

# 臺灣二〇〇四年國際科學展覽會

科 別：化學科

作品名稱：濃差電池與溫差電池

得獎獎項：化學科第三名

學 校：臺北縣立福和國民中學

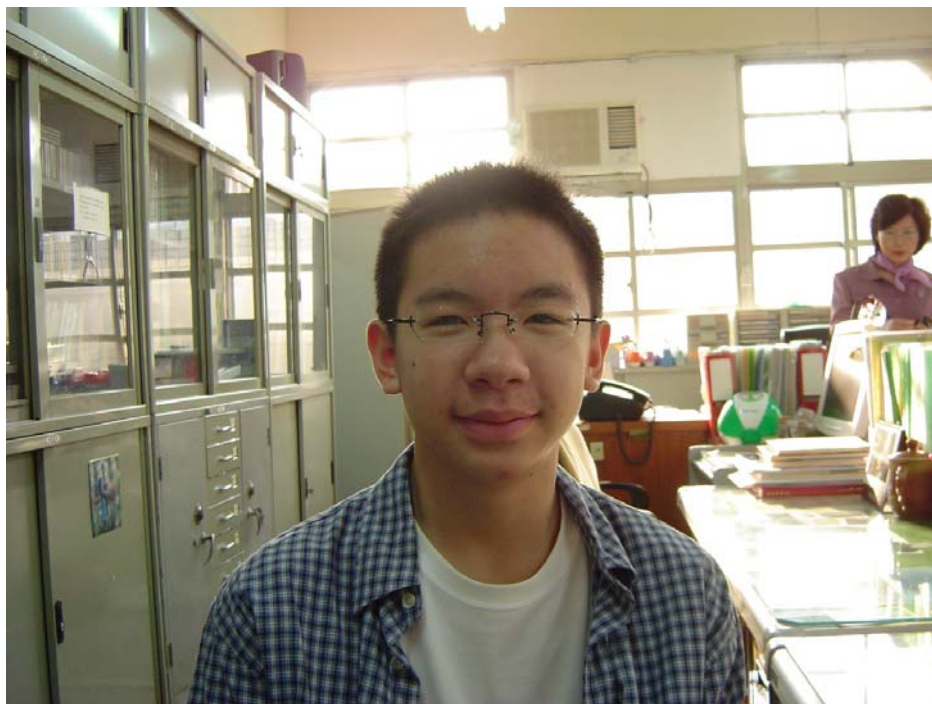
作 者：楊斯皓、谷宗益

## 作者簡介



我的名字是楊斯皓,因為是進入數理資優班就讀的關係,比其他同學早了一年接觸理化這一方面的課程,也因此對理化科目,尤其是化學的部分,產生了濃厚的興趣,這也是我會參加這次科展最大的原因.

也因為對於這方面有著濃厚的興趣,所以平常沒事時這方面的書籍也變成我消磨時間最好的東西,因此對於理化方面可以說是一點也不陌生,也因此我也特別嚮往整天待在實驗室裡的生活,所以能夠參加這一次的科展,我也覺得非常的幸運,希望可以做出一些與眾不同的作品來,讓大家看到一些不一樣的東西



我叫谷宗益，目前就讀福和國中三年級數理資優班。剛進數理資優班時，一開始接觸到化學這個科目，就產生了濃厚的興趣，經過一段時間的學習之後，更體會到化學學習的樂趣與奧妙，從此更喜歡它，甚至為了一項化學實驗而廢寢忘食。

很高興藉著這次科展，讓我在研究過程中，也順便學習到更多的知識與解決問題能力的提升。希望自己以後能朝化學相關的研究前進。

# Molality-Difference Cell and Temperature-Difference Cell

## Abstract :

In a voltaic cell, if the kinds of both electrodes and electrolytes are the same, but the molality or the temperature of the solutions are different, there will be potential difference between the two electrodes. We can them molality-difference cells and temperature-difference cells. In a typical molality-difference cells—its electrode is a piece of metal which is the same kind of metal with the cation electrolyte.—the electrode with the higher molality has the higher potential, and the potential and the log of the fraction of the molality of the two glasses of solution are directly proportional, and when the fraction is the same,  $\text{AgNO}_3$  has the highest potential and then  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  and  $\text{CuSO}_4$ , and  $\text{ZnSO}_4$  has the lowest potential. In a  $\text{CuSO}_4$  temperature-difference cell, if its electrode is a piece of cuprum, then the potential and the temperature- difference of the two glasses of electarolytes are directly proportional, and the electrode with the higher temperature has higher potential.

We use  $\text{CuSO}_4$  temperature cell to make a solar cell, and put it under the sun for 3 hours, the potential can be 13.6 m V, and the current can be 0.76m A. Therefore we can make several of them series to get higher potential and charge a lead storage battery. By this way, we can make a convenient, practical and recycled battery.

## 濃差電池與溫差電池

### 壹：摘要：

伏打電池中，若兩極的電極種類及溶液種類均相同，僅是兩極的溶液濃度或溶液溫度不同，兩極間就有電位差，稱為濃差電池及溫差電池。典型的濃差電池中（電極為電解液正離子的金屬片），濃度大的一端電位較高，電池電壓與兩杯溶液濃度比值的對數值成正比，且在相同濃度比值時，硝酸銀濃差電池的電壓最大，其次為硝酸銅、硫酸銅，硫酸鋅濃差電池的電壓最小。硫酸銅溫差電池，若電極為銅片，則電池電壓與兩杯溶液溫度差成正比，且溫度高的一端電位較高。

我們將硫酸銅溫差電池製成太陽能電池，在太陽下曝曬 3 小時，電壓可達 13.6mV，電流可達 0.76mA，因此只要串聯數個電池以提高電壓，再對鉛蓄電池充電，就可以達到方便、實用與重複使用的目的。

