

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

030209

『現代「阿基米德」』驗金術

- 利用電化學電流原理探討合金比例之預測

學校名稱：臺北市私立薇閣高級中學(附設國中)

作者：  國一 柯至家  國三 柯至恩	指導老師：  王式儀
---------------------------------	------------------

關鍵詞：電化學電池、電流強度、合金

## 摘 要

本研究主要是利用電化學電池的原理，探討不同種類金屬與混和金屬在不同電解液中所產生的穩定電流量，整合並分析電流量的差異，從中得出標準值，且透過修正實驗過程建立研究方法。實驗過程中，除測試純金屬片外，本組亦製作了四類(但其中一類不成功)相同成分不同比例的合金，進行電流測試。

從結果得知，金屬種類與合金比例的多寡在選用的電解液之下，大致呈現出一固定的線性關係，具有數學函數上的意義，則可根據此線性函數，作為測量某未知合金金屬所含有的成分比例之推論。總結上述，我們以純金、18k 金、14k 金的合金成分比例來做為佐證，同時將此研究方法，稱之為「現代驗金術」。

## 壹、研究動機：

現今社會上有許多人投資買賣貴重金屬，確遭有心人用惡意詐騙的手法，以假的或成分不足的金屬欺騙，正所謂：防人之心不可無！然而如果以目測的方式，是無法正確判斷真偽的，更不可能隨時隨地帶著貴重的檢測儀器，來做檢測。

一開始有了這樣的想法後，在學校的課程中也在理化課堂上學習到基本電池原理，瞭解到電池放電原理依靠的是不同金屬活性大小差異，活性大的金屬容易失去電子藉而產生電子的流動，才形成電池。於是我們開始形成假設，若不同金屬成分會產生不同的電流量大小，而已知金屬比例時測得電池的電流大小為趨近定值時，此定值可以用來檢驗生活中遇到的合金成份，瞭解金屬比例。也就是說測生活中的合金電流量趨近定值時，我們可以回推他的金屬比例。

因此，利用不同的金屬成分會產生不同的電流，分析電流的變化，用以判斷金屬的種類、成分，達到保障人們的利益，避免受騙。

## 貳、研究目的：

- 一、探討以飽和食鹽水作為電解液時鋅、鉛、銅三種金屬所形成電池形式的不同實驗方法。
- 二、探討各種純金屬片在不同電解液下，所組成的電化電池，其穩定釋放電流的強度。
- 三、探討各種不同比例合金金屬片在不同電解液下，所組成的電化電池，其穩定釋放電流的強度。
- 四、探討各種電池種類的穩定電流其數學線性函數關係。
- 五、以 18k 金、14k 金來佐證合金成分比例間的數學線性函數關係。
- 六、依據前述實驗結果，探討並試圖找出其種類、或合金成分比例間的數學線性函數關係。

## 參、研究設備及器材：

### 一、金屬種類：

- (一)純金屬片：準備 2cm×2cm 鋅片、銅片、鉛片數片與 2cm×4cm 鋅片、銅片、鉛片、金片(圖 3-1)。



圖 3-1 2cmx2cm 鋅片、銅片、鉛片 2cmx4cm 鋅片、鉛片、銅片、金片

(二)自製合金：製作各類型合金片，包含銅鋅合金片、鉛鋅合金片、銅鉛合金片與金銅合金片(如圖 3-2)，詳細製作情形詳見附件一。

1.銅鋅合金：

銅%	銅	鋅	
70%	53	22.7	
80%	53	13.25	
90%	53	5.88	(重量百分比 單位：公克)

註：以銅 53 克，鋅 22.7 克熔成銅重量占總重量 70%的合金，以下實驗中以「銅鋅 70%」稱之，依此類推，「銅鋅 90%」即為銅占合金中總重量的 90%。

2.鉛鋅合金：

鉛%	鉛	鋅	
70%	53	22.7	
80%	53	13.25	
90%	53	5.88	(重量百分比 單位：公克)

註：以鉛 53 克，鋅 22.7 克熔成鉛重量占總重量 70%的合金，以下實驗中以「鉛 70%鋅」稱之，依此類推，「鉛 90%鋅」即為鉛占合金中總重量的 90%。

3.銅鉛合金：無法敲打形成固定形狀

4.金銅合金：

金%	金	銅	
純	12.1875	0	
14k	8.36	5.965	
18k	12.375	3.125	(重量百分比 單位：公克)

註：18K 金為 75%金與 25%銅合成，而 14K 金則為金佔 14/24 的比例與銅佔 10/24 所合成。

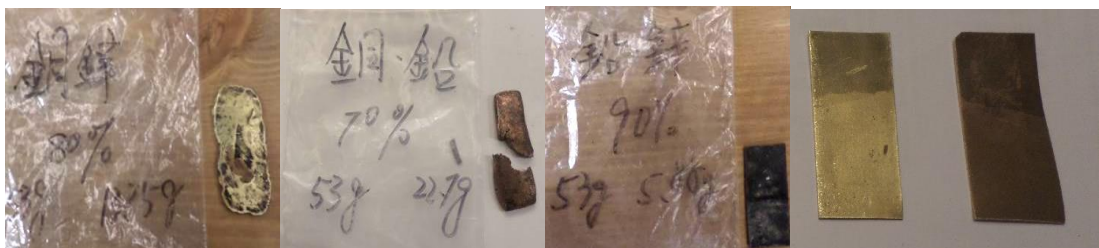


圖 3-2 預做四類合金：銅鋅、鉛鋅、銅鉛(不成形)、金銅 18k 金 14k 金

二、器材與藥品：本實驗中所使用的器材詳列如下。

(一)器材：

1.衛生紙或不織布	4.滴管	7.試管夾	10.量筒
2.鱷魚夾導線	5.砂紙	8.三用電錶(型號： HOLA-DM2650)	11.電子秤
3.寶特瓶瓶蓋	6.燒杯 250ml	9.曬衣夾	12.計時器

(二)藥品：

1.硝酸鉀( $\text{KNO}_3$ )	2.氯化鈉( $\text{NaCl}$ )	3.鹽酸( $\text{HCl}$ )
-------------------------	------------------------	----------------------

三、藥品配置：

(一)取 200ml 的蒸餾水加入 71.8 克的氯化鈉  $\text{NaCl}$  配製成飽和食鹽水電解液。

(二)取 220ml 的蒸餾水加入 20ml 的濃鹽酸  $\text{HCl}$  配出 1M 稀鹽酸溶液為電解液。

(三)取 200ml 的蒸餾水加入 26 克的硝酸鉀  $\text{KNO}_3$  配製成飽和硝酸鉀溶液為電解液。

	氯化鈉	硝酸鉀
常溫(25°C)溶解度	35.9 g/100 mL	13 g/100mL

四、儀器校正：

因為每台三用電錶的內電阻有些差異，所以測出來的電流有些誤差，所以進行了儀器校正。利用最後穩定電流測定各台三用電錶電流，得到數據誤差小於 0.001mA，故我們在此實驗中由儀器所產生的電流誤差忽略不計。

## 肆、實驗過程與方法：

一、研究流程：本實驗過程可簡易繪製如圖 4-1，其詳細實驗步驟詳述如後。



圖 4-1 本實驗流程圖

## 二、實驗步驟：

### (一)實驗一：伏打堆型電池(A 式)，如圖 4-2。

- 1.分別將把鋅片、銅片與鉛片剪成 2 公分大小。
- 2.以砂紙將上述鋅片、銅片與鉛片表面磨乾淨並且以清潔劑清洗乾淨。
- 3.在兩金屬片中間，放置一張略大於 2 公分正方形的不織布片，再以試管夾夾住，最後並隨時滴入飽和食鹽水於金屬片中的不織布片。
- 4.測量放電 60 分鐘內，其穩定釋放電流的強度，並以每兩分鐘一次的頻率，紀錄其產生的電流大小與穩定電壓大小。(三用電表的正極接上活性低的金屬片上，負極則接上活性高的金屬片，如鋅-銅中的鋅)

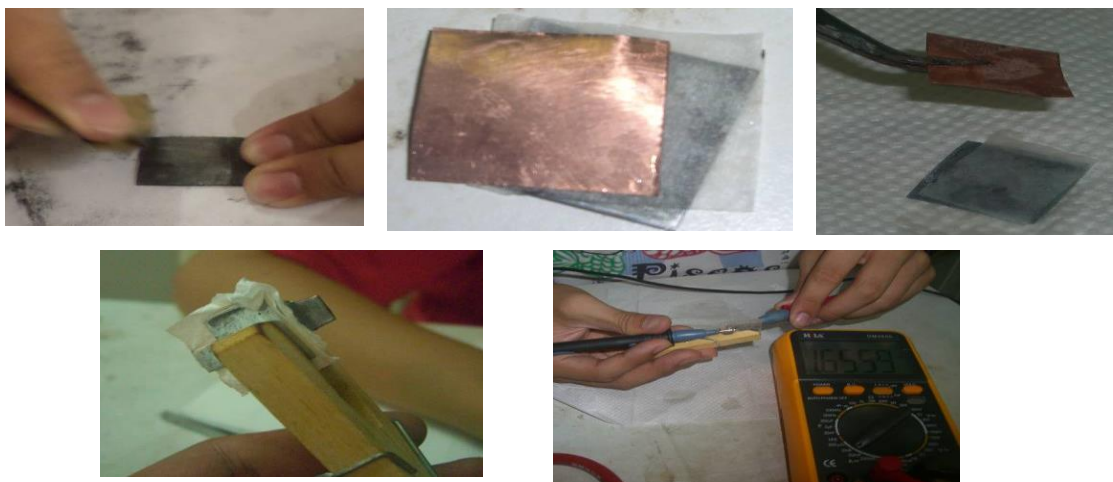


圖 4-2 伏打堆型電池實驗組

### (二)實驗二：瓶蓋電解液型電池(B 式)，改良自鹽橋電池，如圖 4-3。

- 1.同實驗一步驟 1、2，唯金屬片改為 2cm×4cm 長條金屬片。
- 2.將其插入一寶特瓶瓶蓋中間，且使兩金屬片的距離控制在 1 公分的距離，浸入電解液中長度為 2 公分。
- 3.最後將瓶蓋放入裝有 200ml 飽和食鹽水的燒杯中，並以曬衣夾或試管夾夾在燒杯壁上。(三用電表的正極接上活性低的金屬片上，負極則接上活性高的金屬片，如鋅-銅中的鋅)

