

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 化學科

040209

膜擬，行凍，創鋅

—自製半透膜代替鹽橋之果凍化新型鋅銅電池

學校名稱：新北市立新北高級中學

作者：  高一 郭睿驛  高一 蔡雨桐  高一 曾于芳	指導老師：  鍾曉蘭  黃韻容
---	-----------------------------

關鍵詞：半透膜鹽橋、果凍化電解液、自製半透膜

## 摘要

因具有鹽橋的鋅銅電池實驗上有電路較長、實驗成果較不明顯、資源浪費等問題，本研究探討各類取代方式以改進上述問題，以有鹽橋的鋅銅電池為對照組，實驗以各類半透膜（蛋膜、腸膜、硫酸紙、濾紙、玻璃紙、餐巾紙、不織布）取代鹽橋及果凍化電解液的電流電壓之變化；同時，也研究電極間距離、截面積，並討論果凍截面積對電池的影響。

本研究發現透過膠化效應能夠將濾紙變為硫酸紙，而硫酸紙結構改變，比濾紙有較佳實驗成果。在半透膜實驗上，發現腸膜、蛋膜及硫酸紙有離子交換通道，能使離子交換，除此之外，將電解液果凍化，可做為攜帶型的鋅銅電池，最後，可由半透膜及果凍化電解液取代鹽橋，具有更好的實驗結果，在教學展示能夠更為方便。

## 壹、 研究動機

以往做過的鋅銅電池實驗都是利用 U 型管內加入電解液(如：硝酸鉀溶液)作為鹽橋溝通硫酸銅和硫酸鋅。但是在實驗過程中，我們發現使用 U 型管作為鹽橋的鋅銅電池於實驗上有其不便之處，例如：管內液體容易噴濺出來、電路也較長、電流與電壓小觀察不易，對於老師教學演示不易。另外，使用燒杯盛裝硫酸銅與硫酸鋅溶液，用量非常大，會造成資源的浪費。

因此，我們開始去思考如何改進傳統鋅銅電池，在研究過程中，我們發現半透膜只隔一層膜就可以使離子穿透，且防水性佳，使用上又較為方便，可以嘗試取代傳統鹽橋，作為電解液中傳遞陰陽離子的途徑。另外，我們也試著將電解液果凍化，希望達到方便攜帶的目的。

## 貳、 研究目的

- 一、以不同材質半透膜代替鹽橋，並觀察鋅銅電池電流與電壓的變化。
- 二、改變電解液的濃度，並觀察鋅銅電池電流與電壓的變化。
- 三、將溶液果凍化，比較有無果凍化電池的電流與電壓的差別，並探究果凍化電池運用在生活的可行性。
- 四、改變電極距離、接觸面積，並觀察鋅銅電池電流與電壓的變化。
- 五、以最佳化的條件製成小型鋅銅電池模組，使其具有溶液不易撒出與攜帶方便的優點。

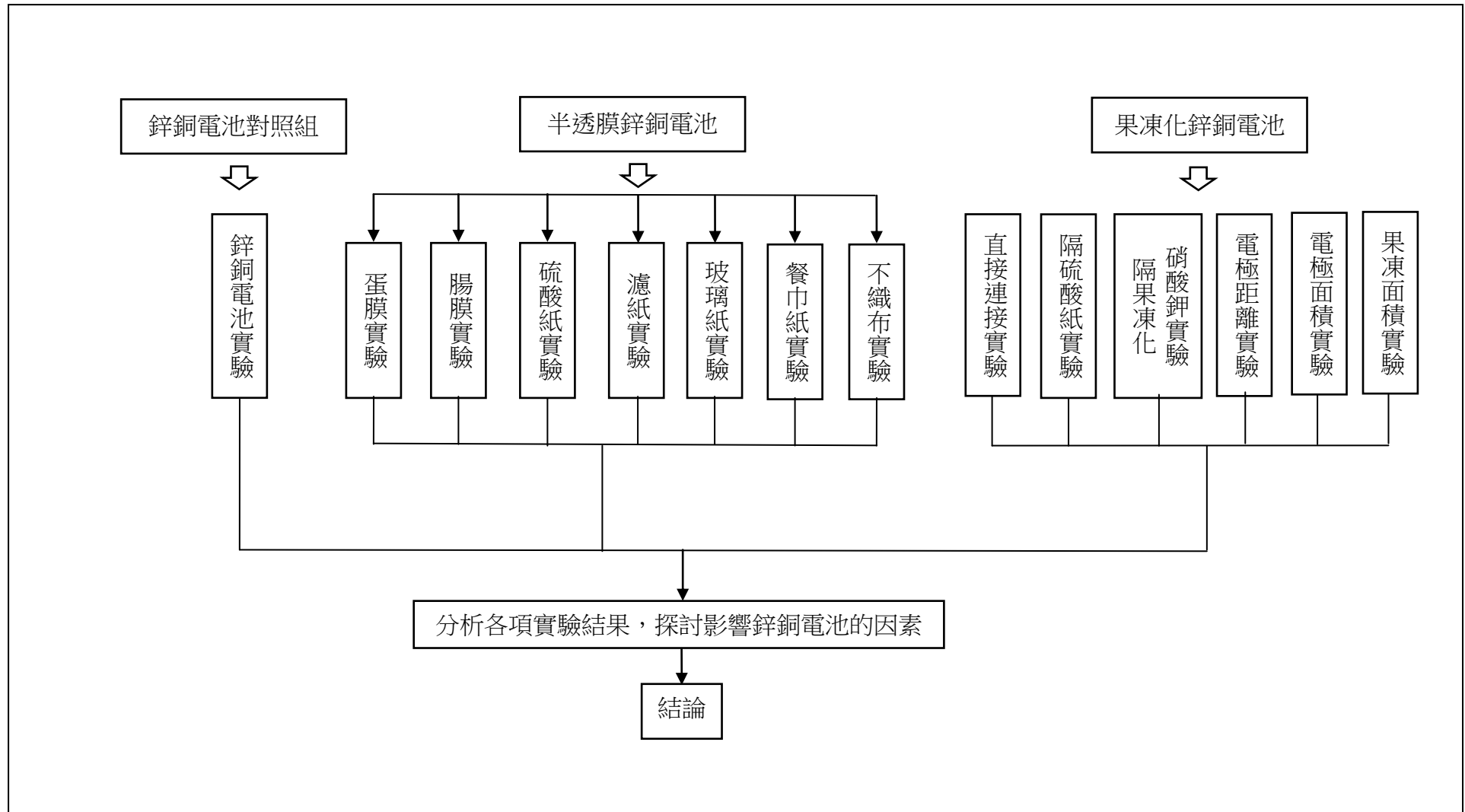
## 參、 研究設備及器材

表 3.1 本研究使用設備與器材

(一)基本電池使用器材	硫酸銅、硫酸鋅、銅片、鋅片、硝酸鉀、U 型管、棉花、三用電表、導線、燒杯
(二)半透膜(製作來源)	蛋(蛋膜)、米腸(腸膜)、濾紙、透明玻璃紙、餐巾紙、單片衛生棉外包裝(不織布)
(三)電池外殼製作	燕尾夾、刀片、手套、酒精燈、打火機、銼刀、飼養皿
(四)電解液果凍化	洋菜粉、紙盒、酒精燈、陶瓷纖維網、三角架、刀、玻片
(五)藥品	75%硫酸、氨水、鹽酸
(六)其他	剪刀、滴管、量筒、容量瓶、鑷子、玻棒、漏斗、老虎鉗、尺、計時器、培養皿、溫度計

# 肆、研究方法與過程

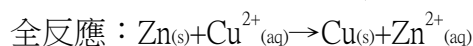
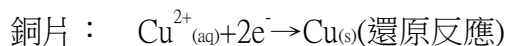
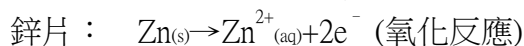
## 一、研究流程



## 二、文獻探討

鋅銅電池運作原理：負極的鋅片(Zn)會失去電子而形成鋅離子( $Zn^{2+}$ )，溶解在燒杯的  $ZnSO_4$ ，同時電子( $e^-$ )會沿著導線移動至正極的銅片上形成電子流，硫酸銅溶液( $CuSO_4$ )中的銅離子( $Cu^{2+}$ )得到電子還原成銅，附著在銅片上。鹽橋中的陽離子會移向負極(鋅片)，而陰離子則會移向正極，以溝通電路並維持溶液的電中性。反應會一直持續至反應達平衡時。

(一) 鋅銅電池的放電反應如下：

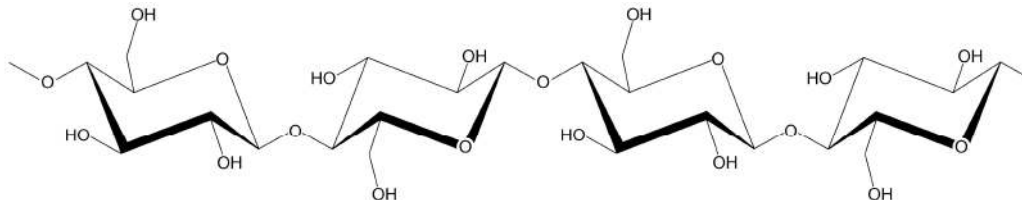


(二) 鹽橋的功能：

1. 溝通電路
2. 維持溶液的電中性
3. 當電池的橋樑。常以易解離的鹽類溶液當作鹽橋

(三) 半透膜(Semipermeable Membrane)是指一類可以讓小分子物質通過而大分子物質不能通過的薄膜總稱。大分子與小分子的界定依膜的種類不同而不同。

