

# 新竹市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：國中甲組

作品名稱：Q 凍能量鋅銅電池—探討電解質型態(液態與凍態)在鋅  
銅電池電流輸出比較

關 鍵 詞：果凍發電、氧化反應

編 號：

## 摘要

在兼顧能源效率與環境永續的需求下，如何設計兼具穩定性與高效能之電池系統，已成為重要課題。本研究以鋅銅原電池為基礎，創新導入果凍型電解質取代傳統鹽橋，建立具可塑性與低污染潛力之電池模型，並系統性探討其對電池輸出效能之影響。實驗透過控制電解液濃度、電極材料、鹽橋種類，以及果凍電解質之厚度、面積、壓力與溫度等多項變因，進行整合性分析。結果顯示，電池電壓主要由電極電位差決定，變化幅度有限；而電流則受離子傳輸效率與內部電阻主導，對外在條件變化高度敏感。當提升濃度、增加面積或提高溫度時，可有效促進離子遷移並降低內阻，使電流顯著提升；相對地，厚度增加將延長傳輸路徑而降低電流。另發現施加適度壓力可改善電極接觸，但效應具飽和現象。研究之關鍵貢獻在於證實果凍電解質可同時取代鹽橋並提升電池效能，成功整合結構簡化、效能提升與環境友善三大優勢。綜合而言，本研究不僅深化對鋅銅電池運作機制之理解，亦提供未來綠色電池設計之具體方向與應用潛力。

# 目錄

壹、前言 .....	1
貳、研究設備及器材.....	2
參、研究過程或方法.....	3
肆、研究結果與討論.....	5
伍、結論 .....	22
陸、遇到的困難.....	24
柒、解決方法 .....	25
捌、文獻參考 .....	26

## 壹、 前言

在現代社會中，電池已成為日常生活不可或缺的能源來源，從各類電子產品到儲能設備皆高度依賴電池運作。然而，傳統電池在使用後若處理不當，容易對環境造成污染，進而影響生態與人類健康。因此，如何在維持能源便利性的同時，兼顧環境永續與材料安全，成為當前重要的研究課題。基於此，本研究以常見的鋅銅原電池為基礎，嘗試導入具可塑性與低污染潛力的果凍型電解質，取代傳統鹽橋，期望在簡化結構的同時提升電池效能，並探索其應用於綠色能源的可行性。

本研究的主要目的，在於建立鋅銅電池模型，並系統性探討不同變因對電池輸出電壓與電流之影響。研究內容包含分析電解液濃度、電極材料、鹽橋種類以及果凍電解質的厚度、面積、壓力與溫度等因素，進一步釐清各變因與電化學反應之間的關係。同時，透過不同條件之比較，找出影響電池效能的關鍵因素，並評估在兼顧效率與環境友善下的最佳設計條件，以作為未來電池改良與應用之參考。

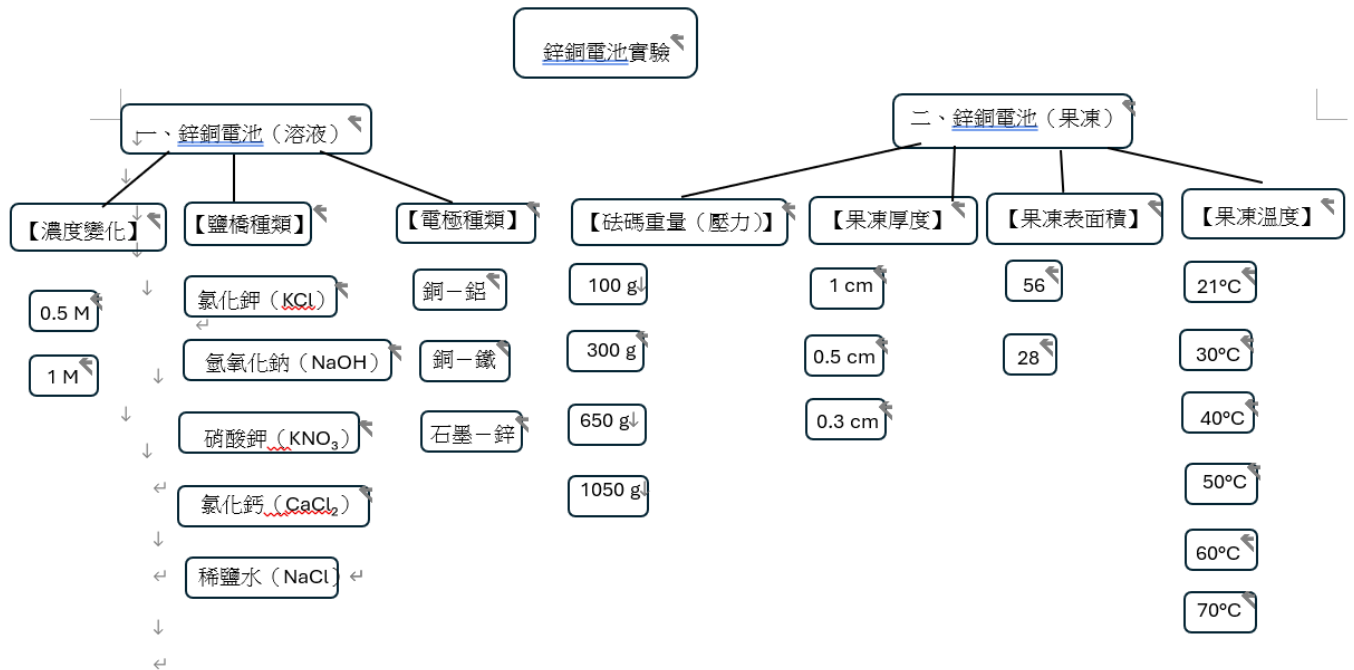
在相關文獻方面，鋅銅原電池為經典的電化學系統，其運作原理建立於氧化還原反應與電極電位差。根據理化教材與既有研究，電池電壓主要由電極材料之電位差決定，而電流則與離子傳輸效率及內部電阻密切相關。鹽橋的功能在於維持溶液電中性並提供離子通道，其性質會影響整體導電效果。此外，研究亦指出電解液濃度、溫度及電極接觸狀態等因素，皆會改變離子移動速率與反應效率，進而影響電池輸出表現。本研究在此基礎上，進一步以果凍型電解質取代傳統鹽橋，延伸探討其在離子傳導與電池效能上的表現差異，補充現有研究中較少著墨的材料型態應用，具有創新與實驗價值。

