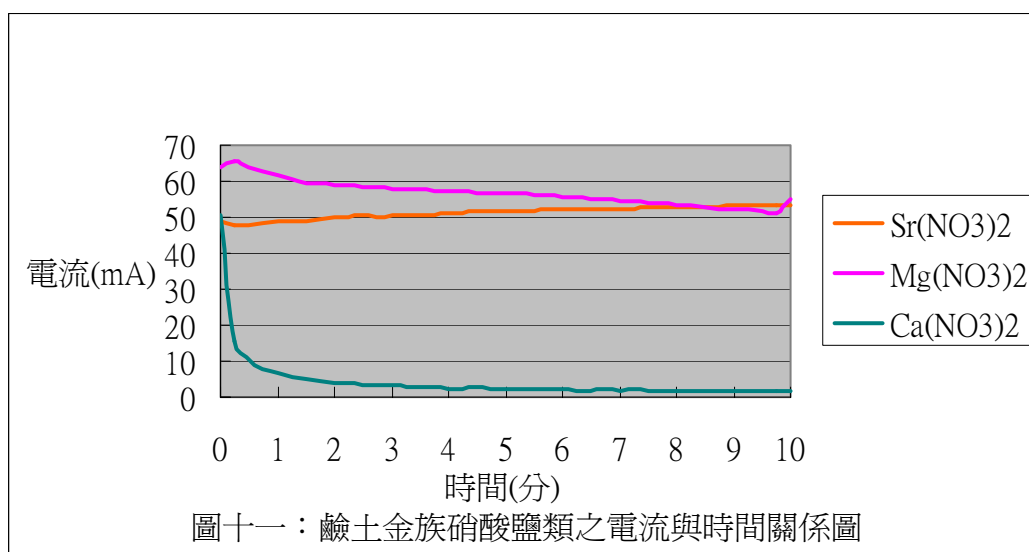
鉀、鈉等氯化物之電流與時間關係如圖九，氯化鈉的導電度依然高於氯化鉀。



鹼土金屬氯化物之電流與時間關係如圖十，由關係圖中發現，各種氯化物的電流大小波動很大，以氯化鈣及氯化鎂為電解質時，因為正極的針頭會參與反應導致腐蝕而斷裂，而負極會附著白色固體，所以電流變化很大；至於氯化鋇及氯化鋇則是因為正電極針頭腐蝕或斷裂而導致電流變小。

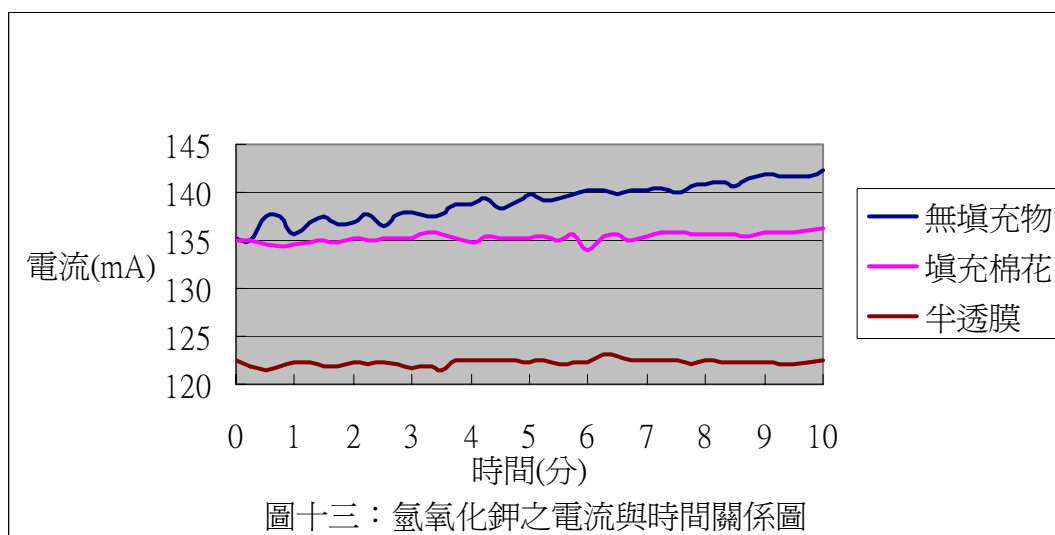
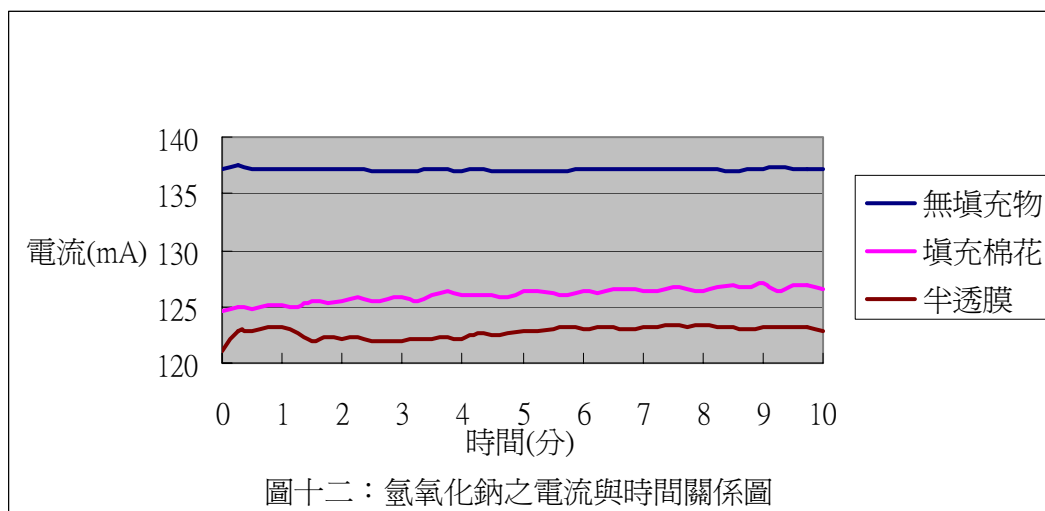


鹼土金族硝酸鹽類之電流與時間關係如圖十一，由圖中發現，其情形和氯化物相似，只不過電流略小於氯化物；另外，除了硝酸鈣的電流依然急劇變化，硝酸銹和硝酸鎂的電流變化較小，主要是電極未發生腐蝕，維持良導體狀態。