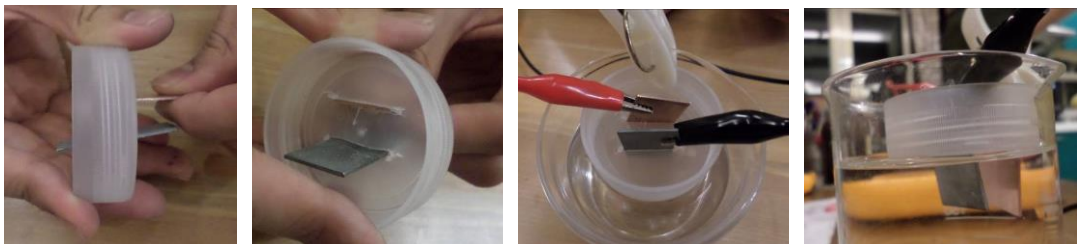


圖 4-3 電解液型電池實驗組

(三)實驗三：探討不同純金屬在稀鹽酸、飽和食鹽水溶液中的放電量。

- 1.用砂紙磨去各種金屬片表面的雜質並且以蒸餾水清洗。
- 2.將金屬片插入瓶蓋中，將瓶蓋口朝上放入裝滿 200ml 的飽和食鹽水溶液中。
- 3.接上三用電表固定電壓測其兩兩金屬片的電流量，共計六組電池(鋅-銅、鋅-鉛、鉛-銅、金-銅、金-鋅、金-鉛)，**每組測量時間 60 分鐘，重複三次。**
- 4.依時間記錄每組電池的電量，經三次測量後，使用 Microsoft Office excel 軟體取其平均值繪製成折線圖，即為實驗結果。若遇實驗產生誤差或有電流呈現不穩定之情形，則進行重測，再算平均值。
- 5.測量完後檢查三用電表鱷魚夾、金屬片表面，若有氧化現象以砂紙磨去，並以蒸餾水及酒精清洗之。
- 6.重複上述實驗步驟 1~5，唯步驟 2 飽和食鹽水置換為 200ml 的 1M 稀鹽酸溶液。

(四)實驗四：探討不同比例銅鋅合金與純鋅、銅電極在不同電解液中的放電量。

- 1.重複實驗三步驟 1~6，唯步驟 3 的金屬片改為銅 70%鋅、銅 80%鋅、銅 90%鋅片與純銅、純鋅片作為電極並且加入硝酸鉀溶液為電解液。
- 2.重覆測量實驗，共計六組電池資料(銅 70%鋅-銅、銅 80%鋅-銅、銅 90%鋅-銅、銅 70%鋅-鋅、銅 80%鋅-鋅、銅 90%鋅-鋅)，每組測三次取其平均值並且繪製折線圖。

(五)實驗五：探討不同比例鉛鋅合金與純鉛、鋅電極在不同電解液中的放電量。

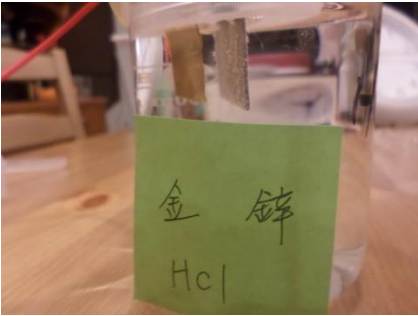
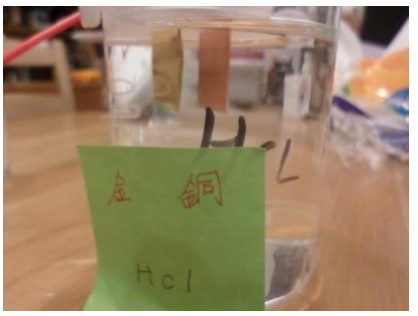
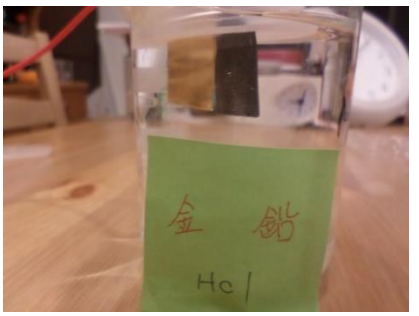
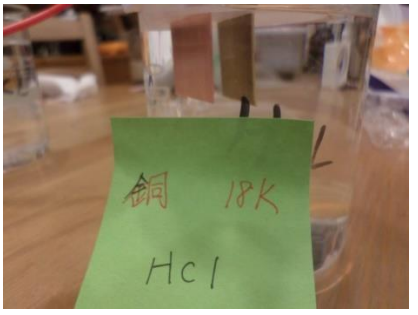

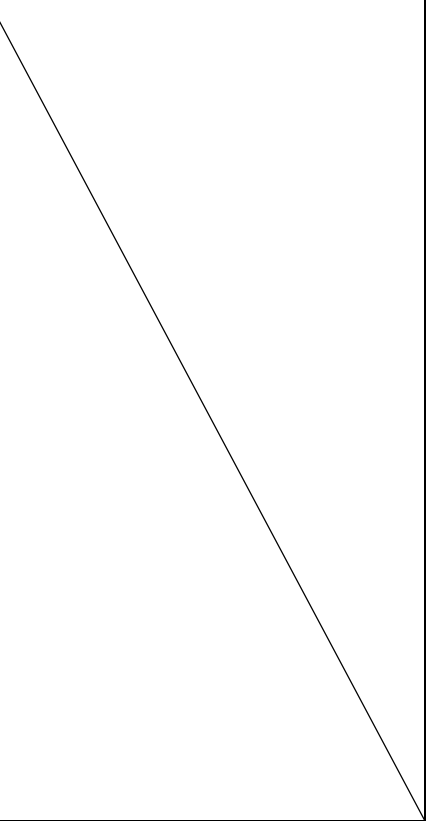
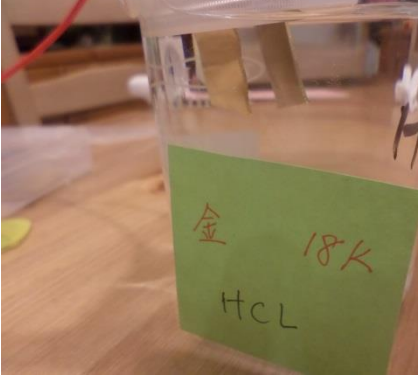
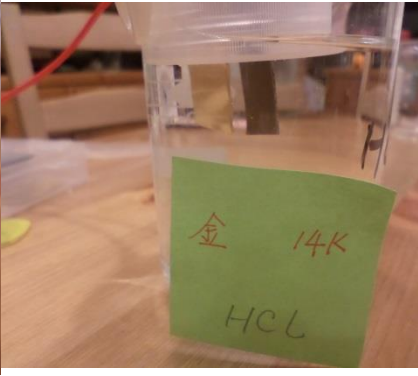



- 1.重複實驗三步驟 1~6，唯步驟 3 的金屬片改為鉛 70%鋅、鉛 80%鋅、鉛 90%鋅片與純鉛、純鋅片作為電極並且加入硝酸鉀溶液為電解液。
- 2.重覆測量實驗，共計六組電池資料(鉛 70%鋅-鉛、鉛 80%鋅-鉛、鉛 90%鋅-鉛、鉛 70%鋅-鋅、鉛 80%鋅-鋅、鉛 90%鋅-鋅)，每組測三次取其平均值並且繪製折線圖。



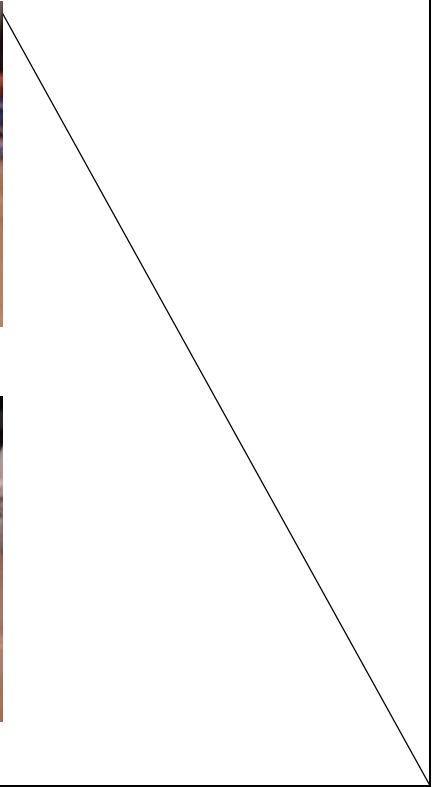
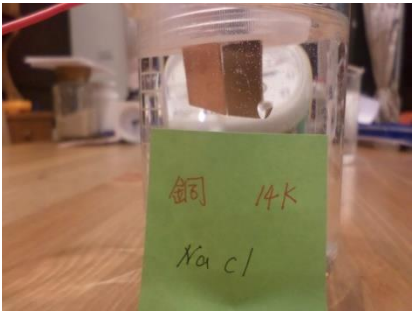

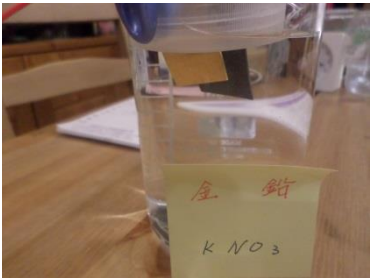



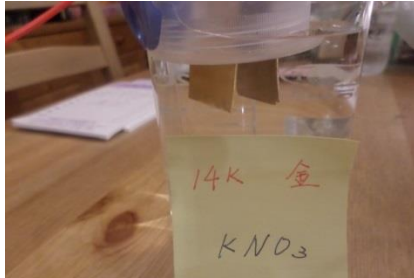




(六)實驗六：探討不同比例金銅合金與純金、銅電極在不同電解液中的放電量。

- 1.重複實驗三步驟 1~6，唯步驟 3 的金屬片改為 18K 金、14K 金與純金、純銅片作為電極並且加入硝酸鉀溶液為電解液。
- 2.重覆測量實驗，共計四組電池資料(18K 金-銅、18K 金-金、14K 金-銅、14K 金-金)，每組測三次取其平均值並且繪製折線圖。



