

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

佳作

080210

電照「膜」行

學校名稱：臺南市東區復興國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳知甯	黃千芳
小六 柯昀圻	李孟娟
小六 呂雅穎	
小六 陳品任	
小六 李宜臻	

關鍵詞：薄膜、PVA、電池

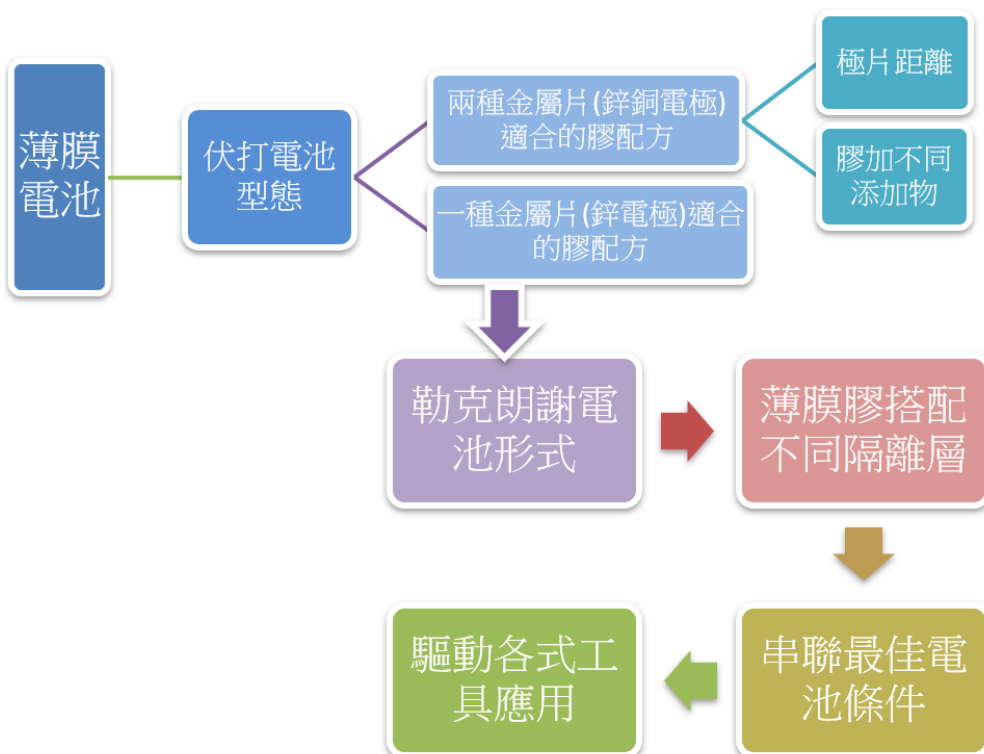
# 摘要

本研究探討以自製 PVA 黏膠薄膜，加上各種金屬片成為方便攜帶的輕巧電池。首先探討不同形式電池的發電效益，包括不同金屬片適合的配方膠，金屬片之間的距離，膠添加了不同添加物……等等。綜合以上條件我們分別串聯發電量最好的原味膠及鐵粉膠做成伏打電池以及加上隔離層的勒克朗謝電池， 驅動溫濕度計、鬧鐘、 LED 燈，並嘗試用達靈頓電路放大電流的特性，希望可以降低串聯電池的個數，達到不錯的效果。此外我們發現鎂片可以明顯提高薄膜電池的發電效益， 可以讓 LED 燈亮長達 9 天。

## 壹、研究動機

生活中使用的 1.5V 和 9V 的市售乾電池重量較重，隨身攜帶時較為麻煩不方便，而且如果放很長久的時間，電池裡的一些原料成份會生鏽、產生液體，最後就得丟掉，感覺很浪費，因此我們想用薄膜 PVA 膠，做出較輕薄短小的電池。而一般市售電池是由兩種不同金屬形成陰、陽極，我們則嘗試簡化為**僅用一種金屬片**，來驅動一些小電器用品。只要使用一些簡易的材料，就能自己製作完成電池，再者我們製作的薄膜膠可以被細菌分解，電極片也可以回收重複使用。

## 貳、研究架構圖



## 參、研究目的

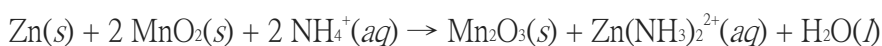
- 一、研究薄膜電池以伏打電池形式的發電效益
  - (一)探討鋅銅電極片適合的膠配方與電極片距離遠近的發電效益
  - (二)探討鋅電極片適合的膠配方與電極片距離遠近的發電效益
  - (三)探討膠添加不同添加物的發電效益
- 二、探討勒克朗謝電池形式中的薄膜膠搭配不同隔離層的發電效益
- 三、串聯電池驅動各式工具
- 四、利用達靈頓電路讓 LED 燈泡亮起來
- 五、利用鎂電極片提高薄膜電池的發電量
  - (一)伏打形式之薄膜電池發電量
  - (二)勒克朗謝形式之薄膜電池發電量
  - (三)串聯多個鎂薄膜電池
- 六、探討以勒克朗謝形式的鎂薄膜電池能讓 LED 燈亮幾天

## 肆、研究原理

電池主要由電解質與電極片組成，我們利用硼砂與聚乙烯醇(PVA)所製作出的膠體作為電池的**電解質**。硼砂與聚乙烯醇所形成的膠是由許多的高分子組成，這些高分子間有著奇妙的交聯作用，使得膠體變成具有彈性而且可以隨意塑型，也可以用擀麵棍擀成一層薄薄的膜。

我們使用的電極片有鋅銅電極片、鋅電極片、鎂電極片。以下為鋅銅電池的化學式

$\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$  從化學式可知鋅丟掉電子產生氧化反應。一般市面鋅錳乾電池是以鋅與錳為電極，電池中的**石墨碳片是負責傳遞電流**，並不參與電池中的化學反應，鋅則與電池中的二氧化錳產生氧化還原反應。市售一般乾電池(鋅錳電池)化學式如下:






而我們的**鋅薄膜電池**所用的鋅電極片之間的膠體沒有加錳，而電池中的石墨碳片只負責傳遞



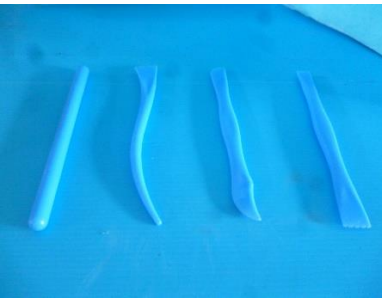
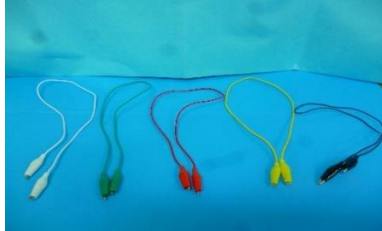
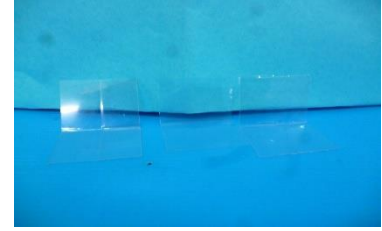




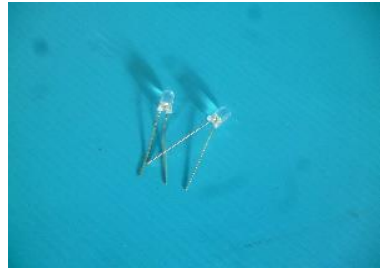





電流，不參與反應，那**鋅片是和誰形成電位差**，進而造成電子間的流動呢？

在長時間作用下的薄膜電池，除了鋅片會有氧化的現象，膠體也會有白化的變質出現，我們推測鋅片應該是和膠體中的**硼酸根離子**產生反應，造成電流的流動。PVA 黏膠在薄膜電池的角色**不單是電解質**，內含的離子也是薄膜電池的另一個電極。

## 伍、研究設備及器材

		
聚乙烯醇	攪拌棒與燒杯	電子秤
		
三腳架與酒精燈	陶瓷纖維網	碳酸鈣粉
		
鐵粉	碘液	石墨粉



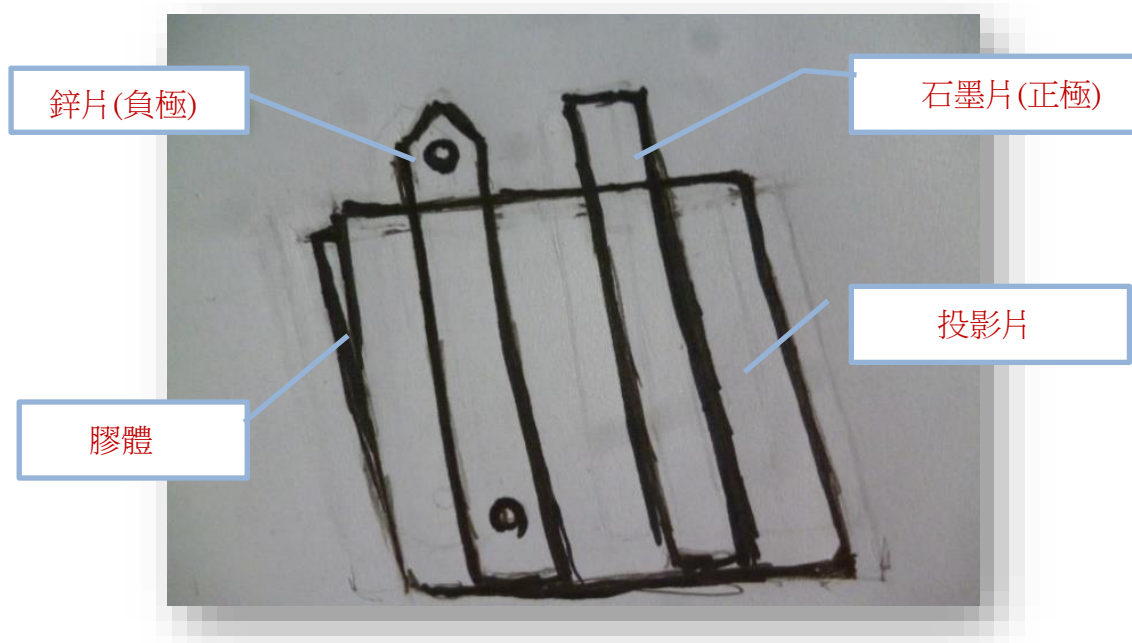
		
各式電極片	桿麵棍	黏土工具
		
鱷魚夾電線	投影片	保鮮膜
		
溫濕度計	硼砂	三用電表
		
LED 燈	鎂片	鬧鐘
		
電風扇	麵包板與電晶體	咖啡粉

## 陸、研究過程及方法

### 研究一、探討薄膜電池以伏打電池形式的發電效益

#### 構思概念：

伏打電池是在稀硫酸水溶液中，插入了銅板與鋅板兩種電極，將兩種不同的金屬以導線連接，中間隔有可導電的電解質，就會產生電流。仿造伏打電池的組成概念，我們做成了如下的薄膜電池形式(如下圖)。




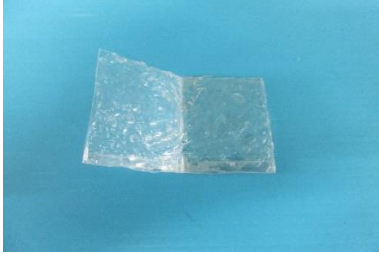

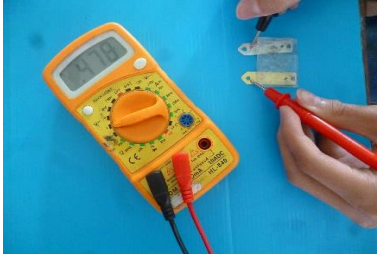


伏打電池示意圖

#### 實驗一、(一) 探討鋅銅電極片適合的膠配方與電極片距離遠近的發電效益

##### (一) 實驗步驟:

- 1.利用電子秤量不同克數的硼砂，包含 0.5 g、1 g、1.5 g、2 g，接者分別加上 100 g 的水和 5 g 的聚乙烯醇 (PVA)，攪拌均勻。
- 2.將步驟 1 中的膠分別放入燒杯內，利用酒精燈直接加熱 1 分鐘。
- 3.將加熱後的膠封上保鮮膜，靜置 1 天後讓膠成形。
- 4.將自製的各種薄膜發電膠取 2.6 g，均勻鋪在大小 6.4 cm x 4 cm 的投影片上。
- 5.準備 1 cm x 4 cm 的鋅、銅電極片，依不同距離擺放，包含 1 cm、1.5 cm、2 cm。
- 6.將製作的薄膜電池對折後，利用三用電表測量電壓、電流。

		
秤不同重量的硼砂	加熱	靜置
		
鋪在投影片上	不同距離	測量電壓和電流

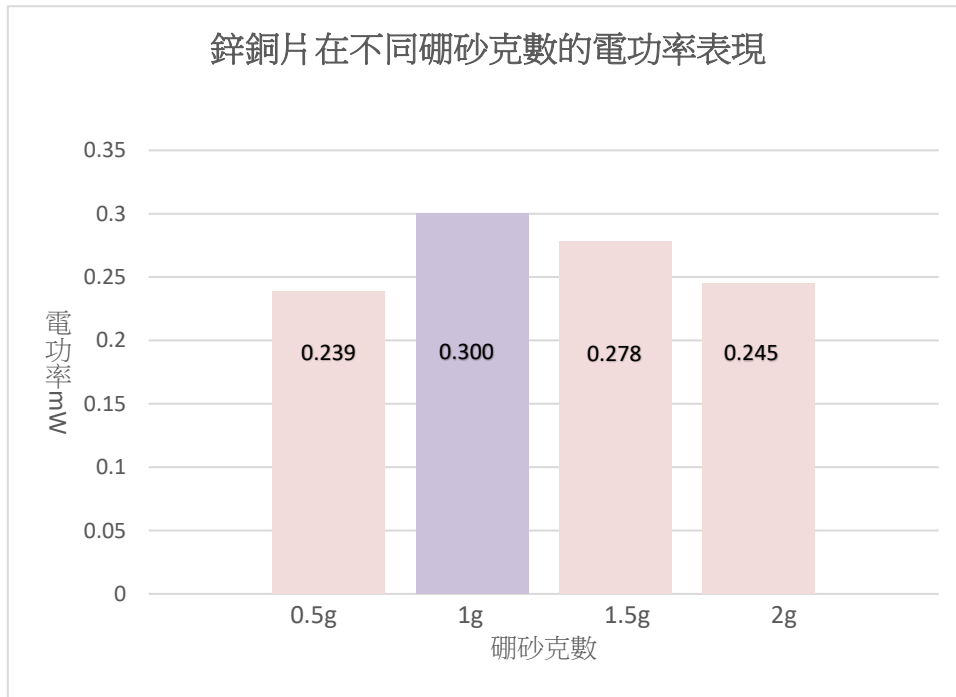
(二)實驗結果:

表一、(一)不同配方薄膜膠不同鋅銅片距離產生的發電效益

薄膜電池成分	鋅銅片距離(cm)	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
0.5g 硼砂+100g 水+5g 聚乙烯醇 (PVA)	1.0	0.875	0.273	0.239
	1.5	0.844	0.234	0.197
	2.0	0.731	0.226	0.165
1g 硼砂+100g 水+5g 聚乙烯醇 (PVA)	1.0	0.698	0.430	0.300
	1.5	0.693	0.374	0.259
	2.0	0.675	0.356	0.240
1.5g 硼砂+100g 水+5g 聚乙烯醇 (PVA)	1.0	0.730	0.381	0.278
	1.5	0.711	0.333	0.237
	2.0	0.685	0.276	0.189
2g 硼砂+100g 水+5g 聚乙烯醇 (PVA)	1.0	0.735	0.334	0.245
	1.5	0.731	0.314	0.230
	2.0	0.714	0.221	0.158

(三)結果與討論:

- 1.不論是哪種配方膠，電極片的距離越近，電池的電功率越高。
- 2.將不同硼砂克數的電功率整理成下表，可以發現硼砂克數為 1 克的配方膠，電功率最佳。



實驗一、(二) 探討鋅電極片 適合的膠配方與電極片距離遠近的發電量

(一) 實驗步驟:

