

花蓮縣第66屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用(一)

組 別：國中B組

作品名稱：電從哪裡來？不同金屬與電解質對伏打電池效能之探討

關 鍵 詞：鋅銅電池、電解質、鋁電極（最多三個）

編 號：

（由教育處統一編列）

目錄

摘要	2
壹、前言	2
貳、研究設備及器材	4
參、研究過程或方法	4
肆、研究結果	7
伍、討論	11
陸、結論	12
柒、參考文獻	13

附註:作品書中之照片均為實驗時自行拍攝，未引用任何網路圖片。

摘要

本研究旨在探討影響伏打電池效能的關鍵變因，除驗證傳統鋅銅電池原理外，更嘗試利用生活廢棄金屬提升電池表現。實驗分為三個階段：首先研究電極表面積的影響，發現增加負極（鋅片）面積能有效提升單位時間釋出的電子量，顯著增加最大電流，而增加正極面積則無明顯效果，顯示負極反應速率為電流大小的瓶頸。

其次，探討不同負極材質的效能。結果顯示，易開罐鋁環產生的最大電流與電壓均優於標準鋅片，符合金屬活性順序（ $Al > Zn$ ）。然而，金莎巧克力包裝紙雖具金屬質感，但效能較低，推測與其材質純度或表面絕緣塗層有關。最後，本研究探討負極電解液濃度的影響，驗證純水作為溶劑對電池運作的可能性。

