

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-化學科

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：提昇鋅銅電池放電效率

關 鍵 詞：鋅銅電池、放電效率、多重鹽橋

編 號：030202

學校名稱：

新竹縣立芎林國民中學

作者姓名：

羅婉婷、姜智傑、謝紹君

指導老師：

胡瑩煥



摘要：

鋅銅電池「細水長流」的放電方式，一直是實驗中令人詬病、疑惑的地方，也是我們最想去改善的狀況。在這個研究中，我們嘗試尋找各種可能影響鋅銅電池放電效率的變因並建立最佳的實驗控制條件，好讓鋅銅電池的放電效率得以改善。經過一連串的實驗，我們歸納出一個很重要的結論：「水溶液的導電程度，特別是跨接鹽橋的狀況是影響鋅銅電池放電效率的最重要因素」。而在研究中，包括使用「多重鹽橋」、「跨接銅片」、以及「提高鹽橋溶液濃度」等做法，都對鋅銅電池的放電電流產生了最明顯的改善效果。不過，必須一提的是：硫酸銅溶液顏色的消褪，仍然是相當緩慢的反應，有待我們繼續努力去做研究！

壹、研究動機

在做實驗 14-1 「鋅銅電池」的那一天，從架上鹽橋開始，我們花了大半節課看著「似有若無」的微小電流「苟延殘喘」地流轉了許久，卻始終不見書上預期的顏色變化。「手賤」的阿傑偷偷拿起備用的銅條跨在兩杯水溶液間，哇！真是神奇耶！電流升為兩倍。索性多「借」幾片銅條來玩玩，電流還真的大了好幾倍呢！為什麼會這樣子呢？如果有其他的好方法可以用或許我們就不需要無聊地「苦苦守候」不是嗎？因此，我們告訴老師阿傑的新玩法；結果……唉！這幾個週末只好在實驗室加班了，真是「千金難買早知道」。

貳、研究目的：

- 一、探討影響鋅銅電池電流大小的各種變因
- 二、放電時間對鋅銅電池電流大小的影響
- 三、鹽橋選擇及並聯分路對鋅銅電池電流大小的影響
- 四、鹽橋溶液濃度對電流大小的影響
- 五、電解質溶液濃度對電流大小的影響
- 六、其它可能影響鋅銅電池電流大小的因素

參、研究設備器材

毫安培計	1 個	導線（附銅夾）	2 條
燒杯（250 ml）	2 個	U 型 管	3 個
脫脂棉花	少許	鋅片（5cmx3cm）	1 片
鋅片（1cmx10cm）	1 片	銅片（5cmx3cm）	1 片
銅片（1cmx10cm）	5 片	硝酸鉀水溶液	4 M
硫酸鋅水溶液	1 M	硫酸銅水溶液	0.5M
氯化鈉水溶液	1 M	硝酸銨水溶液	1 M

肆、研究過程

一、鋅銅電池電流大小和放電時間的探討

- (一)、取 250mL 的燒杯兩個，分別貼上甲、乙標籤以示區別。甲燒杯加入 0.1M 的硫酸鋅水溶液至約五分之四滿，並放入鋅片。以燒杯加入 0.1M 的硫酸銅水溶液至約五分之四滿，並放入銅片。
- (二)、用導線連接安培計和兩燒杯中的電極(如圖(a))。
- (三)、取 U 型管裝滿 1M 的硝酸鉀水溶液，並將兩管口用棉花塞住(塞至管口朝下時，棉花不會掉下即可，不可太鬆也不可過緊，(如圖(b)))。
- (四)、將裝好硝酸鉀水溶液的 U 型管連接於兩燒杯中(注意 U 型管中必須沒有氣泡，如圖(c))，並開始計時。
- (五)、觀察兩燒杯水溶液顏色、狀態隨時間變化的情形，並每分鐘記錄毫安培計的電流讀數至少 30 分鐘。