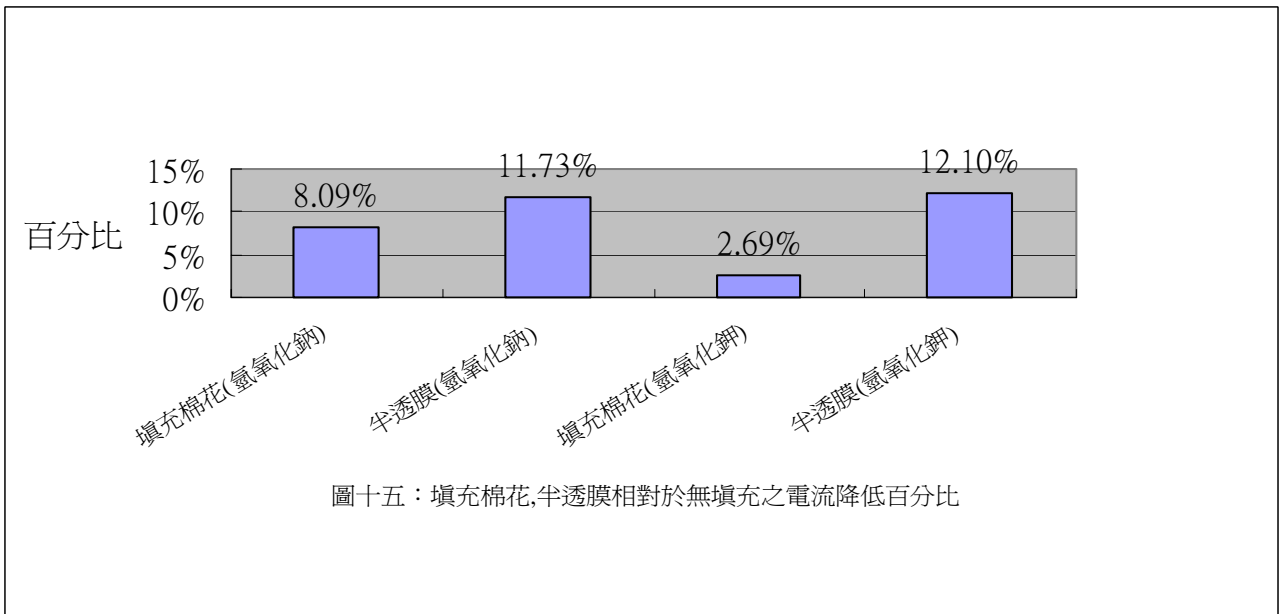
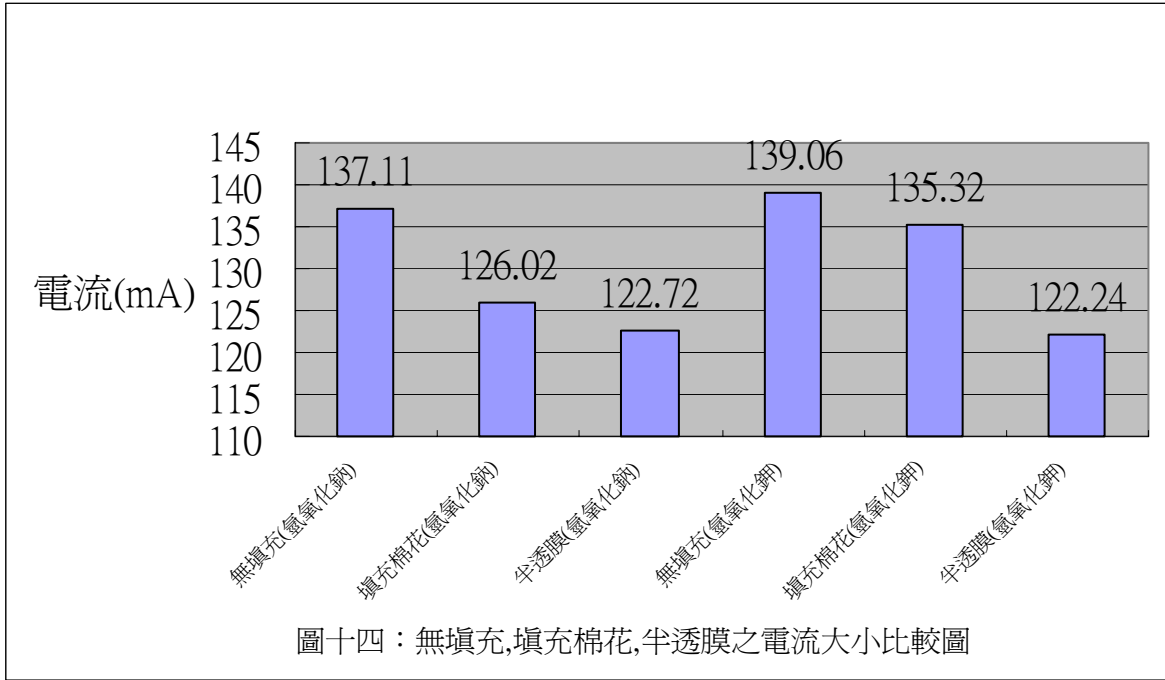


### 三、氫氧化鈉及氫氧化鉀因棉花及半透膜而影響導電之情形

氫氧化鈉、氫氧化鉀在兩電極間無填充任何物質及在兩電極間填充了棉花或是半透膜之電流與時間關係如圖十二、十三。

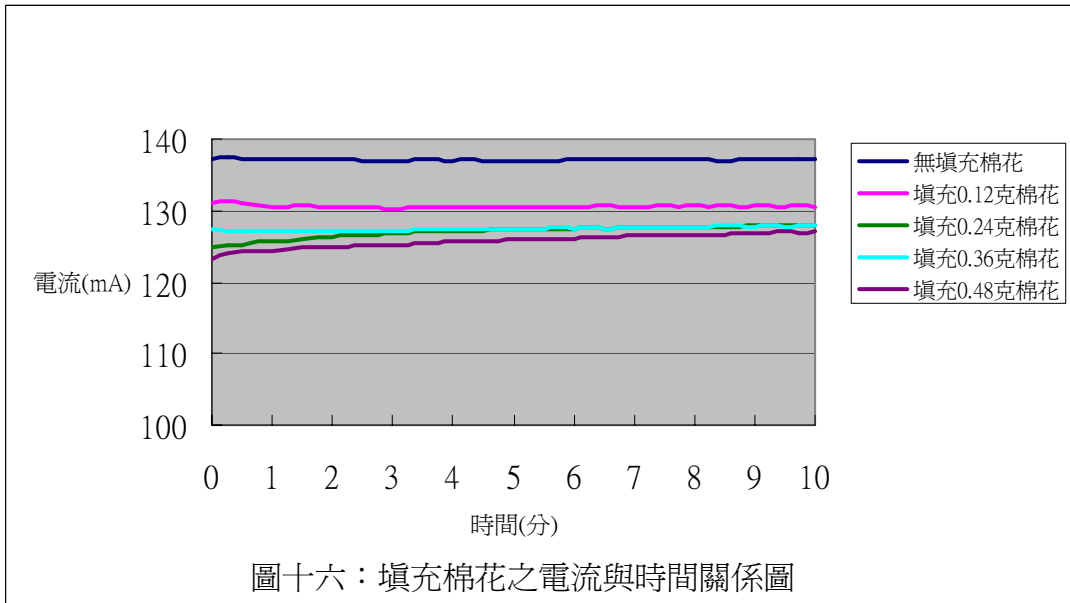


分別比較氫氧化鈉及氫氧化鉀在無填充、填充棉花及半透膜等三種狀況的電流大小，如圖十四，發現棉花及半透膜會造成導電度的降低，並進一步分析，填充棉花、半透膜時的電流大小相對於無填充時的電流大小，其電流降低的百分比如圖十五；填充棉花時，電流下降低於 10%；半透膜則略高於 10%，但二者的差別不太。