研究證實，透過增加負極表面積與選用高活性生活廢棄金屬，能優化電池效能，為廢棄物再利用於化學電池領域提供實驗依據。

壹、前言

一、研究動機

在學校的理化課程中，我們學習到了鋅銅電池的原理與兩極之間的化學反應，於是我們想要利用生活中可以取得的金屬，製作伏打電池，並探討可能影響其電流大小的變因。

2、研究目的

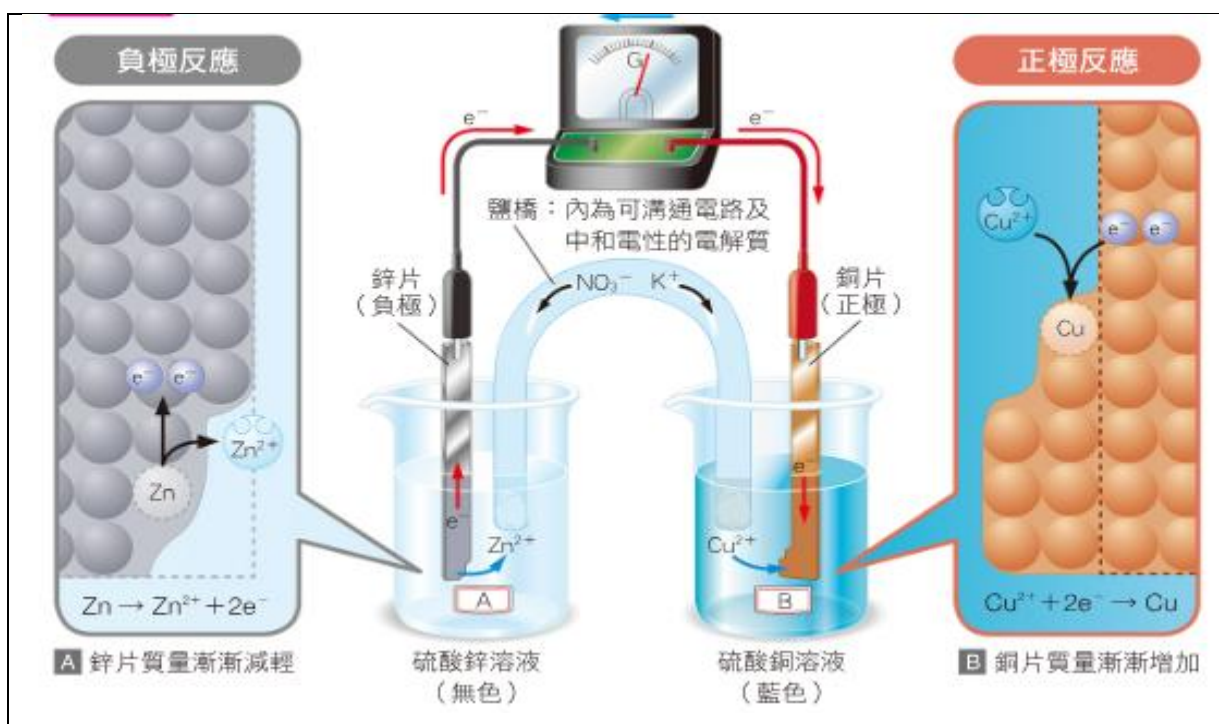
(一) 探討鋅電極與銅電極的「表面積大小」對電池電壓與電流的影響。

(二) 探討以生活中的常見金屬（易開罐鋁環、金莎巧克力包裝紙）替換負極金屬時，對電池效能的影響。

(三) 驗證負極電解槽（硫酸鋅溶液）的濃度變化，是否仍能維持電池的正常運作與電流輸出。

3、文獻回顧

根據國中自然科學課程所學，伏打電池是利用兩種活性不同的金屬電極，在電解質溶液中發生自發性的氧化還原反應。活性較大的金屬原子（如鋅）傾向於失去電子成為離子進入溶液，而電子則透過外電路導線流向活性較小的電極（如銅），吸引溶液中的陽離子（如銅離子）在其表面獲得電子並析出。



圖片來源:康軒版國中理化課本第6冊(電子書第27頁 圖1-26)

鋅銅電池的負極及正極分別是以鋅、銅組成，其中銅極浸置於硫酸銅溶液中，而鋅極浸置於硫酸鋅溶液中。

在本實驗中，鋅半電池負極；銅半電池為正極；

兩個半電池的反應式如下所列：



電池內部產生的電流強度，代表了單位時間內電子流動的數量，這與金屬電極表面的反應速率息息相關。參考八年級所學的反應速率原理，增加反應物的接觸面積能有效提升反應發生的碰撞機會，進而加快反應進行。

在伏打電池的電極材質探討中，鋁（Al）因其化學活性高於鋅（Zn），釋放電子的傾向較強，理論上與銅電極搭配時應能產生比鋅銅電池更高的電位差。然而，鋁在常溫空氣中極易與氧氣反應，在表面形成一層極其緻密且導電性差的氧化鋁（Al₂O₃）薄膜，這種「鈍化」現象會大幅增加電極表面的接觸電阻，阻礙電子的流出。

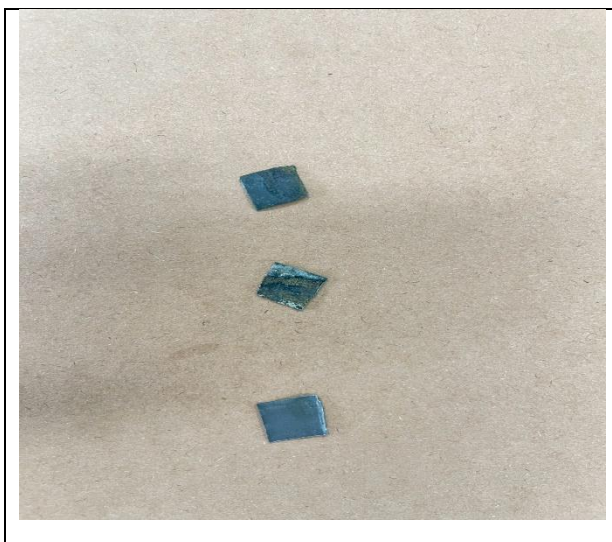
貳、研究設備及器材

- 一、**電極材料**：銅棒、鋅片（每片表面積約為2平方公分、易開罐鋁環（表面積為2平方公分）、巧克力包裝片（每片表面積為4平方公分）。
- 二、**電解液材料**：硫酸銅(五水合硫酸銅)、硫酸鋅、硝酸鉀、純水。
- 三、**測量與實驗儀器**：數位萬用電表（可測量微安培 μA 與伏特 V）、燒杯、導線（附鱷魚夾）、U型管與鹽橋材料、溫度計。