二、鹽橋選擇及並聯分路對鋅銅電池電流大小的影響

- (一) 分別配製 1M 的氯化鈉 1M 的硝酸鉀及 1M 的硝酸銨水溶液作為鹽橋物質，重複過程(一)的做法，觀察兩杯水溶液的狀態並記錄毫安培計的電流讀數。
- (二)、將三支鹽橋依序個別跨接甲乙兩燒杯，分別紀錄每支鹽橋的單獨使用時毫安培計的電流讀數，再將任兩支鹽橋一起跨接甲乙兩燒杯並測定電流大小，最後將三支鹽橋同時跨接兩燒杯上，紀錄毫安培計電流大小。
- (三)、單獨使用 1M 的硝酸鉀水溶液作為鹽橋並先行紀錄毫安培計電流大小，然後將軟銅片折彎跨接兩燒杯，紀錄此時毫安培計電流大小。分別再跨接第二片、第三片、第四片銅條，逐一紀錄毫安培計電流大小。

三、鹽橋溶液濃度對鋅銅電池電流大小的影響

分別配製 4M、3M、2M、1M 及 0.5M 的硝酸鉀水溶液作為鹽橋溶液，紀錄毫安培計電流大小。

四、電解質溶液的濃度對鋅銅電池電流大小的影響

(一)、硫酸鋅濃度對鋅銅電池電流大小的影響

將乙杯的硫酸銅濃度固定為 0.1M，分別配製 0.05M、0.1M、0.2M、0.3M、0.4M、0.5M 及 1.0M 的硫酸鋅作為甲杯電解質水溶液，觀察並記錄鋅銅電池電流的大小。

(二)、硫酸銅濃度對鋅銅電池電流大小的影響

改將甲杯的硫酸鋅濃度固定為 0.1M，分別配製 0.05M、0.1M、0.2M、0.3M、0.4M、0.5M 的硫酸銅作為乙杯電解質水溶液，觀察並記錄鋅銅電池的電流大小。

(三)、正負極電解質溶液濃度同時增加對鋅銅電池電流大小的影響

將甲、乙兩燒杯分別加入同為 0.05M、0.1M、0.2M、0.3M、0.4M 及 0.5M 的硫酸鋅及硫酸銅水溶液作為電解質溶液，觀察並記錄鋅銅電池的電流大小。

五、其它可能影響鋅銅電池電流大小的因素

(一)、增加其它電解質溶液對鋅銅電池電流大小

分別在正負兩極的電解液中加入固態的氯化鈉、硝酸銨，以增加兩燒杯中未參與反應的電解質溶液，觀察並記錄鋅銅電池電流大小。

(二)、使用不同大小金屬板對鋅銅電池電流大小的影響

將兩極的金屬電極分別換成不同面積的電極，觀察並記錄鋅銅電池電流的大小。

(三)、多片金屬同時使用對鋅銅電池電流大小的影響

將兩極的金屬電極增加為兩片、三片，觀察並記錄鋅銅電池電流的大小。

伍、研究結果

一、鋅銅電池電流大小和放電時間的探討

(一)、鋅銅電池電流大小和放電時間的關係詳列於表 1 中，我們發現乙燒杯硫酸銅水溶液顏色變化極慢、如果想使硫酸銅顏色明顯變淡，常常需要至少二小時以上，在上課的時間中不易看到顏色的消褪。而且毫安培計的電流讀在 2.0mA 以下，表示電流強度甚小，不易觀察。

二、鹽橋選擇及並聯分路對鋅銅電池電流大小的影響

(一)、不同鹽橋溶液對鋅銅電池電流大小的影響

實驗中發現 1M 的氯化鈉、1M 的硝酸鉀及 1M 的硝酸銨水溶液作為鹽橋物質對鋅銅電池電流大小的影響有限(分別為 2.2mA，2.3mA 及 2.0mA)，可視為在誤差範圍之內。(表 2)

(二)、並聯鹽橋對鋅銅電池電流大小的影響

實驗中發現多重鹽橋同時使用確實明顯地加強了鋅銅電池電流的大小，而且如個別電阻並聯一般，造成毫安培計測得的電流幾乎就等於各鹽橋單獨使用時，個別的電流相加的結果。(表 2)