### 貳：研究動機：

我們從歷屆科展作品中發現有關鋅銅電池的研究相當多，其中提到兩極溶液的濃度及溫度會影響電池的電壓，使我們聯想到若兩極的電極種類及溶液種類均相同，僅是兩極的溶液濃度或溶液溫度不同，是否也會有電位差，也就是說是否可以製造濃差電池及溫差電池。

一般的太陽能電池成本較高，理論基礎較深，於是我們想將研究的結果應用在自製一種材料取得容易且實用的太陽能電池上。

**參：研究目的：**

1. 將伏打電池中，兩杯溶液及電極改為均相同，研究兩杯溶液濃度差異對電池電壓及電流的影響。
2. 將伏打電池中，兩杯溶液及電極改為均相同，研究伏打電池中兩杯溶液溫度差異對電壓電流的影響。
3. 利用溫差電池原理，自製太陽能電池。

**肆：研究器材與藥品：**

U 形管×5~6 個、250ml 燒杯×10 個、洋菜粉、硫酸銅、硫酸鈉、硝酸鉀、硝酸銅、硝酸銀、硫酸鋅、蒸餾水、銅片、銀片、鋅片、石墨棒、鱷魚夾、三用電表、溫度計。

**伍：研究方法與步驟：**

**一、研究方法：**

1. 鹽橋製作：取 500mL 燒杯內裝 300mL 蒸餾水，加入 30 克硝酸鉀及 9 克洋菜，煮沸後分別倒入多支 U 形管，待其凝固備用。
2. 電池裝置：取甲、乙兩燒杯(250mL)置入電解液(200mL)，將 U 形管倒插入兩燒杯中，兩燒杯中分別插入電極，電極盡量貼近 U 形管口，再用導線連接電極至三用電表。

**二、研究步驟：**

**實驗甲：濃差電池**

**(一)、電解液為硫酸銅，電極為銅片或石墨棒：**

- 1、甲燒杯中固定置入濃度 0.8M 的硫酸銅溶液。
- 2、乙燒杯中分別置入濃度 0.8M、0.4M、0.2M、0.1M、0.05M、0.025M 的硫酸銅溶液。
- 3、使用銅片當電極。如上述研究方法，測量這六種組合電池的穩定電壓及電流，將結果記錄於表 1-a。
- 4、同步驟 3，但兩電極改為石墨棒。將結果記錄於表 1-b。

**(二)、電解液為硫酸鈉，電極為銅片、石墨棒。**

同步驟(一)，但將電解液改為硫酸鈉。將結果記錄於表 2-a、2-b。

**(三)、電解液為硝酸銅，電極為銅片或石墨棒。**

同步驟(一)，但將電解液改為硝酸銅。將結果記錄於表 3-a、3-b。

**(四)、電解液為硝酸銀，電極為銀片。**

同步驟(一)，但將電解液改為硝酸銀，電極只用銀片。將結果記錄於表 4。

**(五)、電解液為硫酸鋅，電極為鋅片。**

同步驟(一)，但將電解液改為硫酸鋅，電極只用鋅片。將結果記錄於表 5。

**實驗乙：溫差電池**

(一)、電解液為硫酸銅，電極為銅片、石墨棒：

- 1、甲、乙兩燒杯中均置入濃度 0.8M 的硫酸銅溶液。
- 2、固定甲杯溶液溫度為室溫，增加乙杯溶液溫度，使乙杯溶液分別比甲杯溶液的溫度高出 10℃、20℃、30℃、40℃、50℃。
- 3、使用銅片當電極。如上述研究方法，測量各種溫差時，電池的穩定電壓及電流，將結果記錄於表 6-a。
- 4、同步驟 3，但兩電極改為石墨棒。將結果記錄於表 6-b。

(二)、電解液為硝酸銀，電極為銀片。

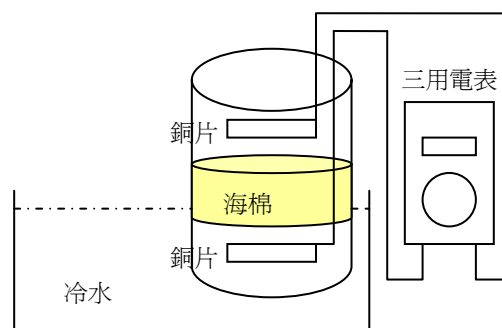
同步驟(一)，但將電解液改為硝酸銀，電極改為銀片。將結果記錄於表 7。

(三)、電解液為硝酸銅，電極為銅片、石墨棒。

同步驟(一)，但將電解液改為硝酸銅，電極改為銅片、石墨棒。將結果記錄於表 8。

### 實驗丙：自製太陽能電池

如右裝置圖所示，取一圓柱形透明容器，置入 0.8M 硫酸銅溶液，兩端置入銅片，再以導線連接至三用電表，容器中放入海棉隔開正、負極，再將容器下半部浸入水中，容器上半部置於烈日下曝曬，每隔 30 分鐘記錄一次兩電極附近的溫度及三用電表的電壓、電流讀數，將結果記錄於表 9。



太陽能電池裝置圖

## 陸、研究結果

### 實驗甲：濃差電池

表 1：伏打電池中，兩杯溶液均為硫酸銅，兩杯溶液濃度差異對電池電壓及電流的關係。

表 1-a：電極為銅片

甲杯硫酸銅濃度 M	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
乙杯硫酸銅濃度 M	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
兩杯濃度比值	1	2	4	8	16	32
比值以 2 為底取對數	0	1	2	3	4	5
電壓 mV	0	6	12	16	22	26
電流 mA	0	0.02	0.04	0.06	0.06	0.07