1. 濾紙(Filter Paper)是一種常見於化學實驗室的過濾工具，形狀大多是圓形，由棉質纖維製成，表面有無數小孔可供液體粒子通過，而體積較大的固體粒子則不能通過。這種性質可用來分離過濾液態及固態物質混合物。
2. 纖維素(Cellulose)是由 $\beta$ -葡萄糖聚合而成，結構如圖 4.1 所示，其能溶於濃硫酸並發生水解反應，將濾紙浸入已標定濃度的硫酸中，再以大量清水洗滌則可使黏稠層均勻地附在濾紙表面，使濾紙表面結構改變，可用於從事半透膜實驗，又因其顏色潔白，故被稱為羊皮紙或稱為硫酸紙。



▲ 圖 4.1 纖維素的結構

3. 玻璃紙(Cellophane)，又稱賽璐玢(Celluloid)。是一種是以棉漿、木漿等天然纖維為原料，用膠黏法製成的一種透明度高並有光澤的再生硝化纖維素薄膜。因此玻璃紙可作半透膜。

### 三、實驗設計

#### (一) 硫酸紙製作

1. 實驗器材：濾紙、75%硫酸、氨水、水、燒杯×3、培養皿×3、鑷子、計時器、剪刀、溫度計、玻璃棒、冰塊、手套
2. 實驗步驟：《注一》
  - (1) 將一張濾紙對折 2 次，攤開後沿折線剪成 4 片扇狀濾紙。
  - (2) 將 75%硫酸沿玻璃棒加入盛有蒸餾水的燒杯中，將硫酸溶液稀釋。
  - (3) 將盛有硫酸的燒杯隔水冷卻至 10 度《注二》。
  - (4) 將已冷卻硫酸倒入培養皿至一半培養皿高度（蓋過硫酸紙）。
  - (5) 將已事先剪好的濾紙使用鑷子夾起 1 片放入盛有硫酸的培養皿內靜置浸泡 30 秒，使用鑷子夾起（需避免濾紙重疊黏住）翻面後再靜置浸泡 30 秒。
  - (6) 使用鑷子將已在硫酸內浸泡 1 分鐘後的濾紙夾起，並放入乾燥培養皿使用大量蒸餾水沖洗濾紙雙面，將殘留於濾紙上的硫酸洗淨。
  - (7) 使用鑷子夾取已泡過硫酸並沖洗過的濾紙放入盛有蒸餾水的燒杯靜置浸泡 3 分鐘。
  - (8) 將氨水倒入另一個空燒杯。
  - (9) 使用鑷子將濾紙夾起放入盛有氨水的燒杯內，靜置浸泡 1 分鐘。
  - (10) 使用鑷子將浸泡於氨水 3 分鐘後的濾紙取出，再以大量蒸餾水沖洗，完成硫酸紙製程《注三》。

#### 《注》

注一：硫酸紙製作過程需全程戴上手套並於通風櫥內進行，所有器具於使用前皆需要使用蒸餾水清洗並使用紙巾擦拭乾，避免影響硫酸紙的製作及成品。

注二：硫酸加水會有放熱反應，所以溫度升高。

注三：硫酸紙製作完畢後液體不可直接倒入水槽需回收處理，不可隨意倒置。



▲ 圖 4.2 硫酸紙製作

(二) 製作測量半透膜時裝溶液的塑膠殼

1. 實驗器材：打火機、酒精燈、刀片、手套、飼養皿、銼刀、燕尾夾
2. 實驗步驟：
  - (1) 穿戴手套，拿刀片並將刀片加熱。
  - (2) 在塑膠殼上畫上一個  $3 \times 2.5 \text{cm}$  的方形。
  - (3) 拿著加熱過後的刀片慢慢沿著方形割下。
  - (4) 將兩個塑膠外殼接在一起，並用燕尾夾夾住。



▲ 圖 4.3 半透膜電池外殼

(三) 測量使用傳統鹽橋之鋅銅電池電流與電壓

1. 實驗器材：硫酸銅、硫酸鋅、銅片、鋅片、硝酸鉀、U 型管、棉花、三用電表、導線、燒杯。
2. 實驗步驟：
  - (1) 將已標定濃度的硫酸鋅、硫酸銅溶液各 20ml 倒進燒杯
  - (2) 將銅片放進硫酸銅，鋅片放進硫酸鋅
  - (3) 放入硝酸鉀溶液的 U 型管並與三用電表連接測量電流與電壓
  - (4) 以表格整理硫酸鋅及硫酸銅於不同濃度下的電流及電壓

《注》

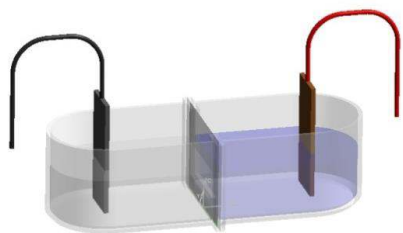
注一：U 型管中不能有空氣



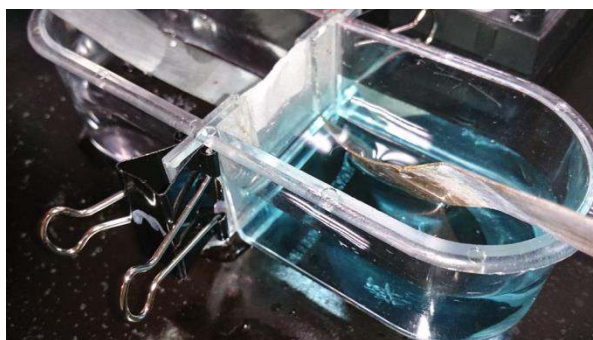
▲ 圖 4.4 傳統鋅銅電池示意圖

(四) 使用各種半透膜並改變電解液濃度之鋅銅電池電流與電壓：

1. 實驗器材：硫酸銅(1、0.75、0.5、0.25、0.1M)、硫酸鋅(1、0.75、0.5、0.25、0.1M)、銅片 7×1.5cm、鋅片 7×1.5cm、硝酸鉀、三用電表、導線、蛋(蛋膜)、米腸(腸膜)、硫酸紙、濾紙、透明玻璃紙、餐巾紙、單片衛生棉外包裝(不織布)。
2. 實驗步驟：
  - (1) 將生蛋的蛋白及蛋黃取出後蛋殼浸泡於稀鹽酸一段時間，再浸泡於氨水中，而後取出再以蒸餾水沖洗，完成蛋膜的製程。
  - (2) 將米腸的糯米擠出，腸膜剪開清洗，完成腸膜的製程。
  - (3) 分別使用蛋膜、腸膜、硫酸紙、濾紙、透明玻璃紙、餐巾紙、不織布實驗並測量電流和電壓。
  - (4) 以表格整理硫酸鋅及硫酸銅於不同濃度下的電流及電壓



▲ 圖 4.5 半透模型鋅銅電池示意圖



▲ 圖 4.6 半透膜型鋅銅電池

(五) 果凍化電解液：

1. 實驗器材：硫酸銅、硫酸鋅洋菜粉 6g×11、紙盒×11、酒精燈、陶瓷纖維網、三角架、刀
2. 實驗步驟：
  - (1) 方法一：將各濃度電解液直接與洋菜粉混合加熱
    - ①測量 300ml 各濃度電解液，加入錐形瓶《注一》，再將 6g 洋菜粉倒入。
    - ②將錐形瓶放於陶瓷纖維網上，再將玻片蓋至上面《注二》，加熱至沸騰。
    - ③取下後攪拌，延玻棒到入紙盒中《注三》，冷卻後放入冷藏。
  - (2) 方法二：先將水與洋菜粉混合加熱再加入電解液
    - ①接著使用同樣方式製作 0.5M、0.25M、0.1M 電解液果凍。
    - ②將錐形瓶中溶液加熱至沸騰。
    - ③攪拌後加入裝有電解液的紙盒，冷卻後放入冷藏。

表 4.1 電解液果凍化

液體 濃度	硫酸銅/硫酸鋅 皆 1M	硫酸銅/硫酸鋅 皆 0.75M	硫酸銅/硫酸鋅 皆 0.5M	硫酸銅/硫酸鋅 皆 0.25M	硫酸銅/硫酸鋅 皆 0.1M	硝酸鉀 0.5M
結果	失敗	失敗	成功	成功	成功	成功