## 貳、研究設備及器材

表 1 實驗材料

			
<p>鋅片</p>	<p>銅片</p>	<p>洋菜粉</p>	<p>砂紙</p>
			
<p>硫酸銅溶液</p>	<p>硫酸鋅溶液</p>	<p>導線與電表 (用於測量 電流與電壓)</p>	<p>電子秤</p>
			
<p>U 型管</p>	<p>燒杯</p>		

## 參、研究過程或方法



(一)處理電極：用砂紙輕輕打磨鋅片和銅片，去除表面的氧化物，並用清水沖洗乾淨。

(二)配置半電池：在一個燒杯中倒入硫酸鋅溶液，並將鋅片放入其中。在另一個燒杯或塑膠瓶中倒入硫酸銅溶液，並將銅片放入其中。

(三)連接鹽橋：將鹽橋的一端浸入硫酸鋅溶液，另一端浸入硫酸銅溶液，確保兩電極間的離子能夠交換。

(四)連接電路：使用導線將鋅片和銅片連接到電表上。將電表的負極連接到鋅片，正極連接到銅片。

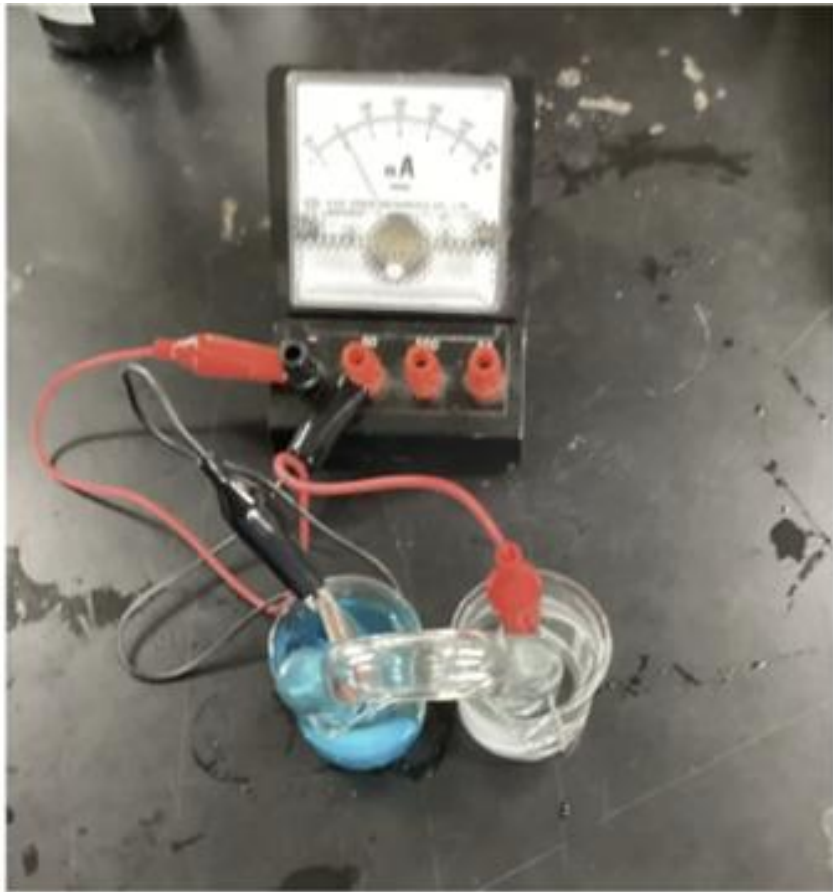


圖 1： 0.5M 硫酸銅+0.5M 硫酸鋅+0.5M 硝酸鉀，測出其電流為 1mA

相關原理：

歐姆定律：電壓  $V = \text{電流} \times \text{電阻} R$

在外電路電阻大致固定的情況下，電壓越大 → 電流越大

原電池原理：電壓來自鋅與銅的電極電位差，電流則反映反應進行速率

## 肆、研究結果與討論

### (一)不同鹽橋對鋅銅電池之電壓、電流的影響

鹽橋種類	分子量	電流	電壓
氯化鉀	74.55	1mA	0.8V
氫氧化鈉	40	2mA	1V
硝酸鉀	174.26	1mA	0.9V
氯化鈣	100.98	1mA	1V
稀鹽水	58.44	10uA	0.1V



圖 2 不同鹽橋種類

在本次實驗中，理論上氯化鈉（NaCl）不應是表現最差的電解質。由於 NaCl 為強電解質，在水中能完全電離為  $\text{Na}^+$  與  $\text{Cl}^-$ ，且這些離子具有良好的移動能力，因此通常應具備較高的導電性，並能提供穩定的電流與電壓。此外，NaCl 亦常被用作鹽橋材料，顯示其在離子傳導方面具有良好的性能。然而，實驗結果顯示 NaCl 的表現未達預期，顯示影響導電效果的關鍵因素並非電解質本身，而較可能來自實驗條件與操作過程。首先，溶液濃度可能是重要原因之一。若 NaCl 溶液濃度較低，溶液中的離子數量不足，將直接導致導電能力下降，使其表現不如其他組別。其次，鹽橋的製作與狀態亦會影響結果鹽橋出現乾燥或接觸不良的情況，會阻礙離子流動，導致電流降低。

此外，極化現象也可能造成影響。當  $\text{Cl}^-$  在電極附近累積時，可能改變電極反應的平衡狀態，進而使電壓下降。最後，實驗操作中的各種變因，例如電極距離不一致、溶液體積差異或電極表面氧化等，也都可能對測量結果造成干擾，影響最終數據的準確性。

綜合以上分析可知，本實驗中 NaCl 表現不佳，並非因其本身性質不良，而是受到多種實驗條件影響。因此，導電效果的優劣並不單純取決於分子量或電解質種類，而主要與溶液濃度、電離程度、離子移動能力以及實驗操作條件等因素密切相關。

## (二)不同種類的正負極對電壓電流的影響並與上頁的鹽橋種類做配對

查閱資料電位差:銅-鐵約 0.75V、銅-鋁約 2.00V、石墨-鋅約 0.76V

表 3-1 不同電極配對

正極	負極
銅	鐵
銅	鋁
石墨	鋅

## 以鋁銅作為電極的實驗結果

表 3-2 銅鋁對於鹽橋的電流電壓影響結果表

鹽橋種類	測得電壓 (V)	測得電流 (mA)
氯化鉀 (KCl)	0.6	1.0
硝酸鉀 (KNO <sub>3</sub> )	0.6	2.0
氯化鈉 (NaCl)	0.6	1.0
氫氧化鈉 (NaOH)	0.6	1.0
稀鹽水	0.5	1.0

不同鹽橋對於電極銅鋁的電流電壓影響

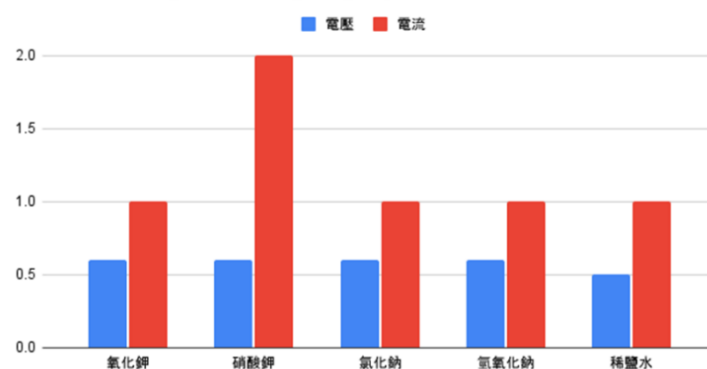


圖 3-1 銅鋁對於鹽橋的電流電壓影響長條圖

## 以鐵銅作為電極的實驗結果

表 3-3 銅鐵對於鹽橋的電流電壓影響結果

電解液種類	電壓 (V)	電流 (mA)
硝酸銅	0.5	1.0
稀鹽水	0.5	1.0
氯化銅	0.5	1.0
氯化鈉	0.5	1.0
氫氧化鈉	0.5	1.0