(三)、跨接銅片對鋅銅電池電流大小的影響

實驗中也明顯看到了：跨接的銅片提高了鋅銅電池的電流，而且跨接的銅片愈多鋅銅電池的電流愈大，但是並非呈倍數增加。(表 3)

三、鹽橋溶液濃度對鋅銅電池電流大小的影響

高濃度的鹽橋溶液，明顯地使鋅銅電池電流增加。(表 4)

四、電解質溶液的濃度對鋅銅電池電流大小的影響

實驗中觀察到，不論增加硫酸鋅濃度或硫酸銅濃度或正負極電解液同時增加對鋅銅電池的電流大小均明顯加強，甚至加入其它種類的電解質也能稍微影響鋅銅電池電流的大小。(表 5、表 6、表 7、表 8)

五、其它可能影響鋅銅電池電流大小的因素

(一)、使用不同大小金屬板對鋅銅電池電流大小的影響

我們發現將兩極的金屬電極換成較大面積的電極時，鋅銅電池電流確實可以增加(表 9)

(二)、多片金屬同時使用對鋅銅電池電流大小的影響

將兩極的金屬電極增加為兩片、三片，和增加電極大小有相同的效果，均能使鋅銅電池電流的大小增大。(表 10)

陸、討論

一、影響鋅銅電池電流大小的各種變因

研究中發現影響鋅銅電池放電時電流強度的因素較明顯的有(1)跨接鹽橋及銅板製造多重導電分路(2)鹽橋溶液的濃度(3)兩極電解質溶液的濃度(4)電極的表面積大小 等，而放電時間對鋅銅電池電流大小是較長時間的影響。至於兩極電解液中摻入其他無關的電解質雖能影響鋅銅電池的電流，但是其貢獻卻極小。(參考表 1 至表 10)

二、多重鹽橋及跨接導電分路對鋅銅電池電流大小的影響

多重鹽橋的使用以及跨接銅片的做法就好像在電路中並聯多個電阻一般，使得整個系統的總電流得以增加（也可以視為電路中的總電阻減小一般），在我們的研究中明顯看出這種做法對鋅銅電池放電電流的貢獻。經過我們和老師的討論結果，認為可能是多重鹽橋以及跨接銅片的使用提高了電路中的導電效果，降低了整個系統的總電阻所造成的。

三、鹽橋溶液濃度對電流大小的影響

鹽橋溶液濃度的增加和上述跨接多重鹽橋的功能相同，所以我們很明顯的看到了，電池放電電流的增大。

四、電解質溶液濃度對電流大小的影響

電解質溶液濃度的增加在理論上應該和鹽橋的導電功能相同，但是我們發現硫酸銅、硫酸鋅溶液濃度增加時，電池電流的增大略具意義。不過，未參與反應的氯化鈉及硝酸銨加入兩極電解液中並沒有明顯增加電池電流，這是比較奇怪之處。而老師告訴我們：依照 Nernst 的電池電位差方程式硫酸銅濃度的增加應該可以提高電池電壓及電流而硫酸鋅濃度的增加反而降低電池電壓及電流，而我們做出來的數據卻提高了電池電流，有點不可思議！

五、電極表面積對電流大小的影響

很明顯地，表面積較大的電極所產生的電池電流較大（但是電流大小並未和表面積大小成正比），我們的解釋是：化學反應的發生決定於粒子的有效碰撞（課本 9 - 3 粒子觀點），所以電極表面積大，和溶液中粒子產生反應的機會相對較高，因此電池電流相對較高。

柒、結論

經過了一連串的實驗，我們大膽的假設：決定鋅銅電池放電時電流大小的主要原因是水溶液導電的難易程度。特別是，決定兩電解槽聯繫的鹽橋狀況的差異竟然造成近 10 倍的電流變化。因此，下次實驗時，我打算多用幾組鹽

