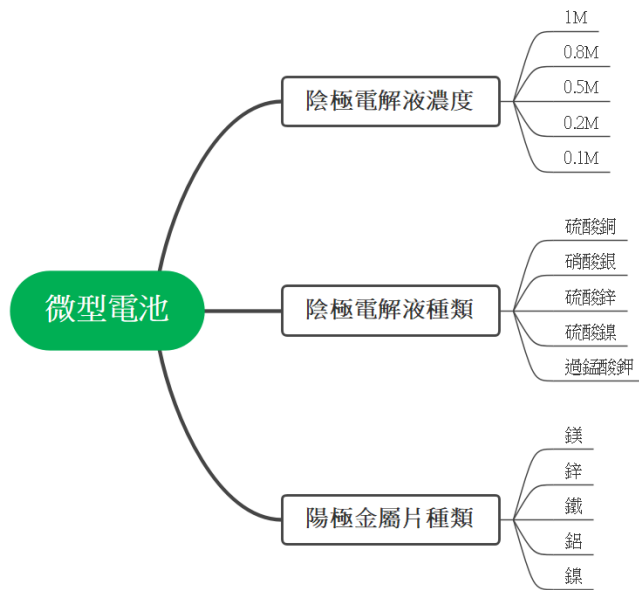


# 2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 普高組 成果報告表單

<b>題目名稱：化繁「微」簡—自製微型電池</b>
<b>一、摘要</b>
電池的最基本原理是透過氧化還原反應，在陰陽極之間傳遞電子，從而產生電流。在課綱中的實驗我們學會了利用燒杯來製成電池，而在本次的實驗中我們將基於此模型，結合 3D 列印支架大幅度縮小電池的體積，並且進一步實驗出最佳的實驗條件，從而探討出最佳的電池條件。
<b>二、探究題目與動機</b>
在化學課中，我們學習到化學電池的基本構造與原理，我們因此決定設計不同的變因來探討如何可以做出更理想的電池，且將氧化還原反應從體積較大的燒杯縮小到玻片上。因此，我們組別定題為「微型電池」。
<b>三、探究目的與假設</b>
目的  (一) 做出一個可實際運用的微型電池。  (二) 找出電池最佳運作時的條件。  假設  (一) 電池效果（電功率）會受陰極、陽極電解液濃度、種類，及二極金屬片之種類影響而改變。
<b>四、探究方法與驗證步驟</b>
一、實驗器材  器材: 玻片、自製 3D 列印支架、三用電錶  藥品: $\text{CuSO}_4$ 、 $\text{AgNO}_3$ 、 $\text{KMnO}_4$ 、 $\text{NiSO}_4$ 、 $\text{ZnSO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$  金屬:Mg、Al、Zn、Fe、Ni、Cu  鹽橋：衛生紙 + $\text{KNO}_3$  二、實驗架構



### 三、實驗步驟

#### (1) 微型電池基本原理：

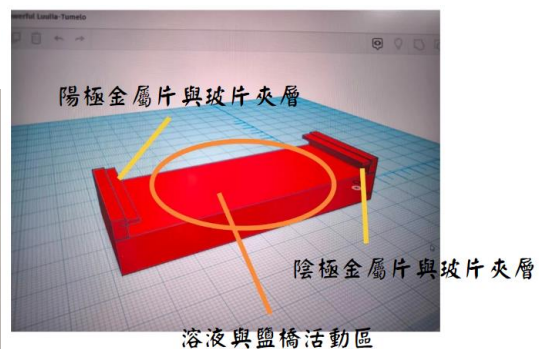
- 正極(陰極)：得電子。
- 負極(陽極)：失電子。
- 在放電過程中，陰極接受從陽極釋放出來的電子。
- 電解質(鹽橋)：電解質是一種能夠支持離子流動的物質，它存在於正極和負極之間。電解質允許離子在兩極之間移動，維持電流的流動不間斷。