《注》

注一：如果使用燒杯加熱，玻片蓋至上方，仍有空隙能使溶液蒸發，因此改用錐形瓶。

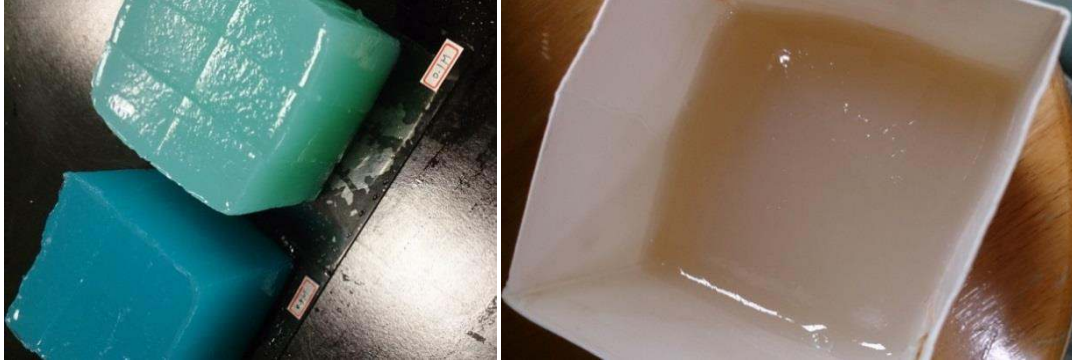
注二：使用玻片覆蓋，除了可避免溶液蒸發改變濃度，也可縮短加熱時間。

注三：模具使用飲料紙盒，較為環保，也可節省成本。





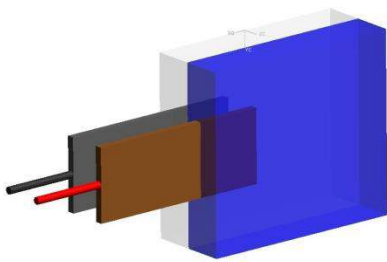
▲ 圖 4.7 電解液與洋菜粉混合加熱示意圖



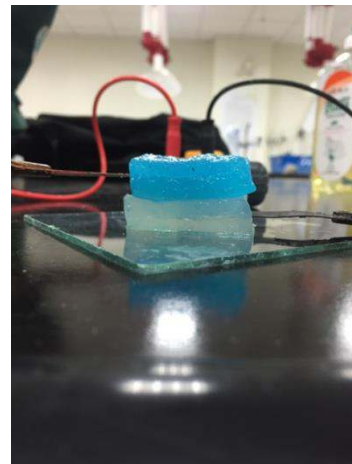
▲ 圖 4.8 果凍化電解液

(六) 果凍化電解液測電流與電壓

1. 實驗器材：銅片(7×1.5)、鋅片(7×1.5)、三用電表、導線、果凍化硫酸銅硫酸鋅(1、0.75、0.5、0.25、0.1M)、果凍化硝酸鉀(0.5M)、硝酸鉀、U 型管、棉花、硫酸紙、蛋膜
2. 實驗步驟：
  - (1) 將果凍化電解液切割成體積為 3×2.5×1cm，而 3×2.5cm 正為半透膜殼子的接觸面大小。
  - (2) 將不同濃度(1、0.75、0.5、0.25、0.1M)的果凍化硫酸銅及硫酸鋅以 3×2.5cm 的面連接，將銅片及鋅片由 2.5×1cm 的面插入，測量其電流與電壓。

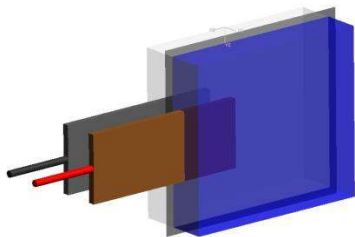


▲ 圖 4.9 電解液果凍直接連接示意圖



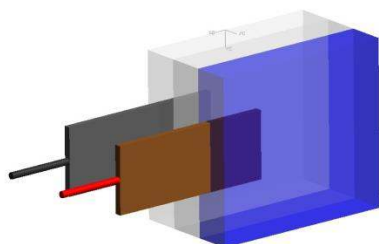
▲ 圖 4.10 電解液果凍直接連接

- (3) 將不同濃度(1、0.75、0.5、0.25、0.1M)的果凍化硫酸銅及硫酸鋅中間夾半透膜(硫酸紙)，測量其電流與電壓。



▲ 圖 4.11 電解液果凍以半透膜連接示意圖

- (4) 將不同濃度(1、0.75、0.5、0.25、0.1M)的果凍化硫酸銅及硫酸鋅中間夾果凍化的 0.5M 硝酸鉀，測量其電流與電壓。

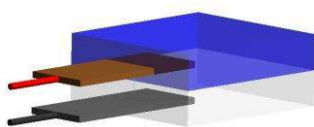


▲ 圖 4.12 電解液果凍以硝酸鉀果凍連接示意圖

- (5) 比較不同濃度的果凍化電解液及不同連接方式時的電流與電壓。  
(6) 比較以硫酸紙做為鹽橋的半透膜型鋅銅電池與以硫酸紙連接的果凍鋅銅電池的電壓、電流。

#### (七) 電解液果凍截面積實驗

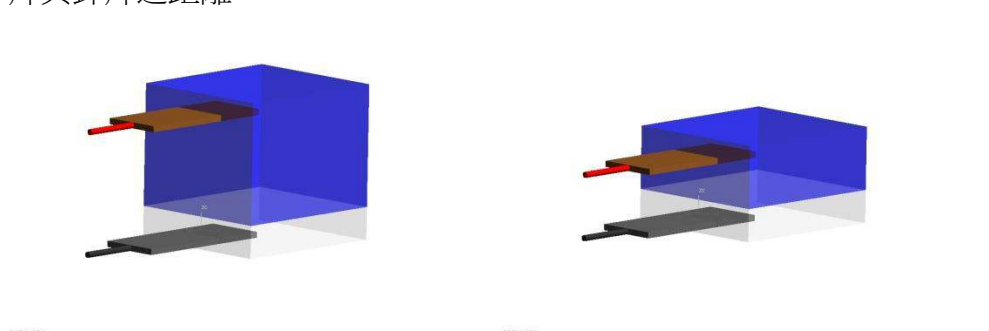
1. 實驗器材：銅片(7×1.5cm)、鋅片(7×1.5cm)、三用電表、導線、果凍化硫酸銅、硫酸鋅(0.5M)、硫酸紙。
2. 實驗步驟：
  - (1) 將 0.5M 的果凍化硫酸銅及硫酸鋅以 3×2.5cm 的面隔硫酸紙連接，再將銅片及鋅片由 2.5×1cm 的面插入，測量其電流與電壓。
  - (2) 將 0.5M 的果凍化硫酸銅及硫酸鋅以 3×3cm 的面隔硫酸紙連接，再將銅片及鋅片由 3×1cm 的面插入，測量其電流與電壓。
  - (3) 將 0.5M 果凍化硫酸銅及硫酸鋅以 4×4cm 的面隔硫酸紙連接，銅片及鋅片由另一個 4×1cm 的面插入，測量其電流與電壓。
  - (4) 比較果凍化電解液同為 0.5M 時，隔著半透膜、在不同截面積的情況下的電流與電壓差異。



▲ 圖 4.13 電解液果凍截面積實驗示意圖

(八) 果凍化電解液電極距離實驗

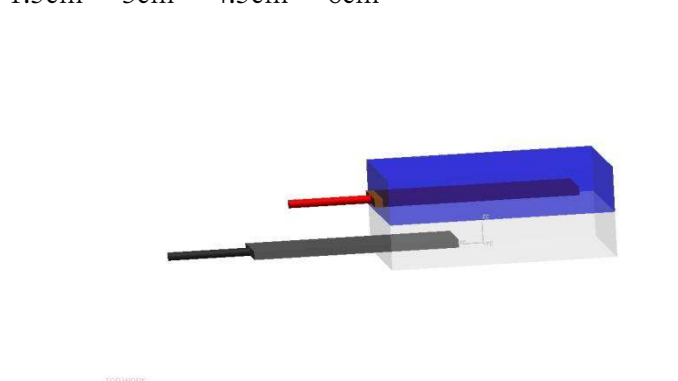
1. 實驗器材：銅片(7×1.5cm)、鋅片(7×1.5cm)、三用電表、導線、果凍化硫酸銅硫酸鋅(0.5M)、硫酸紙。
2. 實驗步驟：  
截面積皆為 4×4cm，固定厚度 1cm 的硫酸鋅在 0.5cm 處插入鋅片，改變銅片與鋅片之距離。



▲ 圖 4.14 果凍化電解液電極距離實驗示意圖

(九) 果凍化電解液鋅片銅片接觸面積實驗

1. 實驗器材：銅片(7×1.5cm)、鋅片(7×1.5cm)、三用電表、導線、果凍化硫酸銅硫酸鋅(0.5M)、硫酸紙。
2. 實驗步驟：  
截面積皆為 4×4cm，硫酸銅硫酸鋅皆為厚度 1cm 並在 0.5cm 插入鋅銅片，固定鋅片與硫酸鋅接觸面積為  $3\text{cm}^2$ ，分別改變銅片插入硫酸銅的面積為  $1.5\text{cm}^2$ 、 $3\text{cm}^2$ 、 $4.5\text{cm}^2$ 、 $6\text{cm}^2$ 。