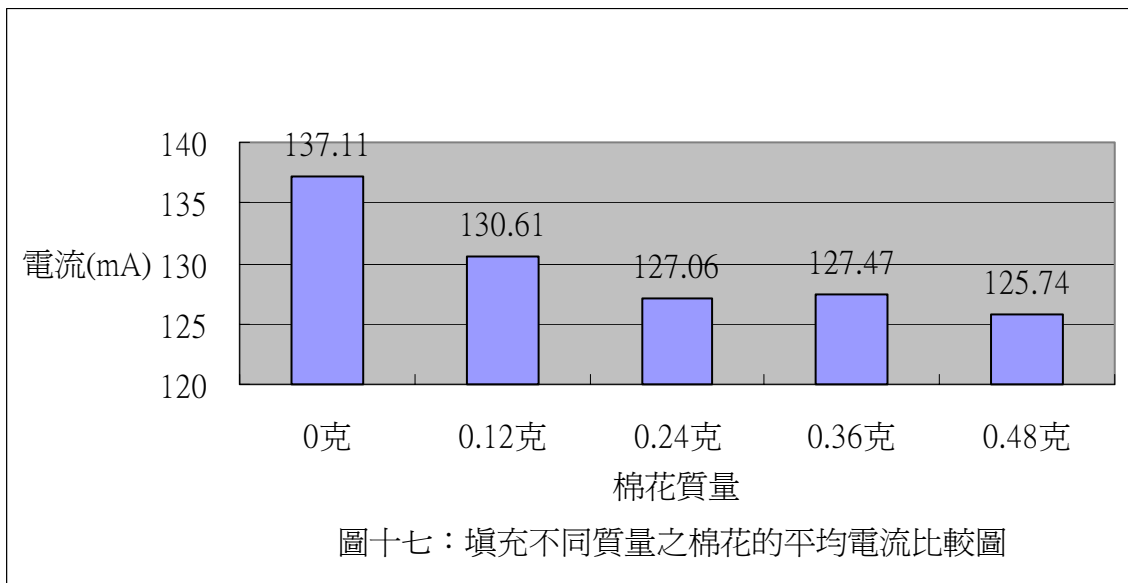


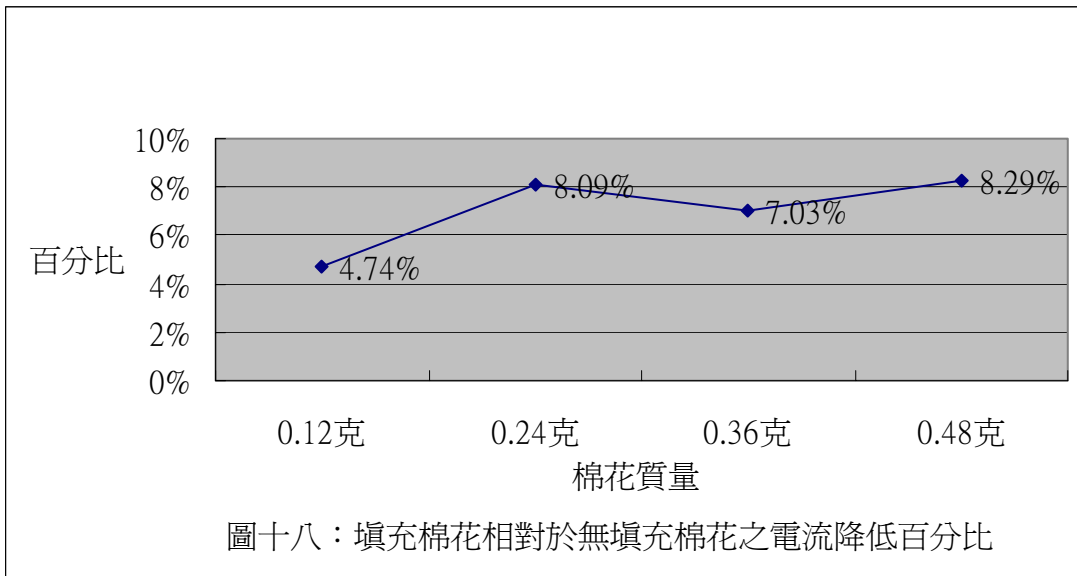
#### 四、填充棉花之疏密程度對於影響導電之情形

在固定容積的分隔間，填充不同質量的棉花，其電流與時間的關係如圖十六



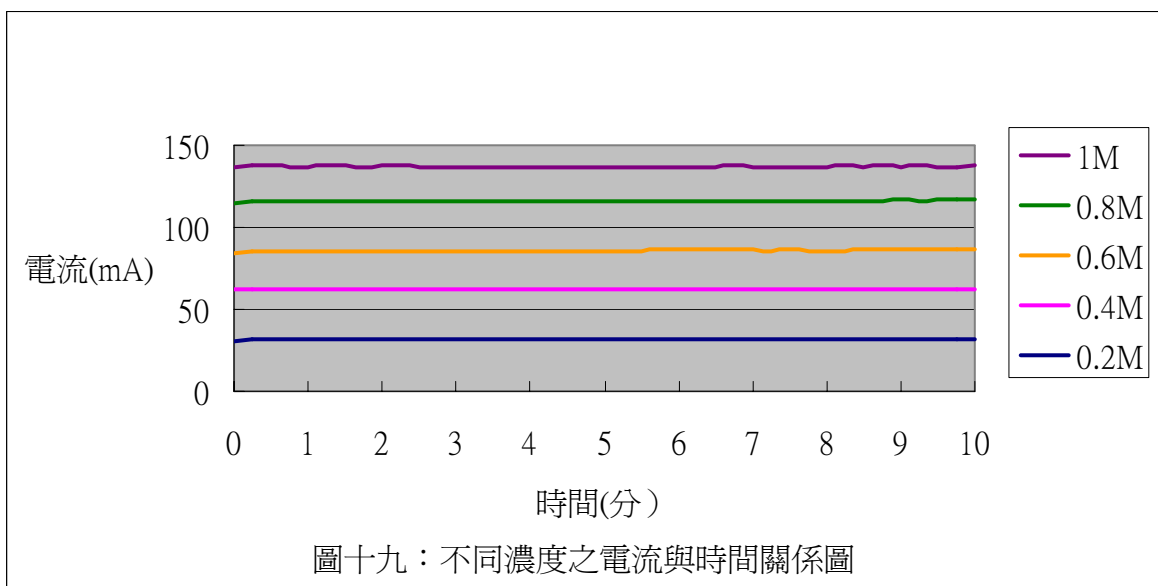
比較不同質量的棉花其平均電流大小，如圖十七，由圖中發現，填充的棉花愈多愈密，導電度有降低愈多的趨勢；進一步分析，填充棉花相對於無填充棉花之電流降低百分比如圖十八，其電流降低有愈來愈大的趨勢，但仍低於 10%