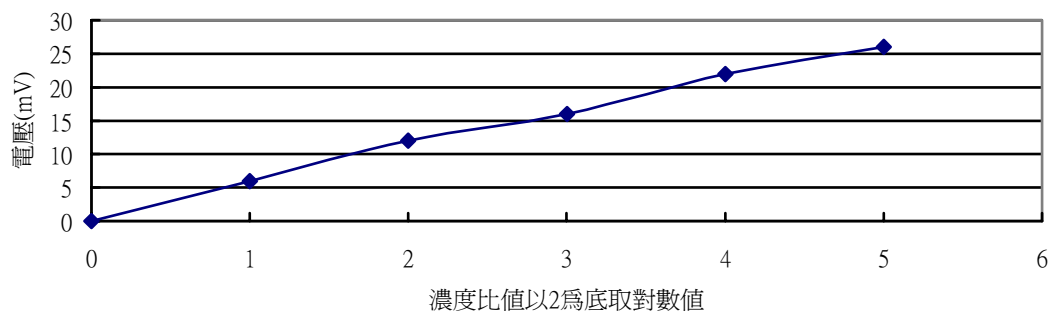


圖 1-a：由表 1-a 中所得，電池電壓對濃度比取對數值的關係圖。

表 1-b：電極為石墨棒

甲杯硫酸銅濃度 M	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
乙杯硫酸銅濃度 M	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
兩杯濃度比值	1	2	4	8	16	32
比值以 2 為底取對數	0	1	2	3	4	5
電壓 mV	0	-18	26	54	69	-15
電流 mA	0	-0.02	0.022	0.14	0.17	-0.04

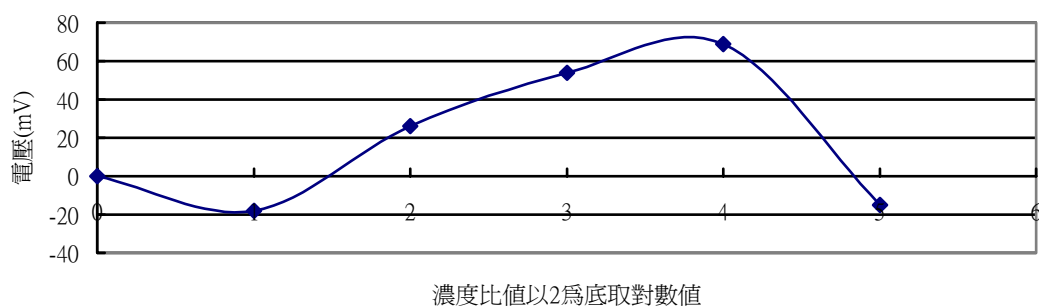


圖 1-b：由表 1-b 中所得，電池電壓對濃度比取對數值的關係圖。

表 2：伏打電池中，兩杯溶液均為硫酸鈉，兩杯溶液濃度差異對電池電壓及電流的關係。

表 2-a：電極為銅片

甲杯硫酸鈉濃度 M	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
乙杯硫酸鈉濃度 M	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
兩杯濃度比值	1	2	4	8	16	32
比值以 2 為底取對數	0	1	2	3	4	5
電壓 mV	0	407	114	135	309	118
電流 mA	0	1.10	0.33	0.43	0.80	0.30

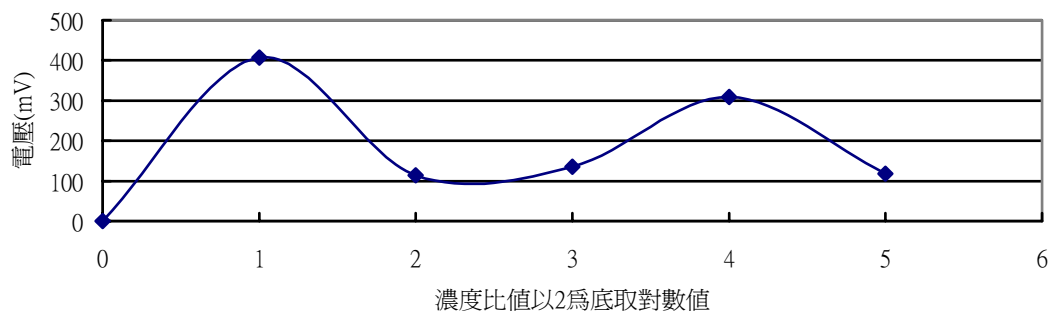


圖 2-a：由表 2-a 中所得，電池電壓對濃度比取對數值的關係圖。

表 2-b：電極為石墨棒

甲杯硫酸鈉濃度 M	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
乙杯硫酸鈉濃度 M	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
兩杯濃度比值	1	2	4	8	16	32
比值以 2 為底取對數	0	1	2	3	4	5
電壓 mV	0	26	3	121	3	59
電流 mA	0	0.07	0.01	0.45	0.004	0.19