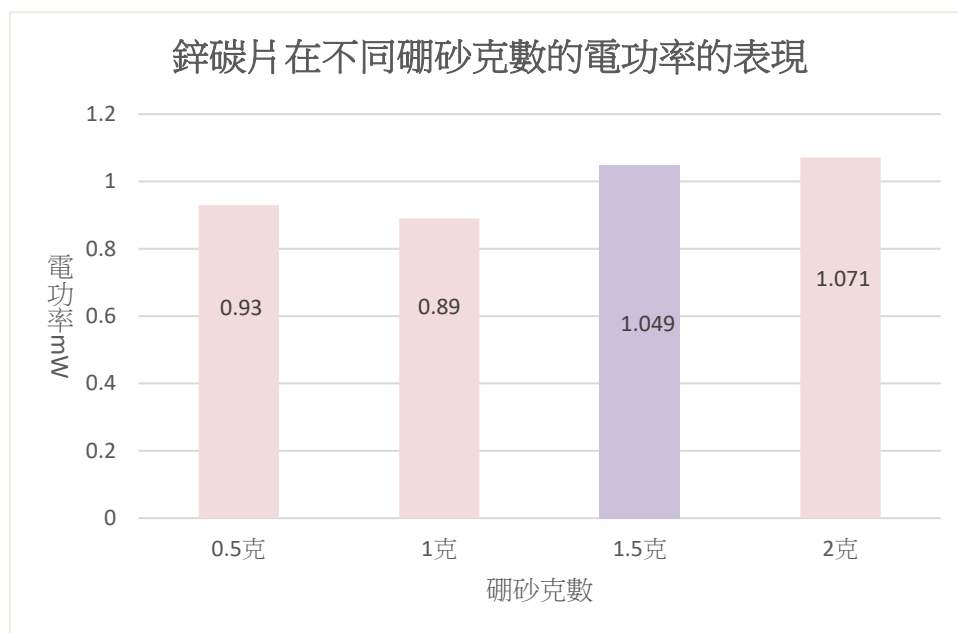
1. 重複實驗一、(一) 實驗步驟，將鋅銅電極片改成單一金屬片鋅，加上不參與反應的碳片。
2. 繪製圖表將鋅銅片與鋅碳片的資料作比較。

(二)實驗結果:

表一、(二)不同配方薄膜膠不同鋅碳片距離產生的發電效益

薄膜電池成分	鋅碳片 距離(cm)	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
0.5g 硼砂+100g 水+5g 聚乙烯醇 (PVA)	1.0	0.905	1.026	0.929
	1.5	0.896	0.721	0.646
	2.0	0.892	0.618	0.551
1g 硼砂+100g 水+5g 聚乙烯醇 (PVA)	1.0	0.876	1.012	0.887
	1.5	0.870	0.887	0.772

	2.0	0.859	0.659	0.566
1.5g 硼砂+100g 水+5g 聚乙烯醇 (PVA)	1.0	0.927	1.132	1.049
	1.5	0.885	0.921	0.815
	2.0	0.884	0.891	0.788
2g 硼砂+100g 水+5g 聚乙烯醇 (PVA)	1.0	0.872	1.229	1.071
	1.5	0.866	0.927	0.803
	2.0	0.854	0.787	0.672



### (三)結果與討論:

- 1.鋅碳片與鋅銅片一樣，距離越近電功率越高。
- 2.如下圖所見，鋅碳片在不同硼砂克數配方膠中電功率，以 2 克的硼砂量電功率表現最佳。
- 3.若將鋅碳片與鋅銅片在不同配方膠的電功率比較，鋅碳片的表現均勝過鋅銅片，接續實驗將以鋅碳片為主。



## 實驗一、(三)探討膠添加不同添加物的發電量

### (一) 實驗步驟:

1. 將膠加上不同種類粉末，包含不同的物質碳酸鈣、鐵粉、碘液、石墨粉、咖啡粉，其不同重量 1 g、3 g、5 g。
2. 將膠 2.6 g 均勻鋪在投影片上，製作成薄膜電池。
3. 將製作的薄膜電池對折後，利用三用電表測試電壓、電流。

		
加入不同重量、種類的物質	均勻鋪在投影片上	對折、測量電壓

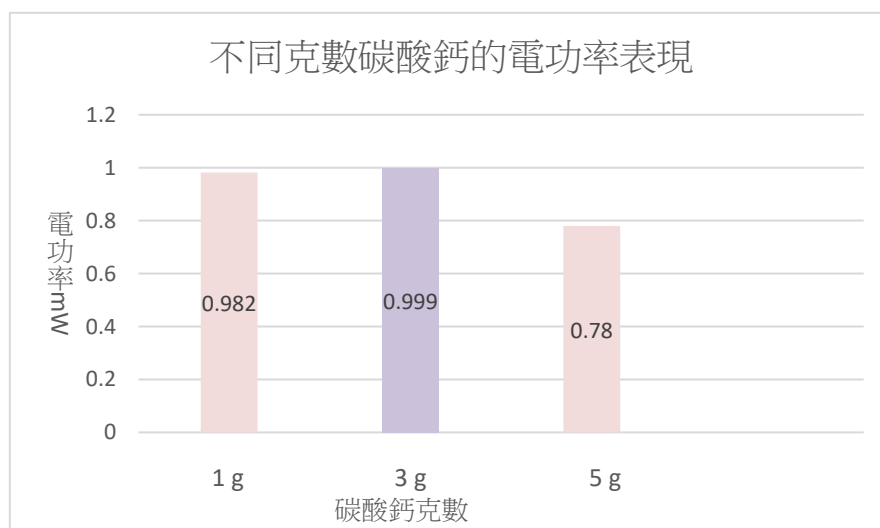
### (二) 實驗結果:

#### (二)、1 碳酸鈣粉末

2 g 硼砂+100 g 水+5 g 聚乙烯醇 (PVA) +不同克數的碳酸鈣粉末製作成碳酸鈣膠

表一、(三)、1 不同克數的碳酸鈣膠電壓電流電功率表現

	1 g 碳酸鈣粉	3 g 碳酸鈣粉	5 g 碳酸鈣粉
電壓 V	0.861	0.839	0.907
電流 mA	1.140	1.191	0.860
電功率 mW	0.982	0.999	0.780

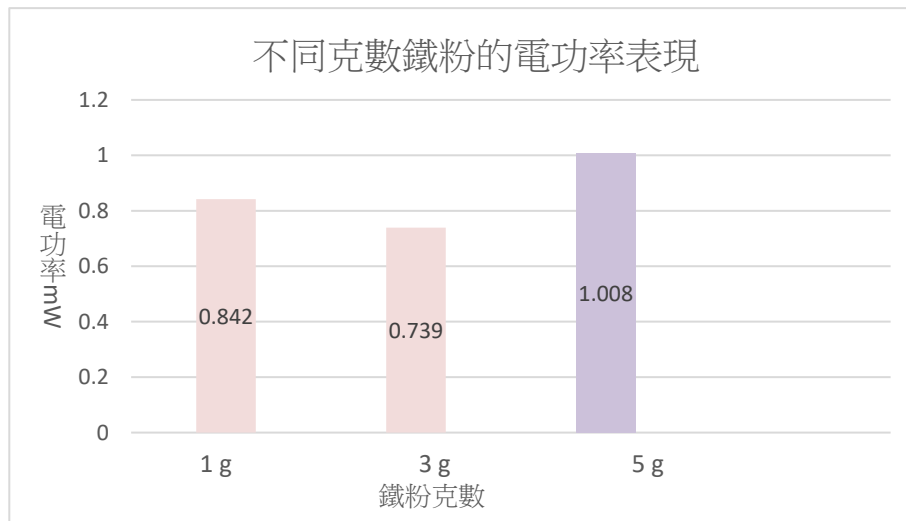


(二)、2 鐵粉

2 g 硼砂+100 g 水+5 g 聚乙烯醇 (PVA) +不同克數的鐵粉製作成鐵粉膠

表一、(三)、2 不同克數的鐵粉膠電壓電流電功率表現

	1 g 鐵粉	3 g 鐵粉	5 g 鐵粉
電壓 V	0.860	0.874	0.892
電流 mA	0.979	0.846	1.130
電功率 mW	0.842	0.739	1.008



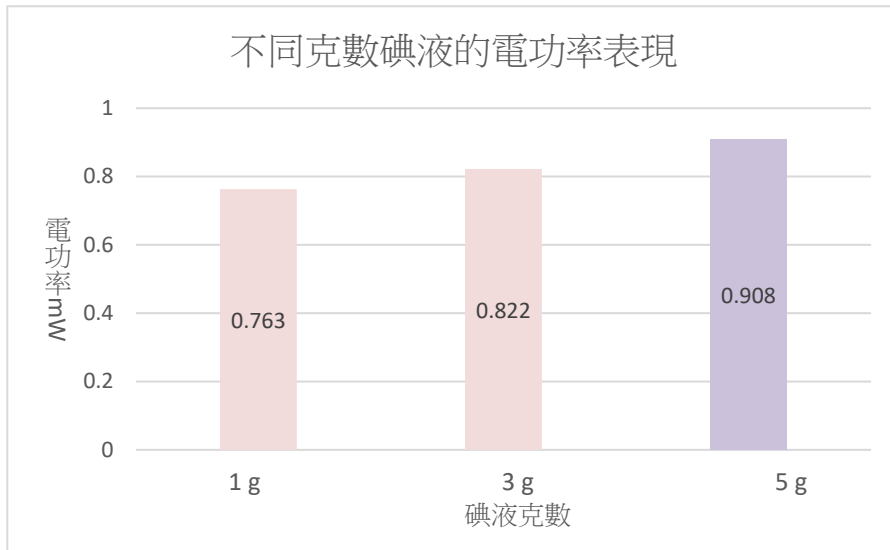
(二)、3 碘液膠

以 2 g 硼砂+100 g 水+5 g 聚乙烯醇 (PVA) +不同克數的碘液製作成碘液膠

表一、(三)、3 不同克數的碘液膠電壓電流電功率表現

	1g 碘液	3 g 碘液	5 g 碘液
電壓 V	0.926	0.916	0.880
電流 mA	0.824	0.897	1.032
電功率 mW	0.763	0.822	0.908



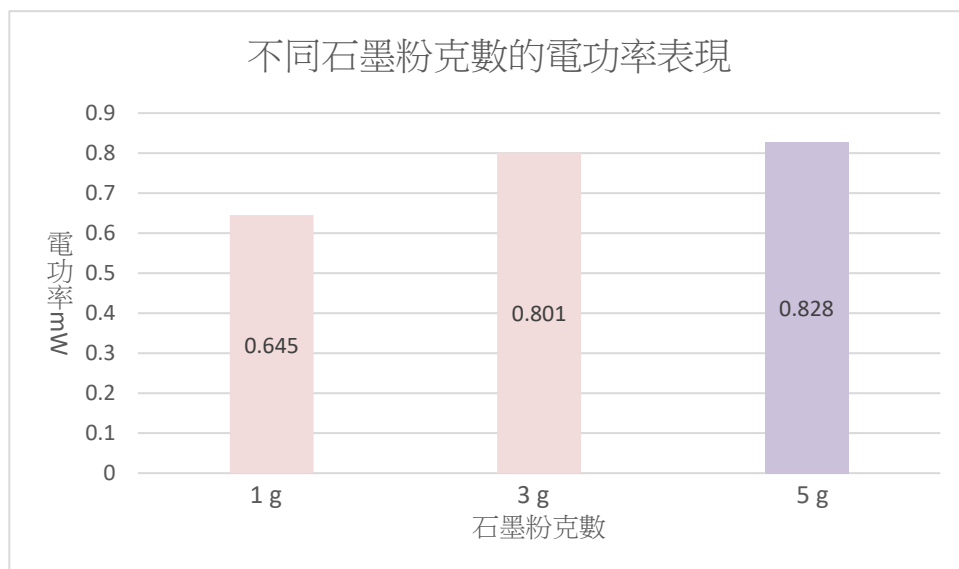


(二)、4 石墨粉膠

以 2g 硼砂+100g 水+5g 聚乙稀醇 (PVA) +不同克數的石墨粉製作成石墨粉膠

表一、(三)、4 不同克數的石墨膠電壓電流電功率表現

	1 g 石墨粉	3 g 石墨粉	5 g 石墨粉
電壓 V	0.876	0.859	0.816
電流 mA	0.736	0.933	1.015
電功率 mW	0.645	0.801	0.828

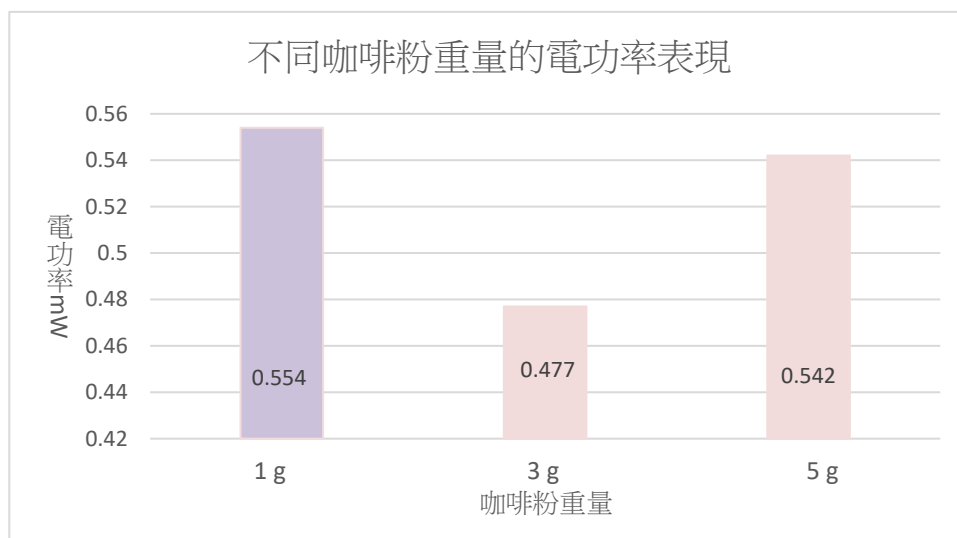


(二)、5 咖啡粉膠

以 2 g 硼砂+100 g 水+5 g 聚乙烯醇 (PVA) +不同克數的咖啡粉製作成咖啡粉膠

表一、(三)、5 不同克數的咖啡膠電壓電流電功率表現

克	1 g 咖啡粉	3 g 咖啡粉	5 g 咖啡粉
電壓 V	0.820	0.720	0.843
電流 mA	0.675	0.662	0.643
電功率 mW	0.554	0.477	0.542



(三) 結果與討論:

1.將發電量最佳的整理如下表

表一、(三)、6 不同添加物的電壓電流電功率表現

薄膜發電膠的配方	添加物質	電壓 V	電流 mA	電功率 mW	效能排序
2 g 硼砂+100 g 水 +5 g 聚乙烯醇 (PVA)	3 g 碳酸鈣粉	0.839	1.191	0.999	2
	5 g 鐵粉	0.892	1.130	1.008	1
	5 g 碘液	0.880	1.032	0.908	3
	5 g 石墨粉	0.816	1.015	0.828	4
	1 g 咖啡粉	0.820	0.675	0.554	5