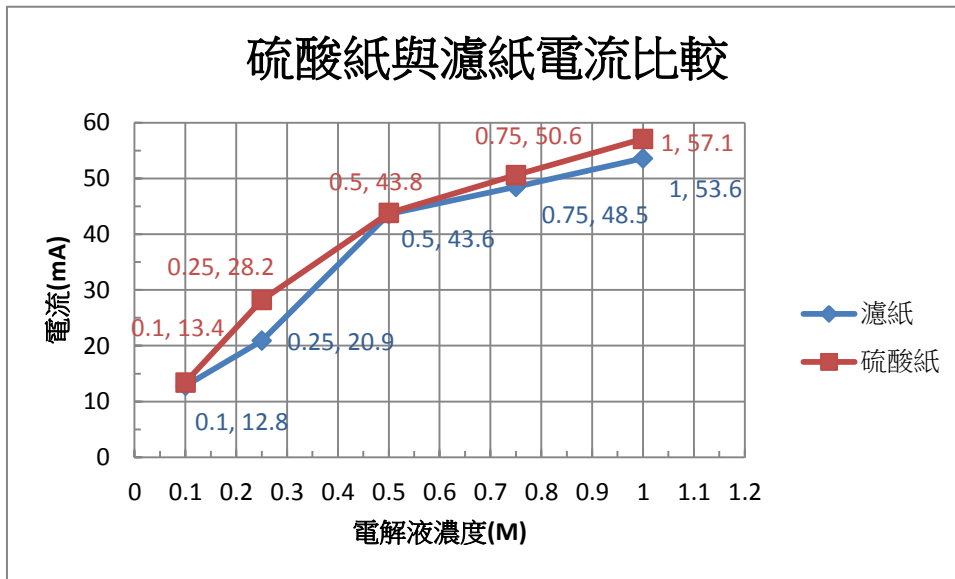


▲ 圖 4.15 果凍化電解液鋅片銅片接觸面積實驗示意圖

## 伍、 研究結果

一、硫酸紙製作：

- (一) 泡過硫酸的硫酸紙電流大於硫酸紙(見圖 5.1)
- (二) 硫酸紙可重複使用，且製作步驟簡易，成本極低，可以納入攜帶型鋅銅電池的考慮。



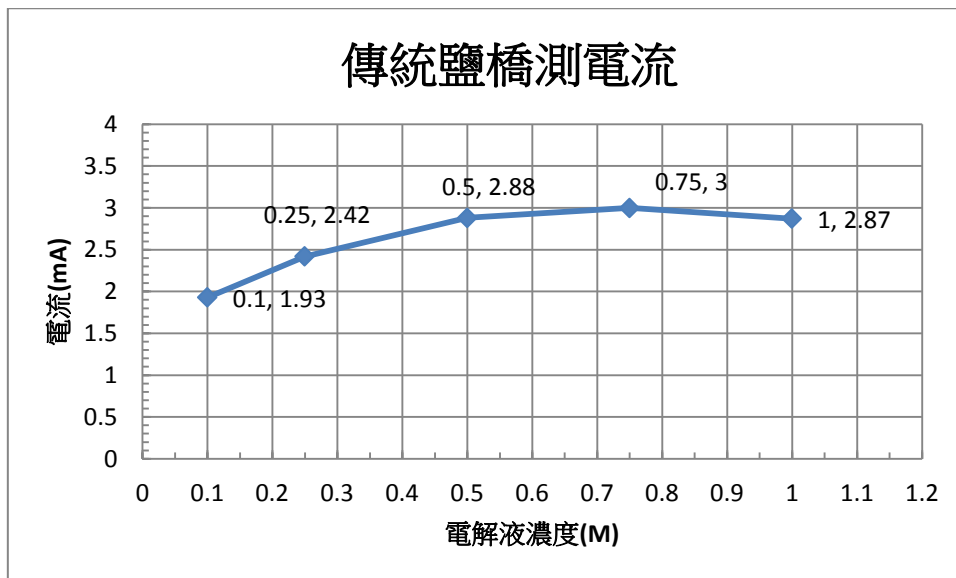
▲ 圖 5.1 濾紙與自製硫酸紙作為鋅銅電池半透膜之電流比較

二、使用鹽橋溝通電路並改變溶液濃度的電流與電壓：

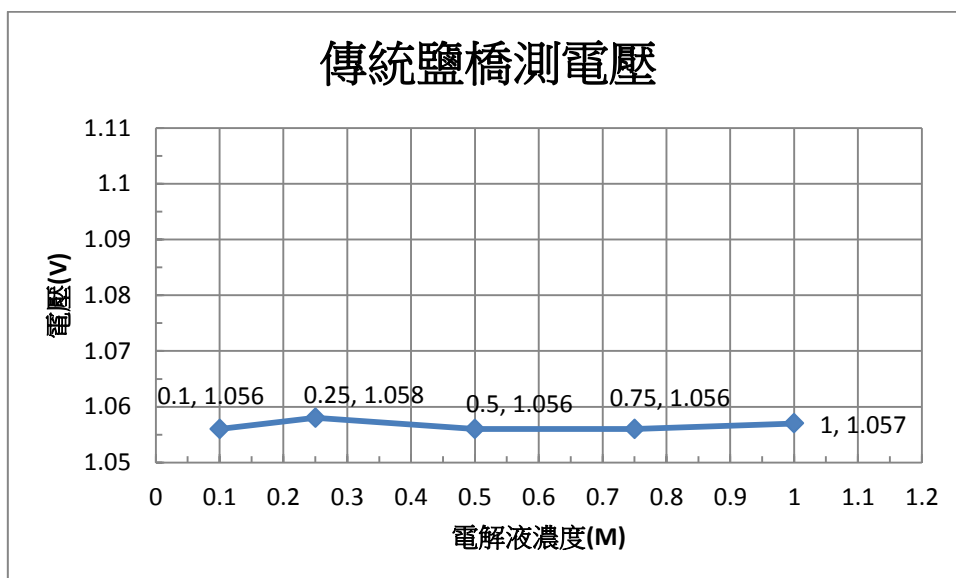
- (一) 使用傳統鹽橋溝通電路，電流與電壓會過小(表 5.1、圖 5.2 及圖 5.3)。
- (二) 傳統鹽橋的濃度容易改變也不易攜帶，需要進一步改進

表 5.1 以硝酸鉀溶液 U 型管為鹽橋在不同濃度電解液之電池的電流與電壓

硫酸銅 \ 硫酸鋅	電解液濃度 (M)					
	0.1M	0.25M	0.5M	0.75M	1M	
0.1M	電流(mA)	1.93	2.25	2.41	2.50	2.54
	電壓(V)	1.056	1.054	1.051	1.047	1.045
0.25M	電流(mA)	2.25	2.42	2.73	2.85	2.98
	電壓(V)	1.060	1.058	1.052	1.050	1.049
0.5M	電流(mA)	2.41	2.70	2.88	2.84	2.79
	電壓(V)	1.062	1.060	1.056	1.053	1.051
0.75M	電流(mA)	2.38	2.74	2.83	3.00	2.96
	電壓(V)	1.067	1.066	1.059	1.056	1.053
1M	電流(mA)	2.53	2.96	2.88	2.99	2.87
	電壓(V)	1.072	1.070	1.065	1.061	1.057



▲ 圖 5.2 以硝酸鉀溶液 U 型管為鹽橋在不同濃度電解液之電池的電流



▲ 圖 5.3 以硝酸鉀溶液 U 型管為鹽橋在不同濃度電解液之電池的電壓

三、使用不同半透膜並改變濃度的電流與電壓：

- (一) 蛋膜、腸膜、硫酸紙、餐巾紙的效果是最佳的，其實驗結果見表 5.2~表 5.8、圖 5.4。
- (二) 雖然餐巾紙的電流與電壓量亦有較佳的效果，但因餐巾紙容易破掉，兩邊溶液容易混合，在實際實驗操作上較困難；相對的，腸膜及硫酸紙效果較佳，取得方便亦可重複使用，於實際操作上可行性極高。
- (三) 由鹽橋為裝有硝酸鉀的 U 型管的實驗與半透膜實驗的電流電壓比較，有半透膜的效果較鹽橋佳。

表 5.2 蛋膜作為半透膜在不同濃度電解液之電池的電流與電壓

硫酸鋅 硫酸銅		0.1M	0.25M	0.5M	0.75M	1M
		0.1M	電流(mA)	12.8	18.2	21.4
	電壓(V)	1.074	1.071	1.067	1.064	1.061
0.25M	電流(mA)	18.8	25.8	33.8	36.1	32.7
	電壓(V)	1.078	1.076	1.071	1.065	1.063
0.5M	電流(mA)	20.7	31.4	42.7	49.4	47.5
	電壓(V)	1.083	1.080	1.076	1.071	1.065
0.75M	電流(mA)	25.2	35.8	42.9	54.2	50.9
	電壓(V)	1.085	1.082	1.068	1.075	1.068
1M	電流(mA)	24.4	38.3	46.1	54.4	54.6
	電壓(V)	1.087	1.084	1.079	1.076	1.072