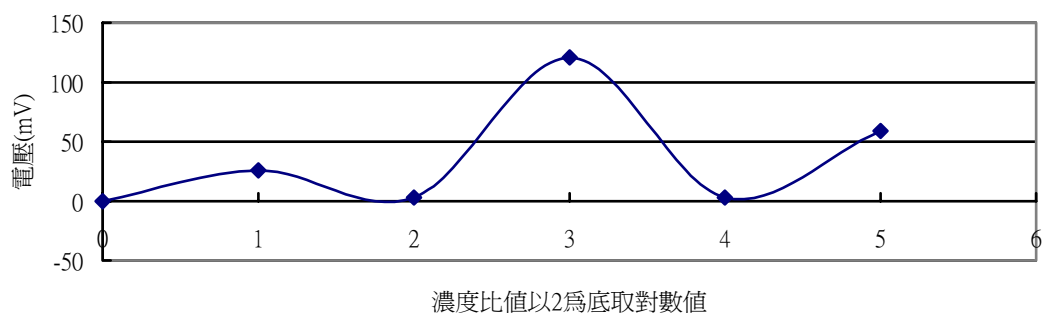


圖 2-b：由表 2-b 中所得，電池電壓對濃度比取對數值的關係圖。

表 3：伏打電池中，兩杯溶液均為硝酸銅，兩杯溶液濃度差異對電池電壓及電流的關係。

表 3-a：電極為銅片

甲杯硝酸銅濃度 M	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
乙杯硝酸銅濃度 M	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
兩杯濃度比值	1	2	4	8	16	32
比值以 2 為底取對數	0	1	2	3	4	5
電壓 mV	0	19	29	31	40	47
電流 mA	0	0.07	0.12	0.12	0.13	0.13



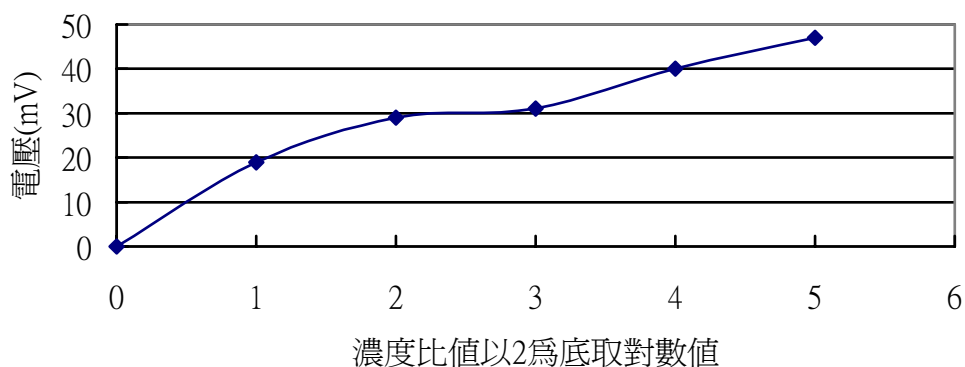


圖 3-a：由表 3-a 中所得，電池電壓對濃度比取對數值的關係圖。

表 3-b：電極為石墨棒

甲杯硝酸銅濃度 M	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
乙杯硝酸銅濃度 M	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
兩杯濃度比值	1	2	4	8	16	32
比值以 2 為底取對數	0	1	2	3	4	5
電壓 mV	0	40	57	32	24	-12
電流 mA	0	0.16	0.22	0.11	-0.07	-0.03

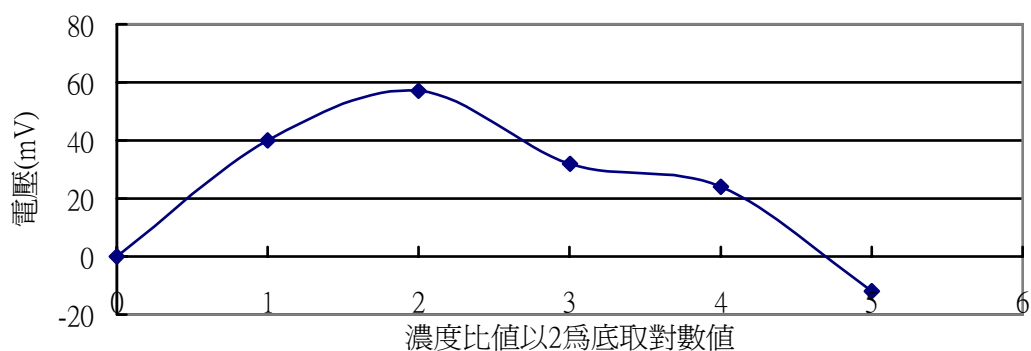


圖 3-b：由表 3-b 中所得，電池電壓對濃度比取對數值的關係圖。

表 4：伏打電池中，兩杯溶液均為硝酸銀，電極為銀片，兩杯溶液濃度差異對電池電壓及電流的關係。

甲杯硝酸銀濃度 M	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
乙杯硝酸銀濃度 M	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
兩杯濃度比值	1	2	4	8	16	32
比值以 2 為底取對數	0	1	2	3	4	5
電壓 mV	0	13	30	50	72	89
電流 mA	0	0.01	0.08	0.17	0.19	0.23

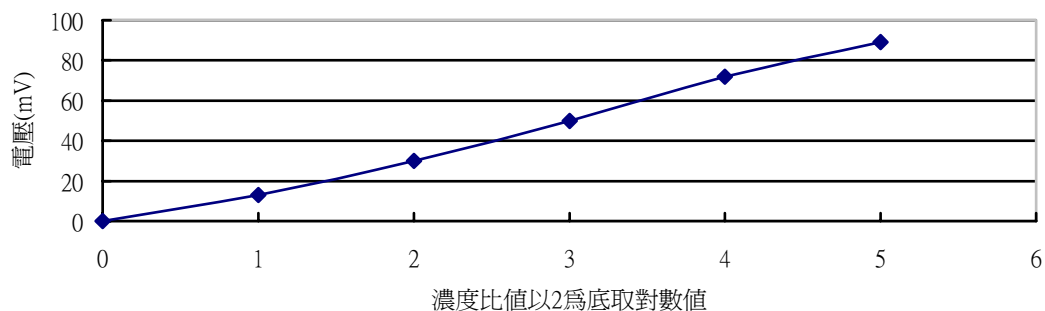


圖 4：由表 4 中所得，電池電壓對濃度比取對數值的關係圖。

表 5：伏打電池中，兩杯溶液均為硫酸鋅，電極為鋅片，兩杯溶液濃度差異對電池電壓及電流的關係。

甲杯硫酸鋅濃度 M	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
乙杯硫酸鋅濃度 M	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
兩杯濃度比值	1	2	4	8	16	32
比值以 2 為底取對數	0	1	2	3	4	5
電壓 mV	1.6	6.2	8.1	11.2	17.2	19.4
電流 mA	0.004	0.017	0.022	0.028	0.041	0.041