2.不同粉末重的膠體中，電功率表現最佳為添加 5 g 鐵粉，接著為 3 g 碳酸鈣。

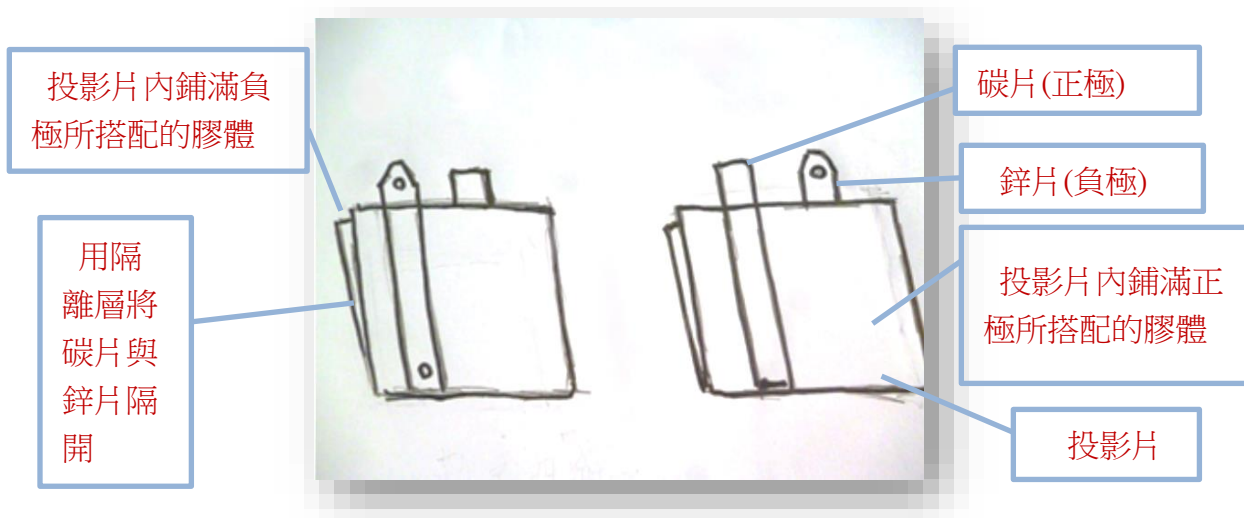
3.碳酸鈣粉末加越多對發電量並無助益;且碳酸鈣粉末在膠體中不易揉散。

4.鐵粉、碘液、石墨粉這種均有加越多發電量越佳的趨勢。

## 研究二、探討勒克朗謝電池形式中的薄膜膠搭配不同隔離層的發電效益

### 構思概念：

原本的勒克朗謝電池是以碳棒插入二氧化錳與碳粉混合的素陶罐中組成正極、鋅棒為負極一起插入氯化銨水溶液製成電池。我們仿造這樣的樣式製作薄膜電池形式(如下圖)。



勒克朗謝電池式的薄膜電池示意圖

### 實驗二、

取在實驗一、(三)中發電量**表現最好的兩種膠**作為搭配勒克朗謝電池鋅碳片的膠體

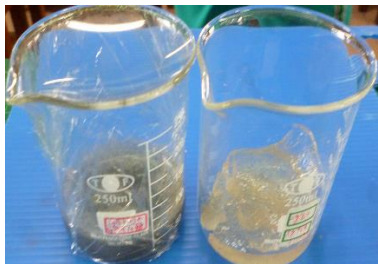
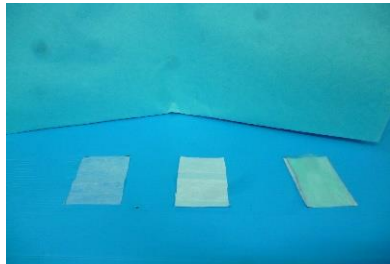
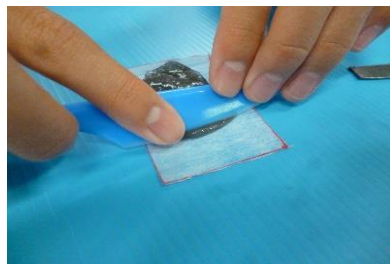

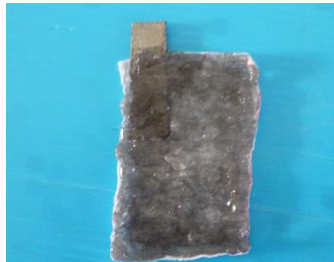

(2 g 硼砂原味膠、5 g 鐵粉膠)。

#### (一) 實驗步驟:

- 1.利用實驗一、(一)調配之薄膜膠進行實驗。
- 2.準備不織布口罩三層，剪適當尺寸備用。
- 3.鋪好膠體。
- 4.將原味膠包覆鋅片。
- 5.將鐵粉膠包覆碳片。
- 6.裝置方式如下表二、(一)。

表二、(一) 鋅碳片與膠的搭配組合

編號	搭配組合	說明
1	鋅片配薄膜鐵粉膠	不同的膠
	碳片配薄膜膠	
2	鋅片配薄膜膠	不同的膠
	碳片配薄膜鐵粉膠	
3	鋅片皆配薄膜膠	相同的膠
	碳片皆配薄膜膠	
4	鋅片皆配薄膜鐵粉膠	相同的膠
	碳片皆配薄膜鐵粉膠	

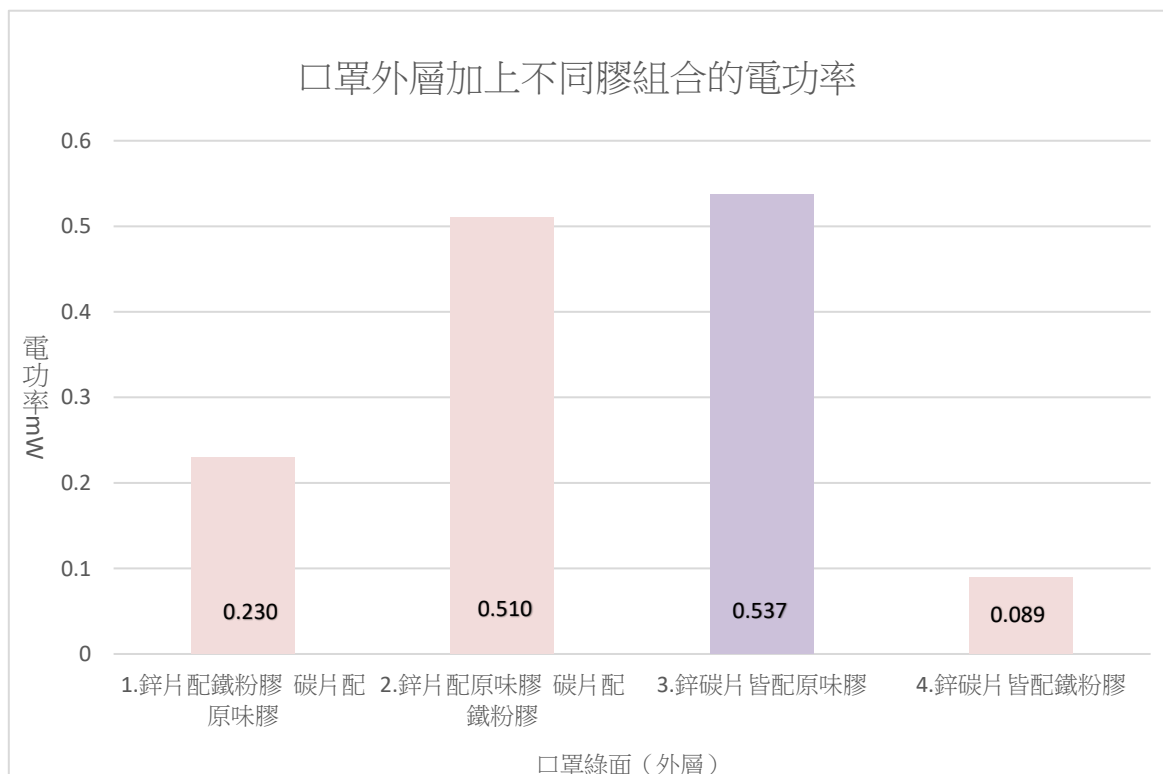
		
利用實驗一- (一) 製成之薄膜膠	準備不織布口罩三層，剪適當尺寸備用	鋪好膠體
		
將原味膠包覆鋅片	將鐵粉膠包覆碳片	對折、測量電壓

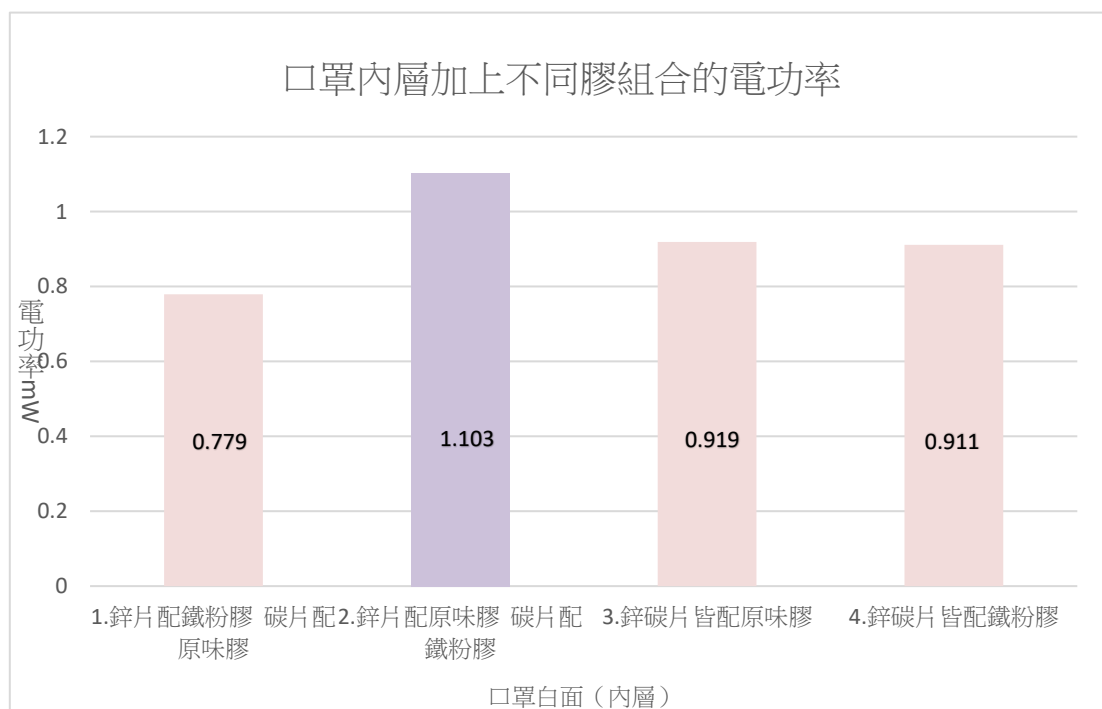
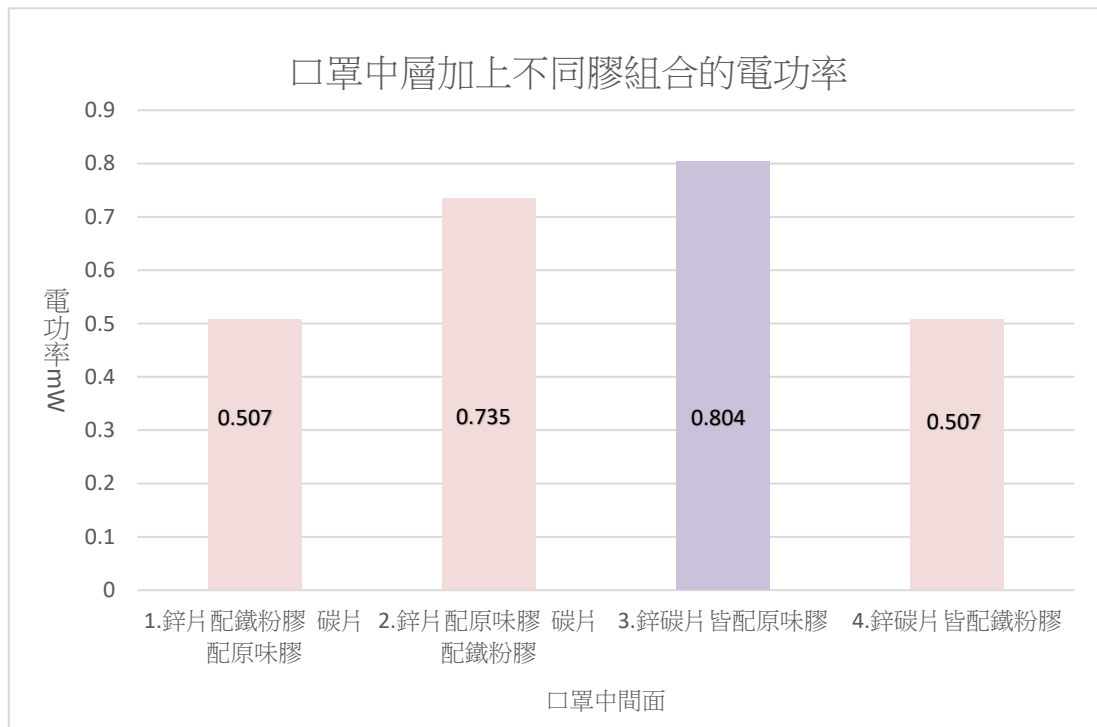
(二) 實驗結果：

表二、(二) 不同隔離層與鋅碳片及膠的搭配組合之發電效益

不同隔離層		電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
口罩綠面(外層)	1.鋅片配鐵粉膠 碳片配原味膠	0.874	0.263	0.230
	2.鋅片配原味膠 碳片配鐵粉膠	0.564	0.904	0.510
	3.鋅碳片皆	0.840	0.639	0.537

	配原味膠			
	4.鋅碳片皆配鐵粉膠	0.827	0.108	0.089
口罩中間面	1.鋅片配鐵粉膠 碳片配原味膠	0.862	0.588	0.507
	2.鋅片配原味膠 碳片配鐵粉膠	0.803	0.915	0.735
	3.鋅碳片皆配原味膠	0.831	0.967	0.804
	4.鋅碳片皆配鐵粉膠	0.874	0.580	0.507
口罩白面（內層）	1.鋅片配鐵粉膠 碳片配原味膠	0.839	0.928	0.779
	2.鋅片配原味膠 碳片配鐵粉膠	0.873	1.263	1.103
	3.鋅碳片皆配原味膠	0.910	1.010	0.919
	4.鋅碳片皆配鐵粉膠	0.859	1.060	0.911





### (三) 結果與討論:

1. 口罩綠面 (外層): 以加上鋅碳片皆配原味膠的電功率最高。
2. 口罩中間面: 以加上鋅碳片皆配原味膠的電功率最高。
3. 口罩白面 (內層): 以加鋅片配原味膠、碳片配鐵粉膠的電功率最高, 且在所有組合中電功率最高, 之後將以此配方進行實驗。

### 研究三、串聯電池驅動各式工具

#### (一)電池形式:

電池形式一:勒克朗謝電池

組裝步驟：1.準備不織布口罩三層，剪適當尺寸備用。

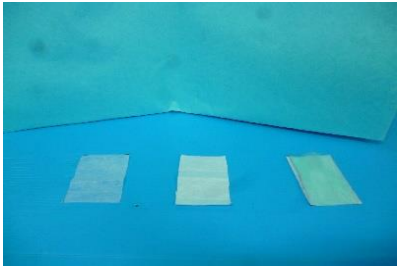
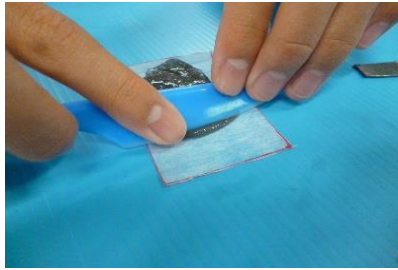
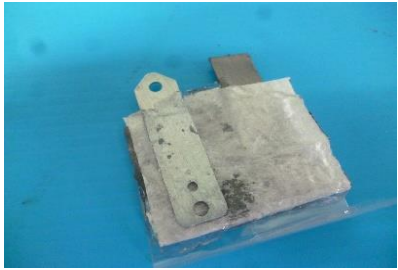

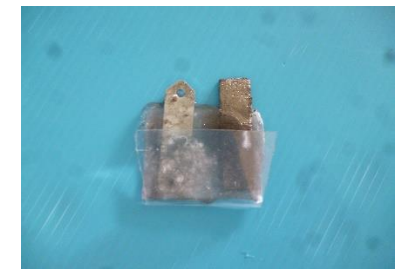
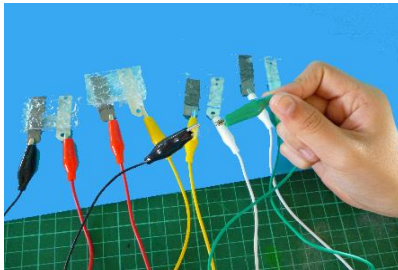
2.鋪好膠體。

3.將原味膠均勻鋪在投影片

4.將鐵粉膠均勻鋪在投影片

5.剪裁適當投影片，包覆電池

6.串聯啟動 LED、測量電壓

		
準備不織布口罩三層，剪適當尺寸備用	鋪好膠體	將原味膠包覆鋅片
		
將鐵粉膠包覆碳片	剪裁適當投影片，包覆電池	串聯啟動 LED、測量電壓




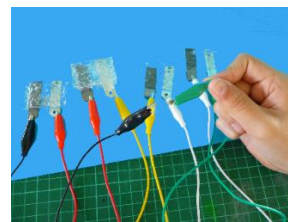
電池形式二:伏打電池

組裝步驟：1.將原味膠均勻鋪在投影片上。

2.電極片依不同距離擺放。

3.對折投影片，包覆膠體。

4.串聯 2-5 個電池，測其電壓。

			
原味膠鋪在投影片上	不同距離擺放電極片	對折投影片 包覆膠體	串聯電池，測其電壓



(二)、應用方式:


應用方式一：溫濕度計

- 1.製作多個勒克朗謝電池及伏打電池。
- 2.串聯驅動溫濕度計。
- 3.測量電壓。

		
製作多個薄膜電池	串聯驅動溫濕度計	測量電壓

應用方式二:鬧鐘

- 1.製作多個勒克朗謝電池及伏打電池。
- 2.串聯啟動鬧鐘。
- 3.測量電壓。

		
製作多個薄膜電池	串聯啟動鬧鐘	測量電壓

應用方式三:電風扇

- 1.製作多個勒克朗謝電池及伏打電池。
- 2.串聯啟動電風扇。
- 3.測量電壓。

		
製作多個薄膜電池	串聯啟動電風扇	測量電壓

(三) 組裝結果:

勒克朗謝電池串聯驅動各式工具

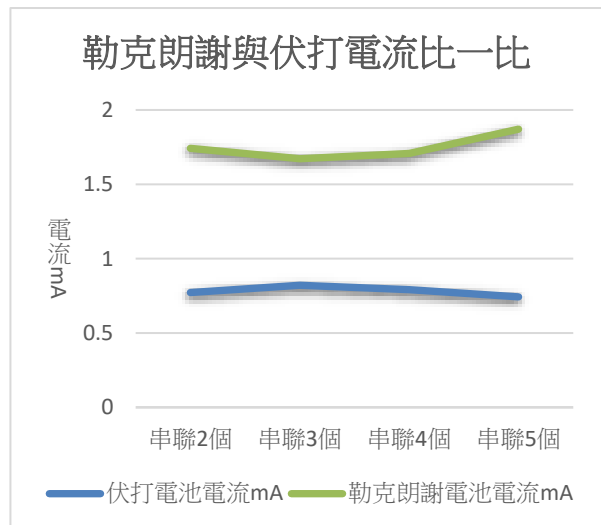
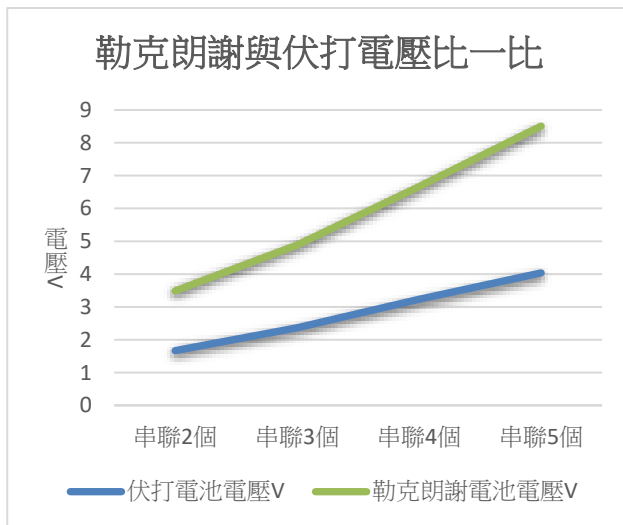
表三、(一) 勒克朗謝電池串聯驅動各式工具的發電表現

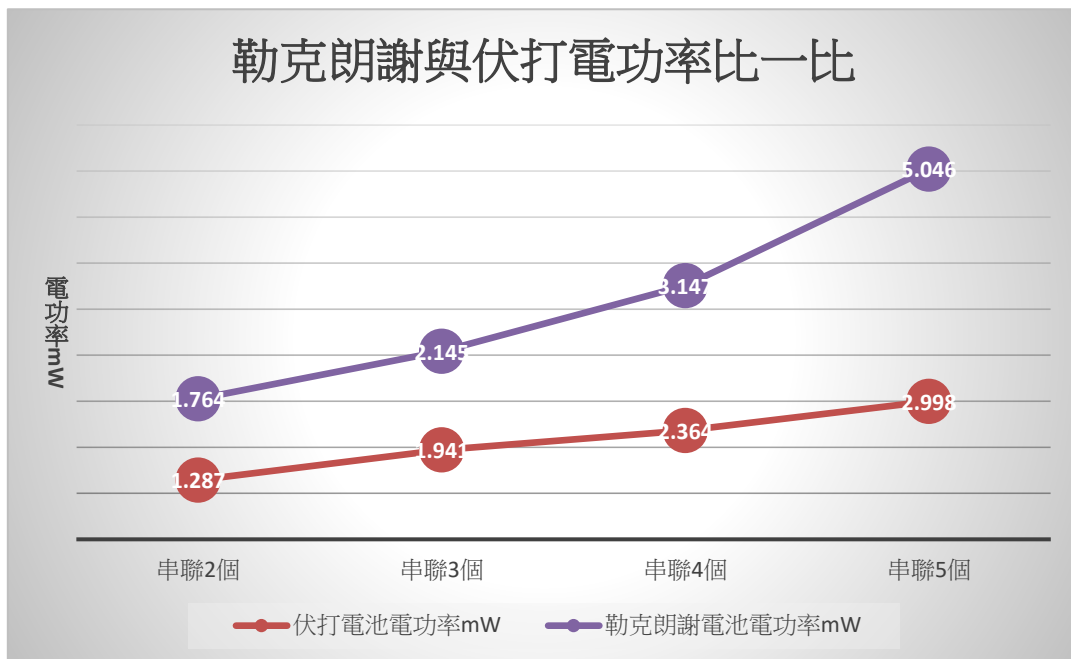
種類 電量	勒克朗謝電池 串聯 2 個	勒克朗謝電池 串聯 3 個	勒克朗謝電池 串聯 4 個	勒克朗謝電池 串聯 5 個
電壓 V	1.819	2.520	3.436	4.473
電流 mA	0.970	0.851	0.916	1.128
電功率 mW	1.764	2.145	3.147	5.046
LED 燈亮度	沒亮	亮	亮	亮
驅動溫濕度計	成功	成功	成功	成功
啟動鬧鐘	成功	成功	成功	成功
電風扇	失敗	失敗	失敗	失敗

伏打電池串聯驅動各式工具

表三、(二) 伏打電池串聯驅動各式工具的發電表現

種類 電量	伏打電池 串聯 2 個	伏打電池 串聯 3 個	伏打電池 串聯 4 個	伏打電池 串聯 5 個
電壓 V	1.667	2.364	3.230	4.035
電流 mA	0.772	0.821	0.792	0.743
電功率 mW	1.287	1.941	2.364	2.998
LED 燈亮度	沒亮	沒亮	亮	亮
驅動溫濕度計	成功	成功	成功	成功
啟動鬧鐘	成功	成功	成功	成功
電風扇	失敗	失敗	失敗	失敗

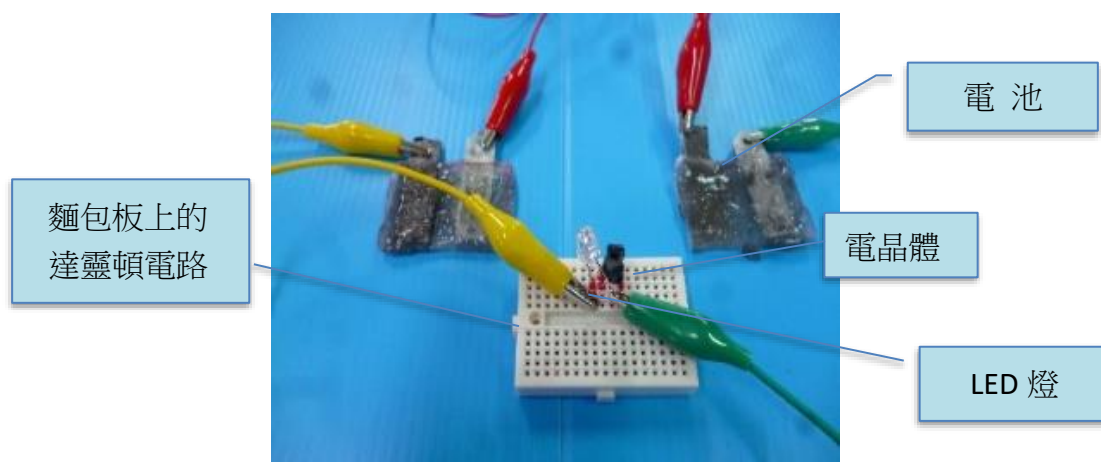




#### (四) 結果與討論:

1. 勒克朗謝形式之薄膜電池不論是串聯幾個，其電壓電流表現都優於伏打形式。
2. 勒克朗謝形式之薄膜電池串聯 3 個以上能啟動 LED 燈、溫濕度計、鬧鐘等工具，伏打池則要串連四個才能全部啟動。
3. 串聯 5 個勒克朗謝薄膜電池的電壓雖然高達 4.473V 但仍無法啟動電風扇，推測是電流太低。
4. 整體而言勒克朗謝形式薄膜電池的電功率高於伏打電池。

#### 研究四、利用達靈頓電路讓 LED 燈泡亮起來



達靈頓電路實物配置圖

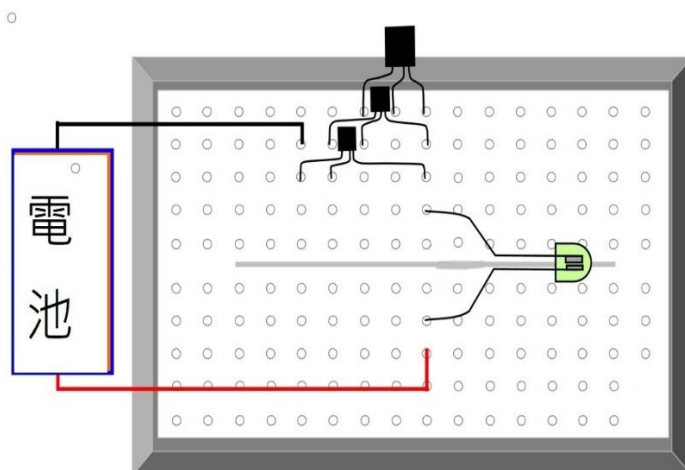
麵包板介紹：麵包板是由於板子上有很多小插孔，很像麵包中的小孔，因此得名，專為電子電路的無焊接實驗設計製造的。由於各種電子元器件可根據需要隨意插入或拔出，免去了焊接，節省了電路的組裝時間，而且元件可以重複使用，所以非常適合電子電路的組裝、調試和訓練；使用時，是以直排通電的。

### 達靈頓電路介紹:

我們在麵包板上放了電晶體，與 LED 燈及電池形成了達靈頓電路。達靈頓電路有放大電流的功能，希望藉此可以讓我們的勒克朗謝膠電池的電流放大。


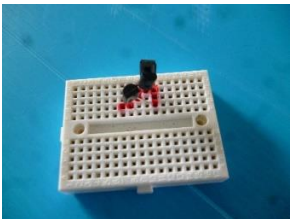
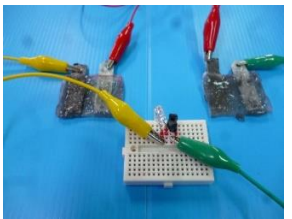
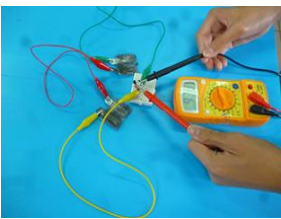
#### (一) 實驗步驟:

- 1.使用研究三製成之勒克朗謝膠和伏打電池各 2、3 個。
- 2.將三個電晶體插入麵包板上，依照電路圖小心插腳位置，不要插錯。電路圖參照如下:



達靈頓電路圖

- 3.串聯勒克朗謝和伏打電池接在麵包板。
- 4.測量其電壓和電流。

			
使用勒克朗謝電池	電晶體插入麵包板	串聯電池接麵包板	測量電壓、電流

(二) 實驗結果:

表四 達靈頓電路分別在勒克朗謝電池形式與伏打電池形式的發電表現

種類 電量	勒克朗謝電池 串聯 2 個	勒克朗謝電池 串聯 3 個	伏打電池串聯 2 個	伏打電池 串聯 3 個
電壓 V	1.222	1.935	1.1223	1.529
電流 mA	1.172	1.968	0.629	0.699
電功率 mW	1.432	3.808	0.706	1.069
結果	亮	亮	失敗	亮

(三) 結果與討論:


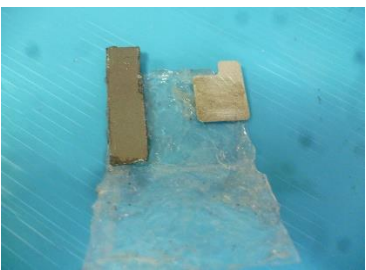

- 1.麵包板上的達靈頓電路確實能減少串聯的電池數，提升了勒克朗謝電池的電功率，原先串聯兩個勒克朗謝電池並不能讓 LED 燈亮，現在只要加上達靈頓電路就可以讓 LED 燈亮起來。
- 2.原先串聯 3 個伏打電池不能讓 LED 燈亮，加上達靈頓電路就能亮起來。

**研究五**、利用鎂電極片提高薄膜電池的發電量

(一)、伏打形式之鎂薄膜電池

(一)、1 實驗步驟:

- 1.將薄膜膠最好配方〔2 g 硼砂原味膠〕取 2.6 g，均勻鋪在大小 6.4 cm×4 cm 的投影片上。
- 2.準備 1 cm×4 cm 的鎂、碳電極片，依距離 1 cm 擺放。
- 3.將製作的薄膜電池對折後，利用三用電表測試電壓、電流。

		
膠鋪在投影片上	極片距離 1 cm	對折、測量電壓

(一)、2 實驗結果:






表五、(一)伏打形式之鎂薄膜電池發電效益

極片	距離(cm)	電壓 V	電流 mA	電功率 mW
鎂碳	1	1.509	1.726	2.609

(二)、勒克朗謝形式之鎂薄膜電池

(二)、1 實驗步驟:

- 1.將薄膜膠最好組合〔5 g 鐵粉膠+2 g 硼砂原味膠〕各取 2.6 g，均勻鋪在大小 6.4 cm× 4 cm 的口罩內層上。
- 2.準備 1 cm×4 cm 的鎂、碳電極片，依距離 1 cm 擺放。
- 3.將製作的薄膜電池對折後，利用三用電表測試電壓、電流。

		
膠鋪在口罩內層上	極片距離 1 cm	對折、測量電壓

(二)、2 實驗結果:

表五、(二) 勒克朗謝形式之鎂薄膜電池發電效益

極片	距離(cm)	電壓 V	電流 mA	電功率 mW
鎂碳	1	1.656	1.948	3.226

(三)串聯多個鎂薄膜電池

(三)、1 實驗步驟:

		
製作多個勒克朗謝電池	串聯啟動電風扇	測量電壓

(三)、2 實驗結果:

表五、(三) 串聯多個鎂薄膜電池的發電效益

極片	距離(cm)	電壓 V	電流 mA	電功率 mW
鎂碳	1	9.930	1.058	10.506

(四)、結果與討論:

1. 勒克朗謝形式的鎂薄膜電池電功率 3.266mW 高於伏打電池形式的 2.609mW。
2. 一個鎂薄膜電池電功率有 3.266 mW 還比**研究三**串聯兩個鋅薄膜電池 1.764mW 還要高，因為鎂電極片發電量較鋅片高，而且勒克朗謝形式又優於伏打形式，所以我們想再努力看看串聯多個勒克朗謝形式的鎂薄膜電池，能不能將**研究三**未成功驅動的電風扇成功啟動。
3. 使用鎂薄膜電池確實讓電壓提高許多，但仍無法驅動電風扇，推測可能是電流不足。
4. 串聯多個鎂薄膜電池電功率高於串聯多個鋅薄膜電池。

**研究六**、探討以勒克朗謝形式的鎂薄膜電池電池能讓 LED 燈亮幾天

由於前面實驗發現鎂薄膜電池的電功率最高，因此實驗使用勒克朗謝電池形式及鎂碳片來進行。

(一) 實驗步驟:

1. 製作多個薄膜電池
2. 串聯啟動 LED 燈
3. 測量電壓

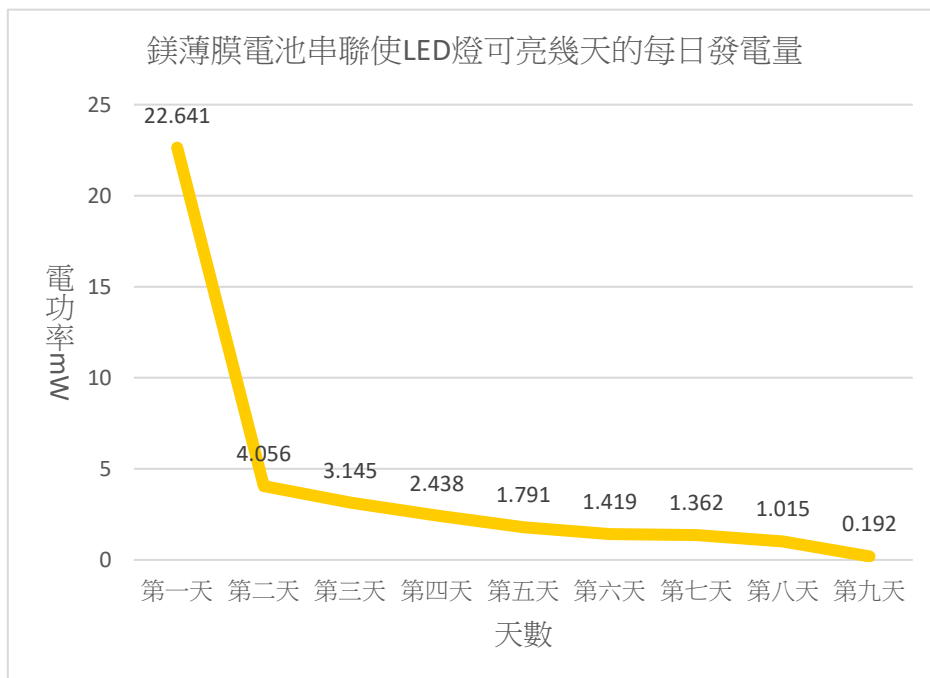
		
製作多個薄膜電池	串聯啟動 LED 燈	測量電壓



(二) 實驗結果:

表六 串聯多個勒克朗謝形式鎂薄膜電池長時間的發電效益

天數	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
第一天	6.791	3.334	22.641
第二天	4.102	0.989	4.056
第三天	4.002	0.786	3.145
第四天	3.983	0.612	2.438
第五天	4.235	0.423	1.791
第六天	4.138	0.343	1.419
第七天	4.934	0.276	1.362
第八天	5.207	0.195	1.015
第九天	5.196	0.037	0.192



(三) 結果與討論:

1. 實驗發現，鎂薄膜電池第一天時電功率最高，第二天後電功率皆低於 5 mW。

2. 鎂薄膜電池可以持續讓 LED 燈亮長達 9 天。
3. 薄膜電池的電流會一天比一天下降。

## 柒、研究結論

- 一、一般市售電池是由兩種不同金屬形成正、負極，我們成功的簡化為**僅用一種金屬片**鋅或鎂，以薄膜 PVA 黏膠作為兼具電解質功能及另一電極功能角色；而薄膜電池中的石墨碳片只負責傳遞電流並不參與電池中的氧化還原反應。
- 二、單一金屬片(鋅片)與兩種金屬片(鋅、銅)在不同配方膠的發電效益比較下，單一金屬片(鋅片)的表現均勝過鋅、銅片。
- 三、電極片的距離越近，電池的電功率越高。
- 四、不加任何物質的原味膠中，以 2 g 硼砂配方的電功率較高。
- 五、在原味膠中加入不同添加物，希望可提升電功率，其中以鐵粉表現最佳，接著是碳酸鈣；鐵粉、碘液、石墨粉均有加越多，發電效益越佳的趨勢。
- 六、勒克朗謝電池型式中以口罩白面（內層）為隔離層，分別以鋅片配原味膠、碳片配鐵粉膠，這樣的組合所得到的電功率是所有組合中最高的。
- 七、伏打電池形式及勒克朗謝電池形式分別以串聯 4 個及 3 個電池即可以點亮 LED 燈，且不論是伏打或勒克朗謝電池形式，串聯 2 個均能啟動溫濕度計及鬧鐘。
- 八、勒克朗謝形式薄膜電池的發電效益高於伏打電池。
- 九、達靈頓電路能提升勒克朗謝電池的電功率，可減少串聯的電池數，可以讓 LED 燈亮起來。
- 十、串聯多個鎂薄膜電池電功率高於串聯多個鋅薄膜電池。
- 十一、用鎂金屬所製成的鎂薄膜電池可以讓 LED 燈亮長達 9 天。
- 十二、我們的薄膜電池輕、薄、短、巧且又環保，薄膜電池以投影片為表層，更具備**可撓彎曲**特性，並且薄膜電池的電極片可以回收或重複使用，而膠體電解質則是可以在自然界中分解，又不會浪費自然界中的資源，是個環保的電池。

## 捌、參考資料

1. 內田隆裕 (2009)・圖解電池入門・新北市：世茂
2. 田中賢一 (2011)・世界第一簡單電子電路・新北市：世茂
3. 南一書局 (2015)・國小自然與生活科技六下第二單元鐵生鏽・台南市
4. 左卷健男、寺田光宏、山田洋一(2016)・3小時讀通基礎化學・新北市：世茂
5. 鋅-銅電池的裝置、反應與電路 取自  
[https://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/a1/6\\_a1\\_4\\_2\\_2.htm](https://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/a1/6_a1_4_2_2.htm)
6. 碳鋅電池-維基百科 取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A2%B3%E9%94%8C%E7%94%B5%E6%B1%A0>
7. 電化學〈一〉：伏打電池 取自  
[http://www.phyworld.idv.tw/Nature/Jun\\_3/B6\\_CH1/B6\\_1-4\\_POINT.pdf](http://www.phyworld.idv.tw/Nature/Jun_3/B6_CH1/B6_1-4_POINT.pdf)
8. 國立清華大學物理系戴明鳳科普團隊・達靈頓電路的應用  
[https://drive.google.com/file/d/1VRH9ViV7hL\\_BNhGDd6RMVm9QJWCP8x-3/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1VRH9ViV7hL_BNhGDd6RMVm9QJWCP8x-3/view?usp=sharing)

## 【評語】 080210

本工作探討 PVA 黏膠薄膜的製作，並製成方便可攜帶的輕巧電池，主題有關能源，本作品實驗設計架構清楚，具系統化，值得鼓勵研究。惟薄膜電池的電流小，需串連後使用達靈頓電路進行輔助放大電流，在添加物選擇上的理由可以加以說明，使用的成分和濃度應定量說明，參考文獻的寫法可再改進，建議可與類似的工作 (如紙電池等其他科展作品) 做系統性比較，以強調本作品的科學突破。



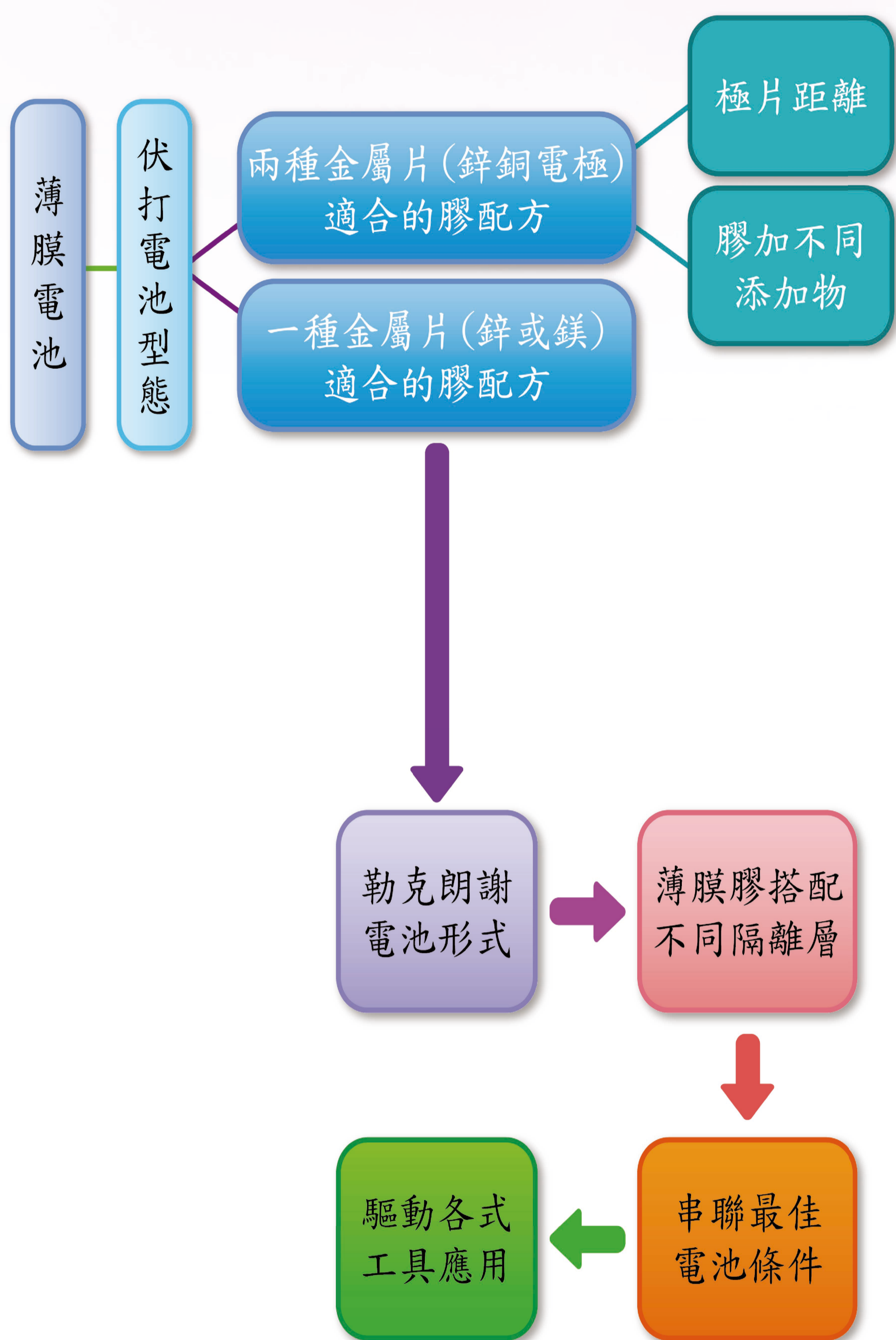
## 摘要

本研究探討以自製PVA黏膠薄膜，加上各種金屬片成為方便攜帶的輕巧電池。首先探討不同形式電池的發電效益，包括不同金屬片適合的配方膠，金屬片之間的距離，膠添加了不同添加物……等等。綜合以上條件我們分別串聯發電量最好的原味膠及鐵粉膠做成伏打電池以及加上隔離層的勒克朗謝電池，驅動溫濕度計、鬧鐘、LED燈，並嘗試用達靈頓電路放大電流的特性，希望可以降低串聯電池的個數，達到不錯的效果。此外我們發現鎂片可以明顯提高薄膜電池的發電效益，可以讓LED燈亮長達9天。

## 壹、研究動機

生活中使用的1.5V和9V的市售乾電池重量較重，隨身攜帶時較為麻煩不方便，而且如果放很長久的時間，電池裡的一些原料成份會生鏽、產生液體，最後就得丟掉，感覺很浪費，因此我們想用薄膜PVA膠，做出較輕薄短小的電池。而一般市售電池是由兩種不同金屬形成陰、陽極，我們則嘗試簡化為僅用一種金屬片，來驅動一些小電器用品。只要使用一些簡易的材料，就能自己製作完成電池，再者我們製作的薄膜膠可以被細菌分解，電極片也可以回收重複使用。

## 貳、研究架構圖



## 參、研究目的

- 研究薄膜電池以伏打電池形式的發電效益
  - 探討鋅銅電極片適合的膠配方與電極片距離遠近的發電效益
  - 探討鋅電極片適合的膠配方與電極片距離遠近的發電效益
  - 探討膠添加不同添加物的發電效益
- 探討勒克朗謝電池形式中的薄膜膠搭配不同隔離層的發電效益
- 串聯電池驅動各式工具
- 利用達靈頓電路讓LED燈泡亮起來
- 利用鎂電極片提高薄膜電池的發電量
  - 伏打形式之薄膜電池發電量
  - 勒克朗謝形式之薄膜電池發電量
  - 串聯多個鎂薄膜電池
- 探討以勒克朗謝形式的鎂薄膜電池能讓LED燈亮幾天

## 肆、研究原理

電池主要由電解質與電極片組成，我們利用硼砂與聚乙烯醇(PVA)所製作出的膠體作為電池的電解質。硼砂與聚乙烯醇所形成的膠是由許多的高分子組成，這些高分子間有著奇妙的交聯作用，使得膠體變成具有彈性而且可以隨意造型，也可以利用擰麵棍擰成一層薄薄的膜。

我們使用的電極片有鋅銅電極片、鋅電極片、鎂電極片。以下為鋅銅電池的化學式 $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$ ，從化學式可知鋅丟掉電子產生氧化反應。一般市面鋅鎂乾電池是以鋅與鎂為電極，電池中的石墨碳片是負責傳遞電流，並不參與電池中的化學反應，鋅則與電池中的二氧化錳產生氧化還原反應。市售一般乾電池(鋅錳電池)化學式如下：



而我們的鋅薄膜電池所用的鋅電極片之間的膠體沒有加錳，而電池中的石墨碳片只負責傳遞電流，不參與反應，那鋅片是和誰形成電位差，進而造成電子間的流動呢？

在長時間作用下的薄膜電池，除了鋅片會有氧化的現象，膠體也會有白化的變質出現，我們推測鋅片應該是和膠體中的碳酸根離子產生反應，造成電流的流動。PVA黏膠在薄膜電池的角色不單是電解質，內含的離子也是薄膜電池的另一個電極。

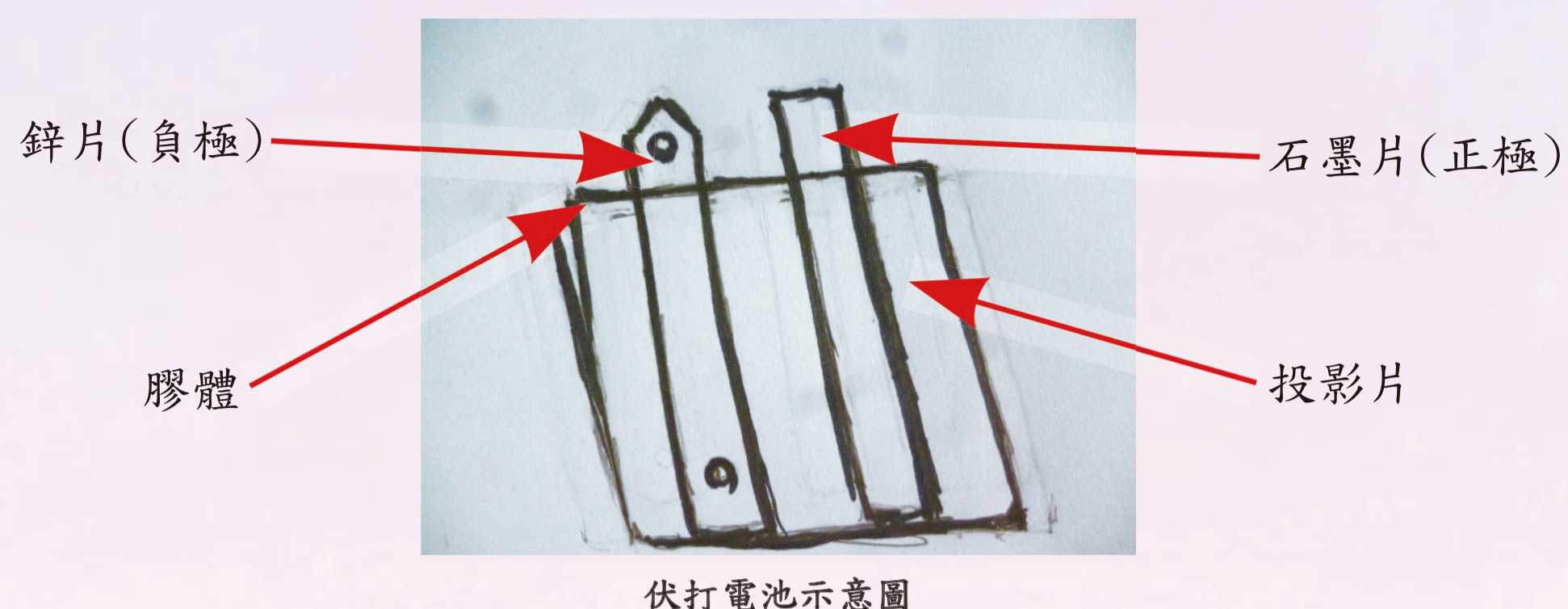
## 伍、研究設備及器材


## 陸、研究過程及方法

### 研究一 探討薄膜電池以伏打電池形式的發電效益

構思概念：

伏打電池是在稀硫酸水溶液中，插入了銅板與鋅板兩種電極，將兩種不同的金屬以導線連接，中間隔有可導電的電解質，就會產生電流。仿造伏打電池的組成概念，我們做成了如下的薄膜電池形式(如下圖)。