三、實驗裝置：

(一)以 HCl 為電解液		
		
Au Zn	Au Cu	Au Pb
		
Cu 18K	Cu 14K	
		
Au18kHCL	Au 14K HCL	
(二)以 NaCl 為電解液		
		
Au 18K	Au 14K	Au Cu

		
Au Zn	Cu 18K	
		
Cu 14K	Au Pb	
(三)以 $KNO_3$ 為電解液		
		
Au Pb	Au Cu	Au Zn
		
18K Cu	14K Au	14K Cu
		
Zn Pb70% Zn	Zn CU70% Cu	Zn CU70% Zn

## 伍、研究結果：

### 一、探討以飽和食鹽水當電解液的不同電池形式的實驗方法。

#### (一)實驗一：伏打堆型電池(A 式)

1.製作鉛鋅電池，測出電流變化如下圖 5-1，穩定的電壓則維持在 **0.56~0.53V**。

#### (二)實驗二：瓶蓋電解液型電池(B 式)

1.同樣製作鉛鋅電池，測出電流變化如下圖 5-2，穩定的電壓一樣仍維持 **0.56~0.53V**。

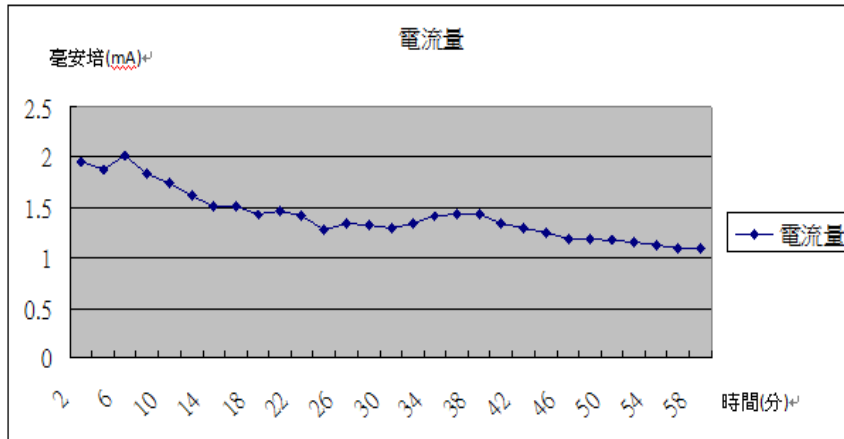


圖 5-1 鉛鋅電池(A 式)放電 60 分鐘內電流與時間關係圖

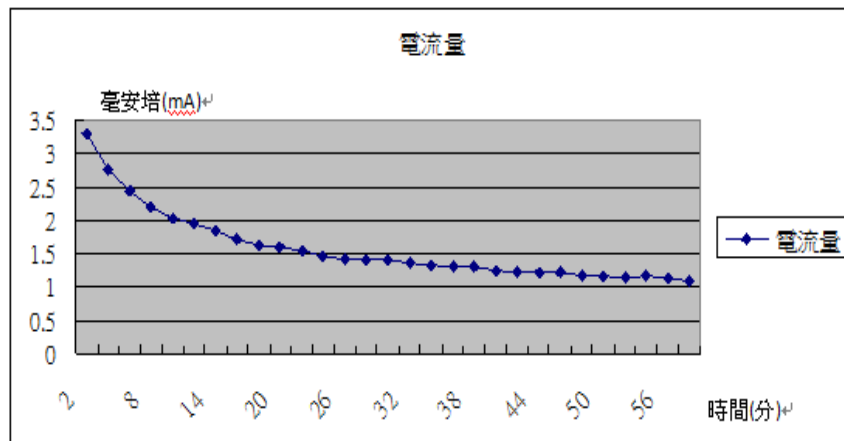


圖 5-2 鉛鋅電池(B 式)放電 60 分鐘內電流與時間關係圖

(三)小結：由實驗一與實驗二所測得的結果，發現放電 60 分鐘後其電壓值如同理論所學幾乎無變化，而兩者電流則呈現下降趨勢，出現電流變化，故在實驗中決定以測量電池放電之電量變化，也發現使用 A 式電池其電流下降趨勢相較 B 式較為不穩定，故決定實驗方法採用 B 式電解液型電池進行實驗。

### 二、探討各種純金屬片在不同電解液下，所組成的電化電池，其穩定釋放電流的強度。

#### (三)實驗三：探討不同純金屬在稀鹽酸、飽和食鹽水溶液中的放電量。

1.鉛、鋅、銅三種組合電化電池，在以飽和食鹽水當電解液狀態下所得到之電流變化如下圖 5-3 上圖所示。

2.若採約在 30 分鐘後的穩定電流變化，則大都可以得到其電流與時間的線性關係圖 5-3 下圖所示。

3.小結：以鉛銅、鋅鉛、鋅銅三組純金屬片作為電極在電解液為 NaCl 下，發現鋅鉛所組成的電池其電流量相對較大，其放電穩定電流與時間關係會趨近於函數  $y = -0.0257x + 1.4365$ ，而鉛銅電池的電流量最小，其穩定電流與時間關係會趨近於函數  $y = -0.0005x + 0.1223$ (圖 5-3)。

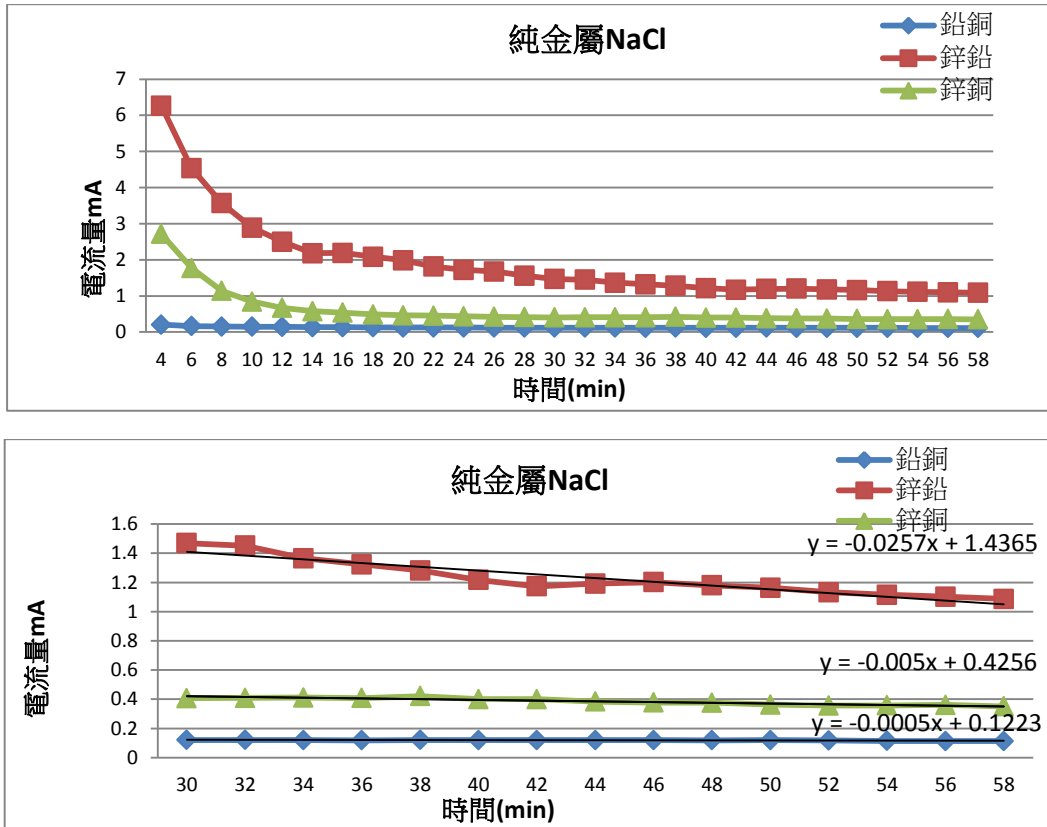


圖 5-3 鉛—銅、鋅—鉛、鋅—銅三組電池電量與時間關係圖

4.鉛、鋅、銅三種組合電化電池，在以稀鹽酸當電解液狀態下所得到之電流變化如下圖 5-4 上圖。

5.若採約在 30 分鐘後的穩定電流變化，則大都可以得到其電流與時間的線性關係圖 5-4 下圖所示。

6.小結：以鉛銅、鋅鉛、鋅銅三組純金屬片作為電極在電解液為 HCl 下，發現鋅鉛所組成的電池其電流量仍相對較大，其放電穩定電流與時間關係會趨近於函數  $y = -0.0054x + 0.4211$ ，而仍以鉛銅電池的電流量最小，其穩定電流與時間關係會趨近於函數  $y = -0.0017x + 0.2153$ 。