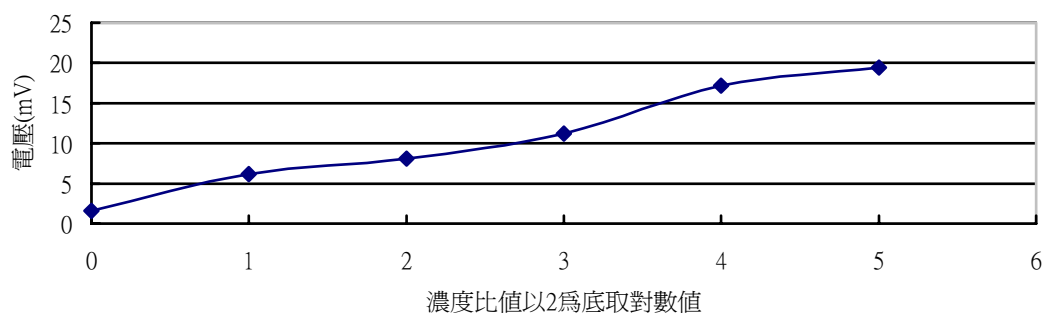


圖 5：由表 5 中所得，電池電壓對濃度比取對數值的關係圖。

### 實驗乙：溫差電池

表 6：伏打電池中，兩杯溶液均為硫酸銅，兩杯溶液溫度差異對電池電壓及電流的關係。

表 6-a：電極為銅片

甲杯硫酸銅溫度 $^{\circ}\text{C}$	19	19	19	19	19	19
乙杯硫酸銅溫度 $^{\circ}\text{C}$	19	29	39	49	59	69
兩杯溶液溫差 $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50
電壓 mV	0	6.1	12	20	27	34

電流 mA	0	0.025	0.047	0.07	0.15	0.18
-------	---	-------	-------	------	------	------

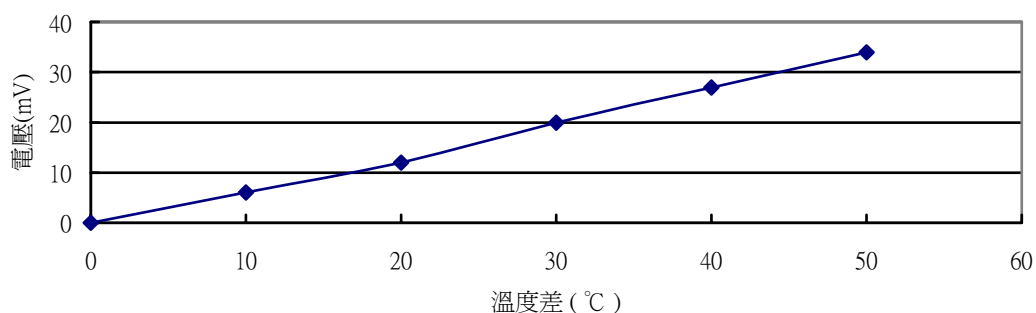


圖 6-a：由表 6-a 中所得，電池電壓對溫度差的關係圖。

表 6-b：電極為石墨棒

甲杯硫酸銅溫度°C	18	18	18	18	18	18
乙杯硫酸銅溫度°C	18	28	38	48	58	68
兩杯溶液溫差°C	0	10	20	30	40	50
電壓 mV	0	-26.0	10.6	17.6	25.4	50.0
電流 mA	0	-0.0007	0.0003	0.001	0.001	0.004

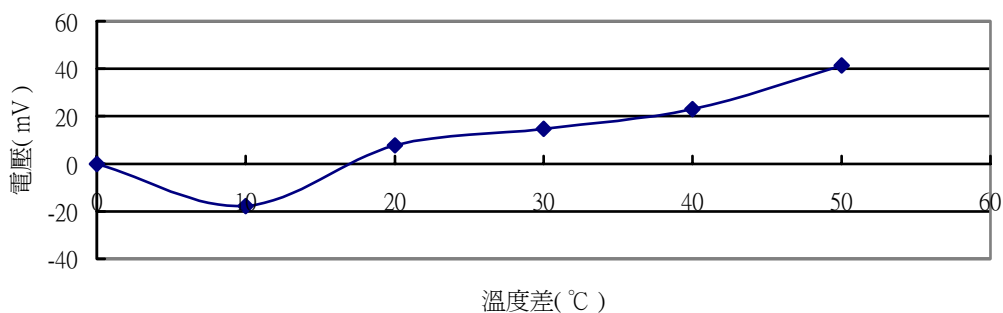


圖 6-b：由表 6-b 中所得，電池電壓對溫度差的關係圖。

表 7：伏打電池中，兩杯溶液均為硝酸銀，電極為銀片，兩杯溶液溫度差異對電池電壓及電流的關係。

甲杯硝酸銀溫度 °C	18	18	18	18	18	18
乙杯硝酸銀溫度°C	18	28	38	48	58	68
兩杯溶液溫差°C	0	10	20	30	40	50
初電壓 mV	0	-11.1	-15.2	-8.6	-16.6	-4.5
末電壓 mV	0	-13.9	-18.4	-12.2	-14.1	3.3
電壓變化 mV	0	-1.2	-3.2	-3.6	+2.5	+7.8

初電流 mA	0	-0.006	-0.02	-0.03	-0.05	-0.004
末電流 mA	0	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	0.003

