

改進鋅銅電池的電流至一千倍！

國中組化學科第三名

嘉義縣立民雄國民中學

作者：楊明杰、許凱程
指導教師：蕭義崧

一、研究動機

鋅銅電池是最古老的一種電池，這種電池在課本中僅用來說明電池的基本原理，它本身卻不能像鉛電池或乾電池那樣，能夠拿來做為各種電器的電源，例如使電燈發亮使馬達轉動等等。原因是鋅銅電池的電流太弱了，不到一般實用電池的千分之一。

正因為像鋅銅電池這一類的伏特電池不具實用性，所以科學家後來又發明了鉛電池及乾電池等比較優良的電池。我們很好奇的想知道，如果對鋅銅電池加以改進，是不是也能讓它像乾電池那樣優良，拿來做為實用性的電源，以點亮燈泡或推動馬達？

二、研究目的

- (一)探討影響鋅銅電池電流大小的各種變因。
- (二)根據探討出的各種變因，配合簡便材料，重新改良裝置鋅銅電池，使它的電流至少提高一千倍以上，而成為實用性的電池。

三、研究設備器材

硫酸銅。 硫酸鋅。 硝酸鉀。 U形管。
玻璃紙。 燒杯。 量筒。 銅片。

鋅片。 蒸餾水。 毫安培計。 安培計。
 伏特計。 棉花。 錄音帶空盒。 廢棄的乾電池。
 水槽。 塑膠尺。

四、研究過程

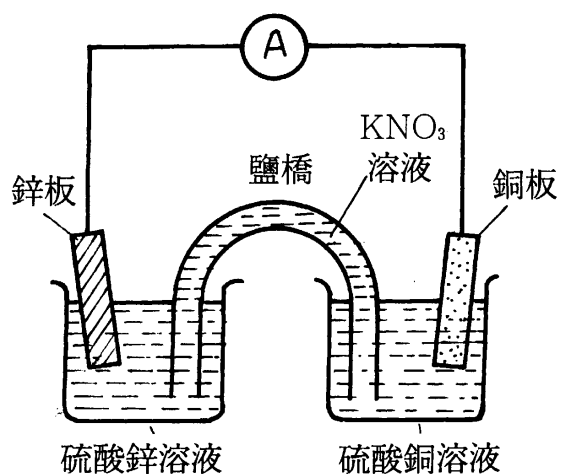
(一)影響鋅銅電池電流的各種變因之探討。

[實驗一]

1. 問題：鹽橋中的電解質之濃度，對電流有何影響？

2. 設計實驗：

(1) 裝置：如右圖(一)



(課本的裝置) 圖 (一)

(2) 實驗步驟：

控制的變因

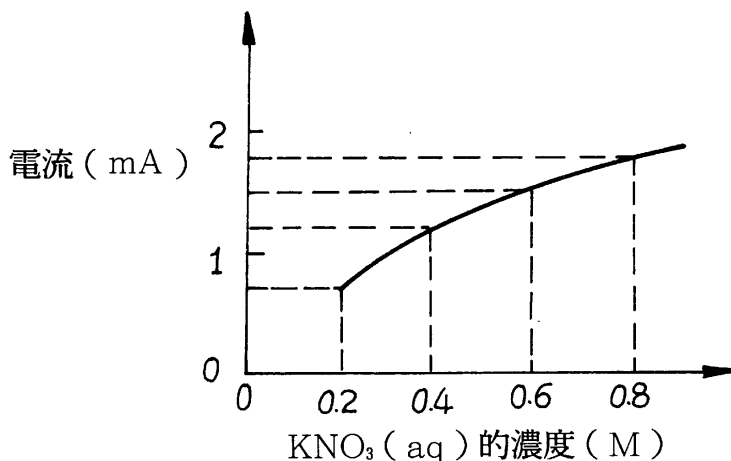
CuSO ₄ (aq)	ZnSO ₄ (aq)	銅片	鋅片	鹽橋
0.4M	0.4M	8.2 cm ²	8.2 cm ²	1 個

改變的變因：KNO₃ (aq) 的濃度

(3)結果：

KNO ₃ (aq)	0.2 M	0.4 M	0.6 M	0.8 M
電 流	0.75mA	1.16mA	1.50mA	1.75mA

上表的座標圖如下所示：



(4)討論：

- 銅片及鋅片均全部浸入溶液中，兩金屬片各置於鹽橋兩端附近，並盡量靠近鹽橋兩端，我們發現即使兩金屬片稍微變動放置位置，對電流的影響亦很小。
- 我們發現將鹽橋的兩邊，由塞棉花改為用玻璃紙封住，結果電流仍相同，原因是玻璃紙為一種半透膜，可容許離子進出。因此以下的實驗皆改由玻璃紙來代替棉花。
- 由以上實驗發現鹽橋的濃度越大，則電流也越大。