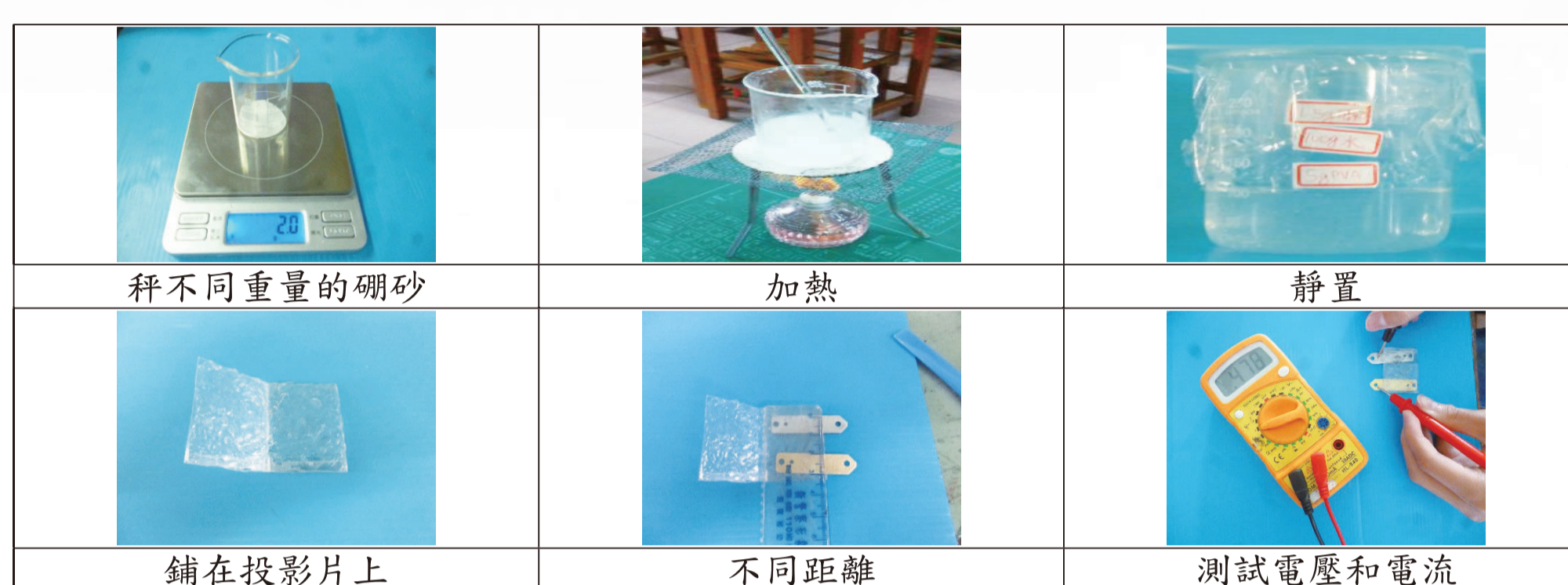


伏打電池示意圖

實驗一、(一)探討鋅銅電極片適合的膠配方與電極片距離遠近的發電效益

(一)實驗步驟：

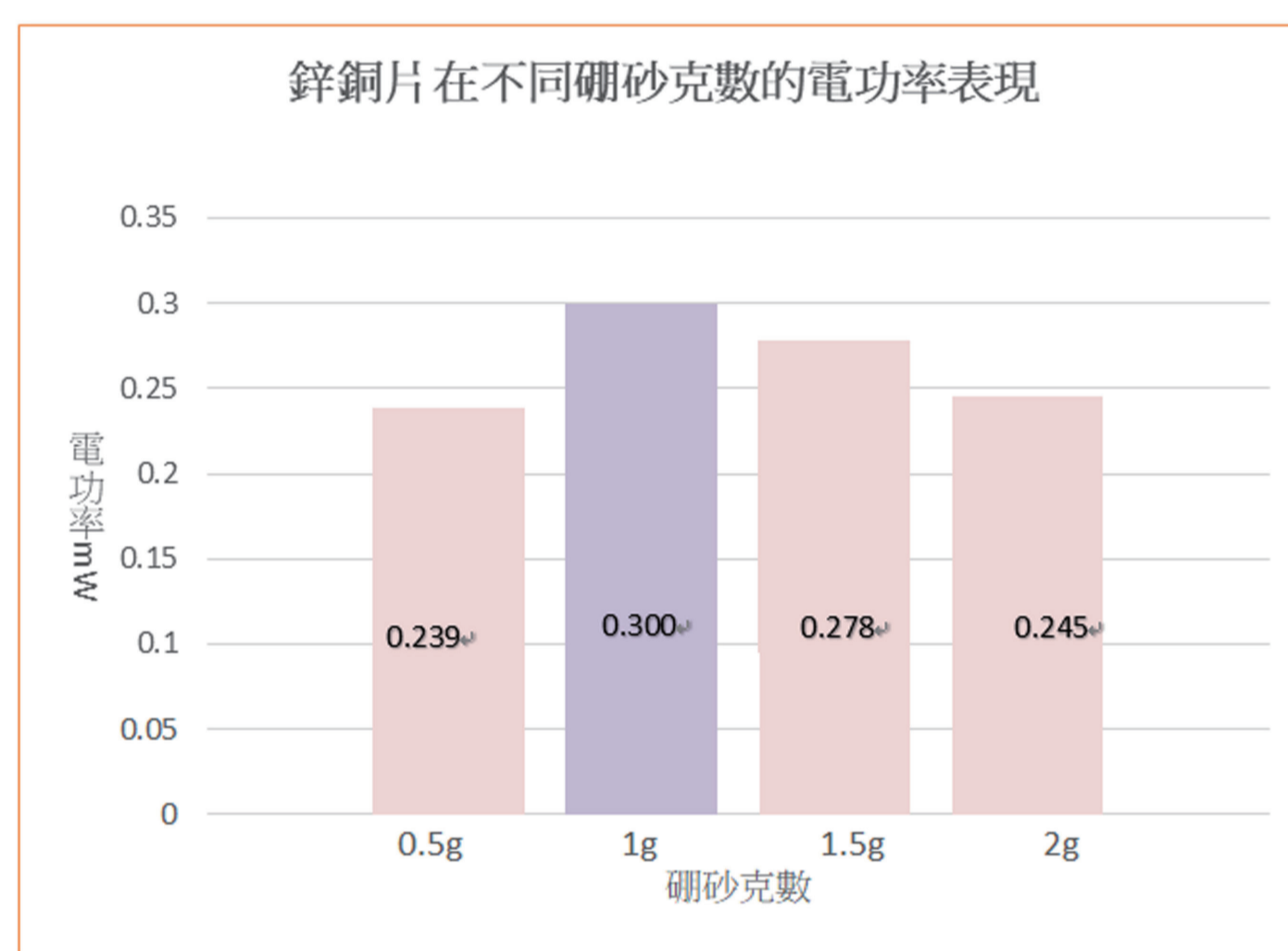
- 利用電子秤量不同克數的硼砂，包含0.5 g、1 g、1.5 g、2 g，接著分別加上100 g的水和5 g的聚乙烯醇(PVA)，攪拌均勻。
- 將步驟1中的膠分別放入燒杯內，利用酒精燈直接加熱1分鐘。
- 將加熱後的膠封上保鮮膜，靜置1天後讓膠成形。
- 將自製的各種薄膜發電膠取2.6 g，均勻鋪在大小6.4 cm×4 cm的投影片上。
- 準備1 cm×4 cm的鋅、銅電極片，依不同距離擺放，包含1 cm、1.5 cm、2 cm。
- 將製作的薄膜電池對折後，利用三用電表測量電壓、電流。



(二)實驗結果：

表一、(一)不同配方薄膜膠不同鋅銅片距離產生的發電效益

薄膜電池成分	鋅銅片距離	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
0.5g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)	1.0	0.875	0.273	0.239
	1.5	0.844	0.234	0.197
	2.0	0.731	0.226	0.165
1g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)	1.0	0.698	0.430	0.300
	1.5	0.693	0.374	0.259
	2.0	0.675	0.356	0.240
1.5g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)	1.0	0.730	0.381	0.278
	1.5	0.711	0.333	0.237
	2.0	0.685	0.276	0.189
2g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)	1.0	0.735	0.334	0.245
	1.5	0.731	0.314	0.230
	2.0	0.714	0.221	0.158



(三)結果與討論：

- 不論是那種配方膠，電極片的距離越近，電池的電功率越高。
- 將不同硼砂克數的電功率整理成下表，可以發現硼砂克數為1克的配方膠，電功率最佳。

實驗一、(二)探討鋅電極片適合的膠配方與電極片距離遠近的發電量

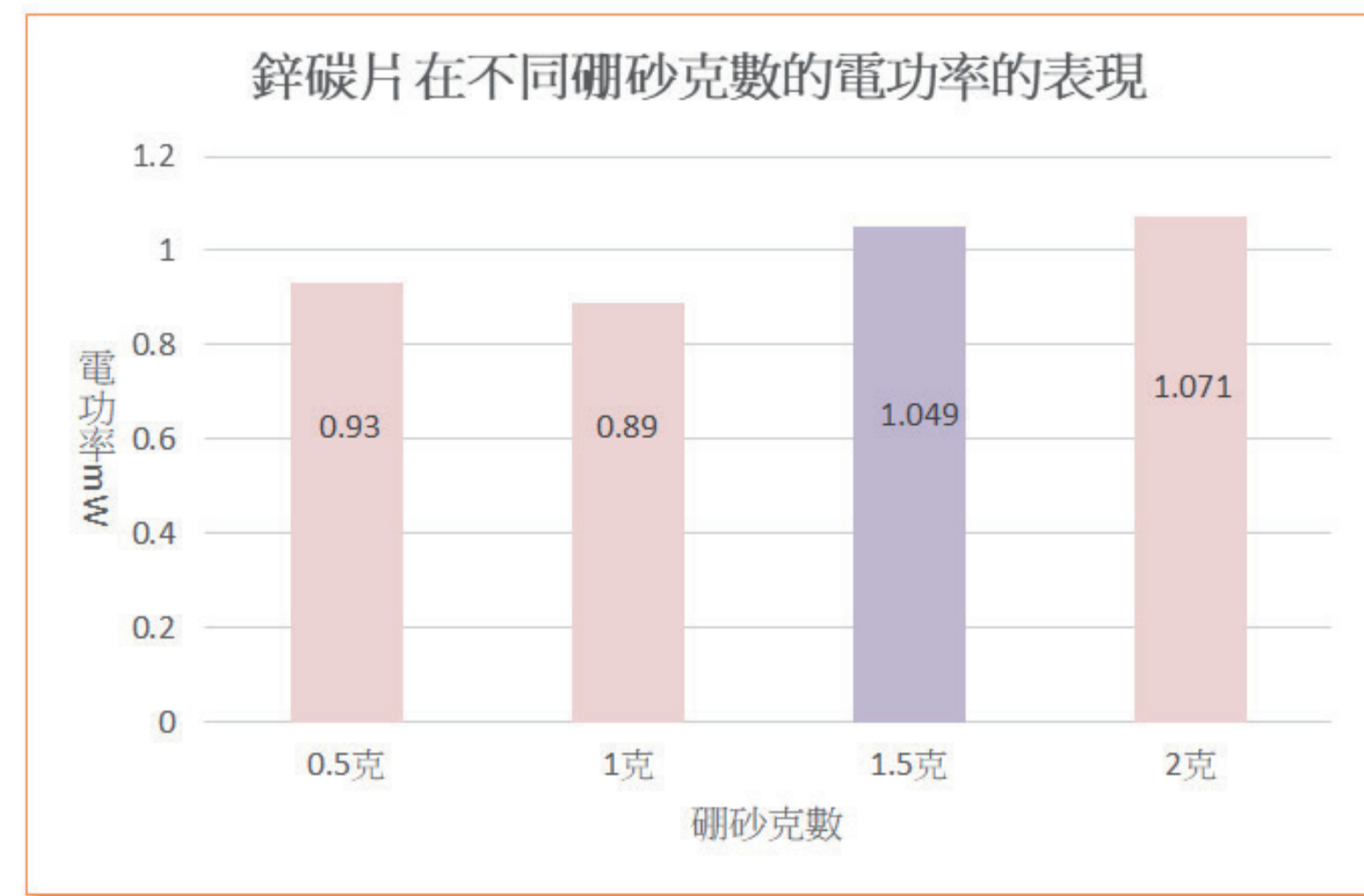
(一)實驗步驟：

- 重複實驗一、(一)實驗步驟，將鋅銅電極片改成單一金屬片鋅，加上不參與反應的碳片。
- 繪製圖表將鋅銅片與鋅碳片的資料作比較。

(二)實驗結果：

表一、(二)不同配方薄膜膠不同鋅碳片距離產生的發電效益

薄膜電池成分	鋅碳片距離	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
0.5g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)	1.0	0.905	1.026	0.929
	1.5	0.896	0.721	0.646
	2.0	0.892	0.618	0.551
1g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)	1.0	0.876	1.012	0.887
	1.5	0.870	0.887	0.772
	2.0	0.859	0.659	0.566
1.5g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)	1.0	0.927	1.132	1.049
	1.5	0.885	0.921	0.815
	2.0	0.884	0.891	0.788
2g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)	1.0	0.872	1.229	1.071
	1.5	0.866	0.927	0.803
	2.0	0.854	0.787	0.672



(三)結果與討論：

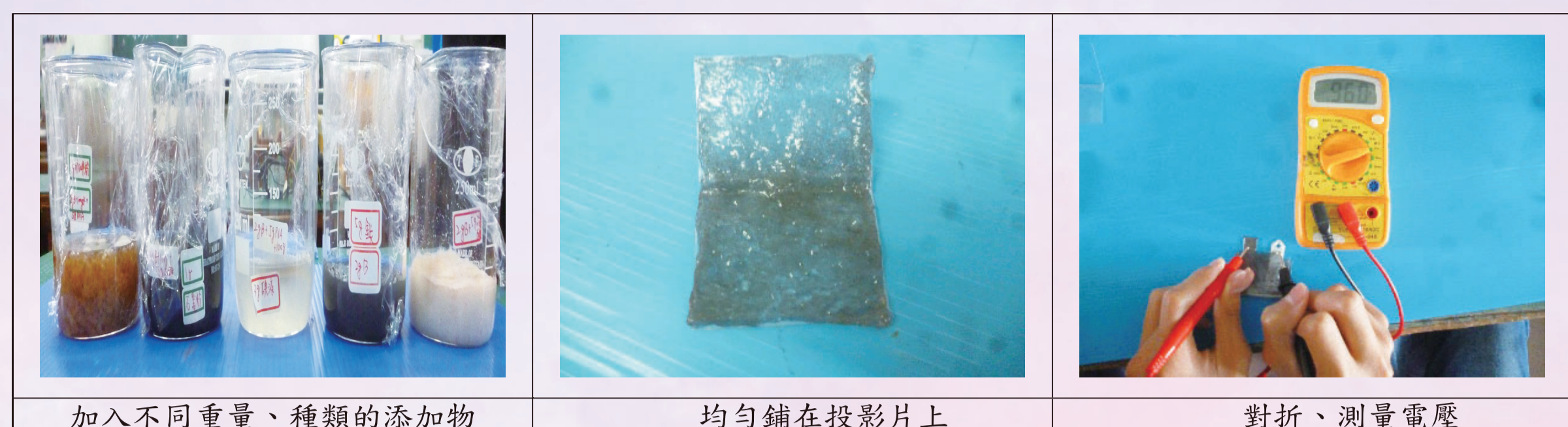
- 鋅碳片與鋅銅片一樣，距離越近電功率越高。
- 如下圖所見，鋅碳片在不同硼砂克數配方膠中電功率，以2克的硼砂量電功率表現最佳。
- 若將鋅碳片與鋅銅片在不同配方膠的電功率比較，鋅碳片的表現均勝過鋅銅片，後續實驗將以鋅碳片為主。