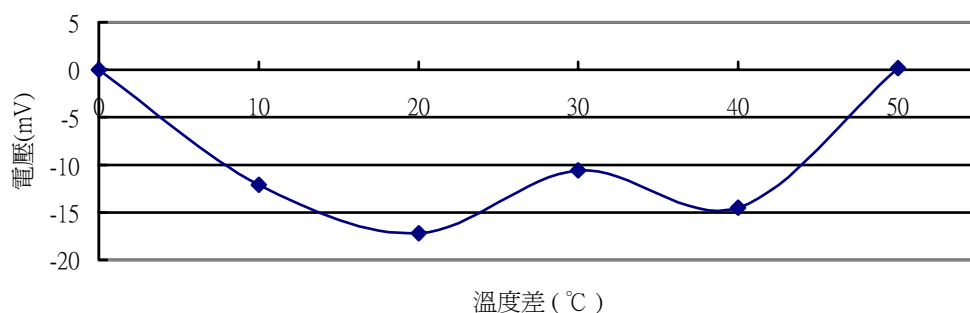


圖 7：由表 7 中所得，電池電壓對溫度差的關係圖。

表 8：伏打電池中，兩杯溶液均為硝酸銅，兩杯溶液溫度差異對電池電壓及電流的關係。

表 8-a：電極為銅片

甲杯硝酸銅溫度°C	24	24	24	24	24	24
乙杯硝酸銅溫度°C	24	34	44	54	64	74
兩杯溶液溫差°C	0	10	20	30	40	50
電壓 mV	0	8.6	18.7	24.5	27.6	36.5
電流 mA	0	0.030	0.071	0.094	0.104	0.134

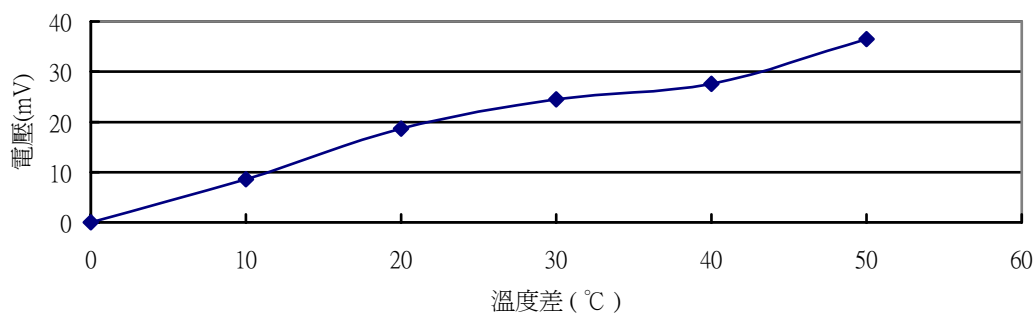


圖 8-a：由表 8-a 中所得，電池電壓對溫度差的關係圖。

表 8-b：電極為石墨棒

甲杯硝酸銅溫度°C	24	24	24	24	24	24
乙杯硝酸銅溫度°C	24	34	44	54	64	74
兩杯溶液溫差°C	0	10	20	30	40	50
電壓 mV	0	39.9	44.1	52.2	78.1	120.2
電流 mA	0	0.013	0.024	0.031	0.103	0.212

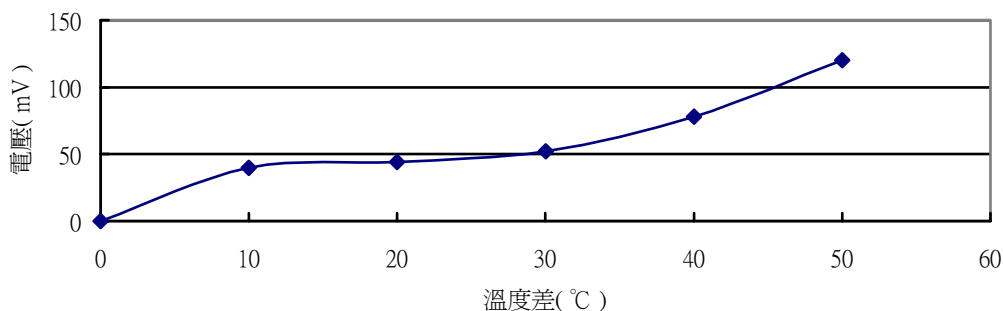


圖 8-b：由表 8-b 中所得，電池電壓對溫度差的關係圖。

### 實驗丙：自製太陽能電池

表 9：自製太陽能電池，溶液溫度差及電池電壓、電流隨照太陽光時間的變化。

時間(小時)	0.5	1	1.5	2.0	2.5	3.0
上層溫度 °C	29	34	38	40	42	43
下層溫度 °C	20	21	22	22	23	23
溫差 °C	9	13	16	18	19	20
電壓 mV	7.8	10.1	12.3	13.1	13.4	13.6
電流 mA	0.29	0.40	0.61	0.74	0.75	0.76