[實驗二]

- 問題：CuSO₄(aq) 及 ZnSO₄(aq) 的濃度對電流的大小有何影響？
- 設計實驗：
 - (1)裝置：仍如圖(一)
 - (2)實驗步驟：

控制的變因

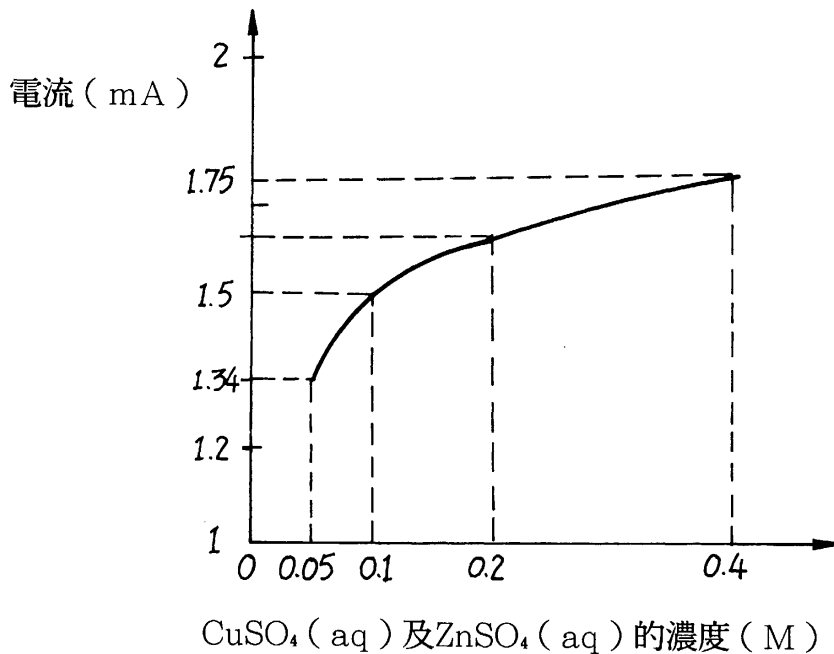
KNO ₃ (aq)	銅片	鋅片	鹽橋
0.8M	8.2 cm ²	8.2 cm ²	1個

改變的原因：CuSO₄(aq) 及 ZnSO₄(aq) 的濃度

(3)結果：

CuSO ₄ (aq) 及 ZnSO ₄ (aq)	0.05M	0.1M	0.2M	0.4M
電 流	1.34mA	1.52mA	1.65mA	1.75mA

上表之座標圖如下所示：



(4)討論：

- 由實驗可看出CuSO₄(aq) 及 ZnSO₄(aq) 之濃度若越大，則電流亦越大。
- 由座標圖亦可看出，濃度越大，則電流的增加量越小。

〔實驗三〕

- 問題：在鹽橋數目及濃度皆不變之情形下，銅片及鋅片的面積對電流有何影響？

2. 設計實驗：

(1)裝置：仍如圖(-)，但改變鋅及銅片的大小。

(2)實驗步驟：

控制的變因

CuSO ₄ (aq)	ZnSO ₄ (aq)	KNO ₃ (aq)	鹽橋
0.4M	0.4M	0.4M	1個

改變的變因：鋅及銅片的面積。

(3)結果：

鋅片及銅片之面積	8.2cm ²	16.4cm ²	24.6cm ²	32.8cm ²
電流	1.15mA	1.16mA	1.18mA	1.16mA

(4)討論：

由以上實驗可見銅及鋅的面積變大，電流的大小並不改變，我們猜測這是因為受到鹽橋的限制，亦即鹽橋造成很大的電阻，若將鹽橋的數目增加，也許電流也會增加，為求証此點，我們再做下面的實驗。

[實驗四]