圖 3-2 銅鐵作為電極實驗圖

不同鹽橋對於電極銅鐵的電流電壓影響

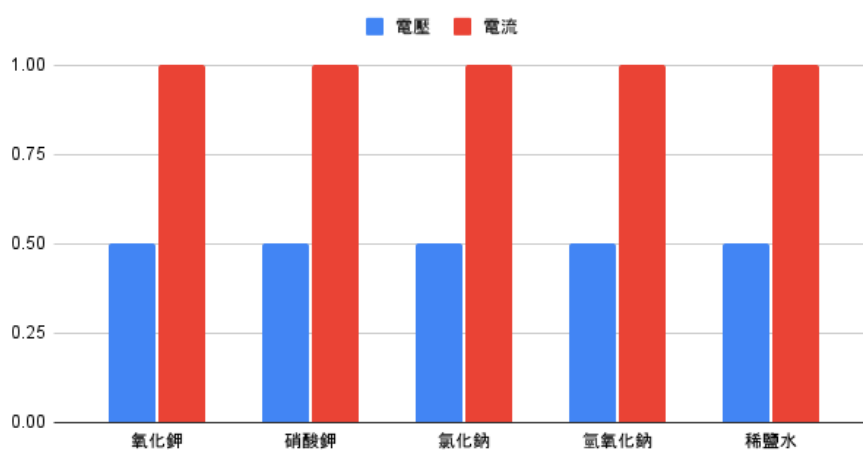


圖 3-3 銅鐵對於鹽橋的電流電壓影響長條圖

## 以鋅與石墨棒作為電極的實驗結果

表 3-4 石墨鋅對於鹽橋的電流電壓影響結果

電解液種類	電壓 (V)	電流 (mA)
硝酸銅	0.7	1.0
氯化銅	0.7	1.4
氫氧化鈉	0.8	2.0
氯化鉀	0.7	1.0
稀鹽酸	0.8	0.75