### 柒：討論

#### 實驗甲：濃差電池

##### 一、典型濃差電池（電極為電解液正離子的金屬片）

- 1、由表 1-a 得知當兩杯硫酸銅溶液的濃度不同時，兩電極間會有電位差，濃度大的那杯電極電位較高，也就是可以形成濃差電池，而且兩杯溶液的濃度比值越大，電池電壓就越大，又由圖 1-a 得知電池電壓與濃度比值的對數值成正比（註：為了方便我們選擇以 2 為底取對數值，其實以任何不為 0 的實數為底，結果仍相同）。
- 2、若硫酸銅濃差電池持續放電一段長時間，可觀察到甲杯高濃度硫酸銅顏色逐漸變淡，而乙杯低濃度硫酸銅顏色逐漸變深，也就是兩杯溶液濃度差距逐漸縮小，而電池電壓也逐漸下降，同時可觀察到甲杯中銅片表面有金屬銅析出。
- 3、銅片表面發生的反應是  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ ，這是一個可逆反應，由化學平衡理論，銅離子濃度小時，有利於反應向右進行，銅離子濃度大時，有利於反應向左進行，當甲杯硫酸銅的濃度比乙杯大時，甲杯溶液會進行  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  反應，因為甲杯電極得電子，所以是電池正極，電位較高，乙杯溶液會進行  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$  反應，因為乙杯電極失去電子，所以是電池負極，電位較低，當兩杯溶液濃度差越大時，此效應更大，所以濃度差越大時，兩電極的電位差也就越大。
- 4、硝酸銅濃差電池使用銅片當電極時，可得到如同硫酸銅濃差電池使用銅片當

電極時的結果，但硝酸銅濃差電池的電壓較大，因為此時甲杯中的電極可進行  $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$  或  $\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  取代  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  反應，而前者趨勢更大，所以電壓相對較高。

- 5、硝酸銀濃差電池使用銀片當電極時，也可得到如同硫酸銅溫差電池使用銅片當電極時的結果，而且硝酸銀濃差電池電壓最大，因為此時除了甲杯中的電極可進行  $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$  或  $\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  或  $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$ ，另外乙杯中進行  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$  反應，在相同濃度比時所以電壓相對較高。
- 6、硫酸鋅濃差電池使用鋅片當電極時，所得到電池電壓與濃度比值取對數值的關係曲線與硫酸銅溫差電池使用銅片當電極時的結果非常接近，硫酸鋅濃差電池的電壓僅略小於硫酸銅溫差電池，此因兩溶液的負離子都是硫酸根離子，而正離子都是帶正 2 電荷，放電時每個金屬原子與離子間都有 2 個電子轉移。
- 7、由圖 8 中比較各種典型濃差電池，得知在相同濃度比值時，電池的電壓由大到小依序為硝酸銀濃差電池、硝酸銅濃差電池、硫酸銅濃差電池、硫酸鋅濃差電池，而硫酸銅與硫酸鋅濃差電池的電壓差異不大，我們也推論出規律性，即負離子為氧化力較強的硝酸根離子時比氧化力較弱的硫酸根離子時，電壓來得高，正離子為正 1 價的銀離子時比正 2 價的銅離子、鋅離子時，電壓來得高。

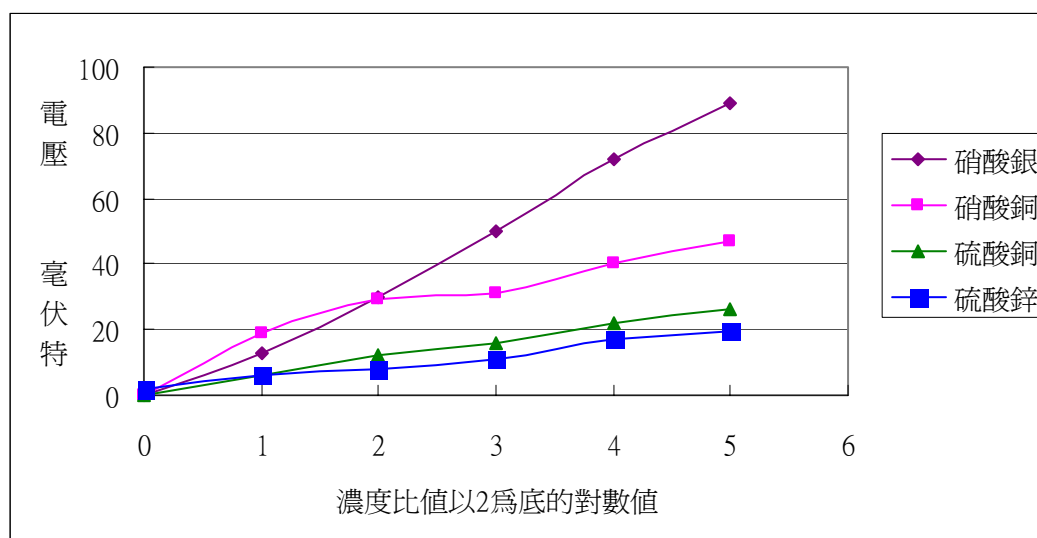


圖 8：典型濃差電池中，電池電壓與濃度比值取對數值的關係圖。

## 二、非典型濃差電池（電極為石墨棒、電極非電解液正離子的金屬片）

- 1、濃差電池中，若電極為石墨棒或電極不是電解液正離子的金屬片，則因為有多種反應可能發生，而且反應物或生成物的濃度可能很小，因此很容易受濃度差異的影響，所以此濃差電池的電壓不穩定會隨時間而變，且電壓與濃度比值沒有規律性的關係。
- 2、硫酸銅濃差電池以石墨棒為電極，有以下可能的反應發生： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  ,  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$   
 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$  , 由圖 1-b 得知在某部分濃度比時, 可能出現電壓負值 ( 高濃度處電位較低 ), 而在濃度比約 16 附近, 出現最大電壓。

- 3、硫酸鈉濃差電池無論以銅片或石墨為電極, 電壓均為正值 ( 高濃度處電位較高 ), 而且以銅片為電極在濃度比約 2 附近, 電壓可達 400mV 以上, 遠比其他濃差電池的電壓大。因為鈉離子相當安定, 所以硫酸鈉濃差電池可能的反應有  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$  ,  $\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  ,  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$  ,  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$
- 4、硝酸銅濃差電池以石墨棒為電極, 在濃度比約 4 附近, 出現最大電壓為 60mV。其可能發生的反應有:  $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  ,  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$  ,  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$  ,  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