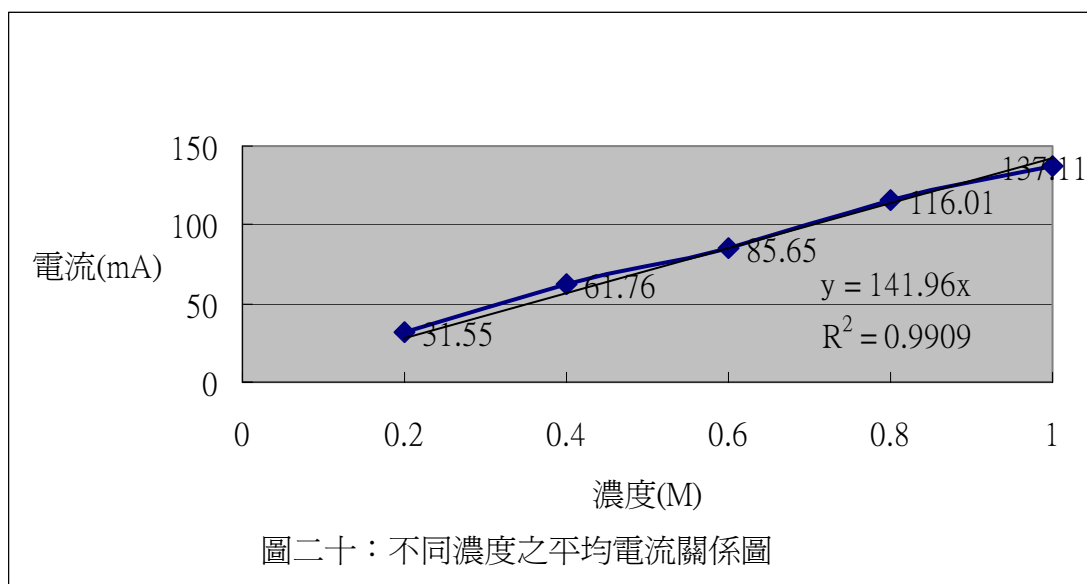
### 五、電解質濃度影響導電度之情形

分別測量不同濃度時電流大小，其電流與時間的關係如圖十九。濃度愈大，導電度愈大。

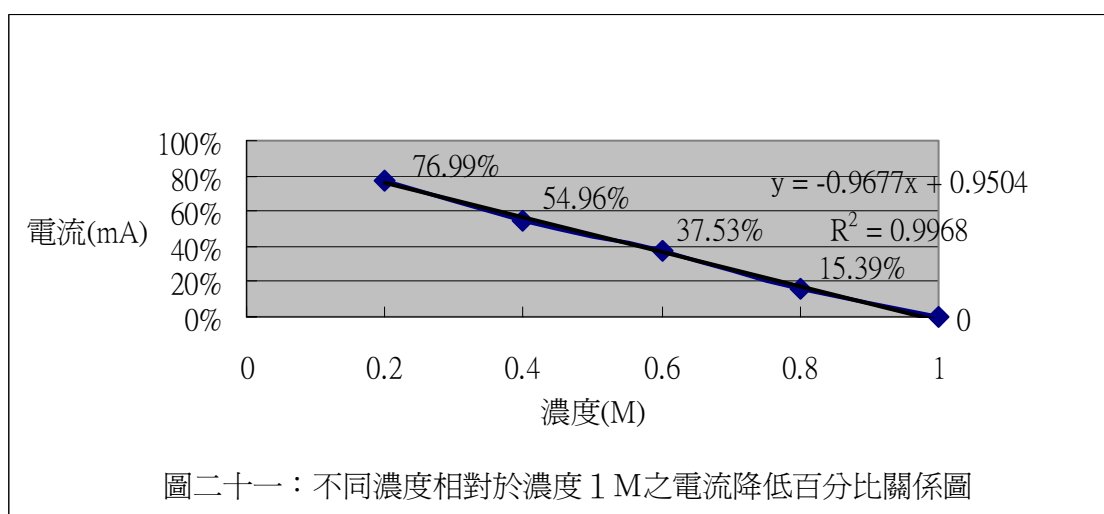


利用線性迴歸，探討濃度與電流大小的線性關係，得到  $Y(\text{電流})=141.96x(\text{濃度})$ ，如圖二十，換言之，濃度每增加 0.1M，電流大小會增加 14mA 左右，當然濃度超過 1M 時，並不宜過度推論，有待進一步研究探討。



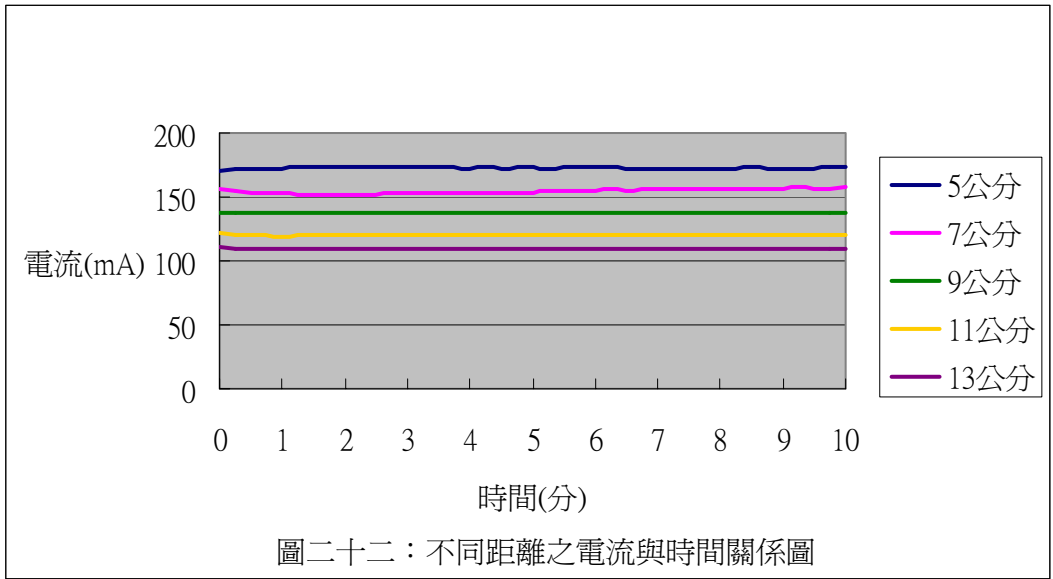


換另外一種方式討論，把各種濃度相對於濃度 1M 時之電流降低百分比作成如圖二十一之關係圖，並進一步線性分析，得到  $Y(\text{百分比}) = -0.9677X(\text{濃度}) + 0.9504$ ，也就是說，相對於濃度 1M，濃度每降低 0.1M，電流約略會降低 9.7%。

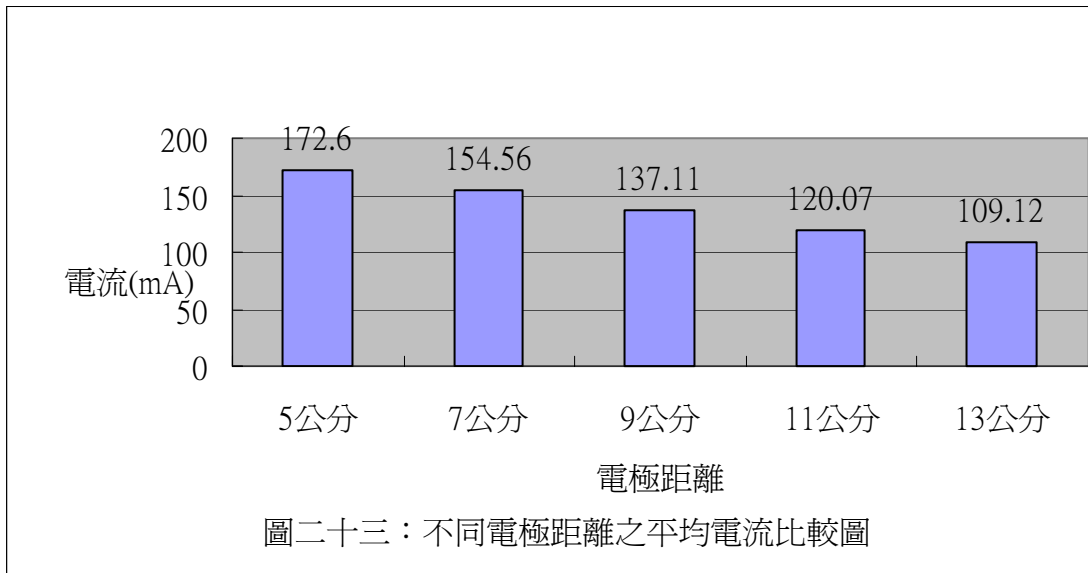


## 六、電極距離影響電解之情形

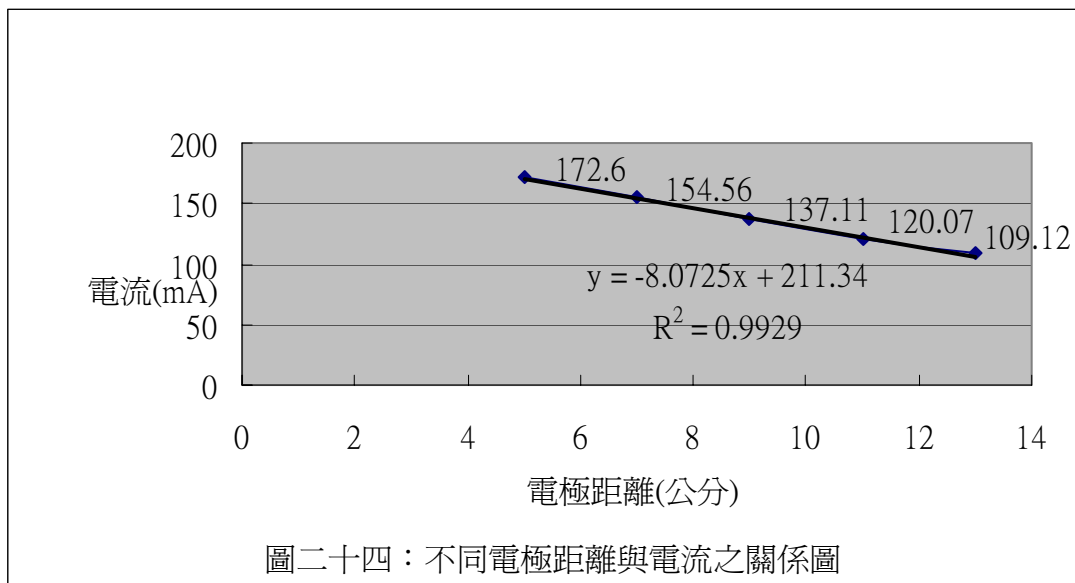
不同電極距離對於電流大小之影響如關係圖(圖二十二)，電極距離愈近，電流愈大，亦即電解質溶液所造成的電阻愈小，電解反應速率愈快。