#### (2) 步驟：

1. 在我方設計之 3D 列印支架上擺上一片玻片，中間放上預先裁好之衛生紙鹽橋(滴上  $\text{KNO}_3$ )
2. 在其中一側滴上陰極電解液並擺上陰極金屬片，在另一側滴上陽極電解液並擺上陽極金屬片
3. 將第二片玻片塞入 3D 列印支架夾層中，完成電池本體(詳見圖一、圖二)。
4. 測量電壓與電流，計算電功率。



圖一、成品圖



圖二、支架示意圖

#### 四、論證與實驗

##### 1. 改變陰極電解液濃度

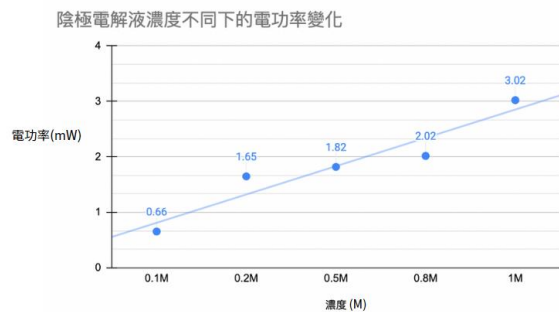
(1) 操縱變因：1M、0.8M、0.5M、0.2M、0.1M

控制變因：陰極電解液(CuSO<sub>4</sub>)、陰極金屬片(Cu)、陽極電解液(MgSO<sub>4</sub>, 1M)、陽極金屬片(Mg)、鹽橋(KNO<sub>3</sub>, 衛生紙 4cm\*1cm)

應變變因：電壓(V)、電流(mA)、電功率(mW)

(2) 實驗結果：

陰極電解液濃度	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)	電功率大小名次
1M	1.78	1.7	3.02	1(佳)
0.8M	1.71	1.18	2.02	2
0.5M	1.66	1.1	1.82	3
0.2M	1.64	1.01	1.65	4
0.1M	1.66	0.4	0.66	5(差)



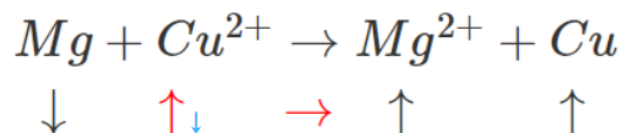
圖三、數據總整理表格

圖四、電功率與濃度關係圖

由圖三可以得知，在 1M 條件下，可以獲得最大電壓 1.78V，最大電流 1.7mA，最佳電功率 3.02mW。另外，由圖四可以推知，電功率與陰極電解液濃度成正關係。

(3) 推論：

由勒沙特列原理可以推知(見圖五)，銅離子(即陰極電解液)濃度越高，電池表現更為出色。



圖五、勒沙特列平衡式，此圖表示銅離子濃度提升後，平衡向右

(4) 結論：

1M 陰極電解液有最佳表現，後續實驗將以此進行。

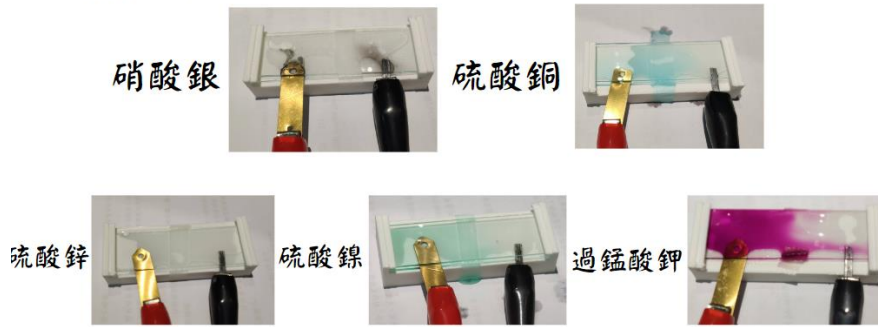
##### 2. 改變陰極電解液種類：

(1) 操縱變因：硫酸銅、硝酸銀、硫酸鋅、硫酸鎳、過錳酸鉀(見圖六)

控制變因：陰極電解液(1M)、陰極金屬片(Cu)、陽極電解液(MgSO<sub>4</sub>, 1M)、陽極金屬片(Mg)、鹽橋(KNO<sub>3</sub>, 衛生紙 4cm\*1cm)