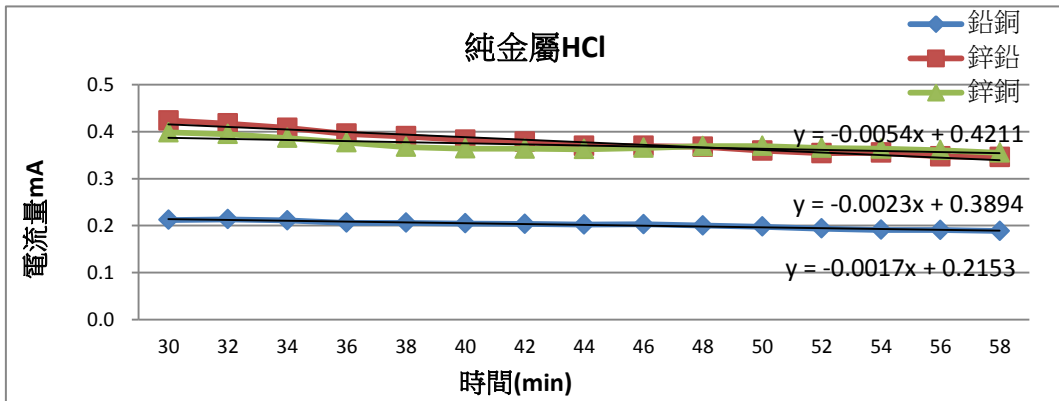
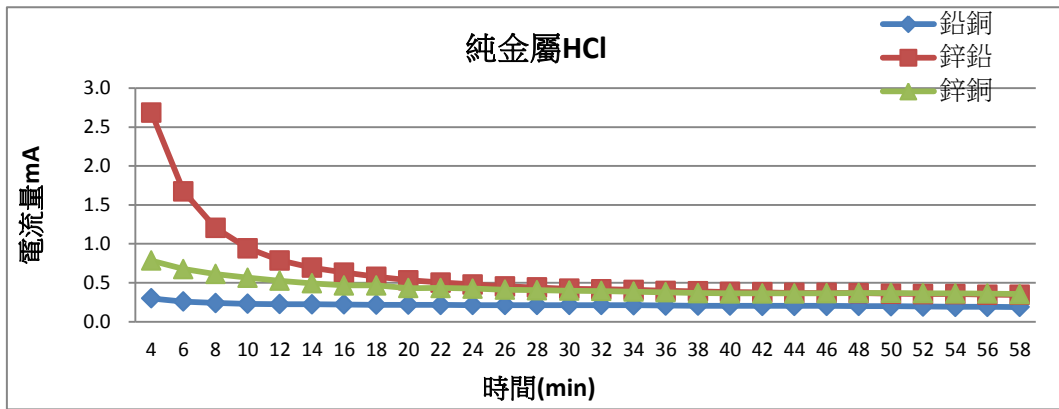
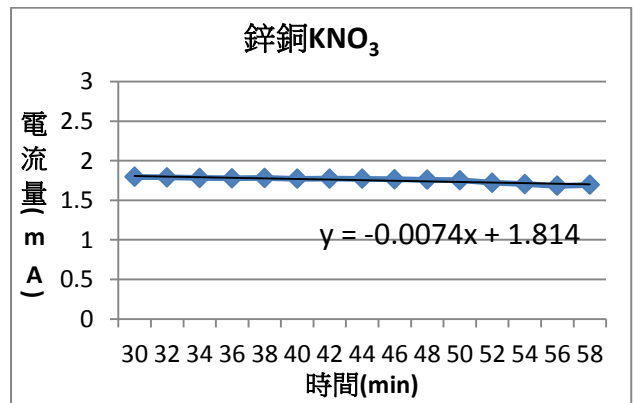
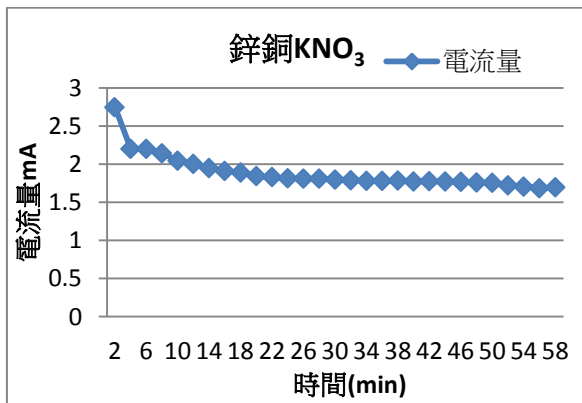


圖 5-4 鉛—銅、鋅—鉛、鋅—銅三組電池電量與時間關係圖

7.若以電解液為硝酸鉀而言，在鋅銅電池的放電情形，其電流量穩定趨近於 1.7mA，而鋅鉛電池的電流量趨近於 0.25mA，鉛銅的電流量則趨近於 0.28mA，如下圖 5-5 所示。



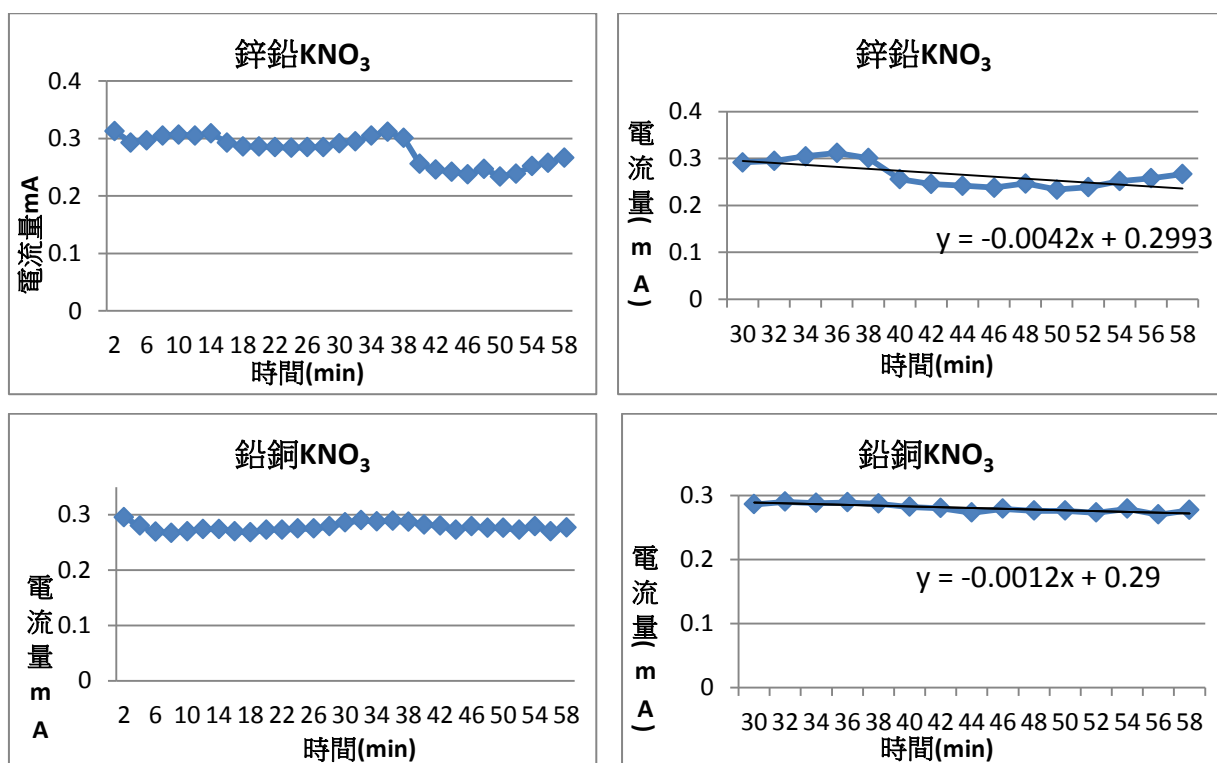


圖 5-5 鉛—銅、鋅—鉛、鋅—銅三組電池電量與時間關係圖

### 三、探討各種不同比例合金金屬片在不同電解液下，所組成的電化電池，其穩定釋放電流的強度。

#### (一)實驗四：探討不同比例銅鋅合金與純鋅、銅電極在不同電解液中的放電量。

1. 實驗四的結果，我們分別以下列四組不同的組合來呈現並比較，同時，從前面的實驗結果，我們得知有效的實驗數據乃在於放電 30 分鐘後的穩定電流，故在此僅呈現出 30 分鐘後的穩定電流結果，如下圖 5-6~圖 5-8 示。
2. 鋅銅合金小結：比較圖 5-6~圖 5-8，我們發現鋅銅合金中若銅的含量較高者，則其穩定電流值較大，而此現象僅在硝酸鉀溶液中例外。

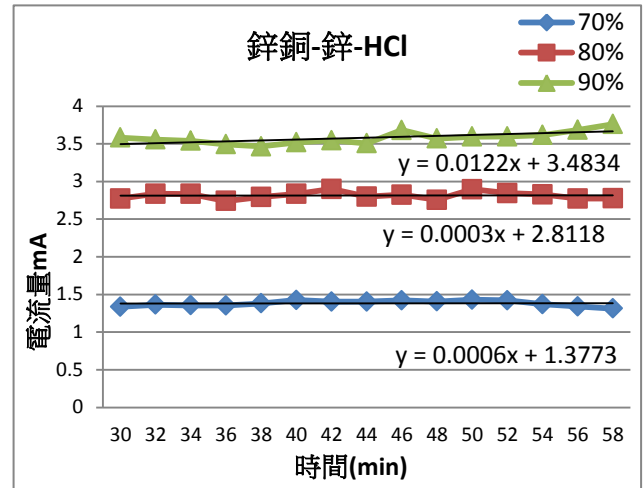
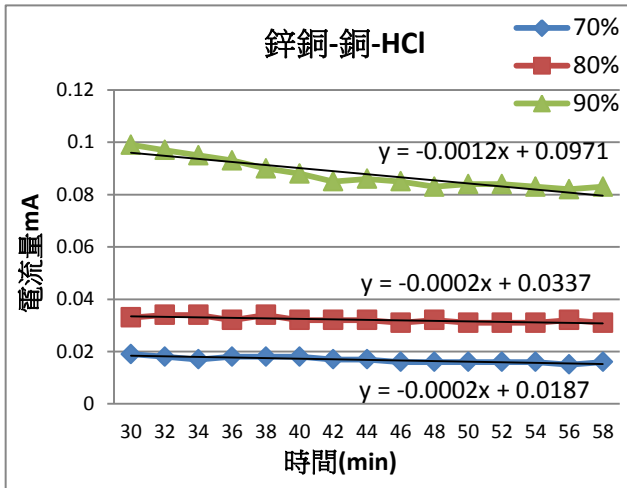


圖 5-6 銅鋅-銅與銅鋅-鋅在 HCl 之下，銅含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係

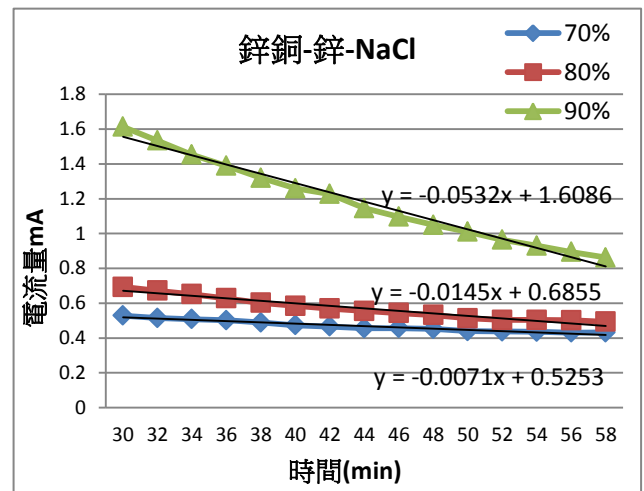
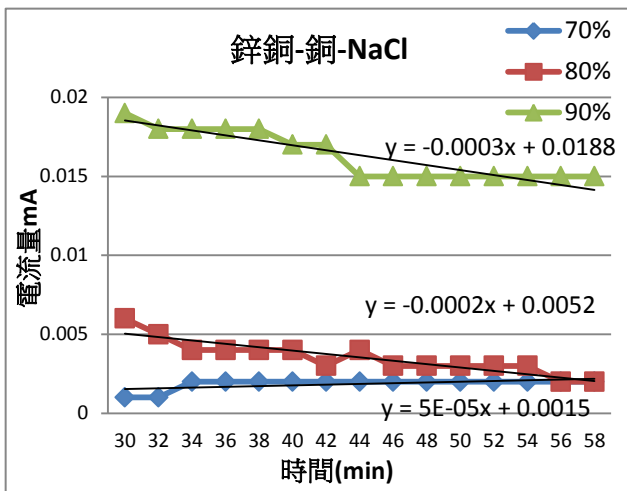