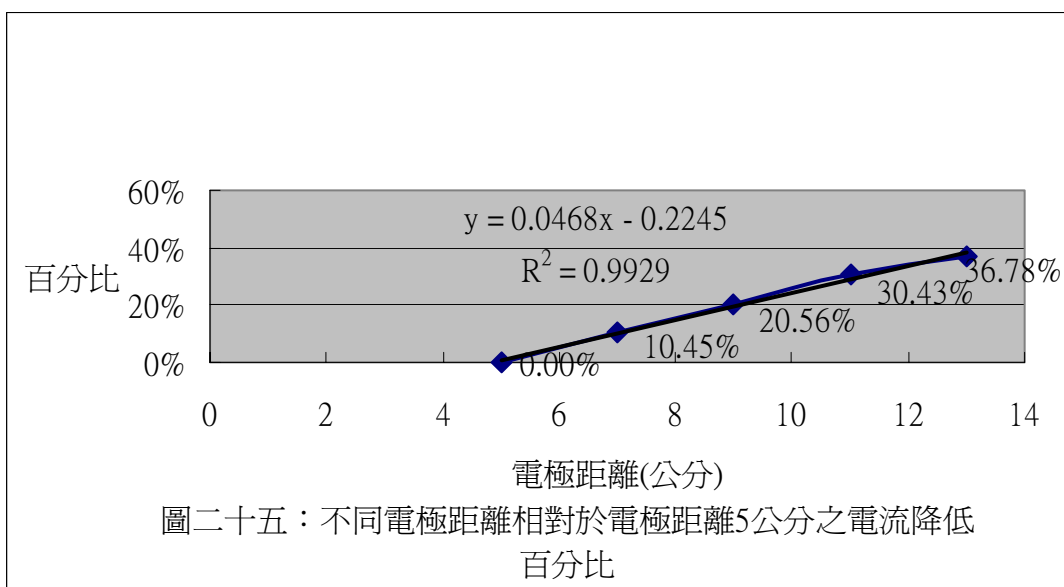
比較不同電極距離之平均電流，如圖二十三。



進一步線性迴歸分析，結果如關係圖(圖二十三)，得到  $Y(\text{電流}) = -8.0725X(\text{電極距離}) + 211.34$ ，也就是說，電極距離每增加 1cm，電流大小約略會降低 8mA。

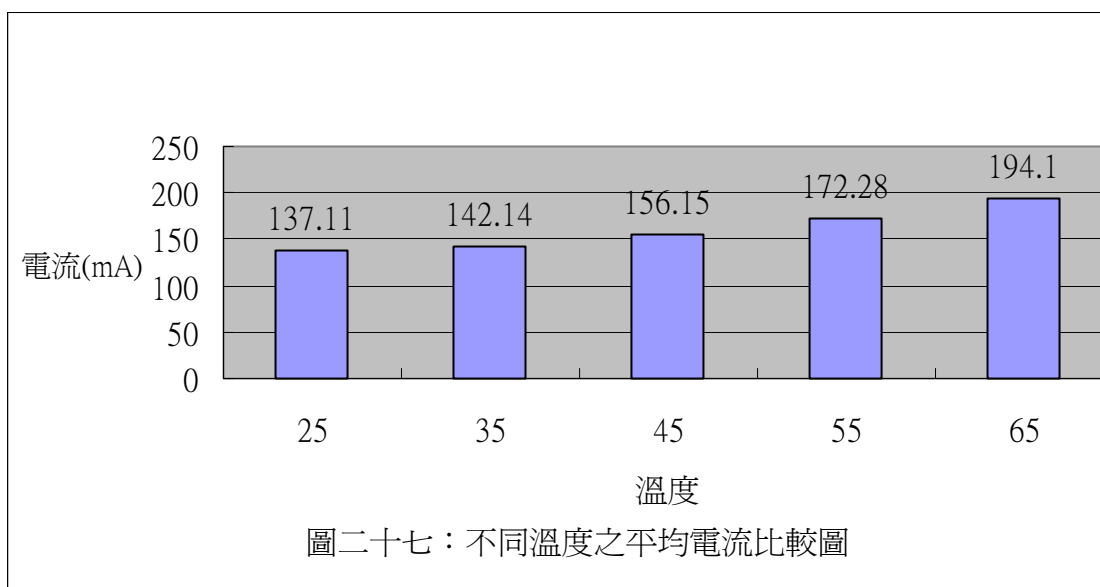
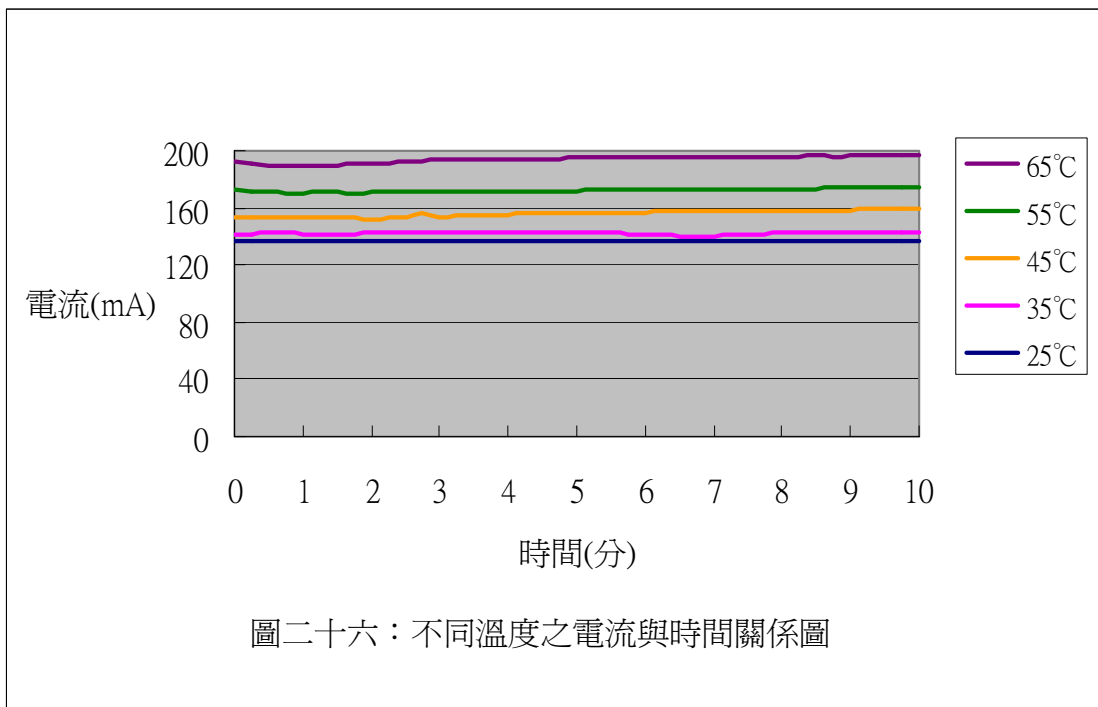


將各種電極距離相對於電極距離 5cm 所降低電流的百分比作成關係圖(圖二十五), 得到線性關係  $Y(\text{百分比})=0.0468X(\text{電極距離})-0.2245$ , 亦即電極距離每增加 1cm, 電流大小約略會降低 4.7%。