1. 問題：鹽橋的數目和電流有什麼關係？

2. 設計實驗：

(1)裝置：仍如圖(-)，但鹽橋數目逐漸增加。

(2)實驗步驟：

控制的變因

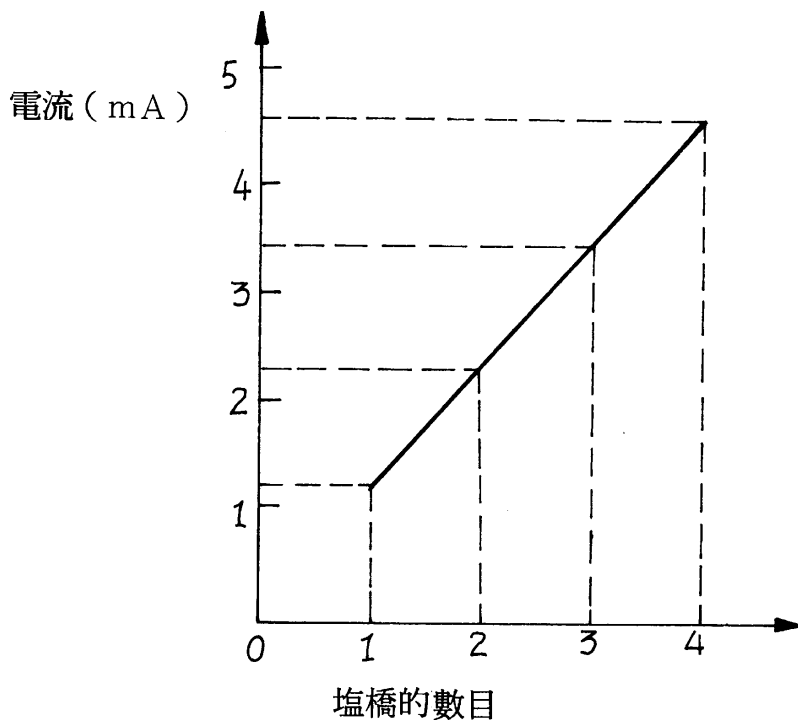
CuSO ₄ (aq)	ZnSO ₄ (aq)	KNO ₃ (aq)	銅片	鋅片
0.4M	0.4M	0.4M	8.2cm ²	8.2cm ²

改變的變因：鹽橋的數目。

(3)結果：

鹽橋的數目	1	2	3	4
電流	1.16mA	2.30mA	3.42mA	4.58mA

上表的座標圖如下所示：



(4)討論：

- 由實驗結果可看出電流與鹽橋的數目成正比，亦即電流與鹽橋截面積成正比。
- 綜合(三)，(四)兩個實驗可看出鹽橋是限制電流的主要因素，如果鹽橋的截面積一定，則不論鋅，銅片如何增加面積亦無法使電流增大，即使電解質之濃度皆增加，所增加之電流亦極有限。
- 因此要改良鋅銅電池只有針對鹽橋來改進，即盡量使鹽橋的截面積擴大，因此必須將鋅銅電池加以改裝，如下面的實驗。

〔實驗五〕

1. 問題：在鹽橋之截面積極大的情形下，鋅片與銅片之面積大小與電流有何關係？

2. 設計實驗：

(1) 裝置：取2個錄音帶之塑膠盒，拆去蓋子後，以玻璃紙包住，一個注入0.4M之 $ZnSO_4(aq)$ ，並放入一塊鋅片。另一個注入0.4M之 $CuSO_4(aq)$ ，並放入一塊銅片，此二塑膠盒置於一充滿 $KNO_3(aq)$ 之水槽中，而鋅銅片經導線與一毫安計相連接，如圖(二)所示。

(2) 實驗步驟：

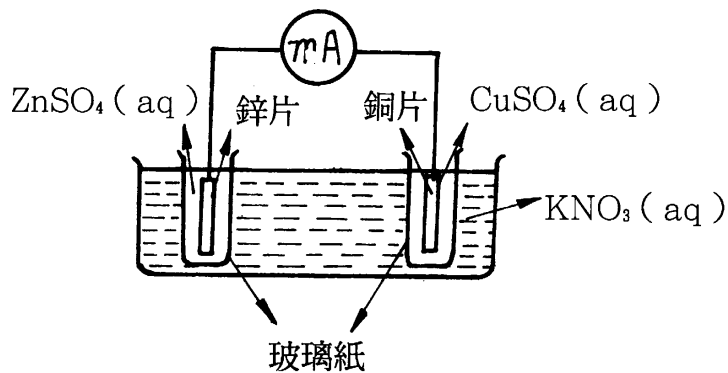
控制的變因

$CuSO_4(aq)$	$ZnSO_4(aq)$	$KNO_3(aq)$	銅片與鋅片之距離
0.4M	0.4M	0.2M	9公分

改變的變因：銅片及鋅片的面積

(3) 結果：

銅片及鋅片的面積	8.2cm ²	16.4cm ²	24.6cm ²
電流	35mA	63mA	87mA



圖(二)

(4)討論：

- a. 在鹽橋之截面積甚大之情形下，銅片及鋅片之面積增加，則電流亦隨之增加，且接近成正比。
- b. 綜合(三)，(五)兩實驗可見若能設法減少鹽橋之電阻，則鋅銅之面積增大，能顯著的使電流增大，而若鹽橋截面積甚小，以致電阻太大時，則鋅銅之面積大小對電流幾乎沒有影響。

[實驗六]

1. 問題：鹽橋的距離大小，與電流有什麼關係？

2. 設計實驗：

(1)裝置：仍如圖(二)

(2)實驗步驟：

控制的變因

CuSO ₄ (aq)	ZnSO ₄ (aq)	KNO ₃ (aq)	銅片	鋅片
0.4M	0.4M	0.2M	8.2cm ²	8.2cm ²

改變的變因：銅片與鋅片間的距離

(3)結果：a.