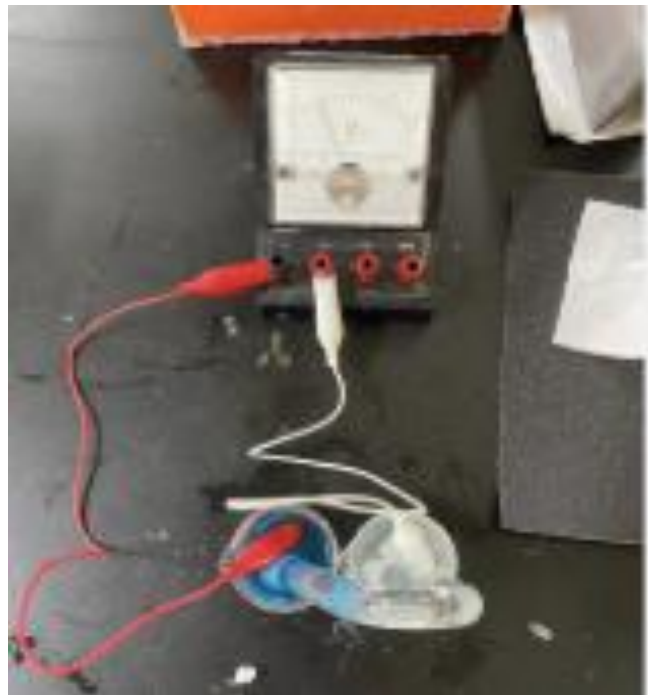


圖 3-4 石墨鋅作為電極實驗圖

不同鹽橋對於電極石墨鋅的電流電壓影響

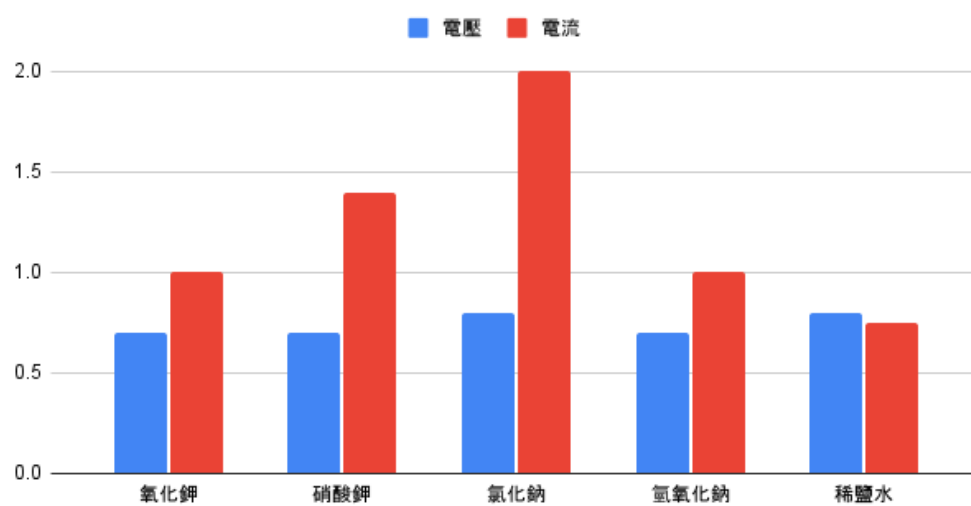


圖 3-5 石墨鋅對於鹽橋的電流電壓影響長條圖

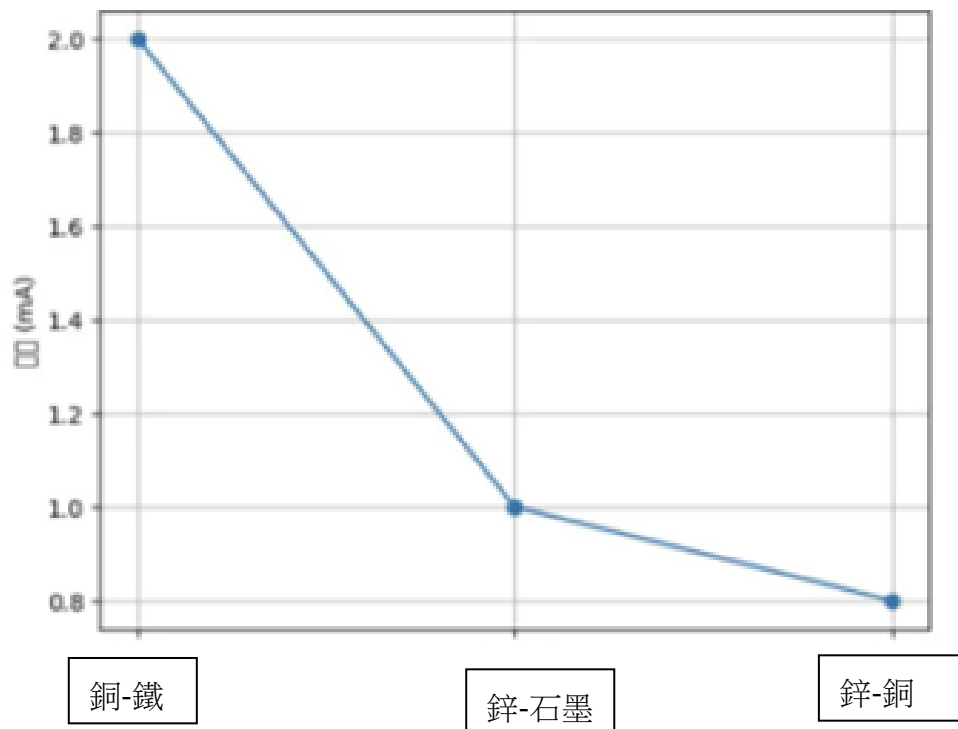


圖 4-1 不同電極組合對電流的影響

不同電極材料會明顯影響電池輸出的電流，其中以銅 - 鐵電極組合的電流最大，顯示其導電效果最佳。

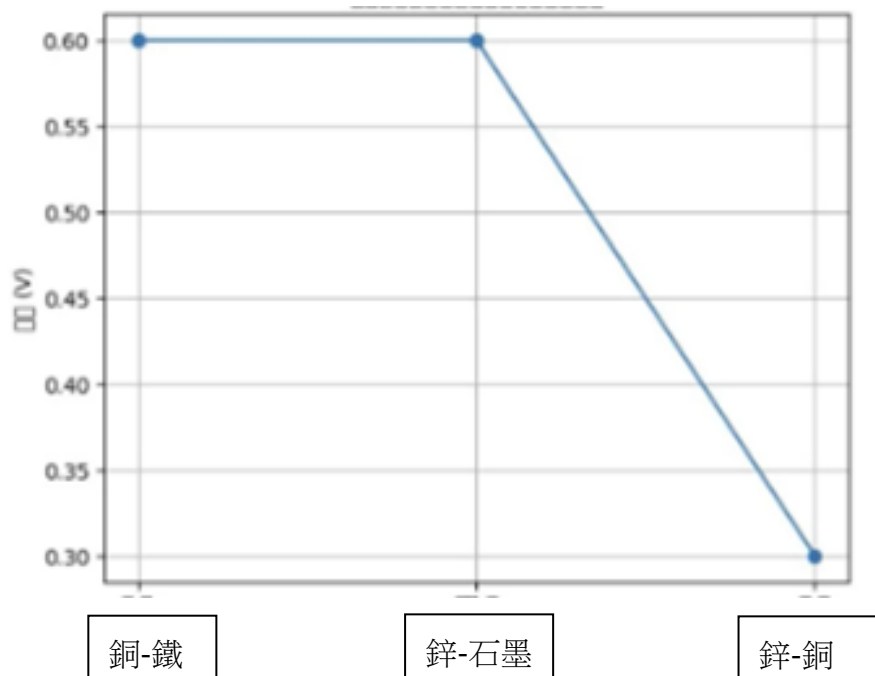


圖 4-2 不同電極組合對電壓的影響

電極材料會影響電池的電極電位差，其中銅 - 鋅組合的電壓明顯較低

## 2.結果:

不同電極材料會影響電池的電極電位差與電子傳遞效率。實驗結果顯示，銅 - 鐵電極組合的電流最大，推測其電極電位差較大，且導電性佳，因此能提供較高的輸出電流。

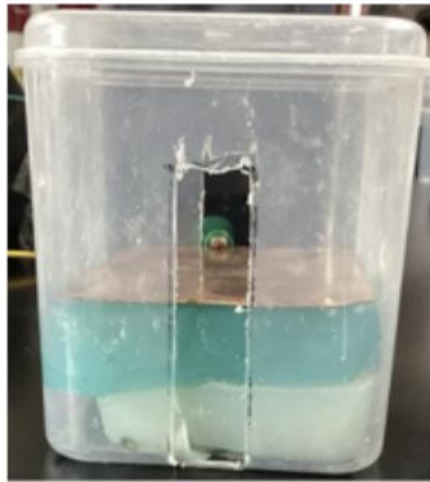
- 石墨為非金屬，導電性較金屬差
- 銅 - 鋅電位差較小，因此電壓與電流皆偏低

電極組合	電位差 (V)
銅 - 鐵	0.75
銅 - 鋁	2.00
石墨 - 鋅	0.76

圖 4-3 不同電極組合的理論電位

## 果凍實驗

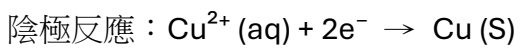
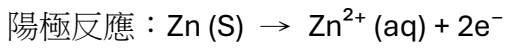
- 1.將洋菜粉 3g 加入 50g 的水中煮沸
- 2.未凝固前加入 0.5M/1M 硫酸銅電解液 50ml 倒入模具並用同法配製硫酸鋅果凍
- 3.以銅片-硫酸銅-硫酸鋅-鋅片的排列方式測量其電壓電流
- 4.為防止測量時出現因受擠壓而變形的狀況在硫酸鋅(銅)外側設塑膠外殼固定
- 5.觀察其在不同溫度下的電壓電流
- 6.利用串並聯測量差異性
- 7.果凍電池表面積對電量的影響
- 8.用洋菜膠代替 u 型管
- 9.少了鹽橋的電阻鋅銅果凍的電流增加：0.5M:50mA 、1M:230mA 。



銅片  
 硫酸銅  
 硫酸鋅  
 鋅片

圖 4 果凍電池金屬與果凍的擺放方式

原電池反應式:



(一)加壓對於電池的電流 電壓影響

表 5-1 不同克數的砝碼對果凍電池之電壓電流的影響

重量	電流	電壓
100g	240mA	1V
300g	250mA	1V
650g	260mA	1V
1050g	270mA	1V

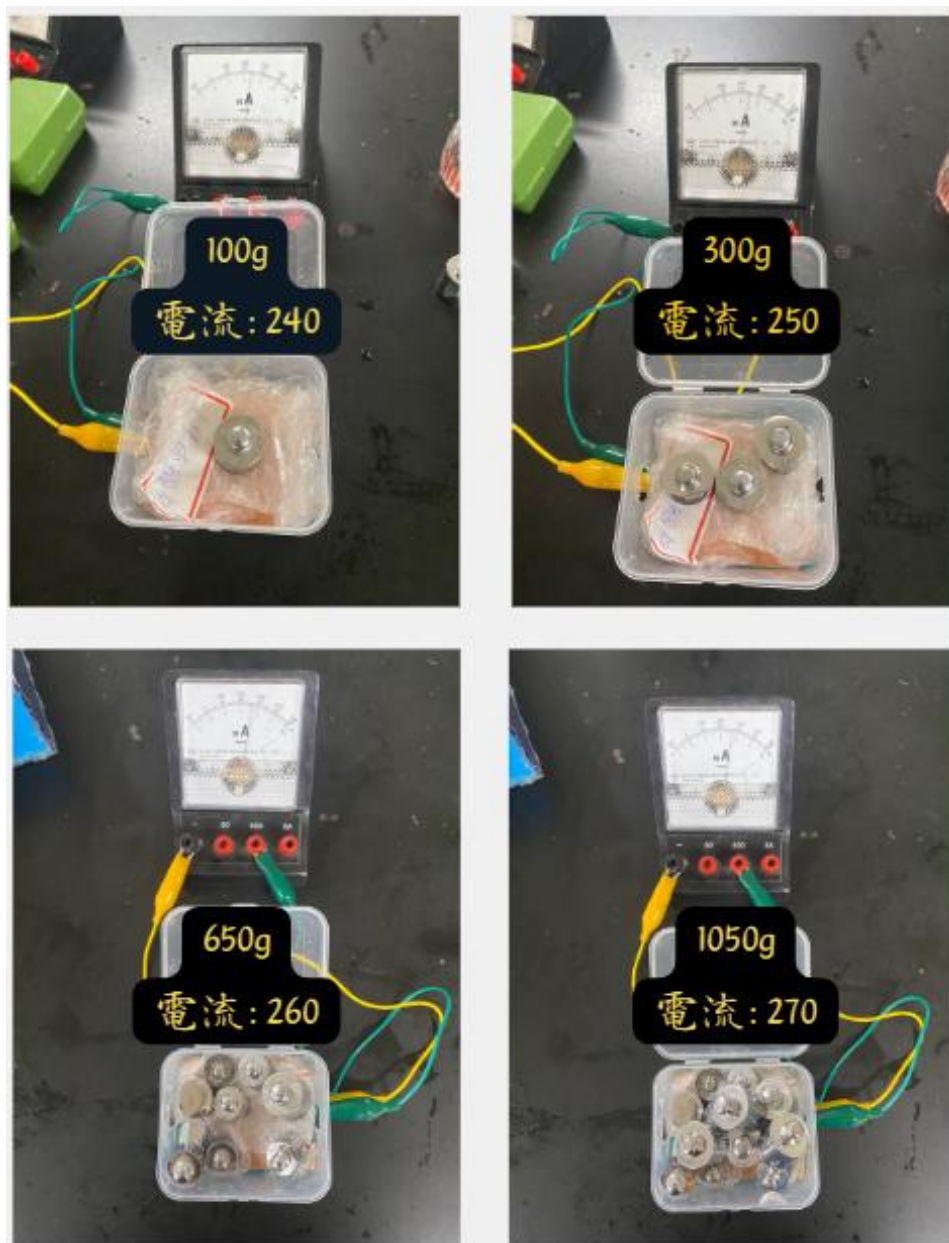


圖 5-1 不同克數的砝碼對果凍電池之電壓電流的實驗圖

由上述實驗得知，在鋅銅電池中，若對果凍加上砝碼，電壓與電流可能會改變，通常會使電流增加、電壓較穩定，但影響程度有限，發現在放置 1050g 的砝碼後電流便不再變化