橋或是多跨幾根銅條，好讓電池電流強度不會輸給別組同學。不過，很可惜的是：在研究結束後，我用了三片銅電極（3x5cm）三片鋅電極、跨接三個飽和的硝酸鉀水溶液做鹽橋，還利用剩下的一點空間多跨接了兩根銅條，結果得到這個改造的鋅銅電池電流還是只有 18mA，有點失望，不過比起實驗課的 2mA 已經值得慶幸了。

表 1、鋅銅電池不同放電時間所對應的電流大小

時間(分)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流強度(mA)	1.98	1.98	1.97	1.96	1.95	1.95	1.95	1.94	1.93	1.92

(硫酸鋅溶液：0.1M、硫酸銅溶液：0.1M、硝酸鉀溶液：1.0M)

表 2、不同鹽橋及並聯使用多重鹽橋對應的電池電流大小

鹽橋種類	甲	乙	丙	甲 + 乙	甲 + 丙	乙 + 丙	甲 + 乙 + 丙
電流強度(mA)	2.2	2.3	2.0	4.2	4.0	5.0	6.4

(硫酸鋅溶液：0.1M、硫酸銅溶液：0.1M)

(甲：1.0M 的硝酸鉀溶液；乙：1.0M 的氯化鈉溶液；丙：1.0M 的硝酸鉍溶液)

表 3、跨接銅片數量對鋅銅電池電流的影響

跨接銅片數量	0	1	2	3	4	5
電流強度(mA)	2.2	4.5	6.0	9.2	11.5	12.5

(硫酸鋅溶液：0.1M、硫酸銅溶液：0.1M、硝酸鉀溶液：1.0M)

表 4、鹽橋溶液的濃度對鋅銅電池電流大小的影響

硝酸鉀濃度(M)	0.5	1	2	3	4(飽和)
電流強度(mA)	1.7	2.2	3.5	4.5	4.8

(硫酸鋅溶液：0.1M、硫酸銅溶液：0.1M)

表 5、硫酸鋅溶液的濃度對鋅銅電池電流大小的影響

硫酸鋅濃度(M)	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0
電流強度(mA)	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.1

(硫酸銅溶液：0.1M、硝酸鉀溶液：1M)

表 6、硫酸銅溶液的濃度對鋅銅電池電流大小的影響

硫酸銅濃度(M)	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
電流強度(mA)	2.1	2.3	2.6	2.8	3.1	3.2

(硫酸鋅溶液：0.1M、硝酸鉀溶液：1M)

(硫酸銅溶液溶解度較小，故未做 1.0M 的數據)

表 7、提高兩極電解質溶液的濃度，對鋅銅電池電流大小的影響

兩極電解質濃度(M)	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
電流強度(mA)	2.2	2.3	2.8	3.0	3.3	3.4

(硝酸鉀溶液：1M)

表 8、加入它種電解質對鋅銅電池電流大小的影響

加入電解液的物質	無	氯化鈉固體	硝酸銨固體
電流強度(mA)	2.3	2.4	2.2

(硫酸鋅溶液：0.1M、硫酸銅溶液：0.1M、硝酸鉀溶液：1.0M)

表 9、金屬電極大小對鋅銅電池電流大小的影響

銅片大小(cm^2)	$5 \times 7 = 35$	$3 \times 5 = 15$	$1 \times 5 = 5$
鋅片大小(cm^2)	$5 \times 7 = 35$	$3 \times 5 = 15$	$1 \times 5 = 5$
電流強度(mA)	3.3	2.8	2.3

(硫酸鋅溶液：0.1M、硫酸銅溶液：0.1M、硝酸鉀溶液：1.0M)

表 10、金屬電極數量對鋅銅電池電流大小的影響

銅片數量(3 cm×5 cm)	1 片	2 片	3 片
鋅片數量(3 cm×5 cm)	1 片	2 片	3 片
電流強度(mA)	2.2	2.3	2.5

(硫酸鋅溶液：0.1M、硫酸銅溶液：0.1M、硝酸鉀溶液：1.0M)