實驗一、(三)探討膠添加不同添加物的發電量

(一)實驗步驟：

1. 將膠加上不同添加物，包含不同的物質碳酸鈣、鐵粉、碘液、石墨粉、咖啡粉，其不同重量1g、3g、5g。
2. 將膠2.6g均勻鋪在投影片上，製成薄膜電池。
3. 將製作的薄膜電池對折後，利用三用電表測試電壓、電流。



(二)實驗結果：

2g硼砂+100g水+5g聚乙烯醇(PVA)加上不同克數的添加物分別製成製作成碳酸鈣膠、鐵粉膠、碘液膠、石墨膠、咖啡粉膠

表一、(三)不同配方薄膜膠不同鋅碳片距離產生的發電效益

添加物	克數	電壓V	電流mA	電功率mW	效能排序
碳酸鈣粉	1g	0.861	1.14	0.982	2
	3g	0.839	1.191	0.999	
	5g	0.907	0.86	0.78	
鐵粉	1g	0.86	0.979	0.842	1
	3g	0.874	0.846	0.739	
	5g	0.892	1.13	1.008	
碘液	1g	0.926	0.824	0.763	3
	3g	0.916	0.897	0.822	
	5g	0.88	1.032	0.908	
石墨粉	1g	0.876	0.736	0.645	4
	3g	0.859	0.933	0.801	
	5g	0.816	1.015	0.828	
咖啡粉	1g	0.82	0.675	0.554	5
	3g	0.72	0.662	0.477	
	5g	0.843	0.643	0.542	

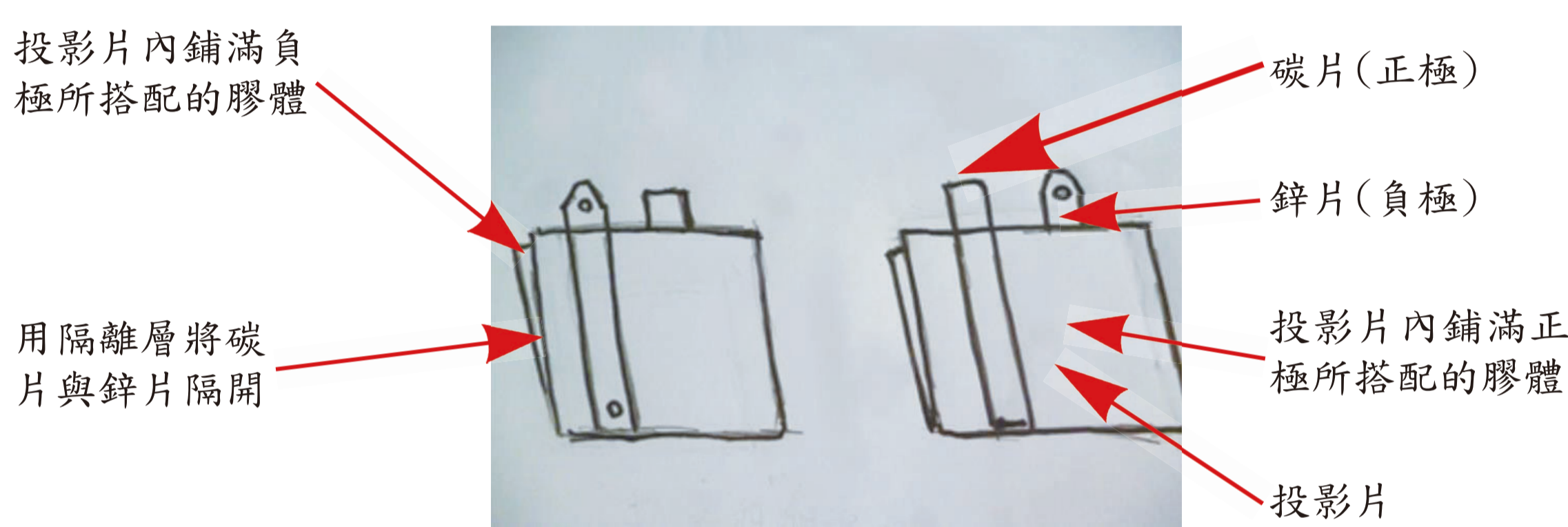
(三)結果與討論：

1. 不同添加物重的膠體中，電功率表現最佳為添加5g鐵粉，接著為3g碳酸鈣。
2. 碳酸鈣粉末加越多對發電量並無助益；且碳酸鈣粉末在膠體中不易揉散。
3. 鐵粉、碘液、石墨粉均有加越多發電量越佳的趨勢。

研究二 探討勒克朗謝電池形式中的薄膜膠搭配不同隔離層的發電效益

構思概念：

原本的勒克朗謝電池是以碳棒插入二氧化錳與碳粉混合的素陶罐中組成正極、鋅棒為負極一起插入氯化銨水溶液製成電池。我們仿造這樣的樣式製作薄膜電池形式(如下圖)。



勒克朗謝電池式的薄膜電池示意圖

實驗二、

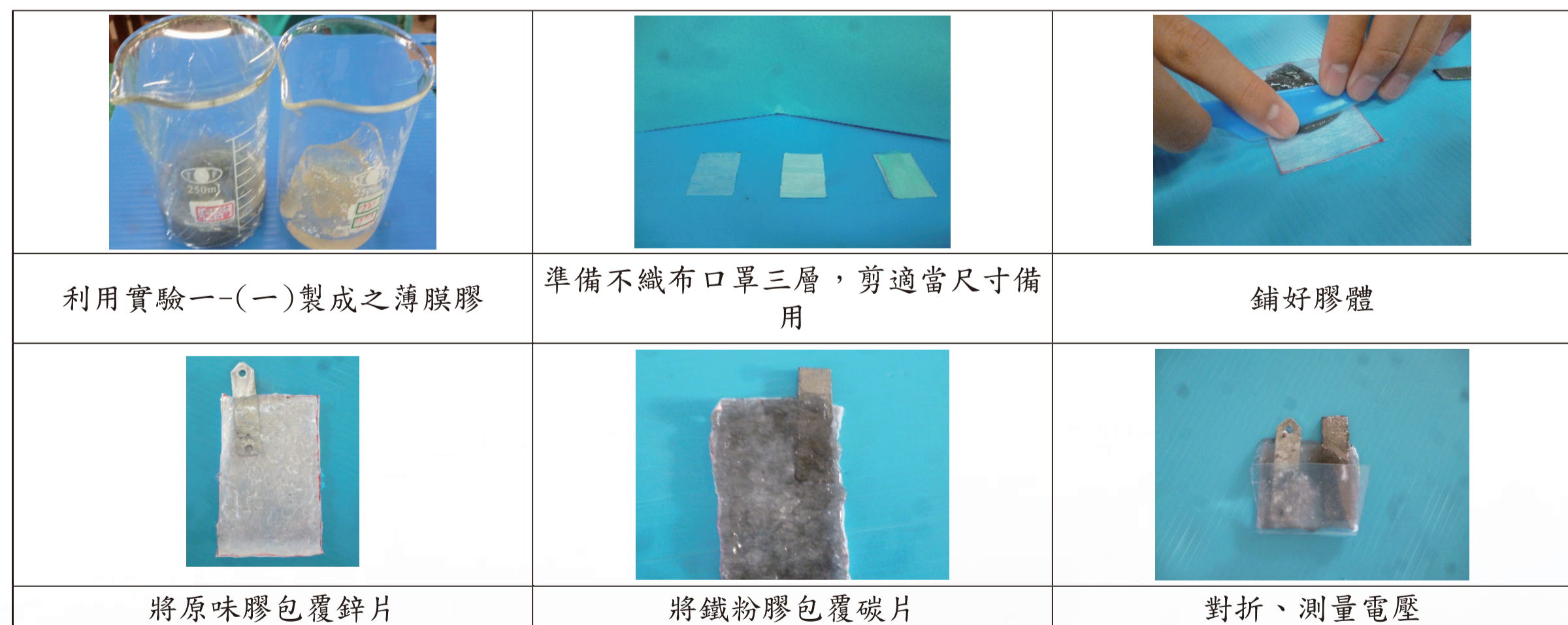
取在實驗一、(三)中發電量表現最好的兩種膠作為搭配勒克朗謝電池鋅碳片的膠體(2g硼砂原味膠、5g鐵粉膠)。

(一)實驗步驟：

1. 利用實驗一、(一)調配之薄膜膠進行實驗。
2. 準備不織布口罩三層，剪適當尺寸備用。
3. 鋪好膠體。
4. 將原味膠包覆鋅片。
5. 將鐵粉膠包覆碳片。
6. 裝置方式如下表二、(一)。

表二、(一)鋅碳片與膠的搭配組合

編號	搭配組合	說明
1	鋅片配 <b>薄膜鐵粉膠</b>	不同的膠
	碳片配 <b>薄膜膠</b>	
2	鋅片配 <b>薄膜膠</b>	不同的膠
	碳片配 <b>薄膜鐵粉膠</b>	
3	鋅片皆配 <b>薄膜膠</b>	相同的膠
	碳片皆配 <b>薄膜膠</b>	
4	鋅片皆配 <b>薄膜鐵粉膠</b>	相同的膠
	碳片皆配 <b>薄膜鐵粉膠</b>	

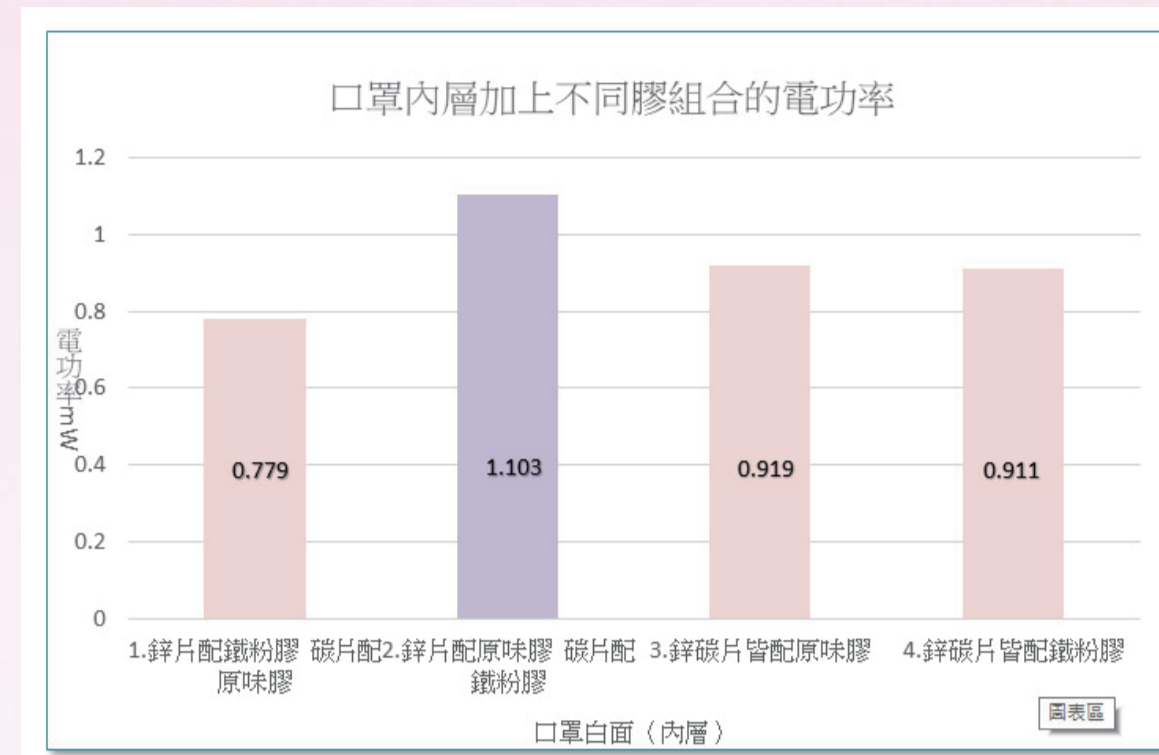
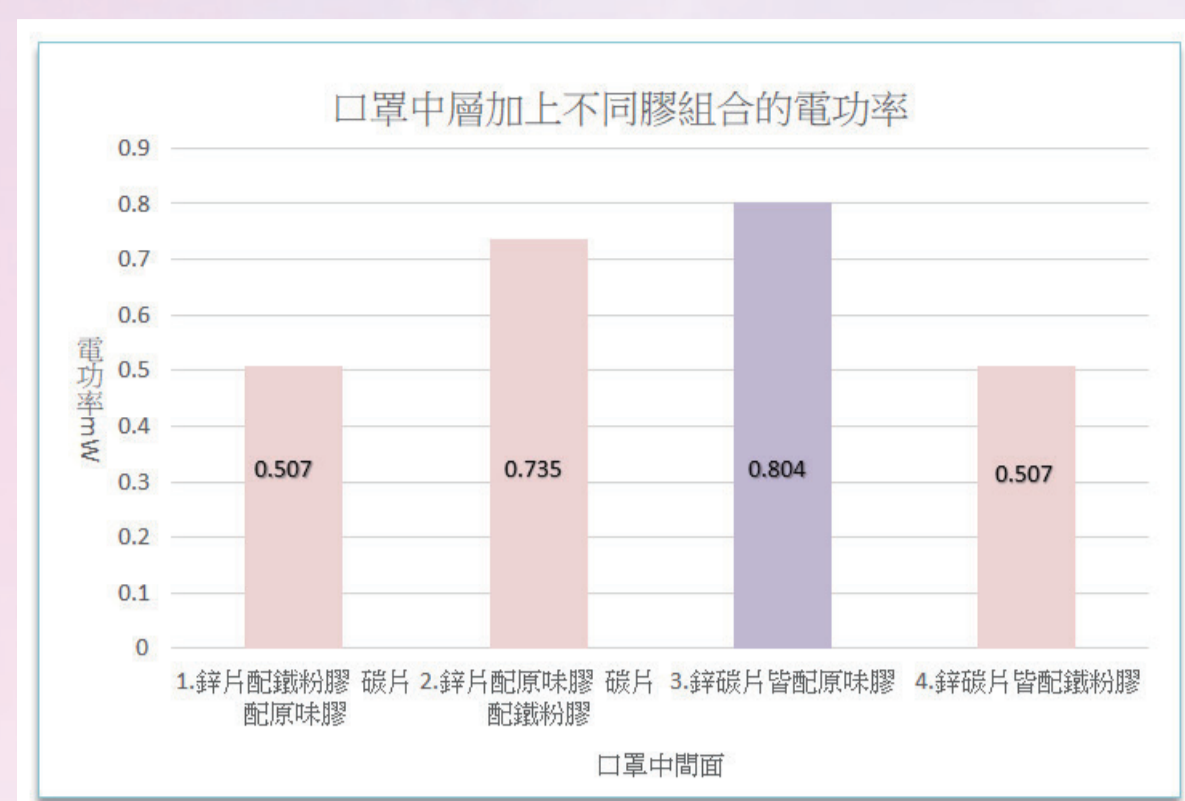
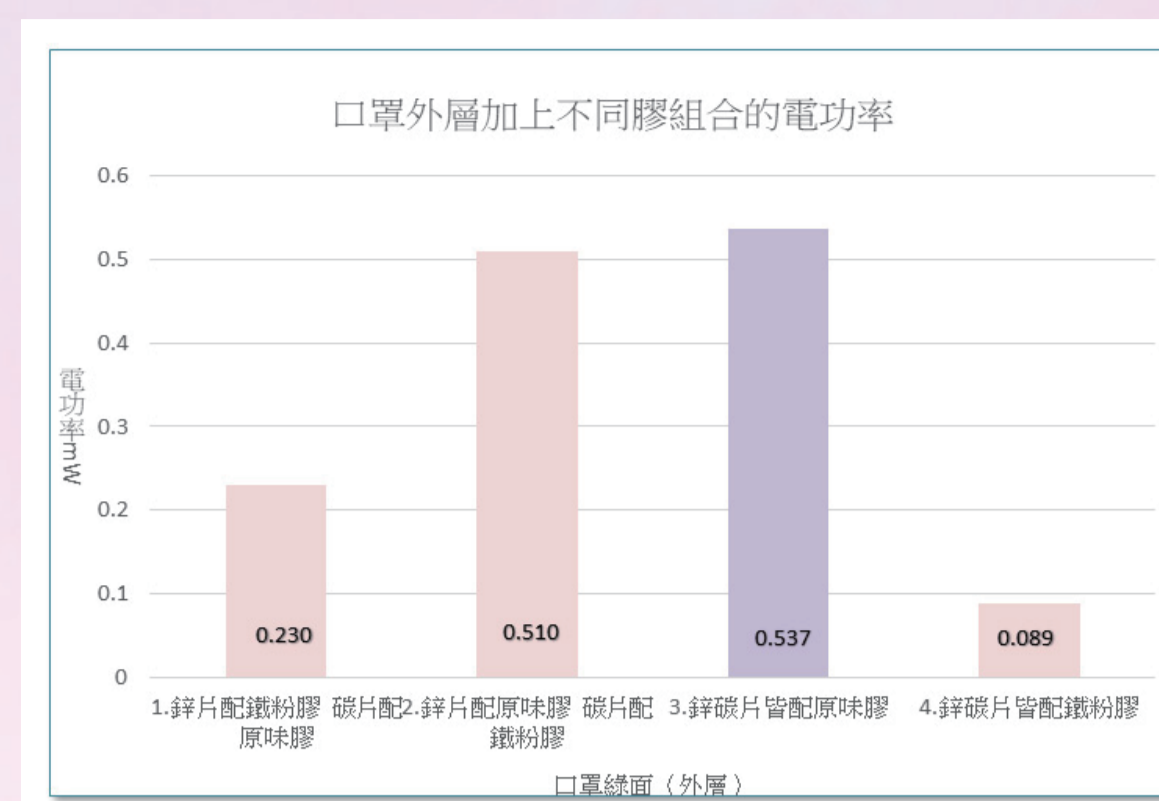