參、研究過程或方法

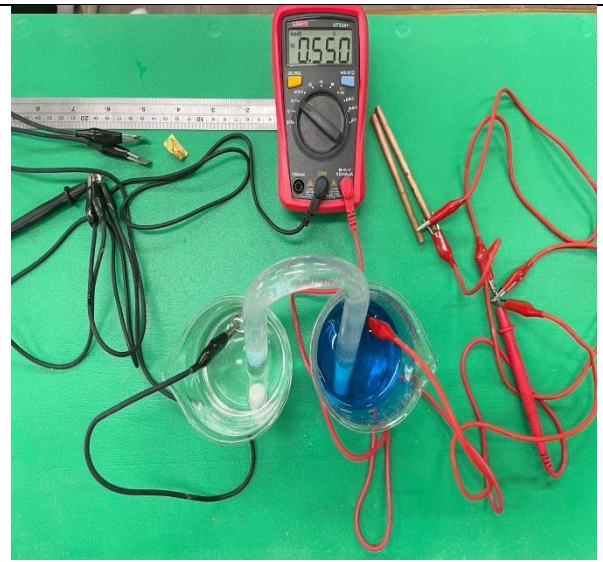
一、電極表面積對電池效能之探討

1. 於25°C環境下，分別配置飽和的硫酸銅溶液(35.2公克/100公克水)與硫酸鋅(53.0公克/100公克水)溶液作為正、負極電解液，並以硝酸鉀溶液(20%)做為鹽橋。
2. 架設標準鋅銅電池，測量並記錄初始電壓與電流。
3. 保持銅極面積不變，依序增加鋅極的數量（1片、2片、3片），記錄不同表面積下的最大電流量與電壓。
4. 保持鋅極面積不變(維持2片)，增加銅極的數量，觀察數據變化。
5. 持續觀察並記錄電流隨時間衰退的狀況。

	
負極材料:鋅表面積約為2平方公分	正極(陰極)材料:銅棒 直徑約為0.6公分



三用電表 以微安培 μA 為測量單位



裝置圖

二：不同負極金屬材質之探討

1. 維持實驗一的飽和電解液設定與銅正極。
2. 將負極替換為「易開罐鋁環（鋁）」，測量並記錄最大電流與電壓。
3. 將負極替換為「巧克力包裝片」，測量並記錄最大電流與電壓。
4. 將正極換成鋁片
5. 紀錄不同電極之間，所產生的電流與電壓



易開罐鋁環:表面積約為2平方公分



巧克力包裝片:表面積約為4平方公分

	
裝置圖	實驗時 三用電表顯示電壓數據

三：負極電解液濃度變化之影響

根據課本所學，鋅銅電池的總反應式為：



由反應式可知，反應物為固態鋅與銅離子，理論上與負極電解槽初始的鋅離子濃度無直接關係。但是若無電解質幫助導電，可能會增加電路中的內電阻，進而減少電流，故設計將負極電解液濃度逐次減半，並使用不同電極組合，測量並記錄電壓與電流變化。

飽和硫酸鋅(53.0公克/100公克水)溶液重量百分濃度約為34.6%。

稀釋三次得到17.3%、8.6%和4.3%的水溶液。

	
使用電極組合: 鋅片*2 /銅棒	使用電極組合:易開罐的鋁環 / 銅棒

肆、研究結果

一、電極表面積與電流之關係

在飽和溶液且溫度25°C的條件下，以飽和硫酸鋅與飽和硫酸銅為電解液。

負極裝置	正極裝置	最大電流 (μA)	電壓大小(V)
1片鋅片	一根銅棒	1230	1.072
2片鋅片	一根銅棒	1790	1.068
3片鋅片	一根銅棒	1794	1.070
2片鋅片	二根銅棒	1808	1.068
2片鋅片	三根銅棒	1810	1.076