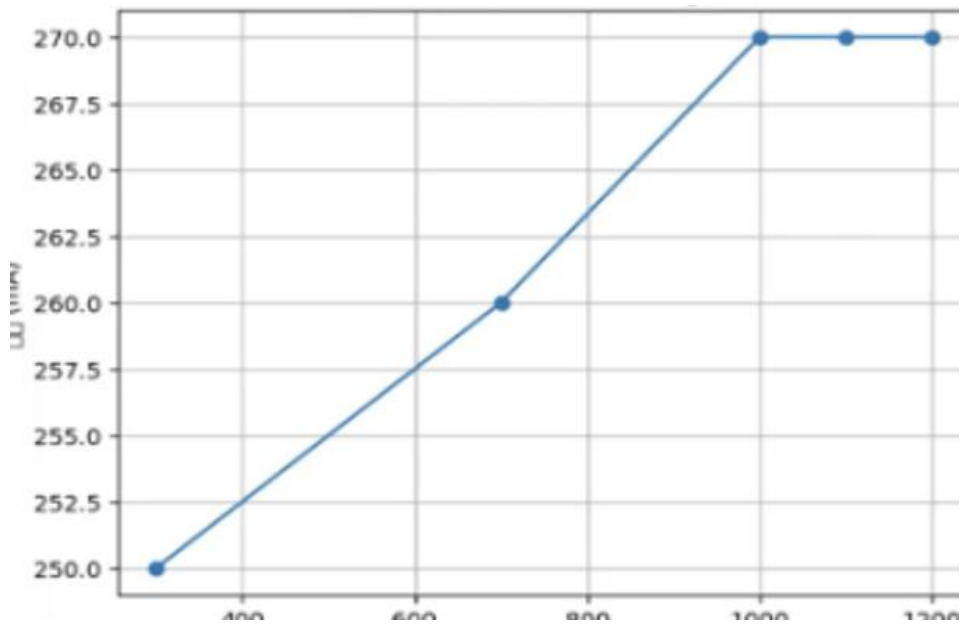


圖 5-2 增加砝碼對電池電壓電流的影響折線圖

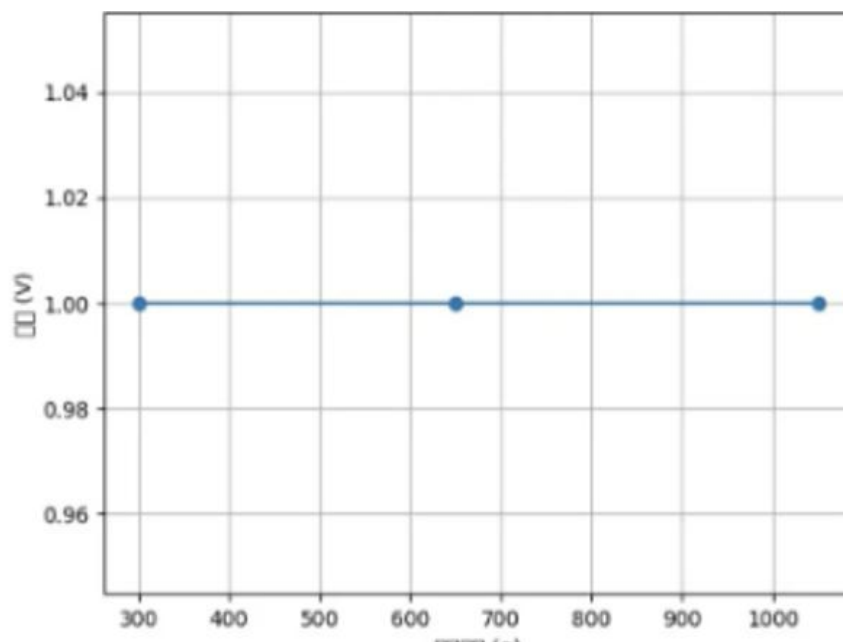


圖 5-2 增加砝碼對電池電壓的影響折線圖

電流變化：果凍更貼合電極、離子通道更連續、氣泡或空隙減少，對電池的影響：

接觸電阻下降、離子移動更順、內阻下降，內電阻降低 - 電流可能上升。

實驗討論：

(1)由折線圖可觀察到，隨著砝碼重量增加，電流呈現緩慢上升的趨勢。推測加壓後果凍鹽橋與電極接觸更緊密，使內電阻降低，離子傳輸效率提高，進而使電流增加。

實驗結果顯示，砝碼重量增加對電壓影響不明顯，顯示鋅 - 銅電池的電壓主要由電極材料與電解液性質決定，而非鹽橋所受壓力。

(2)1050 g 之後電流不再明顯增加

因為果凍已被壓實到一定程度，內電阻已接近最小值，再加壓效果有限。

(3)真實電池也會透過壓實電極與隔膜來降低內阻，提高輸出電流。

## (二)果凍厚度對其電壓電流之影響：

表 6 果凍厚度對於電流電壓的影響結果

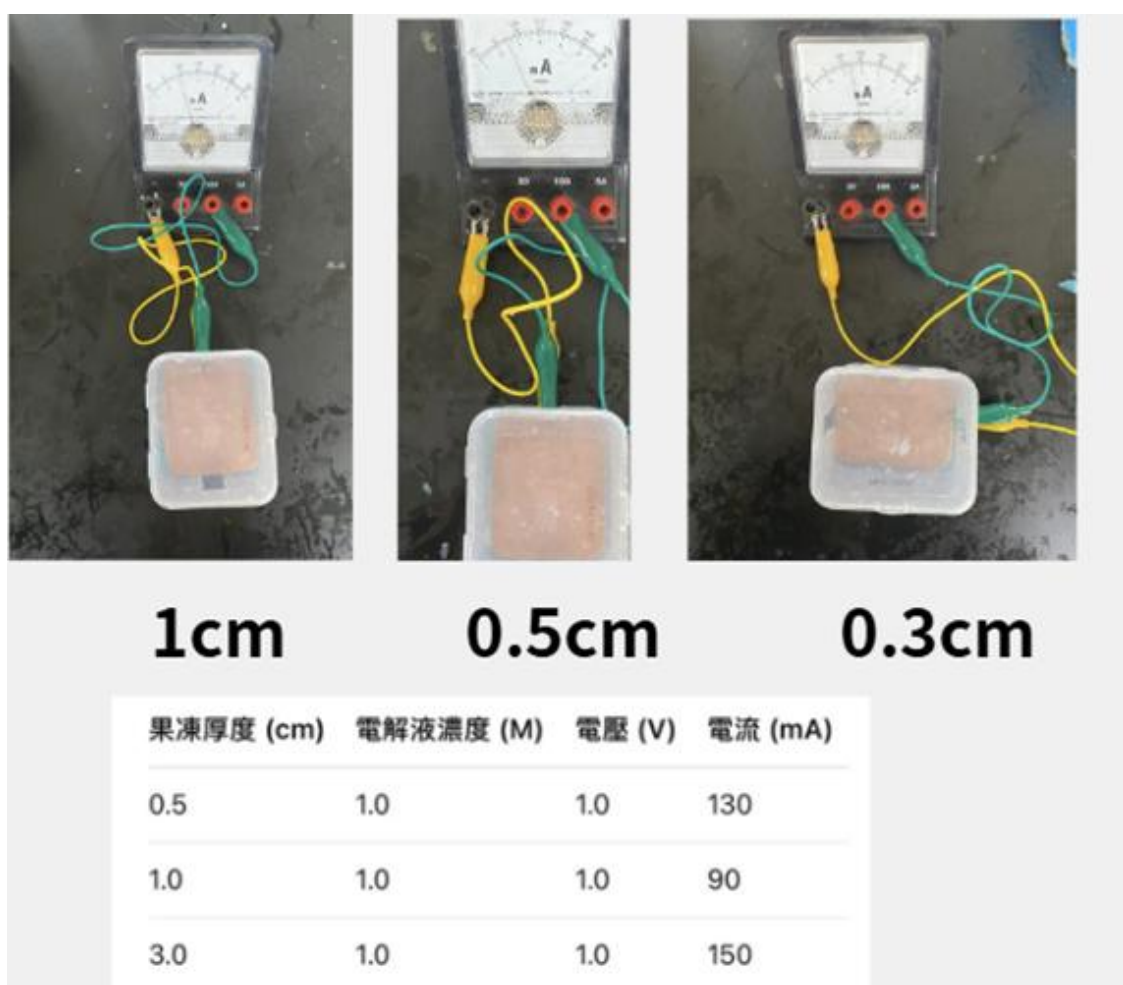


圖 6 果凍厚度對於電流電壓的實驗圖

實驗中不論果凍厚度為 0.3 cm、0.5 cm 或 1 cm，電壓皆維持約 1V，顯示電壓主要由鋅銅電極的電極電位差決定，而果凍厚度僅影響離子傳輸效率，對電壓影響不大。