表 5.3 腸膜作為半透膜在不同濃度電解液之電池的電流與電壓

硫酸鋅 硫酸銅		0.1M	0.25M	0.5M	0.75M	1M
		0.1M	電流(mA)	13.7	17.3	19.0
	電壓(V)	1.071	1.065	1.058	1.060	1.050
0.25M	電流(mA)	16.0	26.0	26.0	27.2	35.3
	電壓(V)	1.082	1.069	1.064	1.062	1.052
0.5M	電流(mA)	21.5	33.4	39.1	37.8	43.7
	電壓(V)	1.087	1.080	1.067	1.066	1.057
0.75M	電流(mA)	24.0	37.6	39.7	45.4	47.0
	電壓(V)	1.090	1.084	1.072	1.067	1.062
1M	電流(mA)	20.6	43.4	40.6	52.0	55.2
	電壓(V)	1.093	1.078	1.079	1.076	1.070

表 5.4 硫酸紙作為半透膜在不同濃度電解液之電池的電流與電壓

硫酸銅 \ 硫酸鋅		0.1M	0.25M	0.5M	0.75M	1M
	0.1M	電流(mA)	13.4	16.6	22.0	21.3
電壓(V)		1.087	1.079	1.078	1.076	1.071
0.25M	電流(mA)	17.7	28.2	30.5	34.1	37.0
	電壓(V)	1.090	1.094	1.086	1.082	1.078
0.5M	電流(mA)	18.9	31.9	43.8	49.6	49.3
	電壓(V)	1.103	1.096	1.091	1.090	1.083
0.75M	電流(mA)	22.6	34.4	45.0	50.6	53.7
	電壓(V)	1.100	1.101	1.095	1.092	1.084
1M	電流(mA)	22.1	36.6	45.3	54.5	57.1
	電壓(V)	1.104	1.107	1.097	1.094	1.090

表 5.5 濾紙作為半透膜在不同濃度電解液之電池的電流與電壓

硫酸銅 \ 硫酸鋅		0.1M	0.25M	0.5M	0.75M	1M
	0.1M	電流(mA)	12.8	16.5	20.4	21.9
電壓(V)		1.075	1.072	1.071	1.064	1.059
0.25M	電流(mA)	17.7	20.9	31.1	34.1	40.4
	電壓(V)	1.076	1.074	1.073	1.067	1.062
0.5M	電流(mA)	20.3	30.8	43.6	43.8	46.5
	電壓(V)	1.079	1.078	1.075	1.069	1.068
0.75M	電流(mA)	21.9	34.8	45.3	48.5	48.7
	電壓(V)	1.084	1.081	1.079	1.075	1.071
1M	電流(mA)	28.6	37.7	45.9	54.5	53.6
	電壓(V)	1.089	1.083	1.081	1.077	1.075

表 5.6 透明玻璃紙作為半透膜在不同濃度電解液之電池的電流與電壓

硫酸鋅 硫酸銅		0.1M	0.25M	0.5M	0.75M	1M
		0.1M	電流(mA)	0.1	0.1	0.2
	電壓(V)	1.085	1.081	1.077	1.073	1.069
0.25M	電流(mA)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
	電壓(V)	1.087	1.081	1.077	1.073	1.069
0.5M	電流(mA)	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4
	電壓(V)	1.087	1.086	1.083	1.080	1.075
0.75M	電流(mA)	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4
	電壓(V)	1.090	1.087	1.085	1.084	1.082
1M	電流(mA)	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4
	電壓(V)	1.092	1.090	1.088	1.086	1.085

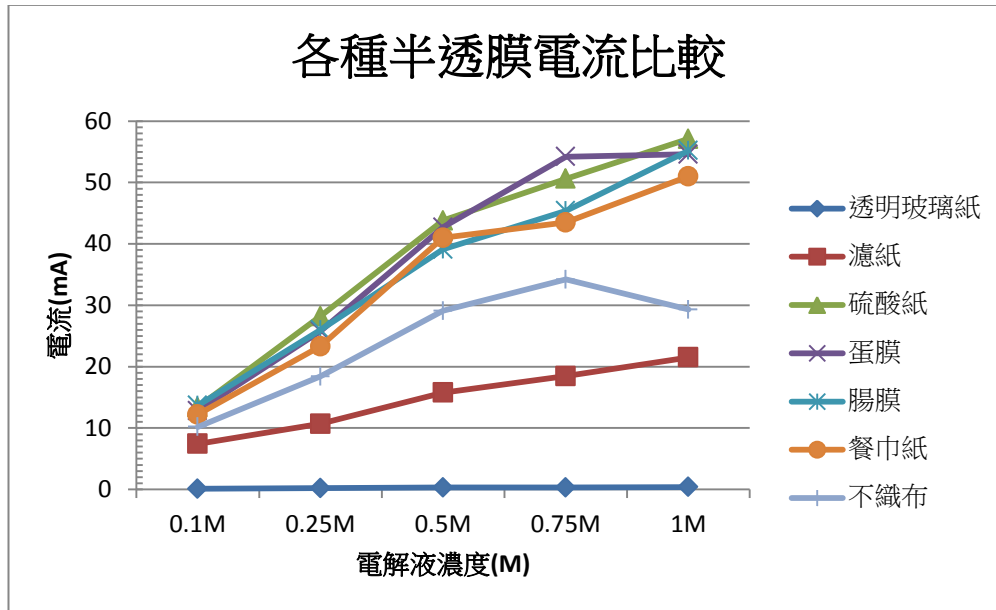
表 5.7 餐巾紙作為半透膜在不同濃度電解液之電池的電流與電壓

硫酸鋅 硫酸銅		0.1M	0.25M	0.5M	0.75M	1M
		0.1M	電流(mA)	12.2	14.8	21.3
	電壓(V)	1.091	1.082	1.078	1.072	1.067
0.25M	電流(mA)	16.4	23.3	30.2	34.3	31.5
	電壓(V)	1.098	1.089	1.084	1.079	1.073
0.5M	電流(mA)	19.9	28.6	41.0	35.5	46.0
	電壓(V)	1.102	1.094	1.093	1.085	1.081
0.75M	電流(mA)	20.5	36.4	44.8	43.5	47.0
	電壓(V)	1.103	1.095	1.095	1.090	1.087
1M	電流(mA)	21.7	40.9	48.5	49.4	51.0
	電壓(V)	1.103	1.097	1.095	1.091	1.093

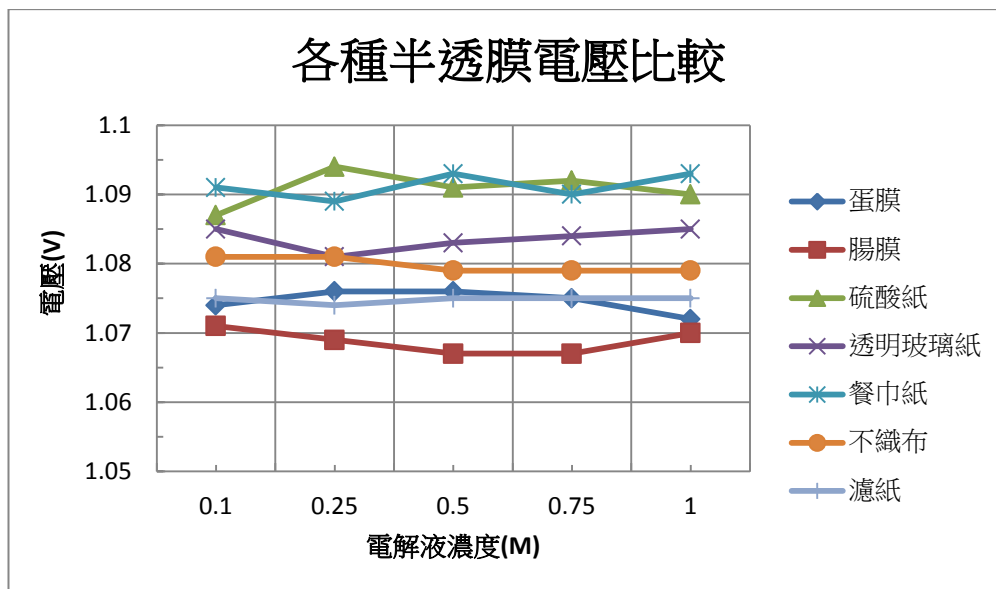


表 5.8 不織布作為半透膜在不同濃度電解液之電池的電流與電壓

硫酸鋅 硫酸銅		0.1M	0.25M	0.5M	0.75M	1M
0.1M	電流(mA)	10.2	14.8	13.2	15.5	15.1
	電壓(V)	1.081	1.077	1.073	1.072	1.067
0.25M	電流(mA)	14.5	18.4	22.3	23.1	26.7
	電壓(V)	1.084	1.081	1.077	1.075	1.069
0.5M	電流(mA)	16.9	31.0	29.1	31.6	33.0
	電壓(V)	1.087	1.083	1.079	1.076	1.072
0.75M	電流(mA)	17.1	29.0	31.8	34.2	36.2
	電壓(V)	1.088	1.085	1.084	1.079	1.076
1M	電流(mA)	18.6	32.1	36.0	35.8	29.3
	電壓(V)	1.092	1.087	1.085	1.083	1.079