鋅銅片間的距離	1.5 cm ²	3.0 cm ²	6.0 cm ²	9.0 cm ²
電流	60.0 mA	45.0 mA	39.0 mA	35.0 mA

b. 兩塑膠盒靠在一起時，電流為85.0mA。

(二)以簡單材料設計一新型的鋅銅電池。

1. 設計原理：

(1)根據(一)部分的實驗結果，知電解質濃度越大，金屬片之截面積越大，以及它們間的距離越小則電流越大。因此電池中的鋅片及銅片之面積應盡量大些，其距離則盡量小些，電解質之濃度必須大些。

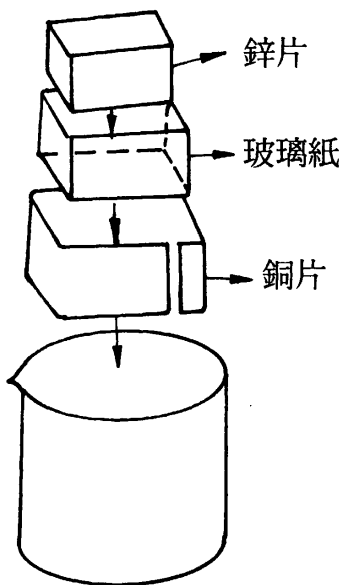
(2)取消鹽橋，使ZnSO₄(aq)及CuSO₄(aq)直接接觸。

2. 鋅銅電池的改良裝置：

將鋅片折成一個四方形的環，再包以玻璃紙，六面中包裹五個面，僅留上面不予包裹，玻璃紙外再包以一層銅片，然後置於燒杯中，玻璃紙內注以0.8M之 $ZnSO_4(aq)$ ，玻璃紙外則注以0.8M之 $CuSO_4(aq)$ 。如下圖(三)。

此裝置之數據如下表：

$CuSO_4(aq)$ (aq)	$ZnSO_4(aq)$ (aq)	銅片	鋅片	$CuSO_4(aq)$ 體積	$ZnSO_4(aq)$ 體積
0.4M	0.4M	182 cm ²	182 cm ²	200 cm ³	200 cm ³



圖(三)

3. 此改良裝置的電流及電壓：（以小燈泡為負載）

無負載電壓	1.02 伏特
無負載電流	3.6 安培
負載電壓	0.88 伏特
負載電流	192 mA

比較課本之鋅銅電池的電流在我們改良後，電流已提高到原來的三千倍以上！

4. 討論：

- (1)若需要比較高的電壓，只需要串聯2個這種裝置即可。
- (2) $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 及 $\text{ZnSO}_4(\text{aq})$ 的體積越大，則電壓降越小。
- (3)可連續點亮小燈泡或推動電鬚刀，數小時之久，並不比乾電池遜色。
- (4)在此種裝置中，真正會消耗的只有鋅片及硫酸銅。
- (5)可以使用廢棄的乾電池外殼來代替鋅片，效果完全相同。
- (6)可使用棉布吸住硫酸銅及硫酸鋅，再將布分別纏於銅片及鋅片上，如此不虞液體傾倒，極便於攜帶。

五、結論

- (一)課本中的鋅銅電池，其電流極小，不到一毫安培，經我們探討後，發現鹽橋的存在是造成其電流甚小的主要因素。
- (二)我們發現若將鹽橋取消，改用玻璃紙隔開 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 及 $\text{ZnSO}_4(\text{aq})$ ，使這兩種溶液能經過玻璃紙直接連通，則電流將增大甚多。
- (三)在上述兩種溶液直接連通的情形下，若鋅片及銅片面積越大，距離越近，則電流亦越大，又這兩種溶液之濃度越大，電流亦越大。
- (四)由上述探討的結果，我們使用簡單的材料，將鋅銅電池重新改良裝置，與課本中的鋅銅電池比較其無負載電流，發現已增大一千倍以上！
- (五)經如此改良後之鋅銅電池已能點亮燈泡，推動小馬達，頗為實用。又因它僅消耗硫酸銅及鋅片，而各學校常有硫酸銅的實驗，若能將實驗完的硫酸銅溶液留存不要倒掉，再配合廢棄的乾電池，組合成此種裝置，等於從廢物中創造能源（或電源）。

六、參考資料

(一)歷屆科學展覽優勝作品專輯。 (二)參考化學 陳國成編著

評語

1. 構成電池要件有三，電極、電解質溶液，與隔板。本件增大極板面積而以棉布（沾有電解質溶液）與玻璃紙為隔板，稍具創意但不可誇大其詞。
2. 增大電池的電流強度的方法多種，且在文獻上可以找得到，應參考。