### 實驗乙：溫差電池

- 1、由表 6-a 得知當兩杯硫酸銅溶液的溫度不同時, 兩電極間會有電位差, 溫度高的那杯電極電位較高, 也就是可以形成溫差電池, 而且兩杯溶液的溫度差距越大, 電池電壓就越大, 又由圖 6-a 得知電池電壓與兩杯溶液溫差成正比。
- 2、若硫酸銅溫差電池持續放電一段長時間, 可觀察到高溫的乙杯溶液中銅片表面有金屬銅析出, 且硫酸銅顏色逐漸變淡, 而甲杯低溫溶液中, 硫酸銅顏色逐漸變深, 也就是兩杯溶液濃度由原來相等, 而差距逐漸變大, 因此即使保持兩端溫差不變, 也會因為兩杯溶液濃度差產生的反向電壓而使電池電壓逐漸下降。
- 3、由可逆反應  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$  中, 高溫時, 應該有利於反應向左進行, 當乙杯硫酸銅的溫度較甲杯高時, 乙杯溶液會進行  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  反應, 所以高溫端是電池正極, 甲杯溶液會進行  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$  反應, 所以低溫端是電池負極, 當兩杯溶液溫差越大時, 此效應更大, 所以溫差越大時, 兩電極的電位差也就越大。
- 4、由表 6-b、圖 6-b 得知, 硫酸銅溫差電池若改用石墨當電極, 除了在溫差不大時電壓出現負值(即高溫端是電位較低), 溫差在 20℃ 以上時電壓都是正值, 且隨溫差的擴大, 電壓逐漸上升, 不過此溫差電池的電阻很大, 電流比使用銅片時小很多。
- 5、由表 7、圖 7 得知, 硝酸銀溫差電池的電壓、電流極不穩定, 且電壓與溫差之間沒有規律性, 在各種溫差時, 電壓大多為負值。
- 6、由表 8、圖 8 得知, 硝酸銅溫差電池使用銅片當電極, 電池電壓與兩杯溶液溫差成正比, 且與硫酸銅溫差電池使用銅片當電極時的電壓非常相近。硝酸銅溫差電池使用石墨當電極, 電池電壓隨著兩杯溶液溫差而升高, 當溫差為 50℃ 時, 電池電壓甚至可達 120mV。

### 三、自製太陽能電池

- 1、自製太陽能電池中以海棉隔開兩電極, 其目的是利用海棉代替鹽橋, 不但可

以阻隔兩極溶液流動，而且電阻極小，可以獲得較大電流。另外兩電極採上下配置，而不採用左右配置，除了上層溶液易受陽光照射，下層溶液可浸入冷水中，而且上熱下冷的水溶液不會發生對流，可維持兩極的溫差。

- 2、自製太陽能電池中選用硫酸銅溶液及銅片電極，是因為(1)硫酸銅溶液為藍色易吸收太陽光中偏紅色波長的光。(2)其電壓、電流穩定而且隨溫差的增加而成正比的增加。(3)當白天太陽能電池作完功，傍晚可將電池上下倒置，隔天再由電池另一端照射陽光，如此反覆操作，兩極硫酸銅溶液及銅片均不會消耗，成為一個永續使用的電池。
- 3、經實際測試，如表 9 所示，自製太陽能電池在太陽下曝曬 3 小時，兩極溫差達 20℃，電壓可達 13.6mV，電流可達 0.76mA，與表 6-a 中硫酸銅溫差電池，溫差 20℃時，電壓為 12mV，電流為 0.047mA 比較，發現電壓略大，而電流增為 16 倍。我們可串聯數個自製太陽能電池以提高電壓，在白天時對鉛蓄電池充電，就可以達到方便與實用的目的。

#### 捌：結論

- 1、有鹽橋的伏打電池中，若兩杯溶液及電極種類均相同，當兩杯溶液的濃度不同時，兩電極間會有電位差，即可形成濃差電池。
- 2、典型的濃差電池中（電極為電解液正離子的金屬片），電池電壓與兩杯溶液濃度比值的對數值成正比，且在相同濃度比值時，硝酸銀濃差電池的電壓最大，其次為硝酸銅、硫酸銅，硫酸鋅濃差電池的電壓最小。
- 3、非典型濃差電池中（電極為石墨棒或電極不是電解液正離子的金屬片），則因有多種反應可能發生，而且反應物或生成物濃度可能很小，很容易受濃度差異的影響，所以此濃差電池的電壓不穩定，且與濃度比值沒有規律性的關係。
- 4、有鹽橋的伏打電池中，若兩杯溶液及電極種類均相同，當兩杯溶液的溫度不同時，兩電極間也會有電位差，即可形成溫差電池。
- 5、硫酸銅溫差電池及硝酸銅溫差電池，若電極為銅片，則電池電壓與兩杯溶液溫度差成正比，且溫度高的一端電位較高。
- 6、自製太陽能電池中選用硫酸銅溶液及銅片電極，在太陽下曝曬 3 小時，電壓可達 13.6mV，電流可達 0.76mA，只要串聯數個以提高電壓，再對鉛蓄電池充電，就可以達到方便、實用與重複使用的目的。

#### 玖：參考資料

- 1、國中理化課本第三冊
- 2、第 30 屆全國中小學科學展覽優勝作品專輯 改進鋅銅電池電流至一千倍



## 評語及建議事項

本實驗主要應用 Nerst equation 原理變化濃差與溫差，在兩電極之間及可量測電流或電壓的變化。雖應用現有之原理，但將此原理轉變成實驗設計，值得鼓勵。特別是應用溫差電池的設計在太陽能的攝取，轉變成電能這方面的創意尤佳。