▲ 圖 5.4 改變半透膜作為鹽橋不同濃度電解液之電流與電流比較



▲ 圖 5.5 改變半透膜作為鹽橋不同濃度電解液之電流與電壓比較

四、果凍化電解液測電流與電壓：

表 5.9 直接連接之電流與電壓

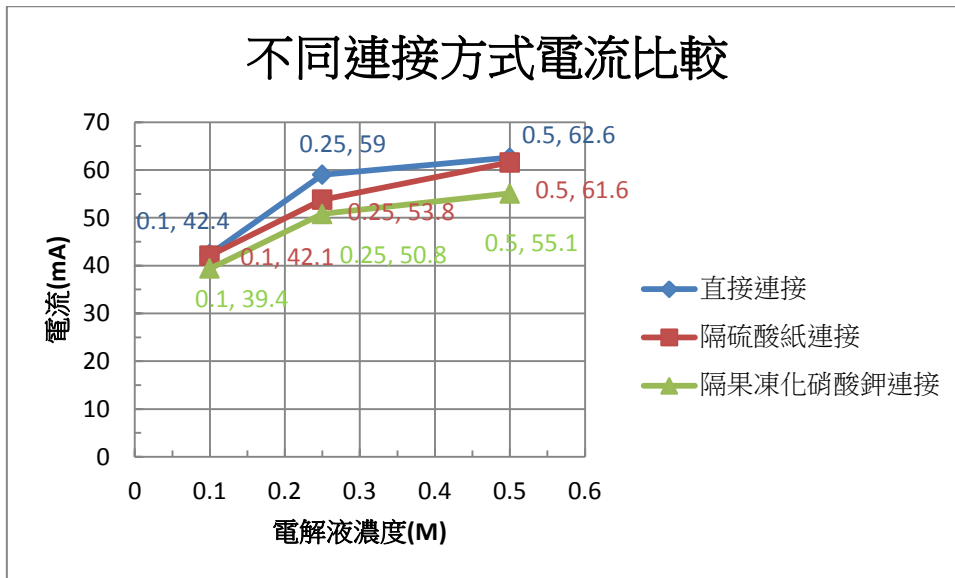
硫酸銅 \ 硫酸鋅		0.1M	0.25M	0.5M
		0.1M	電流(mA)	42.4
	電壓(V)	1.078	1.070	1.067
0.25M	電流(mA)	48.5	59.0	61.7
	電壓(V)	1.083	1.078	1.074
0.5M	電流(mA)	49.9	56.7	62.6
	電壓(V)	1.088	1.085	1.078

表 5.10 隔硫酸紙連接之電流與電壓

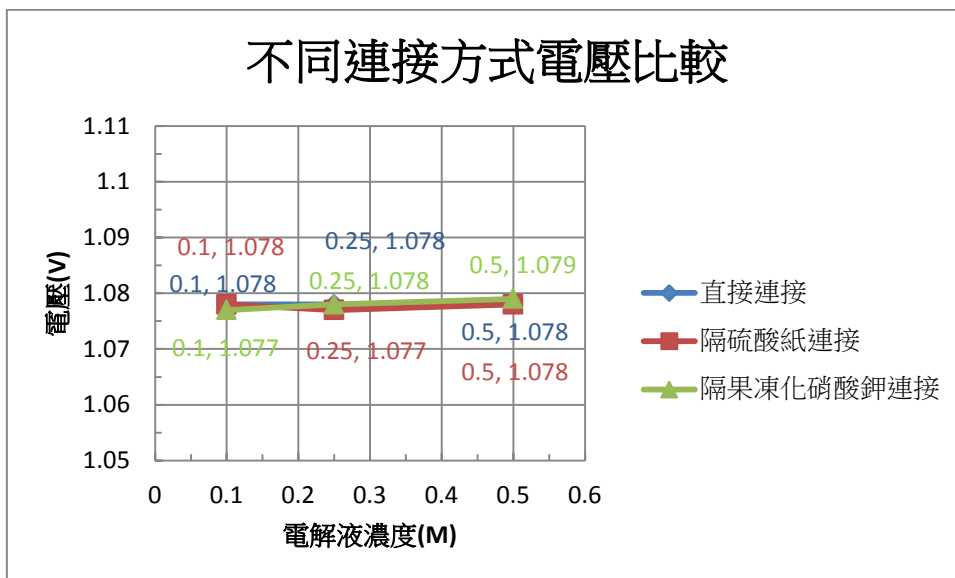
硫酸銅 \ 硫酸鋅		0.1M	0.25M	0.5M
		0.1M	電流(mA)	42.1
	電壓(V)	1.078	1.068	1.063
0.25M	電流(mA)	44.9	53.8	55.3
	電壓(V)	1.083	1.077	1.071
0.5M	電流(mA)	49.2	52.8	61.6
	電壓(V)	1.088	1.085	1.078

表 5.11 隔果凍化硝酸鉀連接之電流與電壓

硫酸銅 \ 硫酸鋅		0.1M	0.25M	0.5M
		0.1M	電流(mA)	39.4
	電壓(V)	1.077	1.071	1.065
0.25M	電流(mA)	45.4	50.8	53.7
	電壓(V)	1.085	1.078	1.073
0.5M	電流(mA)	45.8	46.2	55.1
	電壓(V)	1.094	1.086	1.079



▲ 圖 5.6 果凍化電解液以不同方式連接測電流比較



▲ 圖 5.7 果凍化電解液以不同方式連接測電壓比較

一、果凍化電解液截面積實驗

- (一) 不使用任何半透膜連接的電流與電壓比使用兩個果凍中間夾半透膜的電流與電壓高。
- (二) 有最高電流與電壓的為截面積 6×3.5cm，其實驗結果見表 5.12～表 5.14、圖 5.8～圖 5.9

表 5.12 果凍截面積 4×4cm 之電流與電壓

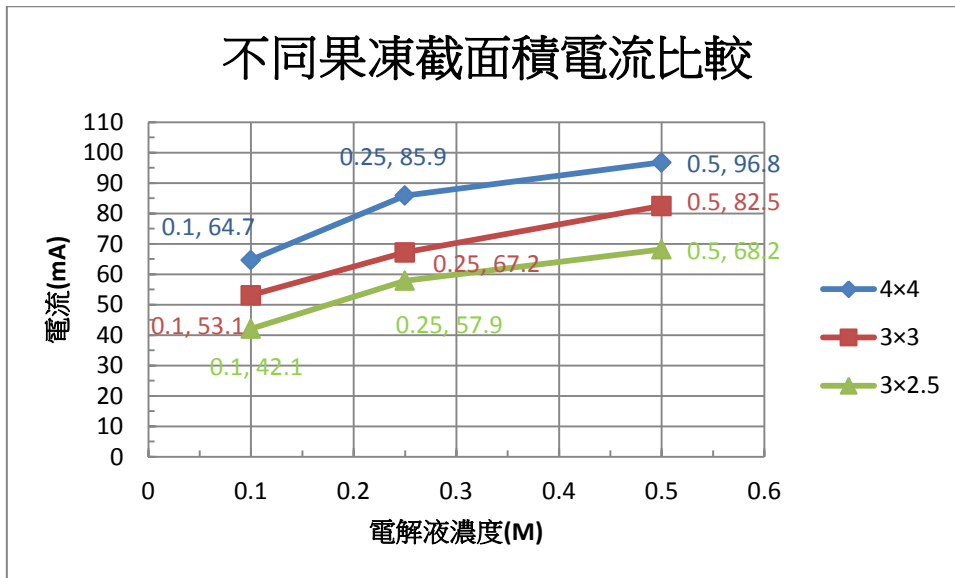
硫酸鋅 硫酸銅		0.1 M	0.25 M	0.5 M
		0.1 M	電流(mA)	54.4
	電壓(V)	1.089	1.088	1.083
0.25 M	電流(mA)	71.8	85.9	89.2
	電壓(V)	1.094	1.092	1.088
0.5 M	電流(mA)	83.4	92.5	96.8
	電壓(V)	1.098	1.096	1.092