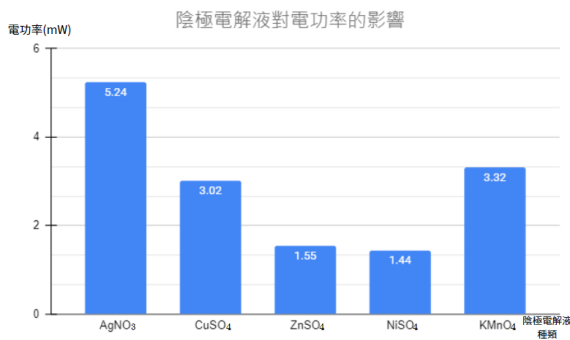
應變變因：電壓(V)、電流(mA)、電功率(mW)

實驗照片



圖六、不同陰極電解液之實驗照片

(2)實驗結果：



圖七、電功率與陰極電解液種類關係圖

陰極電解液種類	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)	電功率大小名次
硝酸銀	2.01	2.6	5.24	1(佳)
硫酸銅	1.78	1.7	3.02	3
硫酸鋅	1.71	0.91	1.55	4
硫酸鎳	1.43	1.01	1.44	5(差)
過錳酸鉀	1.84	1.81	3.32	2

圖八、數據總整理表格

由圖七、圖八可以得知，陰極電解液使用硝酸銀之情況，可得最大電壓 2.01V，最大電流 2.6mA，電功率 5.24mW。

(3)推論：

根據標準還原電位表，可以求出各電解液的電壓理論值(見圖九)，並用理論值排出電壓高低趨勢。

- AgNO<sub>3</sub>: 3.17V
- CuSO<sub>4</sub>: 2.71V
- ZnSO<sub>4</sub>: 1.61V
- NiSO<sub>4</sub>: 2.63V
- KMnO<sub>4</sub>: 3.88V

圖九、用標準還原電位表計算之理論電壓

經實驗後可以發現，理論電壓為：KMnO<sub>4</sub>>AgNO<sub>3</sub>>CuSO<sub>4</sub>>NiSO<sub>4</sub>>ZnSO<sub>4</sub>，而電壓數據與此趨勢大致符合，惟過錳酸鉀表現不如預期般能奪得冠軍，經我方推測，應該是因

圖十、標準還原電位表式示意圖

為過猛酸鉀未酸化完全，導致其產生沉澱物  $MnO_2$ ，影響後續電池表現。

(4)結論：

硝酸銀作為陰極電解液，具有最為出色之電池表現，惟其成本較高，故後續實驗仍以硫酸銅進行。

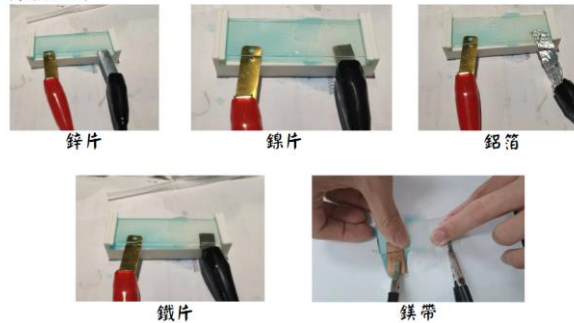
3. 改變陰極電解液種類：

(1) 操縱變因：鎂、鋁、鋅、鎳、鐵(見圖十一)

控制變因：陰極電解液( $CuSO_4, 1M$ )、陰極金屬片(Cu)、陽極電解液( $MgSO_4, 1M$ )、鹽橋( $KNO_3$ , 衛生紙  $4cm*1cm$ )