- **放電時間影響：**電流量會隨時間逐漸變小，最後穩定降至約 $550 \mu A$ 左右。
- 在伏打電池中，負極金屬是釋放電子的源頭，當我們增加負極（如鋅片）與電解液接觸的有效表面積時，能同時參與氧化反應的鋅原子數量增多，使得單位時間內釋放到外電路的電子數量隨之增加，這在實驗數據上便會直接體現為電流值的提升。

二、負極金屬材質對電池效能之影響

在不改變原有電解液的情況下，替換負極材料得到以下結果：

負極裝置	正極裝置	最大電流 (μA)	電壓大小(V)
易開罐的鋁環	一根銅棒	705	0.562
巧克力包裝片	一根銅棒	緩慢增加至725	0.538
2片鋅片	易開罐的鋁環	1649	1.023
易開罐的鋁環	易開罐的鋁環	600	緩慢增加至0.547
巧克力包裝片	易開罐的鋁環	緩慢增加至663	0.576

三、負極電解液濃度之影響

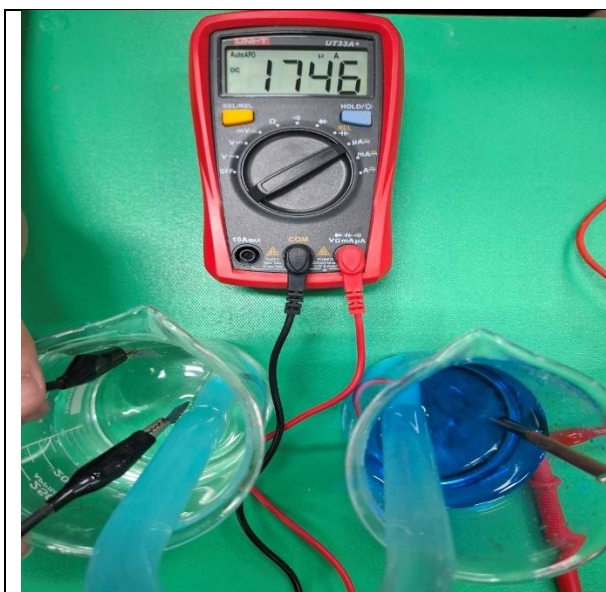
正極電解液維持飽和硫酸銅溶液。

將負極的飽和硫酸鋅溶液稀釋三次得到17.3%、8.6%和4.3%的水溶液。

利用不同電極組合測量最大電流與電壓。

17.3%硫酸鋅溶液

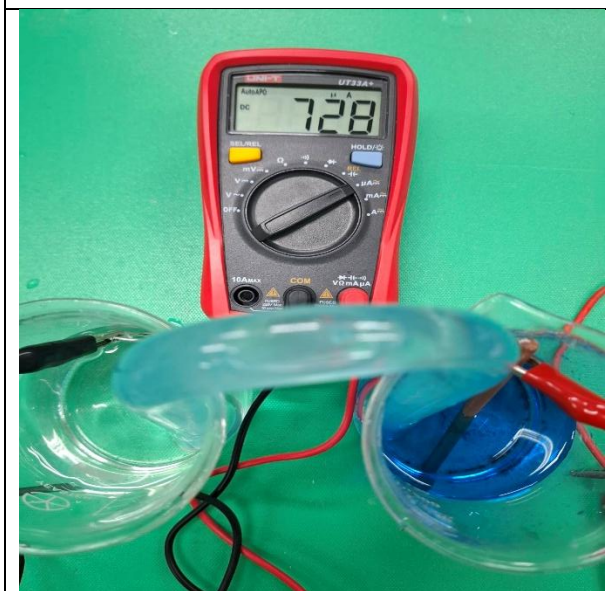
負極裝置	正極裝置	最大電流 (μA)	電壓大小(V)
2片鋅片	一根銅棒	1746	1.081
易開罐的鋁環	一根銅棒	逐漸上升到728	逐漸上升到0.508