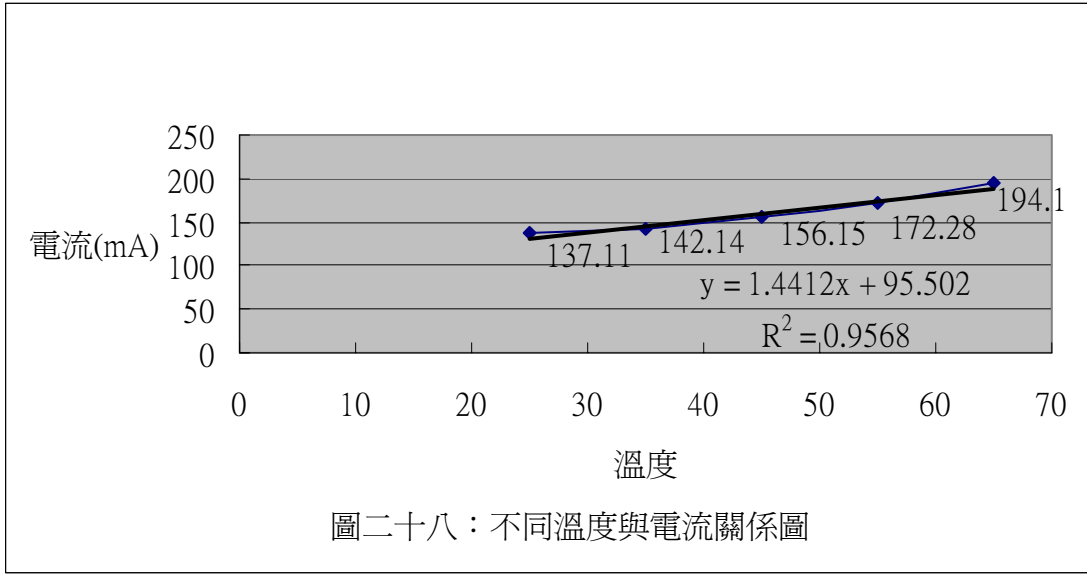


## 七、溫度影響電解之情形

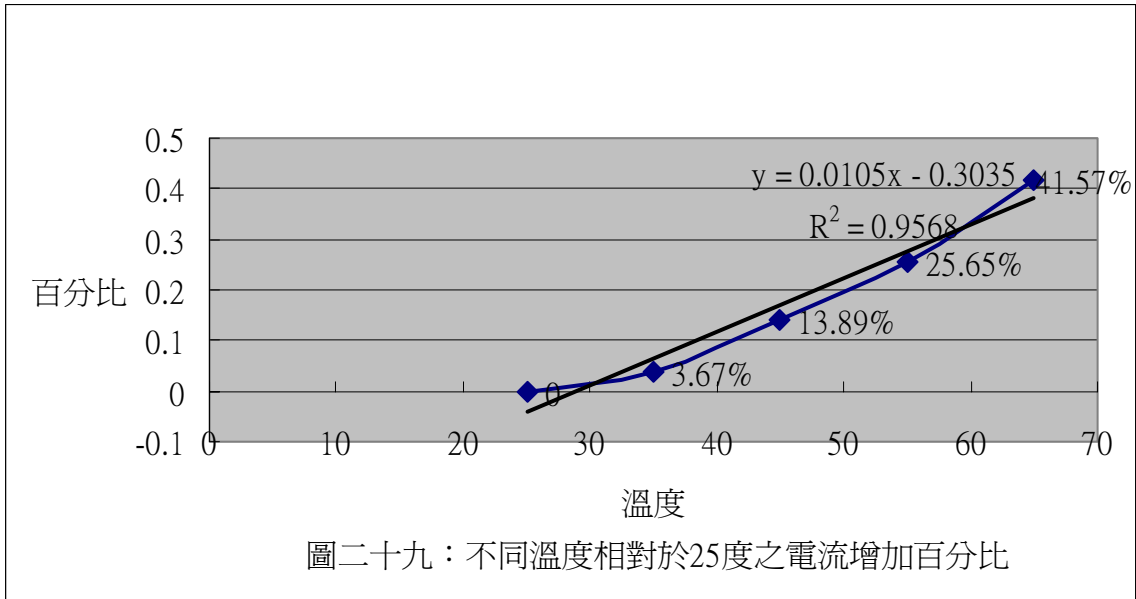
分別測量不同溫度時電流大小, 其電流與時間的關係如圖二十七, 比較不同溫度之平均電流如圖二十八, 發現溫度愈高, 導致電解質的導電度增加, 其原因為增加正、負離子的游動性。



進行線性迴歸，結果如圖二十八，得到  $Y(\text{電流})=1.4412X(\text{溫度})+95.502$ ，換言之，溫度每增加  $10^{\circ}\text{C}$ ，電流大小約略增加  $14.4\text{mA}$ 。



將各種溫度相對於 25°C 時所增加的電流百分比作成關係圖(圖二十九)，線性分析得到關係式， $Y(\text{百分比})=0.0105X(\text{溫度})-0.3035$ ，意謂溫度每上升 10°C，電流大小約增加 10%。



## 柒、結論

綜合上述討論，得到下列結論：

- 一、電解時，電解質的不同，造成了不同的電解反應，氫氧化鉀、氫氧化鈉導電效果佳，且鉀離子、鈉離子不會實際參與反應；至於含氯離子的電解質，氯離子會參與反應，在本實驗中並造成針頭電極參與電解反應；含鈣離子、鎂離子的電解質，則在負極會有白色固體產生，固體吸附在電極上，導致電極導電性大幅降低，不利電解的進行；另外離子較小的電解質，因離子擴散性、游動性較佳，導電效果較好。
- 二、棉花及半透膜的存在會造成導電度的降低，棉花導致導電降低度低於 10%，半透膜則高於 10%，因此藉由本實驗解答了心中部份的疑惑，在自製鋅銅電池中，鹽橋所填充的棉花，其鬆緊程度所造成導電度的改變並非很大，那麼為什麼觀察的電流大小會如此的小，其原因藉由本實驗或許可推論一二，電極距離每增加 1cm，電流則會降低 4.7%左右，鹽橋的長度假如增加 20cm，則電流大小便降低了 94%，電流降低幅度之大，當然導致鋅銅電池實驗所觀察的電流極小，因此第三十三屆全國科展中，利用洋菜膠、澱粉膠來取代鹽橋，第三十五屆全國科展則利用半透膜分隔溶液取代鹽橋，電流便會有明顯的提昇；另外鹽橋中所使用的  $\text{KNO}_3$ ，由於硝酸根離子的質量偏大，游動性差，導電效果較差，假如使用其他質量較小的電解質，如  $\text{KOH}$ ，對於觀察電流的增加應該有所幫助。
- 三、電解反應速率亦受到電解質濃度、溫度的影響，在本實驗中，濃度每升高 0.1M，導電性約略會提升 9.7%；溫度升高  $10^\circ\text{C}$ ，導電性會提高 10%左右，因此反應速率的提升，此二者可以加以考量。