圖 5-7 銅鋅-銅與銅鋅-鋅在 NaCl 之下，銅含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係

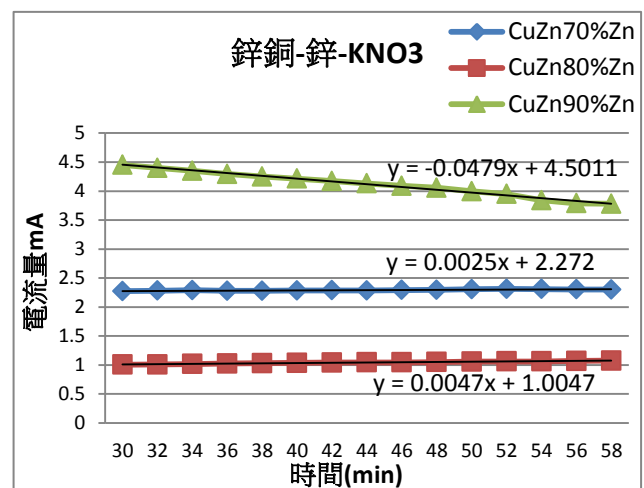
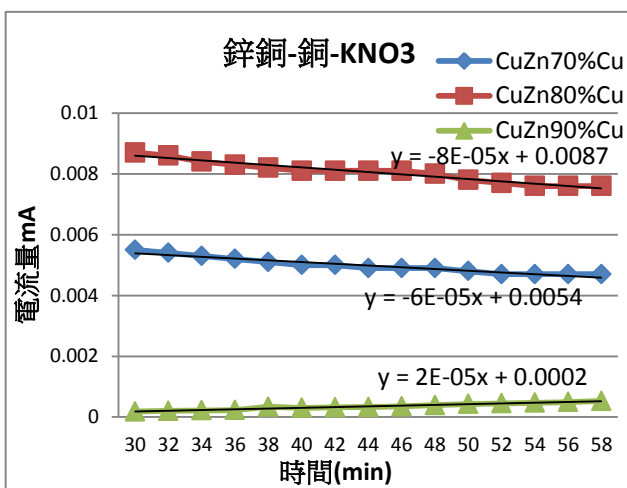


圖 5-8 銅鋅-銅與銅鋅-鋅在 KNO<sub>3</sub> 之下，銅含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係

(二)實驗五：探討不同比例鉛鋅合金與純鋅、鉛電極在不同電解液中的放電量。

1.鋅鉛合金小結：比較圖 5-9~圖 5-11，我們發現鋅鉛合金中若鉛的含量較高者，則其穩定電流值相對最小，而此現象僅在鋅鉛-鋅 HCl 溶液中與鋅鉛-鉛 NaCl 兩組例外。

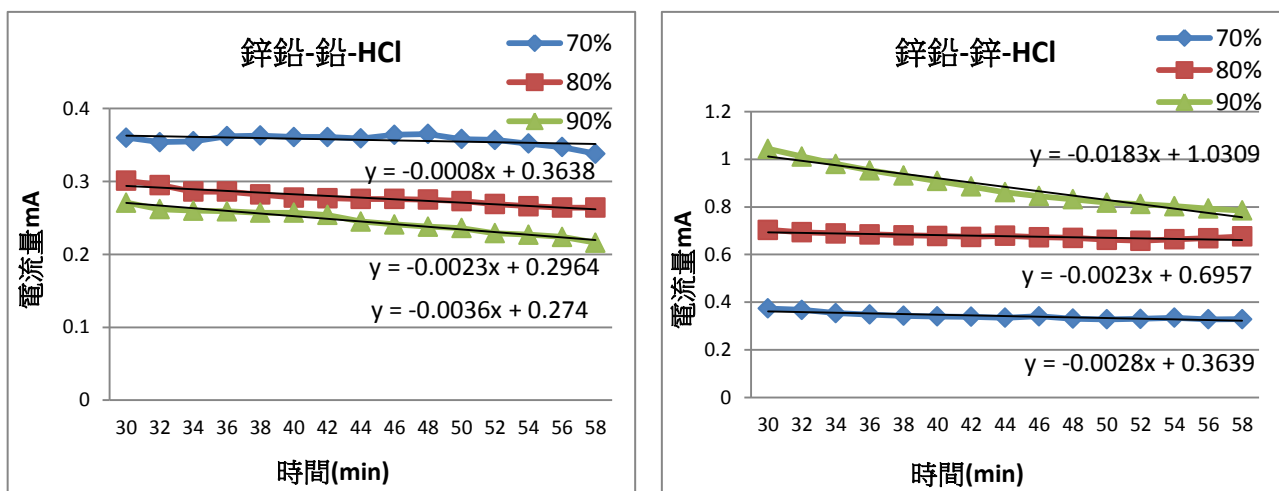


圖 5-9 鉛鋅-鉛與鉛鋅-鋅在 HCl 之下，鉛含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係

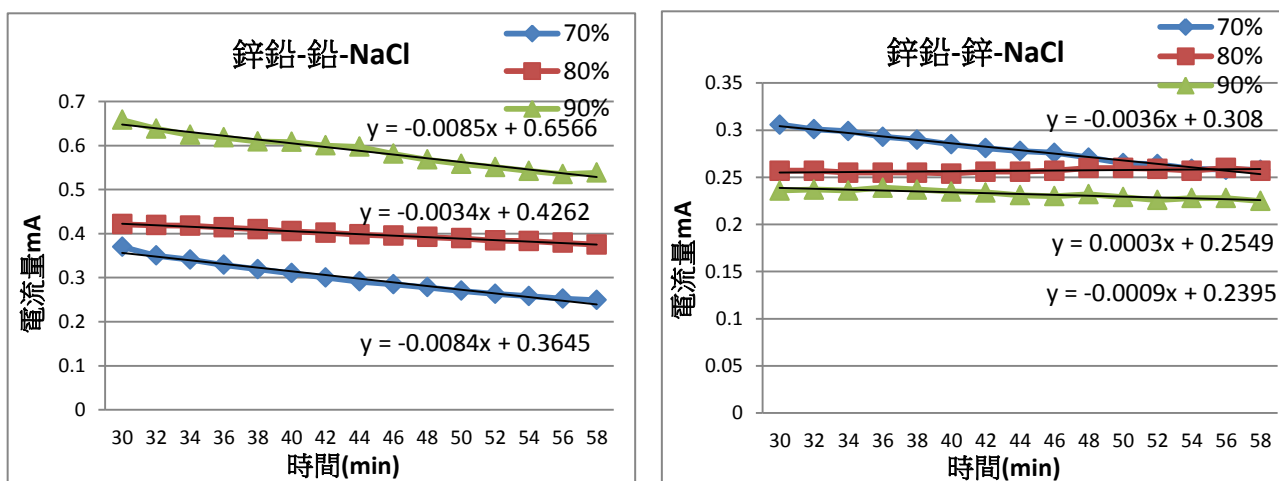


圖 5-10 鉛鋅-鉛與鉛鋅-鋅在 NaCl 之下，鉛含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係

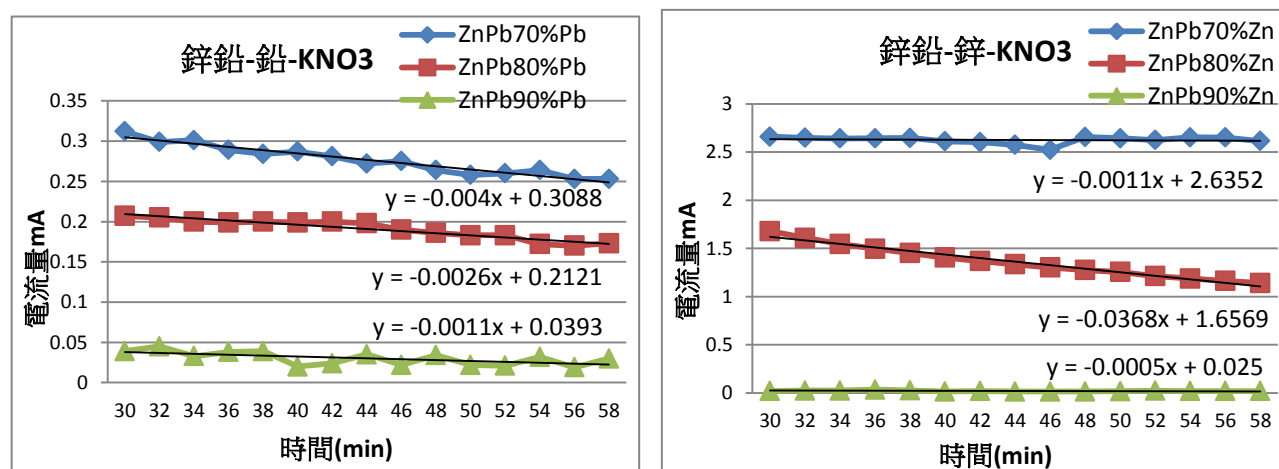


圖 5-11 鉛鋅-鉛與鉛鋅-鋅在 KNO<sub>3</sub> 之下，鉛含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係



(三)實驗六：探討不同比例金銅合金與純金、銅電極在不同電解液中的放電量。

1.金銅合金小結：我們發現電極若有使用純金片者，則其穩定電流值其值相對與金銅合金使用電極為銅者甚小，可歸納長時間放電後其電量趨近於 0(圖 5-12~5-14)。