電極組合: 鋅片*2 /銅棒 最大電流



電極組合: 鋅片*2 /銅棒 電壓1.081



電極組合: 鋁製拉環 /銅棒 最大電流728



電極組合: 鋁製拉環 /銅棒 電壓0.508

8.6%硫酸鋅溶液

負極裝置	正極裝置	最大電流 (μA)	電壓大小(V)
2片鋅片	一根銅棒	1736	1.076
易開罐的鋁環	一根銅棒	逐漸上升到718	逐漸上升到0.502



電極組合: 鋅片 *2 /銅棒 最大電流1736



電極組合: 鋅片 *2 /銅棒 電壓1.076



電極組合: 鋁製拉環 /銅棒 最大電流718



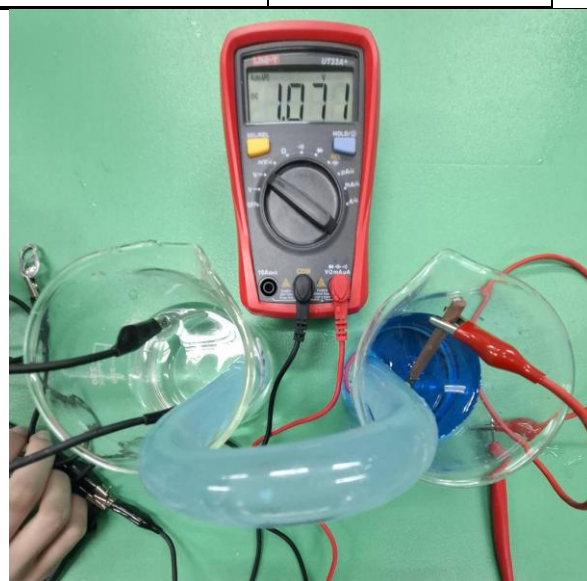
電極組合: 鋁製拉環 /銅棒 電壓0.502

4.3%硫酸鋅溶液

負極裝置	正極裝置	最大電流 (μA)	電壓大小(V)
2片鋅片	一根銅棒	1695	1.071
易開罐的鋁環	一根銅棒	逐漸上升到707	0.501



電極組合: 鋅片*2 /銅棒 最大電流1695



電極組合: 鋅片*2 /銅棒 電壓1.071



電極組合: 鋁製拉環 /銅棒 最大電流707



電極組合: 鋁製拉環 /銅棒 電壓0.501

負極電解液濃度之影響結果歸納

1. 電流輸出與負極電解液濃度呈現正相關：

不論是使用「鋅片」還是「鋁環」作為負極，最大電流都隨著硫酸鋅濃度的降低而遞減。這證實了電解質濃度越高，離子移動產生的內電阻越小，越有利於維持高電流輸出。

2. 濃度對於初始電壓（電動勢）的影響極其微小：

在實驗的三種濃度區間中，鋅片組電壓穩定在 1.071V 至 1.081V 之間，鋁環組則穩定在 0.50V 左右。這說明了電池的電壓主要由「電極材質」決定，在一定的濃度變動範圍內，離子濃度並非決定電位差的主導變因。

伍、討論

一、負極反應速率為電流強度的瓶頸：

實驗顯示增加負極（鋅片）面積能提升最大電流，但增加正極（銅棒）面積效果卻不明顯。這反映出在伏打電池中，電子的供應速度（負極氧化反應）才是決定單位時間內流經電路電子量（電流）的關鍵，然而增加負極的面積與電流增大並不成正比，這可能是因為電池內部內電阻的影響，需要進一步的探討。

二、金屬活性與電位差的實際落差：

雖然鋁的活性高於鋅，理應產生更高的電位差，但實驗中鋁環與巧克力包裝紙的表現各異。鋁環表現優異符合預期，但巧克力包裝紙雖然面積較大，效能卻偏低，這說明了「活性」並非唯一變因，材質的純度或表面的絕緣塗層可能會嚴重阻礙電子傳導。

三、觀察鹽橋中硝酸鉀溶液的變化：

實驗後期，可觀察鹽橋中硝酸鉀溶液有部分淡藍色結晶出現(如下圖)，電池仍能運作，推測是銅離子滲入後所造成的結晶，是否會對電流輸出造成影響，亦需更進一步的觀察與求證。