表 5.13 果凍截面積 3×3cm 之電流與電壓

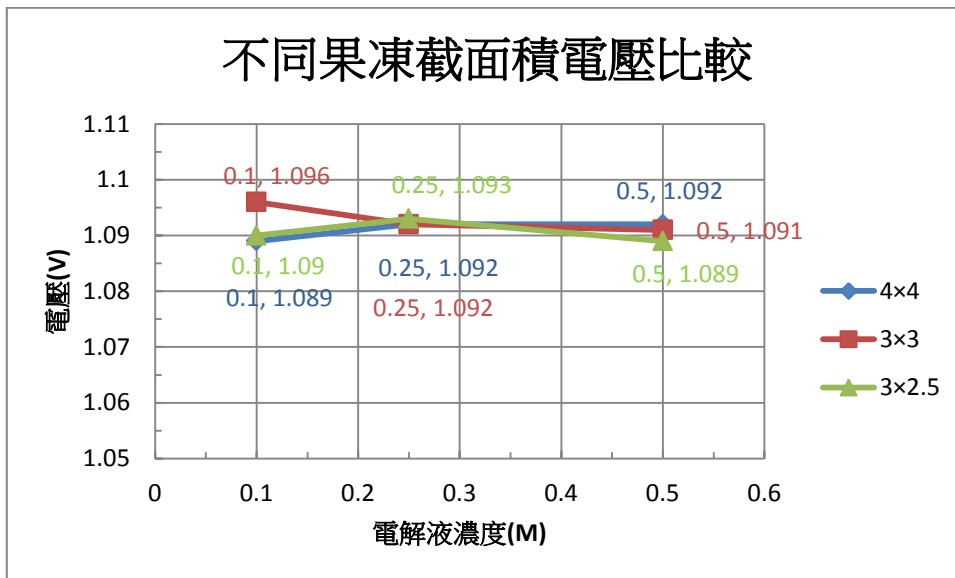
硫酸鋅 硫酸銅		0.1 M	0.25 M	0.5 M
		0.1 M	電流(mA)	53.1
	電壓(V)	1.096	1.083	1.081
0.25 M	電流(mA)	64.9	67.2	73.1
	電壓(V)	1.097	1.092	1.084
0.5 M	電流(mA)	82.5	83.6	85.2
	電壓(V)	1.102	1.096	1.091

表 5.14 果凍截面積 3×2.5cm 之電流與電壓

硫酸鋅 硫酸銅		0.1M	0.25 M	0.5 M
		0.1 M	電流(mA)	42.4
	電壓(V)	1.090	1.087	1.079
0.25 M	電流(mA)	48.5	57.9	61.7
	電壓(V)	1.097	1.093	1.083
0.5 M	電流(mA)	49.9	56.7	68.2
	電壓(V)	1.101	1.095	1.089



▲ 圖 5.8 不同果凍截面積連接之電流比較

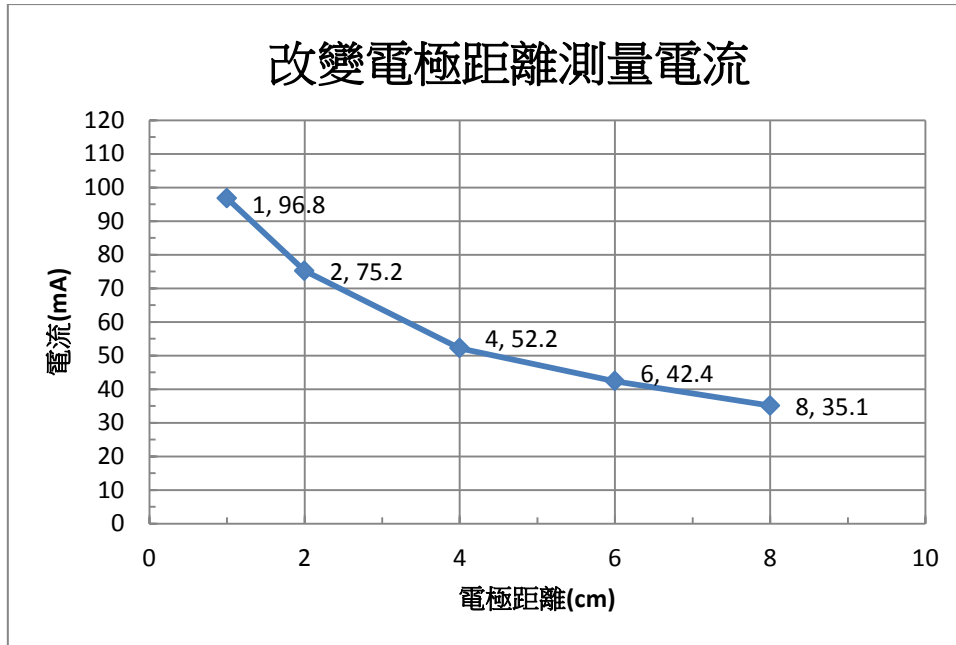


▲ 圖 5.9 不同果凍截面積連接之電壓比較

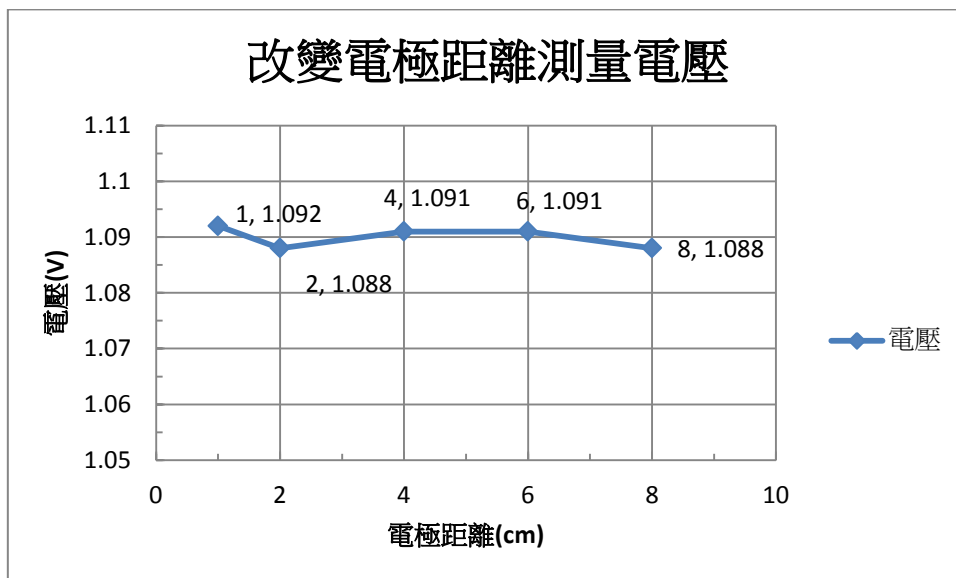
## 二、果凍化電解液電極距離實驗

表 5.15 固定銅片改變鋅片與銅片的距離之電流與電壓

	1 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm
電流(mA)	96.8	75.2	52.2	42.4	35.1
電壓(V)	1.092	1.088	1.091	1.091	1.088



▲ 圖 5.10 改變電極距離測量之電流

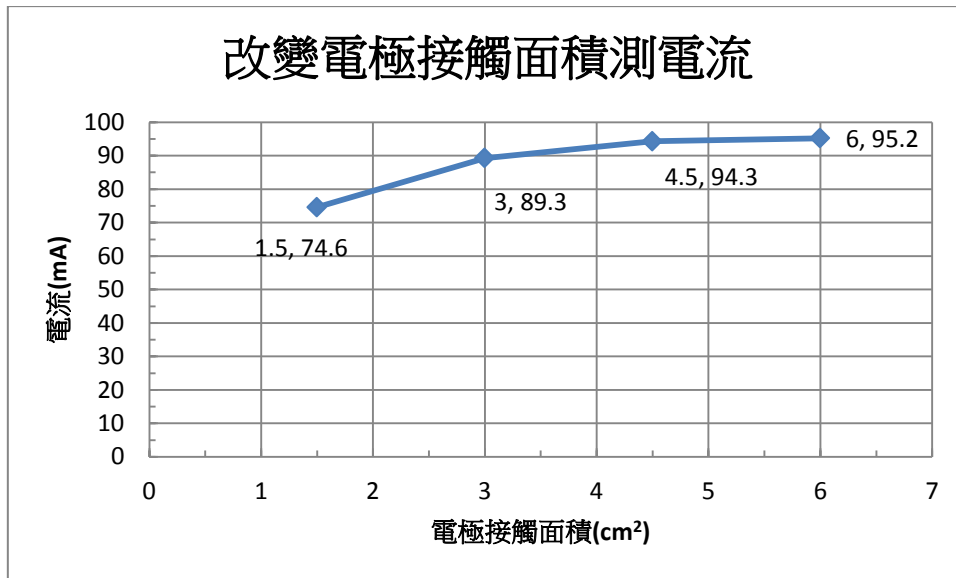


▲ 圖 5.11 改變電極距離測量之電壓

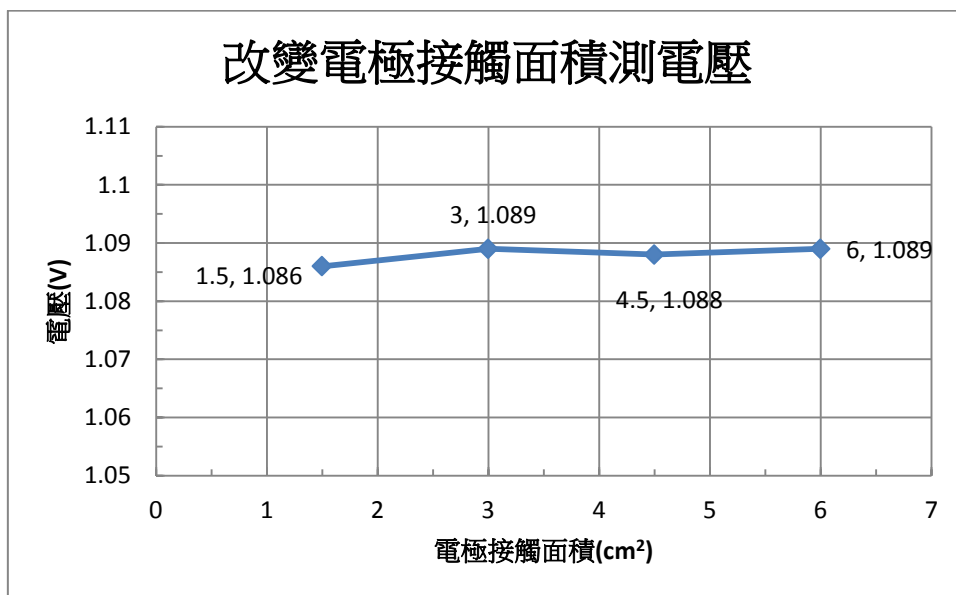
### 三、果凍化電解液鋅片銅片接觸面積實驗

表 5.16 固定鋅片接觸面積為  $3\text{cm}^2$  改變銅片於果凍電解液中的表面積之電流與電壓

	$1.5\text{cm}^2$	$3\text{cm}^2$	$4.5\text{cm}^2$	$6\text{cm}^2$
電流(mA)	74.6	89.3	94.3	95.2
電壓(V)	1.086	1.089	1.088	1.089