## 2.討論:

(1)在電解液濃度固定為 1 M 的情況下，結果顯示果凍厚度增加時，電池輸出的電流下降。推測原因為果凍厚度增加，使離子傳輸路徑變長，內部電阻上升，導致電流減小。

(2)果凍厚度會影響鋅銅電池的內部電阻，進而影響輸出電流，但對電池電壓影響有限。

(3)愛育實驗侷限推論當果凍過薄時，雖然離子通道短，但可能造成接觸不穩；而果凍過厚則會增加離子傳輸距離，因此推測存在一最佳果凍厚度可使電池效能達到最大

### (三)果凍面積對於其電流電壓之影響:

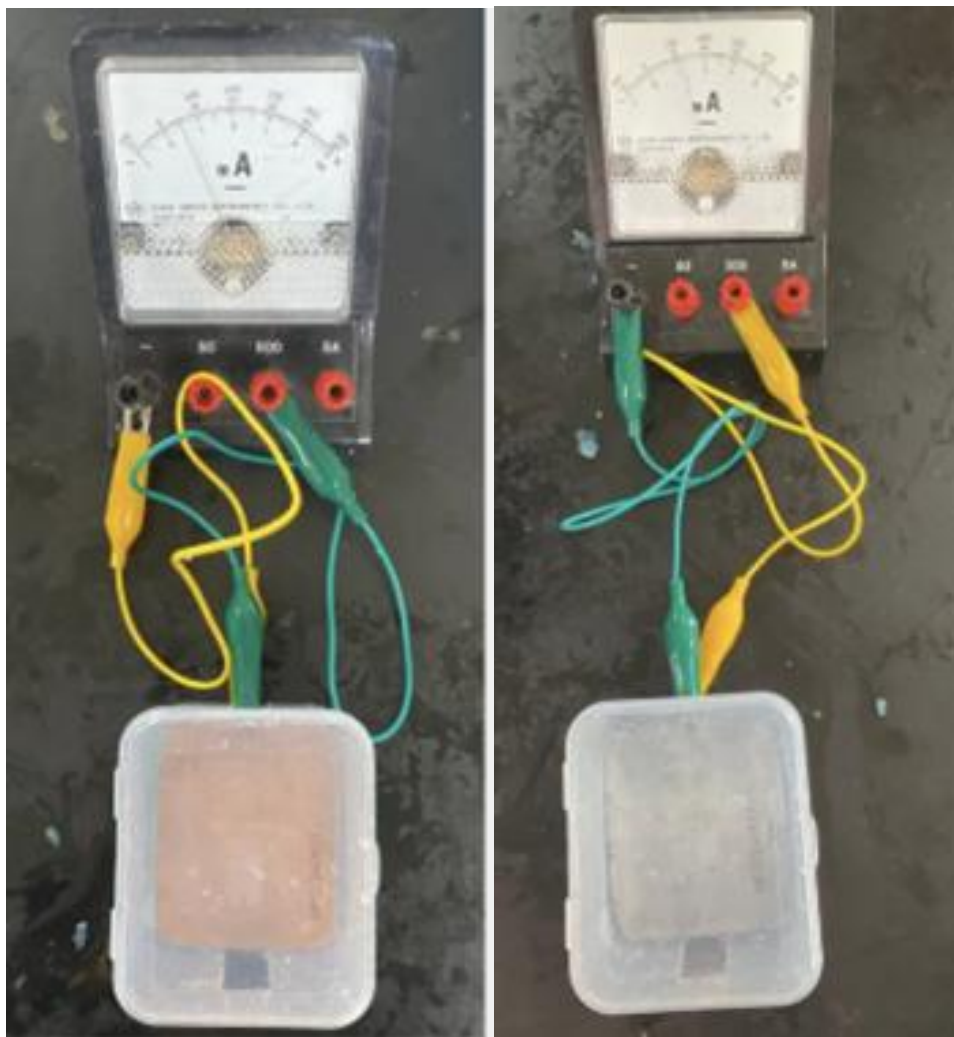


圖 7 果凍面積對於電流電壓影響實驗圖

表七果凍面積對於電流電壓影響結果

**固定條件：**

- 電解液濃度：1 M
- 果凍厚度：0.5 cm

果凍面積 (cm <sup>2</sup> )	實際尺寸	電壓 (V)	電流 (mA)
56	8 × 7	1.0	130
28	8 × 3.5	1.0	110

3.討論:

(1)果凍面積越大

與電解液、電極接觸的有效截面積越大可同時傳輸的離子數量增加內部電阻降低=>電流增加

(2)電解液濃度與果凍厚度固定的情況下，改變果凍面積會影響鋅銅電池的輸出電流。實驗結果顯示，當果凍面積由 28 cm<sup>2</sup> 增加至 56 cm<sup>2</sup> 時，電流由 110 mA 增加至 130 mA，而電壓皆維持約 1 V。顯示果凍面積增加可降低內部電阻，使離子傳輸效率提升，進而提高電流。

(四)對鋅銅電池進行隔水加熱觀察溫度對電流的影響:

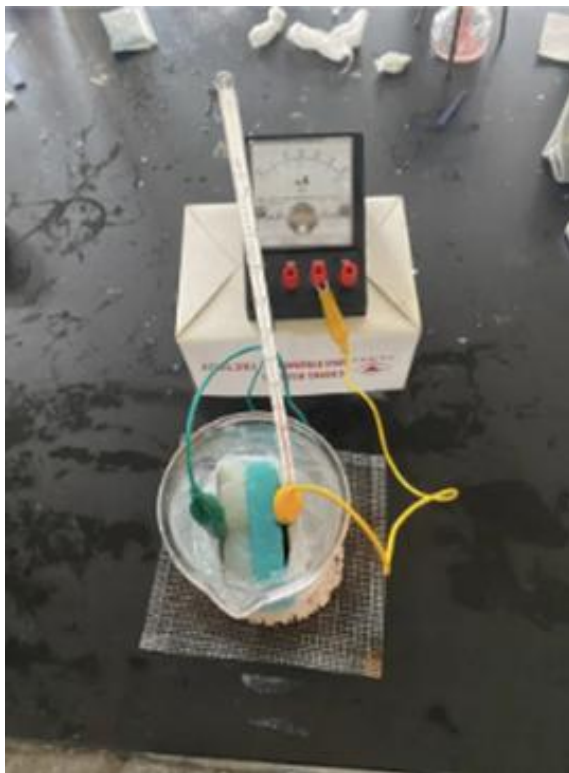


圖 8-1 對鋅銅電池進行隔水加熱觀察溫度對電流影響實驗圖

溫度 (°C)	電流 (mA)
21	110
30	130
40	150
50	200
60	230
70	280

表 8 對鋅銅電池進行隔水加熱觀察溫度對電流的影響結果

#### 4.討論:

(1)溫度升高 → 離子動能增加，離子移動速度變快(離子傳輸效率提升果凍與電解液內部電阻下降，電流增加溫度越高，離子「跑得越快」，電流就大。

(2)50 度後電流較快:

當溫度超過一定值後，離子活性明顯提升，使電池內部電阻快速下降，因此電流上升幅度變大。

(3)溫度一直升高，電流不會無限增加過高溫度可能造成果凍結構破壞、溶液揮發，反而使電池效能下

(4) 真實電池也會受溫度影響，在低溫下效能下降，高溫則可能造成老化或安全問題。

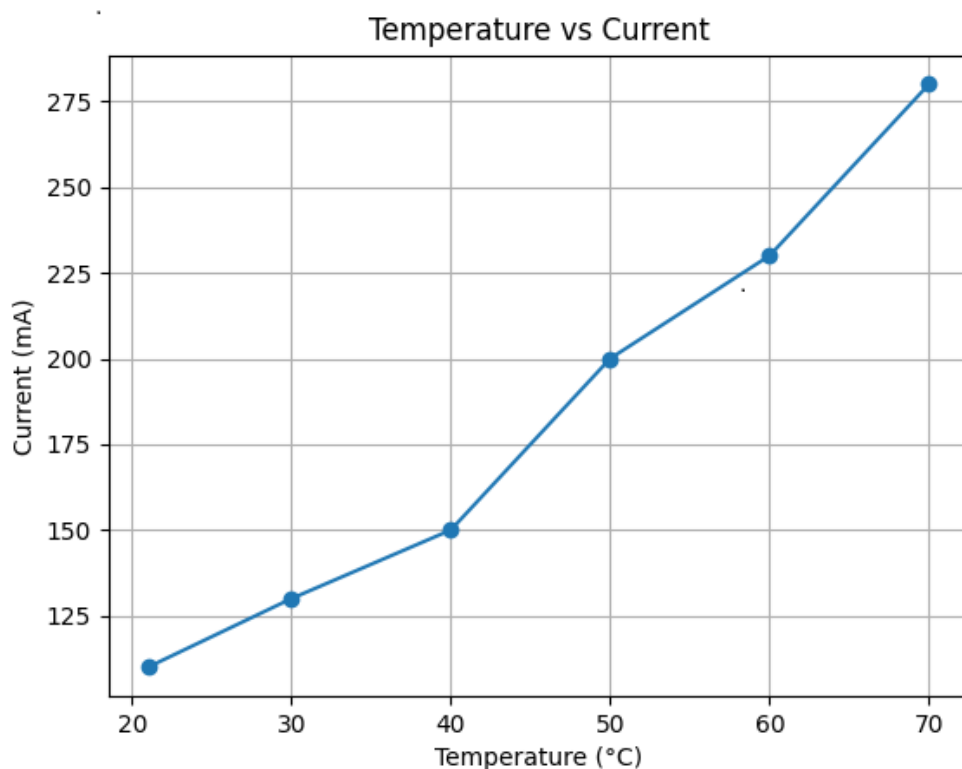


圖 8-1 溫度與電流實驗之實驗折線圖

溫度上升時，電池裡面的離子移動會變得比較快，所以電子流動也變快，讓電流變大。另外也可以發現，50°C 之後電流增加得更明顯，表示溫度對電池的影響在較高溫時更大。

## 伍、結論

鋅銅電池實驗中，本組探討了多個變因對電池輸出電壓與電流的影響，結果：

- (一) 電解液濃度增加：電流明顯上升，電壓小幅上升濃度越高，溶液中離子數量越多，導電性越佳。
- (二) 果凍厚度改變：厚度增加時，電流下降，電壓幾乎不變厚度影響離子傳輸距離與內部電阻。
- (三) 果凍面積增加：面積越大，電流越大，電壓不受影響，面積增加可提高有效離子通道數量。
- (四) 施加砝碼（壓力）：電流略為增加 電壓變化不明顯可能是果凍與電極接觸更緊密，內阻下降。
- (五) 溫度上升：電流大幅增加 電壓大致維持穩定，推論溫度提高使離子移動速率增加。