鹽橋使用後產生淡藍色結晶物質:推測是硫酸銅或硝酸銅

四、鋁電極具備獨特的「時間延遲」反應特性:

相較於鋅片一放入即產生穩定讀數，鋁環組的電流與電壓均呈現「逐漸上升」才達到極值的現象。推測原因，應是鋁表面存在天然氧化膜，需在電解液中浸泡一段時間讓離子滲透或破壞該層結構後，電化學反應才能全面展開，此現象不隨濃度稀釋而消失。

五、生活廢棄金屬的再利用潛力與限制:

以開罐鋁環或是巧克力包裝紙雖然可以產生電流，但是約為鋅片的三分之一，且電壓也降低為0.5伏特左右，若要將此應用於長時間供電，必須考慮使用電池串聯的方式執行。此外鋁表面極易形成的氧化層（鈍化現象）是否會隨著反應進行而重新增厚，這點可作為未來研究的延伸方向。

陸、結論

一、電極接觸面積與電力輸出的瓶頸效應

實驗一證實，電池的電流輸出主要受控於負極金屬與電解液的接觸面積。當我們增加負極鋅片的數量或面積時，最大電流呈現顯著的上升趨勢，這說明在化學電池的反應過程中，負極端電子的釋放速率（氧化反應）是決定電路中單位時間電荷流量（電流）的關鍵因素。相對而言，增加正極銅棒的面積對於電流與電壓的提升並無顯著貢獻，這揭示了伏打電池系統存在著「負極瓶頸」現象。然而，即便負極面積增加，電壓仍穩定維持在 1.07V 左右，並未隨面積改變，這進一步釐清了物理量上的分工：電極面積僅能透過降低內電阻來改變「電流」的大小，而無法改變由材質化學本性所決定的「電位差」。

二、生活廢棄金屬作為電極的電化學特性與可行性

實驗二透過更換不同生活廢棄物（如易開罐鋁環、巧克力包裝紙）作為負極，驗證了電極材質對電池電位差的決定性影響。研究發現，易開罐鋁環能產生約 0.5V 的穩定電壓，雖低於標準鋅片的理論值，但在緊急電源應用上具備高度可行性。特別值得討論的是，鋁電極展現了獨特的「緩啟動」現象，其電流與電壓需隨浸泡時間增長而逐漸攀升，這歸因於鋁表面天然氧化膜的阻隔，需經電解液滲透破壞後方能釋放化學能。此外，巧克力包裝紙因表面含有絕緣塗層或混合材質，導致導電效能遠低於純金屬片，這說明在選擇廢棄物轉化能源時，材質的「表面導電性」比「金屬總量」更為關鍵。本實驗成功證實了環保回收材料在科學教育中的應用價值，並釐清了鋁材在不同化學配對下的電位表現。

三、電解液濃度對電池內電阻與放電穩定性的影響

實驗三深入探討負極硫酸鋅溶液濃度對效能的影響，數據歸納出「電流隨濃度遞減、電壓保持穩定」的明確規律。當硫酸鋅濃度從17.3%稀釋至 4.3% 時，電流從 1746A降至 1695A，這說明電解質的離子濃度可能影響電池的內電阻；濃度越低，溶液中可供移動的離子總數減少，導致內路電路阻力增加，進而削減了外電路的電流輸出。有趣的是，鋁環電極對濃度的變動敏感度較鋅片低，這反映出鋁電極的反應限制主要來自於表面的氧化層結構，而非環境中離子的豐沛程度。總結而言，維持適當高濃度的負極電解液對於確保電池長時間、高強度的穩定放電至關重要。

柒、參考文獻

康軒文教機構（2025）。《國民中學理化第九冊（六上）》。台北市：康軒文教。

林宣安（2012）。《神奇的化學實驗》。台北市：商周出版。

吳永富、林律吟（2024）。《圖解電化學》。台北市：五南圖書出版公司。

附註:作品書中之照片均為實驗時自行拍攝，未引用任何網路圖片。