## 捌、參考資料及其他

理化第三冊。第三版。臺北市。國立編譯館。P47-P51;P90-P94。民 92 年。

楊馥菱等四位(民 82 年)：鋅銅電池之探討及改良。中華民國第三十三屆中小學科學展覽優勝作品專輯。P35-P40。

劉美辰等三位(民 84 年)：鐵銅電池之探討及改良。中華民國第三十五屆中小學科學展覽優勝作品專輯。P27-P35。

洪曼馨(民 86 年)：浮沉子與擴散。中華民國第三十七屆中小學科學展覽優勝作品專輯。P27-P37。

	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C 棉花 0.24 克	1M 9cm 25°C 半透膜	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C 棉花 0.24 克	1M 9cm 25°C 半透膜
時間(分)	NaOH	NaOH	NaOH	KOH	KOH	KOH
0	137.1	124.6	121	135.2	135	122.6
0.25	137.5	124.9	122.8	135	134.9	121.8
0.5	137.2	124.7	122.8	137.6	134.5	121.5
0.75	137.1	125.1	123.1	137.6	134.4	121.8
1	137.1	125.1	123.1	135.6	134.6	122.2
1.25	137.2	124.9	122.7	136.9	134.8	122.3
1.5	137.2	125.5	122	137.6	135	121.8
1.75	137.1	125.3	122.3	136.6	134.8	121.8
2	137.2	125.4	122.1	136.9	135.2	122.2
2.25	137.2	125.8	122.3	137.8	135.1	122.1
2.5	137	125.4	122	136.4	135.3	122.3
2.75	137	125.7	122	137.7	135.2	122.1
3	137	125.8	121.9	138	135.3	121.7
3.25	137	125.4	122.2	137.5	135.8	121.8
3.5	137.1	126.1	122.2	137.8	135.6	121.5
3.75	137.1	126.3	122.3	138.7	135.2	122.6
4	137	126	122.2	138.8	134.8	122.5
4.25	137.1	126	122.6	139.3	135.5	122.6
4.5	137	126.1	122.5	138.4	135.2	122.6
4.75	137	125.9	122.7	138.9	135.2	122.5
5	137	126.3	122.9	139.8	135.3	122.3
5.25	137	126.3	122.8	139.2	135.4	122.4
5.5	137	126.2	123	139.4	135	122.1
5.75	137	126	123.2	139.8	135.7	122.2
6	137.1	126.3	123	140.2	134	122.2
6.25	137.1	126.2	123.1	140.3	135.5	123.1
6.5	137.1	126.6	123.1	139.7	135.6	122.9
6.75	137.2	126.5	123	140.2	135.1	122.4
7	137.1	126.4	123.1	140.2	135.4	122.4
7.25	137.1	126.3	123.1	140.4	135.9	122.5
7.5	137.1	126.7	123.3	140.1	135.8	122.5
7.75	137.1	126.6	123.2	140.6	135.7	122.1
8	137.1	126.3	123.3	140.9	135.6	122.5
8.25	137.2	126.7	123.1	141.1	135.6	122.3
8.5	137	126.9	123.1	140.6	135.7	122.2
8.75	137.2	126.7	123	141.5	135.4	122.2
9	137.1	127	123.1	141.9	135.9	122.3
9.25	137.3	126.4	123.2	141.6	135.9	122.1
9.5	137.1	126.9	123.2	141.6	135.8	122.1
9.75	137.1	126.9	123.1	141.6	136.1	122.3
10	137.2	126.5	122.8	142.3	136.3	122.4
平均電流	137.11	126.02	122.72	139.06	135.32	122.24

說明：例如 1M 9cm 25°C 代表濃度 1M，電極距離 9cm，溶液溫度 25°C，分隔閘無填充東西

例如 1M 9cm 25°C 半透膜 代表濃度 1M，電極距離 9cm，溶液溫度 25°C，分隔閘加附半透膜

例如 1M 9cm 25°C 棉花 0.24 克 代表濃度 1M，電極距離 9cm，溶液溫度 25°C，分隔閘填充棉花 0.24 克

	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C
時間(分)	NaCl	KCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>
0	89.6	76.6	65.3	71.4	61.7	68.6
0.25	89.8	78.9	85.5	62.9	64.6	73.6
0.5	89.9	79.9	95.7	41.6	89.1	74.1
0.75	90	82.2	99.3	21.3	90.6	77.8
1	90	115.5	100.2	18.4	91.1	108.4
1.25	90.2	115.6	99.5	15.1	91.5	109.7
1.5	90.3	116.2	98.9	13.3	91.8	109.9
1.75	90.4	116.8	98	13.6	92	109.8
2	90.5	117.3	97.2	13.6	92.2	109.8
2.25	90.6	117.6	96.8	10.7	92.1	110
2.5	90.7	117.8	95.4	8.3	92.1	110.5
2.75	90.7	118.1	94.8	7.1	92.1	110.9
3	90.7	118	94.3	6.2	92.2	111.2
3.25	90.6	118.1	93.8	5.9	92.3	111.2
3.5	90.7	118.3	92.9	5.7	92.3	111.3
3.75	90.7	118.3	91.9	6.8	92.3	111.4
4	90.6	118.3	90.1	5.2	92.3	111.7
4.25	90.5	118.3	88.3	5.1	92.2	111.7
4.5	90.5	118.1	87.3	4.8	92.2	111.7
4.75	90.5	117.9	86.7	4.6	92.1	111.8
5	90.2	118	85.3	4.8	92.1	111.5
5.25	90.2	117.9	84.1	4.5	92	111.7
5.5	90.2	117.9	82	4.2	92	111.5
5.75	90.2	117.8	80.2	4.3	92	111.5
6	90.4	117.6	79	5.2	91.8	111.4
6.25	90.3	117.2	78.4	4.2	91.7	110.9
6.5	90.4	116.9	77.1	4.5	91.8	110.7
6.75	90.4	116.3	76.4	4	91.5	110.5
7	90.1	115.8	76.9	3.7	91.2	110.1
7.25	90	115.2	75.9	3.6	90.7	109.8
7.5	89.7	114.8	73.3	3.6	90.7	109.5
7.75	89.9	114.3	71.6	3.4	90.3	108.4
8	89.7	113.8	61.5	4.8	90	106.5
8.25	89.4	112.1	60.4	3.3	89.8	102.2
8.5	89.4	111.2	58.7	3.4	89.4	90.3
8.75	89.3	110	56.6	4.7	88.6	71.9
9	89.1	107.5	55	3.4	87	32.2
9.25	88.7	101.3	52.2	3.9	85.8	24.3
9.5	88.2	61.2	50.5	3.6	84.7	30.4
9.75	88.1	53.5	49.1	3.6	84.1	26.8
10	87.8	50	47.4	3.2	75.2	22
平均電流						



	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C	1M 9cm 25°C 棉花 0.12 克
時間(分)	KNO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NaOH
0	59.9	55.1	63.9	50.7	48.8	131.1
0.25	60.2	54.7	65.5	15.4	47.6	131.2
0.5	60.3	54.1	63.9	10.3	47.6	131.1
0.75	60.5	54.1	62.8	7.7	48.5	130.7
1	60.5	54.2	61.7	6.4	49	130.6
1.25	60.7	54.3	60.7	5.5	48.9	130.5
1.5	61.2	54.3	59.7	4.9	49	130.7
1.75	61.5	54.4	59.5	4.4	49.5	130.5
2	61.8	54.5	58.9	4.1	49.8	130.6
2.25	62.3	54.6	58.7	3.9	49.8	130.6
2.5	62.4	54.6	58.3	3.5	50.4	130.5
2.75	62.6	54.7	58.2	3.3	50.2	130.4
3	62.8	54.8	58	3.2	50.5	130.3
3.25	63	54.9	57.8	2.9	50.6	130.5
3.5	63.3	54.9	57.7	2.8	50.7	130.4
3.75	63.3	55	57.5	2.7	50.8	130.4
4	63.8	55.1	57.3	2.5	51.2	130.4
4.25	64.1	55.1	57	2.4	51.2	130.5
4.5	64.3	55.2	56.8	2.6	51.4	130.4
4.75	64.7	55.3	56.9	2.4	51.4	130.5
5	65	55.4	56.6	2.3	51.7	130.5
5.25	65.2	55.4	56.4	2.2	51.5	130.4
5.5	65.4	55.5	56.2	2.2	51.9	130.5
5.75	62.5	55.5	55.9	2	52	130.5
6	65.6	55.7	55.7	2	52	130.6
6.25	65.9	55.7	55.6	1.9	52	130.6
6.5	66	55.8	55.2	1.9	52.3	130.7
6.75	66.2	55.8	55	2	52.4	130.6
7	66.4	55.9	54.6	1.9	52.4	130.6
7.25	66.5	55.9	54.4	2	52.5	130.5
7.5	66.5	56	54.1	1.8	52.8	130.7
7.75	66.5	56	53.8	1.7	52.7	130.6
8	66.5	56.1	53.5	1.7	52.7	130.9
8.25	66.6	56.1	53.3	1.7	52.9	130.6
8.5	67	56.2	53	1.8	52.9	130.7
8.75	67	56.3	52.5	1.7	53	130.6
9	67.1	56.3	52.3	1.6	53.2	130.7
9.25	67	56.4	52	1.6	53.2	130.7
9.5	67	56.4	51.5	1.6	53.4	130.6
9.75	67.3	56.5	51.2	1.5	53.3	130.8
10	67.1	56.5	54.9	1.5	53.4	130.6
平均電流	64.23	55.35				130.61