綜合實驗結果可知，鋅銅電池的電壓主要由電極材料與電解液性質決定，而電流則容易受到離子傳輸條件影響，例如濃度、果凍厚度、面積、壓力與溫度等因素。當離子移動效率提升、內部電阻降低時，電池所輸出的電流便會增加。

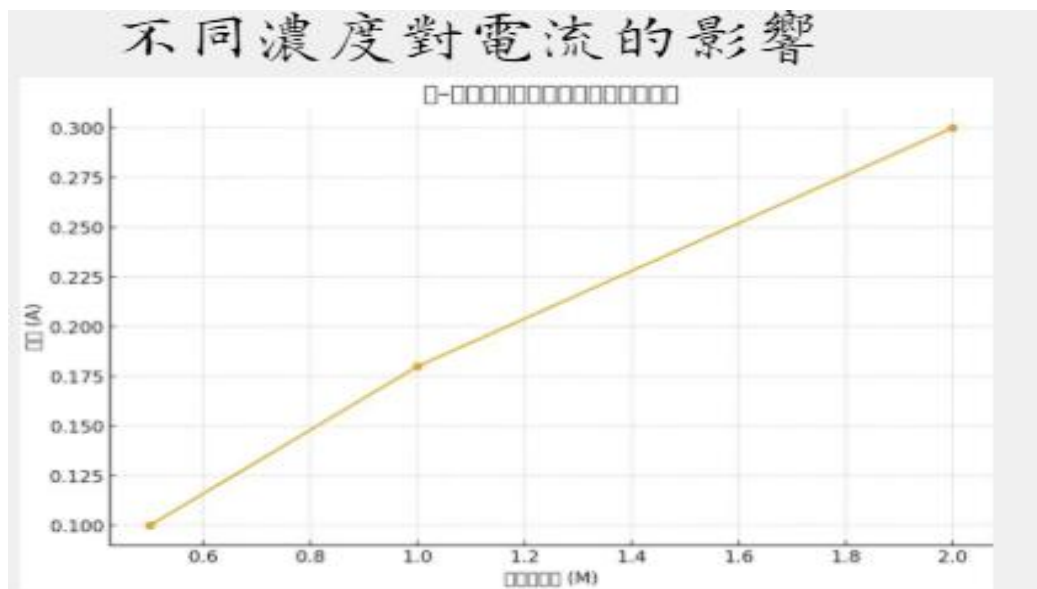


圖 9-1 電解液濃度對電流的影響結果

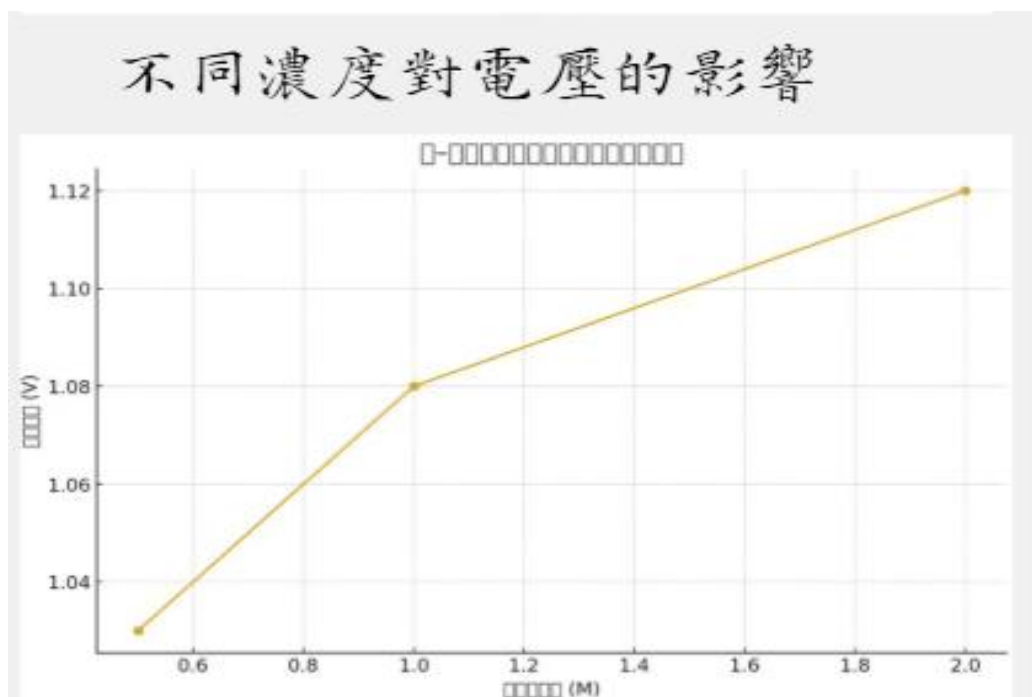


圖 9-2 電解液濃度對電流的影響結果

#### (一)討論

本實驗以一般鋅 - 銅原電池作為基本架構，使用鋅片作為陽極、銅片作為陰極。在相同裝置與控制條件下，透過更換鹽橋種類或更換電極材料組合，探討不同變因對電池輸出電壓與電流的影響。

#### (二)結果:

相關原理：鋅 - 銅電池中，鋅在陽極發生氧化反應，釋放電子；銅在陰極接受電子發生還原反應。電子經外電路流動形成電流，而鹽橋則提供離子通道以維持電中性。改變鹽橋或電極材料，會影響離子傳輸效率與電極電位差，進而影響電池的電壓與電流。

濃度越高，鋅 - 銅電池的電壓與電流會上升。因為較高濃度代表更多離子 → 電極電位差更明顯，電池輸出能力更強。 $\text{CuSO}_4$  濃度越高，銅電極還原反應越容易發生 → 電壓會稍微提高。 $\text{ZnSO}_4$  濃度越高，鋅電極氧化更容易 → 電壓也會上升

## 陸、遇到的困難

- (一)果凍在測量的時候而變形或流出電解液影響實驗結果
- (二)電極表面不乾淨，電極若有油脂、氧化層會影響電子交換效率，使電流變小。
- (三)電極表面不平整會影響反應速率
- (四)電極浸入深度不同會改變反應面積
- (五)濃度誤差會讓電動勢偏離預期
- (六)鹽橋品質不一致也會影響結果

## 柒、解決方法

(一)做一個 8\*7.5 模具 好讓果凍均勻排放不被外力影響導致破壞結構

(二)清潔電極表面用砂紙、酒精清潔金屬表面，確保反應區域乾淨。

## 捌、文獻參考

1. <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/030204.pdf>

理化課本-鋅銅電池

2. <https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/1608706413046bh9PV86D.pdf>

全國高級中等學校專業群科 105 年專題暨創意製作競賽

3. <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/030204.pdf>

競賽作品-新鋅向銅，作者：國二 陳瑞陞 國二 劉書維 國二 徐子修 指導老師：廖淑惠

余宗翰