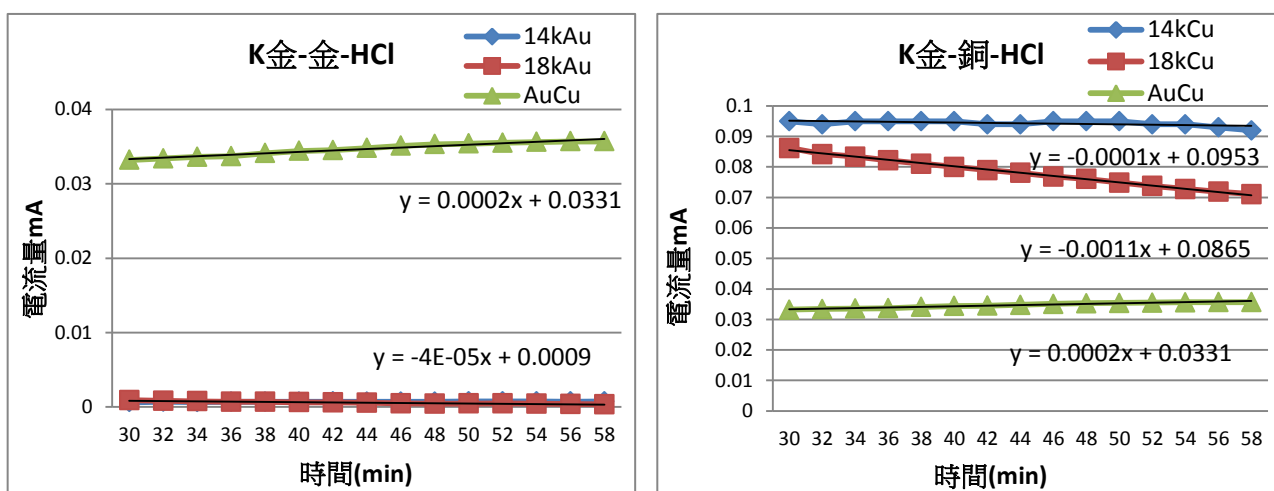


圖 5-12 K 金-金與 K 金-銅在 HCl 之下，金含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係

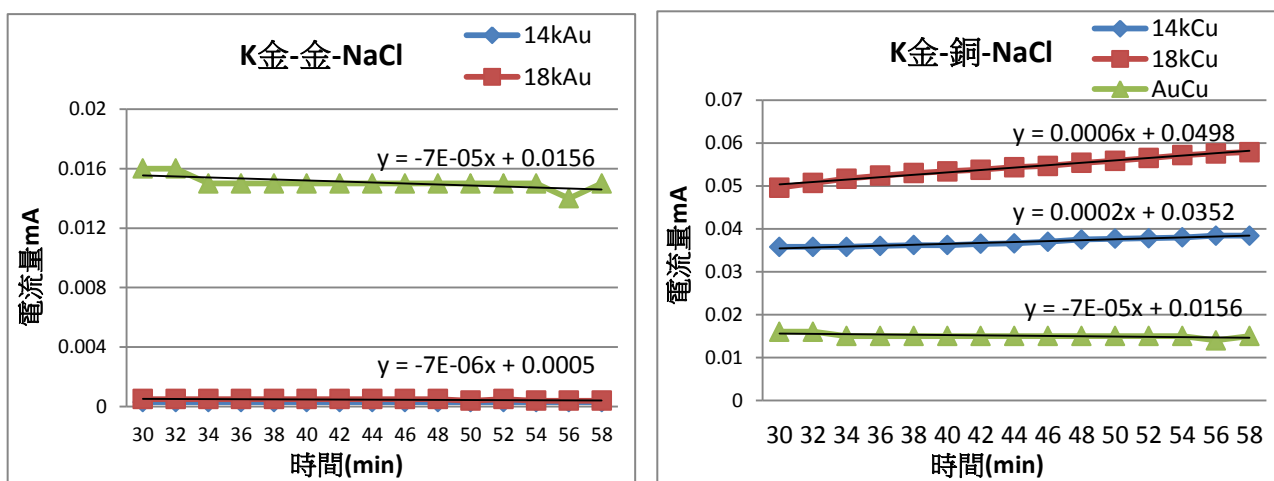


圖 5-13 K 金-金與 K 金-銅在 NaCl 之下，金含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係

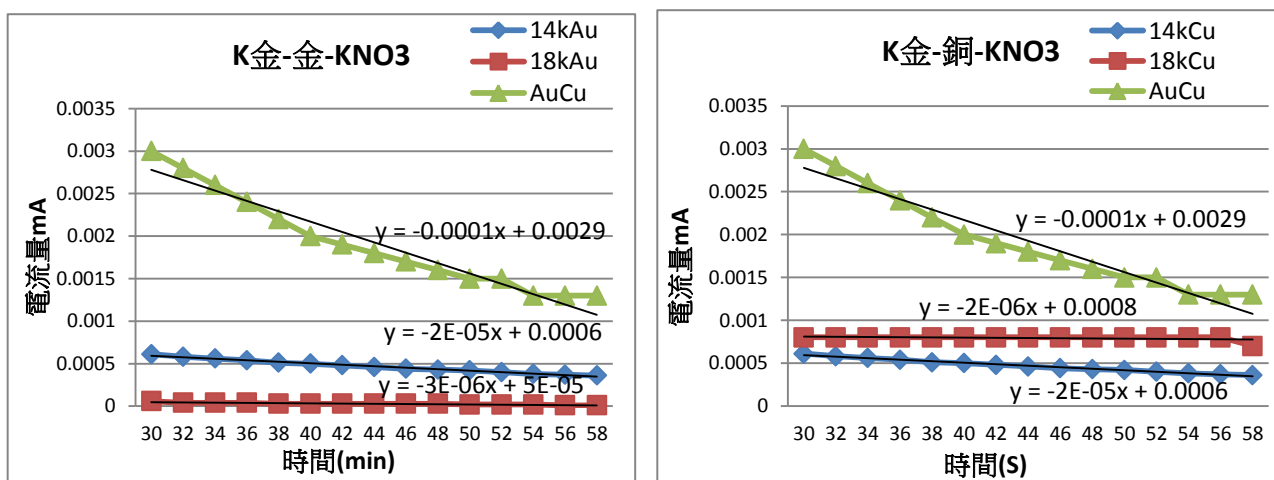


圖 5-14 K 金-金與 K 金-銅在 NaCl 之下，金含量在三種百分比下的穩定電流與時間關係

五、依據前述實驗結果，探討並試圖找出其種類、成分比例間的數學線性函數關係。

本階段我們將各種百分比的電化電池組合，再與 30 分鐘後的穩定電流之平均值，作圖且同時找出其線性公式，便可以做為日後預測合金百分比之依據。以不同電極放電流的情形進行以下討論：