	1M 9cm 25°C 棉花 0.36 克	1M 9cm 25°C 棉花 0.48 克	0.2M 9cm 25°C	0.4M 9cm 25°C	0.6M 9cm 25°C	0.8M 9cm 25°C
時間(分)	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH
0	127.5	123.1	30.8	61.8	84.5	114.9
0.25	127.2	124.1	31.4	61.8	84.9	115.5
0.5	127.1	124.2	31.4	61.7	84.9	115.6
0.75	127.2	124.2	31.4	61.7	84.9	115.5
1	127.1	124.4	31.4	61.7	85	115.5
1.25	127.2	124.7	31.4	61.6	85.1	115.5
1.5	127.1	124.8	31.4	61.6	85.1	115.8
1.75	127.1	124.8	31.4	61.6	85.1	115.7
2	127.1	125	31.4	61.6	85.2	115.8
2.25	127.2	125	31.4	61.6	85.2	115.9
2.5	127.2	125.1	31.4	61.6	85.2	115.7
2.75	127.1	125.2	31.4	61.6	85.3	115.7
3	127.2	125.3	31.4	61.6	85.4	115.7
3.25	127.1	125.3	31.4	61.6	85.4	115.7
3.5	127.3	125.5	31.4	61.7	85.5	115.8
3.75	127.3	125.5	31.5	61.7	85.5	116
4	127.4	125.7	31.5	61.7	85.6	115.9
4.25	127.3	125.6	31.5	61.7	85.6	116.1
4.5	127.3	125.8	31.5	61.7	85.7	115.9
4.75	127.4	125.8	31.5	61.7	85.7	116
5	127.4	125.9	31.6	61.7	85.8	116.1
5.25	127.5	125.9	31.6	61.7	85.9	116.2
5.5	127.5	126	31.6	61.7	85.9	116.2
5.75	127.6	126.1	31.6	61.7	86	116.2
6	127.5	126.1	31.6	61.8	86	116.1
6.25	127.6	126.2	31.6	61.8	86.1	116.2
6.5	127.5	126.2	31.6	61.8	86.1	116.3
6.75	127.7	126.3	31.7	61.8	86.1	116.2
7	127.6	126.5	31.7	61.8	86	116.3
7.25	127.8	126.5	31.7	61.8	85.9	116.2
7.5	127.6	126.5	31.7	61.9	86	116.1
7.75	127.7	126.6	31.7	61.9	85.9	116.4
8	127.8	126.6	31.7	61.9	85.9	116.3
8.25	127.8	126.7	31.7	61.9	85.9	116.3
8.5	127.9	126.6	31.8	61.9	86	116.4
8.75	127.9	126.8	31.8	61.9	86	116.4
9	127.8	126.9	31.8	61.9	86	116.5
9.25	127.9	126.9	31.8	62	86.1	116.4
9.5	127.8	127	31.8	61.9	86.3	116.5
9.75	127.9	126.9	31.8	61.9	86.4	116.5
10	128	127	31.9	62	86.4	116.5
平均電流	127.47	125.74	31.55	61.76	85.65	116.01

	1M 5cm 25°C	1M 7cm 25°C	1M 11cm 25°C	1M 13cm 25°C	1M 9cm 35°C	1M 9cm 45°C
時間(分)	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH
0	171	156	121.2	110.3	141.3	153.3
0.25	171.9	154.7	120.7	109.7	142.1	153.7
0.5	172.5	153.5	120.4	109.4	142.5	153.8
0.75	172.4	153	120	109.3	142.5	153.7
1	172.5	152.4	119.5	109.1	140.9	153.9
1.25	172.7	152.1	119.8	109.1	140.9	153.7
1.5	172.9	152.2	119.8	109.1	141.1	153.7
1.75	172.9	152.1	119.6	109	141.2	153
2	173.1	152	119.6	109	142.5	152.5
2.25	172.7	151.9	119.6	109	142.8	153.3
2.5	173	152.3	119.7	108.9	142.8	153.3
2.75	172.8	152.6	119.9	108.9	143	155.7
3	172.9	152.9	119.8	109	142.9	154
3.25	173	153.1	119.8	108.9	142.9	154.4
3.5	172.8	153.2	119.8	109	142.9	154.9
3.75	173.2	153.5	119.9	109	143.1	155.1
4	172.6	153.5	120	108.9	142.8	155.3
4.25	173	153.6	120	109	143	155.7
4.5	172.5	153.6	120.1	109	143	156.2
4.75	173	153.8	120	109	142.9	156.5
5	172.7	153.9	120	109	142.6	156.8
5.25	172.6	154.5	120	109	142.7	156.8
5.5	172.8	154.5	120	109	142.5	157
5.75	172.9	154.7	120.1	109.1	142.1	157
6	172.7	155.3	120.2	109	141.8	157.1
6.25	173	155.5	120.1	109.1	140.8	157.4
6.5	172.3	155.3	120.1	109.1	140.3	157.5
6.75	172.2	155.7	120.1	109.1	140.1	157.8
7	172	155.9	120.1	109	140.4	157.4
7.25	172.4	156.1	120	109.1	141.5	157.9
7.5	172.5	156.3	120.2	109.1	141.3	158
7.75	172.1	156	120.3	109.2	141.3	158.2
8	172.4	156.2	120.2	109.1	142.2	158
8.25	172.6	156.4	120.3	109.1	142.5	158.5
8.5	172.7	156.5	120.3	109.2	142.5	158.5
8.75	172.1	156.8	120.2	109.2	142.3	158.6
9	172.6	156.9	120.3	109.2	142.3	158.6
9.25	172.6	157.1	120.3	109.3	142.5	158.7
9.5	172.5	157	120.3	109.2	142.7	158.8
9.75	172.7	157	120.2	109.2	143	158.9
10	172.7	157.2	120.2	109.2	143.2	159.1
平均電流	172.60	154.56	120.07	109.12	142.14	156.15

	1M 9cm 55°C	1M 9cm 65°C
時間(分)	NaOH	NaOH
0	172.5	193
0.25	171.4	190.6
0.5	170.8	189.6
0.75	170.6	190.1
1	170.6	189.5
1.25	170.8	190.1
1.5	171	189.4
1.75	170.6	191.6
2	170.8	191.5
2.25	170.8	191.4
2.5	170.9	192.6
2.75	171	193.2
3	171	193.5
3.25	171.2	193.5
3.5	171.1	194
3.75	171.2	194.2
4	171.5	194
4.25	171.7	194.4
4.5	172	194.7
4.75	172	194.6
5	172	194.8
5.25	172.4	194.9
5.5	172.5	195.1
5.75	172.8	195
6	173.1	195.1
6.25	173.2	195.5
6.5	173.2	195.5
6.75	173.2	195.6
7	173.5	196
7.25	173.3	195.8
7.5	173.4	195.7
7.75	173.6	195.9
8	173.6	196
8.25	173.6	196
8.5	173.6	196.3
8.75	173.8	196.2
9	173.8	196.3
9.25	173.7	196.3
9.5	173.9	196.8
9.75	174	196.8
10	173.9	197
平均電流	172.28	194.10

## 評語

030201 國中組化學科

電！電！電！--電解、電解質、電池相關問題之探討

可說已增加創意與創新，並待增加了解深度。