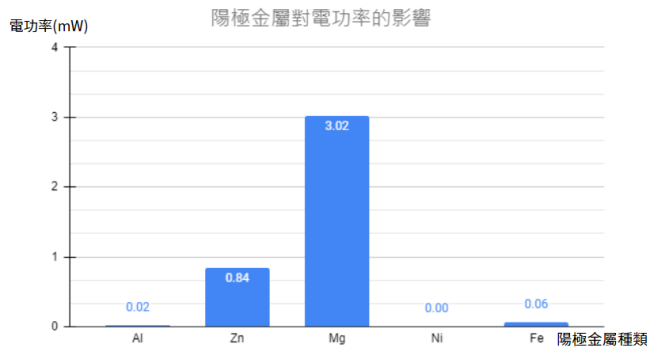
應變變因：電壓(V)、電流(mA)、電功率(mW)

實驗照片



圖十一、不同陽極金屬之實驗照片

(2)實驗結果：



圖十二、電功率與陽極金屬種類關係圖

陽極金屬種類	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)	電功率大小名次
鋁	0.09	0.25	0.02	4
鋅	0.72	1.18	0.84	2
鎂	1.78	1.7	3.02	1(佳)
鎳	0.03	0.03	0	5(差)
鐵	0.1	0.61	0.06	3

圖十三、數據總整理表格

由圖十三可以得知，陽極金屬使用鎂時，可以達到最大電壓 1.78V，最大電流 1.7mA，最大電功率 3.02mW 的表現。另外，由圖十二中可以發現，除了鎂、鋅外，其餘電功率均極小，接近於零。

(3)推論：

由上述五種不同實驗結果得知，陽極金屬應該和陽極電解液相同種類(即鎂)，才能產生最大效果，就算是不同種類，也應該找在金屬活性表上能力接近的金屬(例如： $Mg$ 、 $Zn$ )，方能產生較好效果(至於鋁雖和鎂接近，電壓卻很低，主要是因為鋁箔本身可能帶有雜質)。

(4) 結論：

鎂片作為陽極金屬有最佳表現，後續實驗將以此進行。

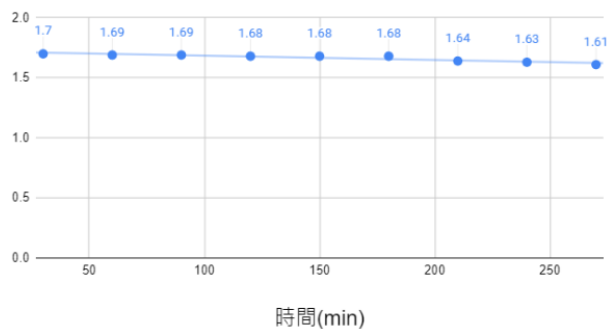
#### 4. 追加實驗：耐久度測試(控制變因同實驗一，外加固定陰極電解液濃度 1M)

(1) 目的：探討微型電池持久度。

(2) 實驗結果：

紀錄從晚上七點半到晚上十二點，每三十分鐘記錄一次。

硫酸銅電池電壓隨時間變化(V-t)

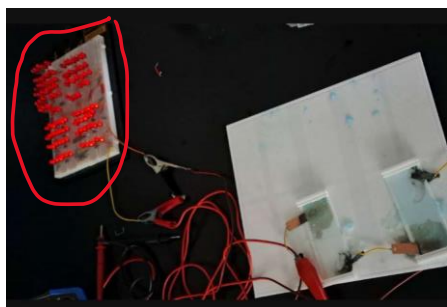


圖十四、耐久度測試

在放置 270 分鐘後，電壓由 1.7V 降至 1.61V，僅降 0.09V，足證其穩定度優秀。

### 五、結論與生活應用

經由三大項實驗後，結論是在陰極電解液 1M 並採用硝酸銀作電解液，再使用鎂帶作為陽極金屬條件下，可以達到最大電功率。爾後，我組也串聯兩個我們的微型電池，成功點亮 121 個 LED 小燈(見圖十五)，足說明我組之電池可以巧妙的應用在生活上，這種電池最大好處是不需充電，只要添加電解液，就可以長期使用，是一種優秀的化學電池。



圖十五、121 顆 LED 亮起盛狀

### 參考資料

- 1.張煥宗(2021)：高三選修化學(下)·龍騰出版社。
- 2.羅得良(2023)：鋰離子電池基礎與應用·五南圖書出版公司
- 3.Ultimaker Cura(3D 列印切片)：<https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura/>