(一)電極為鋅鉛合金與鋅、鉛之結果如下：

- 1.發現鋅鉛合金與鉛的放電反應中，若鉛重量百分比越高者，電流量測值越低，唯飽和食鹽水相反(圖 5-15)。

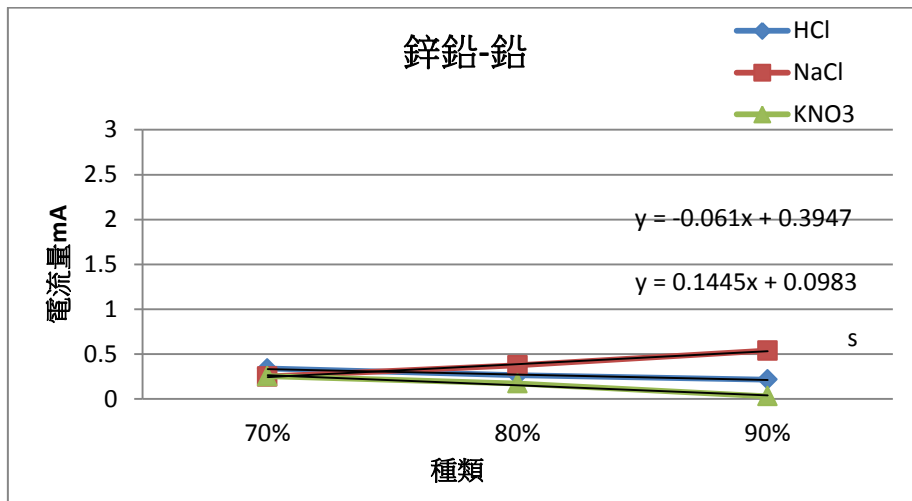


圖 5-15 鉛鋅-鉛在不同溶液之下，鉛含量百分比的預測關係圖

- 2.發現鋅鉛合金與鋅的放電反應中，若鉛重量百分比越高者，電流量測值越低，唯稀鹽酸相反。

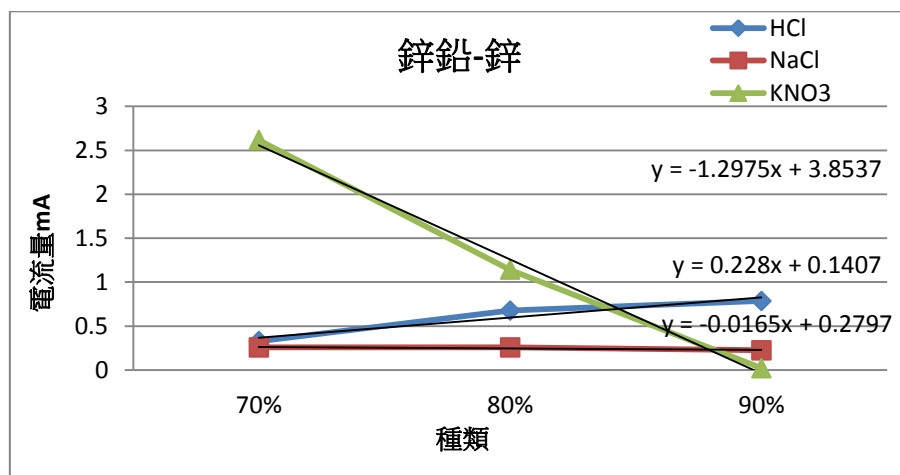


圖 5-16 鋅鉛-鋅在不同溶液之下，鉛含量百分比的預測關係圖

(二)電極為鋅銅合金與鋅、銅之結果如下：

1.發現鋅銅合金與鋅的放電反應中，若銅重量百分比越高者，電流量測值越高。

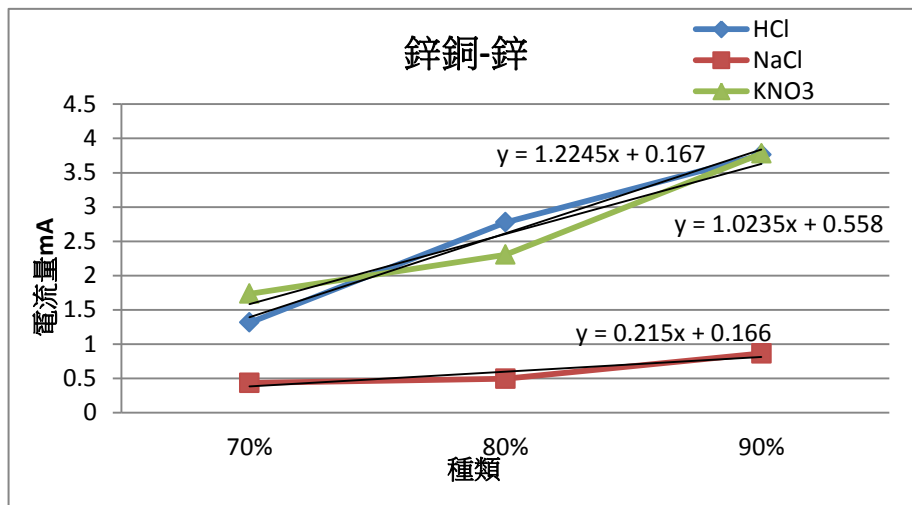


圖 5-17 鋅銅-鋅在不同溶液之下，銅含量百分比的預測關係圖

2.發現鋅銅合金與銅放電反應中，若銅重量百分比越高者，電流量測值越高，僅硝酸鉀稍有相異。

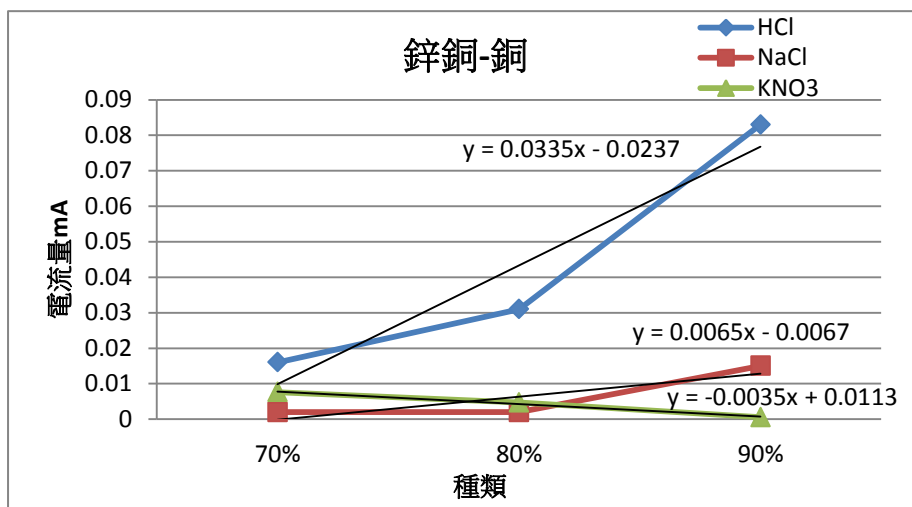


圖 5-18 銅鋅-銅在不同溶液之下，銅含量百分比的預測關係圖

(三)電極為 K 金與金銅之結果如下：

1.發現 K 金與金放電反應中，若銅量百分比越高者，電流量測值越低。

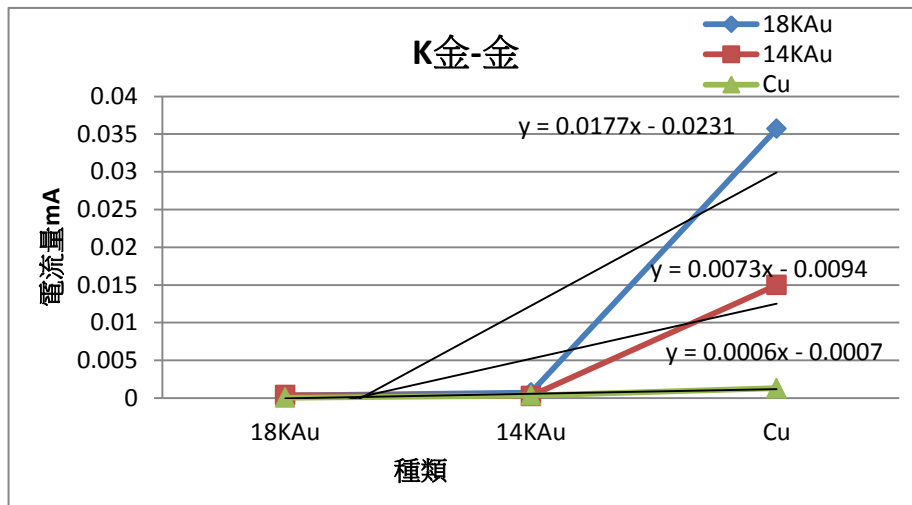


圖 5-19 K 金-金在不同溶液之下，銅含量百分比的預測關係圖

2.發現 K 金與銅放電反應中，若金重量百分比越高者，電流量測值越低，唯硝酸鉀相反。

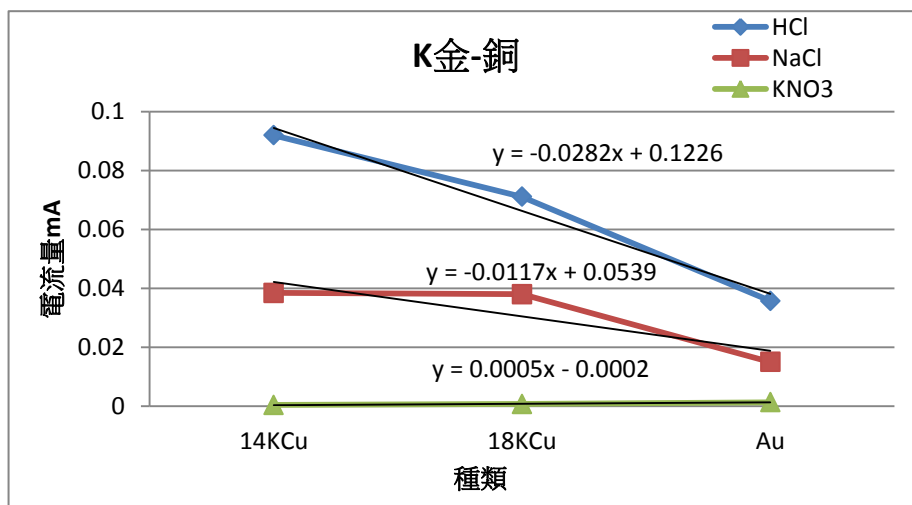


圖 5-20 K 金-銅在不同溶液之下，金含量百分比的預測關係圖

## 六、依據前述實驗結果，探討其數學線性函數關係。

將本實驗中所有穩定電流放電量與時間做圖並繪製其穩定電流的線性函數關係式，將之整理如下表，以便未來預測合金比例之查表用。

純金屬		電解液		
負極	正極	NaCl	HCl	KNO <sub>3</sub>
Zn	Pb	$Y=-0.0275x+1.4365$	$Y=-0.0054x+0.4211$	$Y=-0.0042x+0.2993$
Zn	Cu	$Y=-0.005x+0.4256$	$Y=-0.0023x+0.3894$	$Y=-0.0074x+1.814$
Pb	Cu	$Y=-0.0005x+0.1223$	$Y=-0.0017x+0.2153$	$Y=-0.0012x+0.29$
Cu	Au	$Y=-0.00007x+0.0156$	$Y=0.0002x+0.0331$	$Y=-0.0001x+0.0029$
各類合金		電解液		
負極	正極	NaCl	HCl	KNO <sub>3</sub>
PbZn70%	Pb	$Y=-0.0084x+0.3645$	$Y=-0.0008x+0.3638$	$Y=-0.004x+0.3088$
PbZn80%	Pb	$Y=-0.0034x+0.4262$	$Y=-0.0023x+0.2964$	$Y=-0.0026x+0.2121$
PbZn90%	Pb	$Y=-0.0085x+0.6566$	$Y=-0.0036x+0.274$	$Y=-0.0011x+0.0393$
Zn	PbZn70%	$Y=-0.0036x+0.308$	$Y=-0.0028x+0.3639$	$Y=-0.0011x+2.6352$
Zn	PbZn80%	$Y=-0.0003x+0.2549$	$Y=-0.0023x+0.6957$	$Y=-0.0368x+1.6569$
Zn	PbZn90%	$Y=-0.0009x+0.2395$	$Y=-0.0183x+1.0309$	$Y=-0.0005x+0.025$
CuZn70%	Cu	$Y=-0.000046x+0.001495$	$Y=-0.0002x+0.0187$	$Y=-0.00008x+0.0087$
CuZn80%	Cu	$Y=-0.00021x+0.00525$	$Y=-0.0002x+0.0337$	$Y=-0.00006x+0.0054$
CuZn90%	Cu	$Y=-0.0003x+0.0188$	$Y=-0.0012x+0.0971$	$Y=0.00002x+0.0002$
Zn	CuZn70%	$Y=-0.0071x+0.5253$	$Y=0.0006x+1.3773$	$Y=-0.0515x+2.434$
Zn	CuZn80%	$Y=-0.0145x+0.6855$	$Y=0.0003x+2.8118$	$Y=0.0025x+2.272$
Zn	CuZn90%	$Y=-0.0532x+1.6086$	$Y=0.0122x+3.4834$	$Y=-0.0479x+4.5011$
<b>14k</b>	Cu	$Y=0.0002x+0.0352$	$Y=-0.0001x+0.0953$	$Y=-0.00002x+0.0006$
<b>18k</b>	Cu	$Y=0.0005x+0.0324$	$Y=-0.0011x+0.0865$	$Y=-0.000003x+0.0008$
<b>Au</b>	14k	$Y=0.0003$	$Y=-0.0001x+0.0953$	$Y=-0.00002x+0.0006$
<b>Au</b>	18K	$Y=-0.000008x+0.0005$	$Y=-0.0011x+0.0865$	$Y=-0.000002x+0.00008$

## 陸、討論：

### 一、電壓與電流的選用：

一開始在探究實驗方法的過程當中，我們原先依照伏打的想法測量電池形成通路後電壓的大小。卻發現在硝酸鉀溶液中不同合金的金屬所產生的電壓幾乎相同，較難比較出大小。同時我們也測量了放電過程中的電流，發現有大小變化，因此選用電流作為本研究主要的探討方向。

電壓表	
電極	KNO <sub>3</sub>
Cu Zn(90%)-Cu	0.0004V
Cu Zn(90%)-Cu	0.0003V
Cu Zn(80%)-Zn	0.0004V
Cu Zn(90%)-Zn	0.0004V
Zn Pb(70%)-Pb	0.0003V

### 二、實驗方法的選用：

首次的實驗方式是用 A 式試管夾放置衛生紙，定時定量用飽和食鹽水當鹽橋，伏打電堆由很多個單元堆積而成，每一單元有鋅板與銅板各一，其中夾著浸有鹽水的布或紙板，即 A 式電池。伏打電堆每個單元可以產生 0.76V 的電壓。我們利用伏打電池的原理先用原理為基礎，此方式會因鋅、銅供給飽和食鹽水時電流會短暫衝高。為不影響到實驗數據改良實驗方式，即 B 式，利用瓶蓋固定鋅、鉛/鋅、銅，將燒杯盛飽和食鹽水減少實驗誤差。