▲ 圖 5.12 改變電極接觸面積測量之電流



▲ 圖 5.13 改變電極接觸面積測量之電壓



## 陸、 討論

### 一、硫酸紙製作

濾紙的功用：濾紙的過濾有兩種機制，其一為表面過濾與深度過濾。表面過濾直接攔截比濾紙孔洞還大的顆粒；其二為深度過濾不僅攔截比濾紙孔洞還大的粒子，同時還利用分子間的作用力吸收微粒。

- (一) 實驗室濾紙材質：實驗室用濾紙為了各種目的有各種不同的製作方式。原料可能是酸洗過的木纖維、碳或石英纖維。
- (二) 濾紙加工結果：在鋅銅電池的實驗中，考慮到濾紙的功用與材質，經文獻探討如果將分子之間的距離減少，離子的流動就會愈快，因此，本研究將有很多空隙的濾紙，經由硫酸脫水作用，改變濾紙結構，離子通過效率提高，電流也隨之提高。

### 二、製作半透膜電池模型

- (一) 本研究採用便宜的小塑膠殼，可節省成本又可縮小容量，達到方便攜帶的效果。
- (二) 兩個切割過的小殼子則用燕尾夾夾住而非黏住，這樣就可以自由更換半透膜不需要換殼子。
- (三) 但在初次實驗時，本研究發現使用燃燒過的刀切殼子，如果殼子的切割面切不平整，就有可能發生漏水的現象，因此本研究得盡可能磨平，避免誤差。

### 三、鹽橋與半透膜電流

- (一) 使用鹽橋並改變溶液濃度：
  1. 玻璃管型鹽橋導電度大部分取決於電解質溶液的濃度。
  2. 由表 5.1 得出，用 U 型管裝硝酸鉀所溝通電路的電池電流並不高，平均只有 2mA 多。
  3. 由表 5.1 得出，電解液濃度越高，電流越大；當濃度高時，離子密度高，導電性就會相對增加。
- (二) 使用各種半透膜並改變濃度：
  1. 半透膜可減短電流路徑，又可在不讓水溶液直接穿過的情況下，讓離子穿透。
  2. 由表 5.2~表 5.8 及圖 5.4 得出，各濃度下以透明玻璃紙作為鹽橋，電流都是最低的，但是濃度升高電流依然有升高，表示測出的電流並非誤差值，仍然有導電性
  3. 由圖 5.4 得出，各式半透膜表現約為：  
腸膜>餐巾紙>蛋膜>自製硫酸紙>濾紙>不織布>透明玻璃紙

尤其表現可以發現生物膜(腸膜、蛋膜)的表現都很好，因為生物膜含有水通道與離子通道。另外餐巾紙與濾紙基本材料皆為纖維素，但由於製造方式的不同，孔洞大小不同，會造成離子通過效率不同，作為半透膜的表現也不同。其中雖然餐巾紙的表現很好，但由於其不利重複利用，且時間久可能有破損的危險，於實際利用上會有所困難。

自製硫酸紙是由濾紙再加工而成。濾紙由天然纖維素組成，將其浸泡於 75% 硫酸溶液中於 10-40°C 溫度範圍內，纖維素會吸取酸基，產生強烈的水解作用，使紙的表面部份纖維素變成「糊精」，此為纖維素之附加化合物，這就是所謂的「膠化」效應。此種附加物很不安定，易受水洗或其他作用而分解或者重新聚合，此種天然纖維之結晶構造與原來之纖維素不大相同，主要是結晶化度之不同。因結構不同，硫酸紙的性質與濾紙有很大差別：有光澤，增強纖維抗張力，可以做為半透膜。

- (三) 使用裝有硝酸鉀的 U 型管鹽橋與半透膜鹽橋所測的電流綜合比較：
1. 大部分作為鹽橋的半透膜電流都比用 U 型管連接的基本鹽橋還高，表示電流大小與路徑長短有極大的關聯。
  2. 透明玻璃紙電流比基本鹽橋小，則與透明玻璃紙的穿透性有關。
  3. 根據文獻，電池電流大小會與電極距離呈負相關，也就是正負電極距離越近，電流越大。因此，本研究將 U 型管換成半透膜，也就是將硫酸銅及硫酸鋅不直接接觸的情況下，將正負電極之間的距離減到最小。從實驗中也發現，以半透膜替代 U 型管鹽橋時，電流明顯增加。

#### 四、果凍化電解液

(一) 本研究在進行電解質果凍化時，由於洋菜膠具有一種特別的性質，就是其膠體之溶解溫度遠高於凝膠溫度。1.5% 濃度之洋菜於 30°C 下凝結，但其熔點為 85°C。由於洋菜在酸中會分解，所以在調入弱酸性的硫酸銅硫酸鋅溶液較難凝固，因此要做成果凍狀時，要先把洋菜加水溶解煮開，待溫度稍降後再加入電解質溶液。而當電解質濃度較高時，其 pH 值也較低，因此洋菜膠無法順利凝結成果凍狀。

(二) 使用果凍化電解液所測的電流綜合比較

1. 不同方式連接：由表 5.9~表 5.11、圖 5.6 及圖 5.7 得出，直接連接的效果比其他連接方式都來的好，其原因為中間不夾任何半透膜，相對不會增加電阻，電流也隨之增高。
2. 不同截面積：由表 5.12~表 5.14、圖 5.8 及圖 5.9 得出，截面積愈大，電流愈大，因為單位時間內通過的電子增加，電流也隨之增加。
3. 電極距離：由表 5.15 及圖 5.9 得出，電極距離越遠，電流就越小，可以由電阻

定律得知， $R = \rho \frac{l}{A}$  因為電阻( $R$ )與長度( $l$ )成正比，當長度增加，電阻跟著增加，電流就減小。

4. 接觸面積：由表 5.16、圖 5.10 及圖 5.11 得出，接觸面積愈大。電流就愈大，因為當電極接觸面積大時，電子碰撞的機會愈高，電流就愈高。

## 柒、 結論

- 一、將濾紙浸泡在 10°C、濃度 75%的硫酸、反應時間 60s，再以 10°C 冰水大量沖洗，氨水中和後，可以得到觸感滑順，有韌性，較耐拉扯之硫酸紙。硫酸紙成本低，製作程序簡單，為取代鹽橋較佳的方式。
- 二、鋅銅電池的電壓與硫酸銅濃度呈正相關、但與硫酸鋅濃度呈負相關；與電極間的距離呈負相關。故將鹽橋改成半透膜後，可以改進電流與電壓大小，達到較佳的效果。
- 三、本研究自製的半透膜型電池容器，不但體積小，成本低、製作容易。對於半透膜的更換操作也較簡便，為一種具有可行性的實驗教具。
- 四、半透膜的選擇上，自製硫酸紙、蛋膜、腸膜等半透膜皆為易取得、成本低之來源，且其電池效果也較佳。
- 五、操作上，利用半透膜作為鹽橋，不僅可以減少電解液的用量，減少資源浪費。也可以有更佳的效果，效率更佳。
- 六、使用果凍化電解液做電池時，可以不使用半透膜，就達到更佳的效率。

## 捌、 參考資料

- 基礎化學(一)，單元：化學電池，南一書局。
- 選修化學(上)，單元：電池電動勢，翰林出版社。
- 王子亮(2006.9)。利用濾紙作系列創新實驗。化學教學。
- 李馥安、黃玟瑜。國立宜蘭高級中學。膜粒通道---蛋膜粒子通道滲透速率之研究。
- 中華民國第四十九屆中小學科學展覽會，高中組化學科。
- 五陳傳發(1987)。趣味化學常。雪山圖書有限公司出版。

## 【評語】 040209

學生利用各種半透膜取代鹽橋及用果凍化的電解液來量測鋅銅電池結構的電流與電壓之變化，雖然題目具有創意，但對離子移動速率及電流，電壓結果較無法清楚解釋及比較。