A 式電池



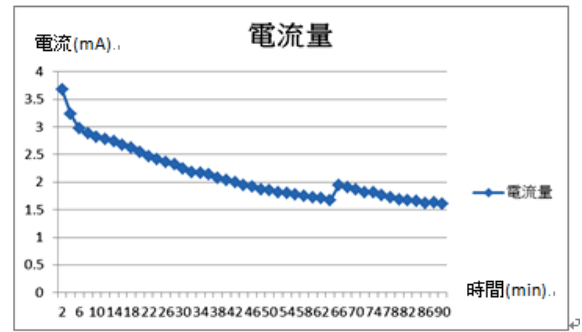
B 式電池

### 三、最終實驗方式選擇 B 式一瓶蓋電解液型電池之原因討論：

- (一)從圖 5-1、5-2 可以很清楚的看出來 A 式所測得之鉛鋅電池電流變化的穩定性，沒有 B 式來的穩定。然而兩者的電壓則幾乎都維持很穩定，顯示實驗是很成功的。
- (二)再從實際上操作方便性來看，B 式方法也較為方便且容易控制，因此誤差自然比較小。故均以 B 式操作本研究之實驗。

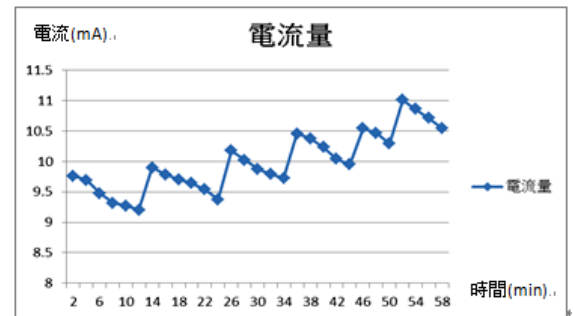
#### 四、碰撞實驗裝置：

實驗時不可重撞，碰撞後會影響實驗如下，發現突然間的撞擊使電流數據衝高，但隨即會穩定下來。



#### 五、瓶蓋的誤差：

使用 B 式實驗方式的瓶蓋內不可滲水，滲水會影響電流降不下來。雖然緊急用吸管吸出多餘水份，儘量讓瓶蓋內的水淨空但重複滲水會使實驗數據不斷上升，為避開瓶蓋滲水問題隨後用夾子夾在燒杯邊緣加以固定，以增加實驗數據的穩定性。如持續滲水需要換瓶蓋重新切割。

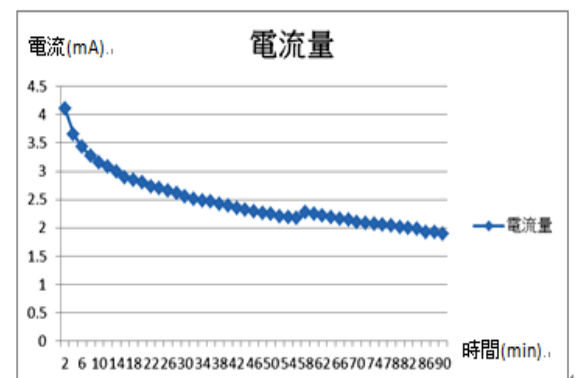
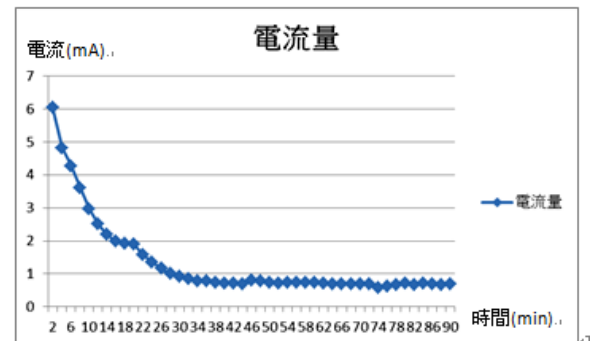


#### 六、金屬表面的清潔：

在 10 月 22/23 日的實驗中出現電流異常，經討論金屬表面的氧化物須利用砂紙徹底磨乾淨否則會影響實驗的數據產生。

改善方法除了將金屬表面的氧化物須利用砂紙徹底磨乾淨之外就是每次實驗更換新的金屬片，新的金屬片仍須在每次實驗前用砂紙徹底磨乾淨避免金屬表面的氧化物影響實驗數據。

金屬表面須保持清潔，磨平後需用清潔劑清洗(怕油漬殘留)使用清潔劑後要澈底沖洗乾淨。擦拭後再進行實驗。假如殘留油漬會影響實驗數據。



## 柒、結論：

### 一、結語：

本實驗設計次以伏打電池的發明為架構，藉由一系列的實驗設計，除了讓我們發現組成伏打電池的基本元素，同時在探究「改良」伏打電池的歷程中，知道每一構成元素的作用與反應。

總括來說，我們確定伏打電化學電池，它除了可以提供如課本所說的電能之外，我們其實也可以利用此一原理，來作為如阿基米德般的檢測金屬的含量多寡。發現鋅銅合金與銅或鋅的電極所形成的電池無論在電解液為稀鹽酸抑或飽和食鹽水下，皆是鋅重量百分比含量愈高的合金，其產生的電流值相對較高，有正相關的現象。而鋅鉛合金與鋅或鉛的電極所形成的電池，若鉛重量百分比越高者，電流量測值越低，但偶有例外的現象。另外，在金銅合金部份我們發現，若金重量百分比越高者，電流量測值越低。

由整個實驗過程，我們可以歸納出下列幾點：(一)以鉛鋅合金與鋅的放電情形來探討，鋅鉛兩金屬的氧化電位均大於零(其界定是將該金屬放於 1M 鹽酸中，若產生氣泡，則其氧化電位大於零)。放電過程中，當合金中鉛含量下降時，其電流量亦逐漸增加(25mA~0.3mA)，相較純鋅鉛電池其電流量(約 0.27mA)而言，當合金比例趨近於 1:1 時，電池的電流量有增加的趨勢，且得知添加活性小的金屬可使電流量下降。(二)以鋅銅合金與鋅的放電情形來看，鋅銅兩金屬的氧化電位其一大於零，另一則小於零。從此當中可以很明顯知道，當銅的比例越高，其電流量越大(均比純鋅銅金屬電流量-1.7mA 大)，其中鋅銅合金(90%)的電流量相較於純銅電流量增加 2.5 倍。由此，我們可以推論當添加少許鋅時，可活化電極使電流量增加。(三)若兩金屬其氧化電位小於零時(金銅合金)，其電流量微小趨近於零，並未因添加銅金屬而使電流量增加，我們可以由此推估該類型的合金，其電阻值增加。

在研究結果中，偶有例外的部分其所產生的意義，更值得我們再深入請教師長是否跟金屬本身的活性抑或是合金的不穩定性有關。依據此次的實驗結果，我們可以驗證只要在相同的條件之下，我們能利用簡易電化電池原理，測其電流的毫安培數，便可以直接的代入我們所研究出來的線性公式中，而得到精準的合金重量百分比了。如此一來，倘若真的遇到有心以假金屬(成份比例不足)來欺騙的人，就可拆穿他的詐騙手法，這就是我們最終要證明的一驗金術！

### 二、未來展望：

而在研究部分，我們仍期許可以檢驗更多不同種類的純金屬與其合金金屬形成電池後產



生電流的關係，配合各種電解液的選用，能發展出一套各類金屬放電形成穩定電流與時間的線性函數總表。這樣便能透過簡易的電流測量，分析得知生活中許多未知的合金成分與比例了。

### 捌、參考資料及其他：

1. 李美夏(2012)。科學家講的科學故事 071 伏打講的化學電池的故事。出版社：雲南教育。
2. 吳仲豪(2001)。教學用伏打電池之改良：石墨電池之製作研究。高雄師範大學化學系碩士班學位論文。
3. 謝乃賢(2003)。電世界的奇葩：話說電化學。出版社：曉園。
4. 康軒(2012)。國民中學 自然與生活科技 3 下。出版社：康軒文教。
5. 網頁：標準電極電位差表：<http://zh.wikipedia.org/wiki/>

## 附件一：自製合金過程

為了要證明我們的實驗，合金的熔合成為重要的一環，我們從 10 月開始就嘗試作合金。我們預定作鉛鋅合金；鉛鋅合金各為 70%、80%、90%。首先，請鐵工廠使用噴火槍將純鉛、純鋅以不同比例高溫熔合，結果純鉛、純銅融化卻凝固在鑄鐵盤上，反而無法取下。另使用鐵爐加熱熔金屬，但溫度卻無法到達熔點。

11 月在銀樓的協助下做出第一片鉛鋅合金 70% 的合金片，但其厚度與形狀卻不能掌控。12 月時購買純銅、純鉛、純鋅的金屬片，並尋求銀樓的協助幫忙加工成長方形並再次請鐵工廠打平成 1mm 的厚度的長方形，在此鎚敲的過程中鋅銅 70%、80%、90% 皆裂開，同時，銅鉛合金也裂開而暫停製作。爾後，將各種合金片先經火烤後再打壓，鉛鋅合金 70%、80%、90% 皆成功、鋅鉛合金 70%、80%、90% 皆成功，鋅銅合金則斷裂成兩段。

1 月再次返回銀樓熔鉛銅合金 70%、80%、90% 各兩份，當日請銀樓熔鉛銅合金時趁高溫未定形時敲打。鉛銅合金裂為兩段，發現鉛銅合金無論在常溫或高溫下皆會裂開。所以鉛銅合金試過三次皆不能做成 1mm 的厚度的合金。另外，亦再度請銀樓協助製作 18k、14k 合金的金片，方能繼續研究。

最後，我們得到成功的合金：鉛鋅合金 70%、80%、90%、鋅銅合金 70%、80%、90%、鋅鉛合金 70%、80%、90%、金銅合金 18k、14k；失敗的合金：鉛銅合金 70%、80%、90%。

製作合金過程：



高溫熔合 → 敲打成型 → 冷卻形成合金



以上兩者為失敗的鉛銅合金

## 【評語】 030209

變因控制及實驗方法均應改進以減少實驗的誤差，若能在探討合金種類及比例上鑑定分析，建議在一個反覆升壓或降壓的實驗設計下，測出在某氧化或還原電位上的電流比例應為可行之研究方向。