(二)實驗結果：

表二、(二)不同隔離層與鋅碳片及膠的搭配組合之發電效益

不同隔離層	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
口罩綠面(外層)	1. 鋅片配鐵粉膠，碳片配原味膠	0.263	0.230
	2. 鋅片配原味膠，碳片配鐵粉膠	0.904	0.510
	3. 鋅碳片皆配原味膠	0.639	<b>0.537</b>
	4. 鋅碳片皆配鐵粉膠	0.108	0.089
口罩中間面	1. 鋅片配鐵粉膠，碳片配原味膠	0.588	0.507
	2. 鋅片配原味膠，碳片配鐵粉膠	0.915	0.735
	3. 鋅碳片皆配原味膠	0.967	<b>0.804</b>
	4. 鋅碳片皆配鐵粉膠	0.580	0.507

不同隔離層	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
口罩白面(內層)	1. 鋅片配鐵粉膠，碳片配原味膠	0.928	0.779
	2. 鋅片配原味膠，碳片配鐵粉膠	1.263	<b>1.103</b>
	3. 鋅碳片皆配原味膠	1.010	0.919
	4. 鋅碳片皆配鐵粉膠	1.060	0.911



(三)結果與討論：

1. 口罩綠面(外層)：以鋅碳片皆配原味膠的電功率最高。
2. 口罩中間面：以鋅碳片皆配原味膠的電功率最高。
3. 口罩白面(內層)：以鋅片配原味膠、碳片配鐵粉膠的電功率最高，且在所有組合中電功率最高，之後將以此配方進行實驗。

研究三 串聯電池驅動各式工具

(一)電池形式：

電池形式一：勒克朗謝電池

組裝步驟：1. 準備不織布口罩三層，剪適當尺寸備用。

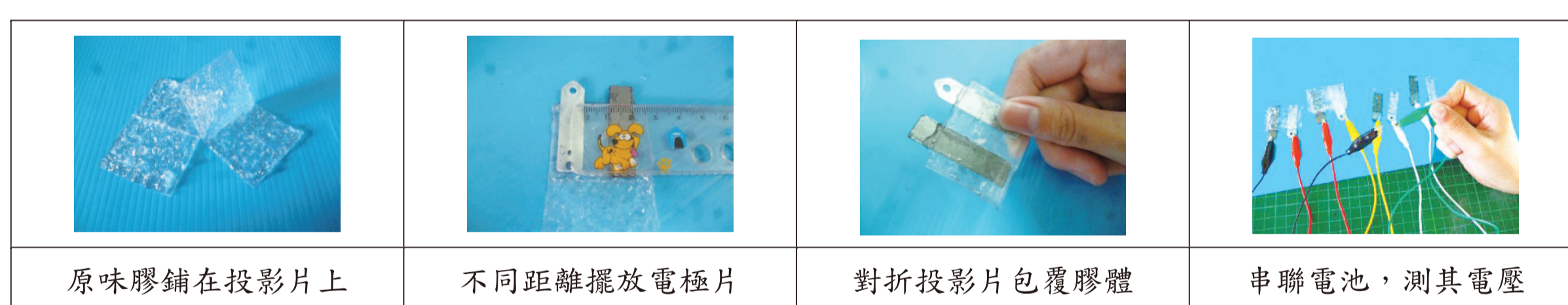
2. 鋪好膠體。
3. 將原味膠均勻鋪在投影片
4. 將鐵粉膠均勻鋪在投影片
5. 剪裁適當投影片，包覆電池
6. 串聯啟動LED、測量電壓



方式二：伏打電池形式

組裝步驟：1. 將原味膠均勻鋪在投影片上。

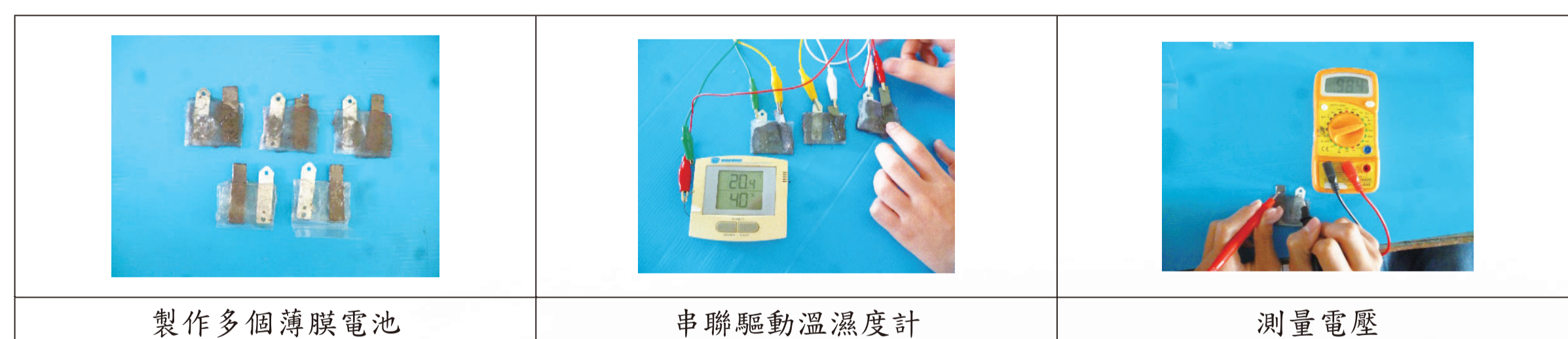
2. 電極片依不同距離擺放。
3. 對折投影片，包覆膠體。
4. 串聯2-5個電池，測其電壓。



(二)、應用方式：

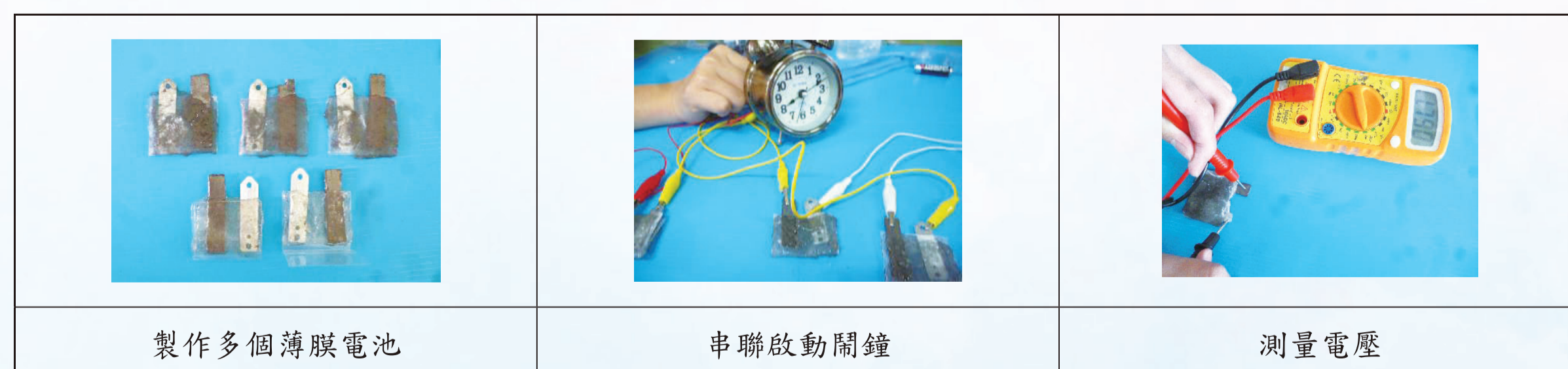
應用方式一：溫濕度計

1. 製作多個勒克朗謝電池及伏打電池。
2. 串聯驅動溫濕度計。
3. 測量電壓。



應用方式二：鬧鐘

1. 製作多個勒克朗謝電池及伏打電池。
2. 串聯啟動鬧鐘。
3. 測量電壓。



應用方式三：電風扇

1. 製作多個勒克朗謝電池及伏打電池。
2. 串聯啟動電風扇。
3. 測量電壓。





### (三)組裝結果：

勒克朗謝電池串聯驅動各式工具

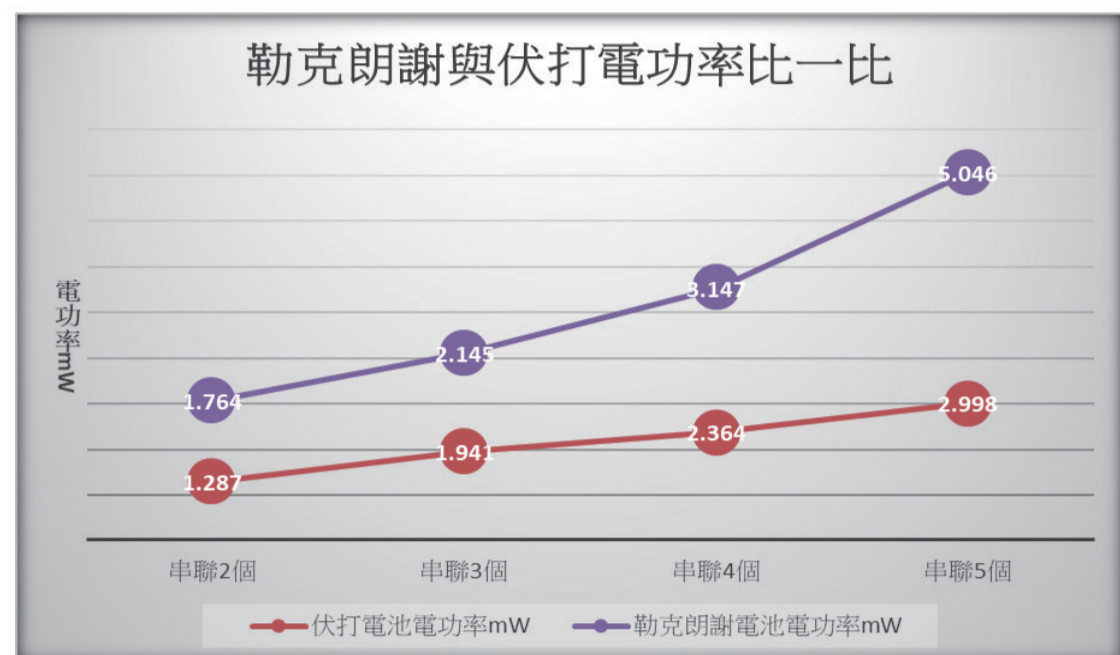
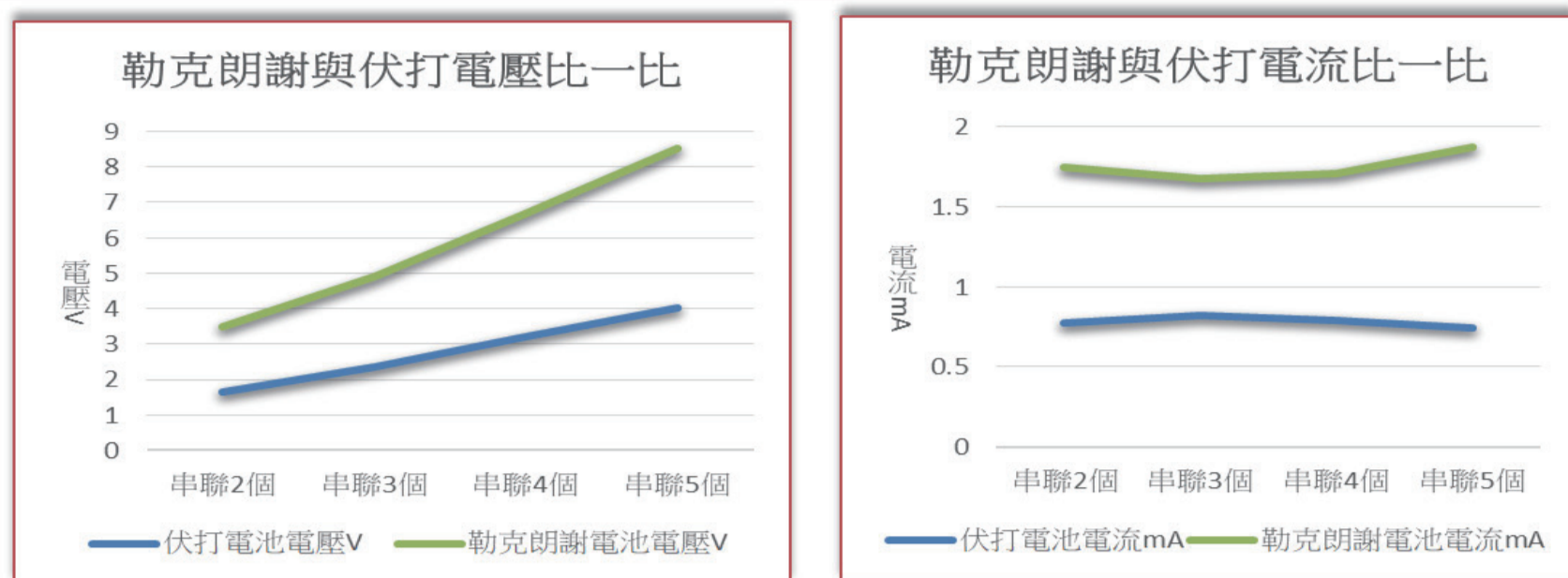
表三、(一)勒克朗謝電池串聯驅動各式工具的發電表現

種類	勒克朗謝電池串聯2個	勒克朗謝電池串聯3個	勒克朗謝電池串聯4個	勒克朗謝電池串聯5個
電壓V	1.819	1.426	1.682	4.473
電流mA	0.970	0.851	0.916	1.128
電功率mW	1.764	1.214	1.541	5.046
LED燈亮度	沒亮	微亮	2/3亮	很亮
驅動溫濕度計	成功	成功	成功	成功
啟動鬧鐘	成功	成功	成功	成功
電風扇	失敗	失敗	失敗	失敗

伏打電池串聯驅動LED燈

表三、(二)伏打電池串聯驅動各式工具的發電表現

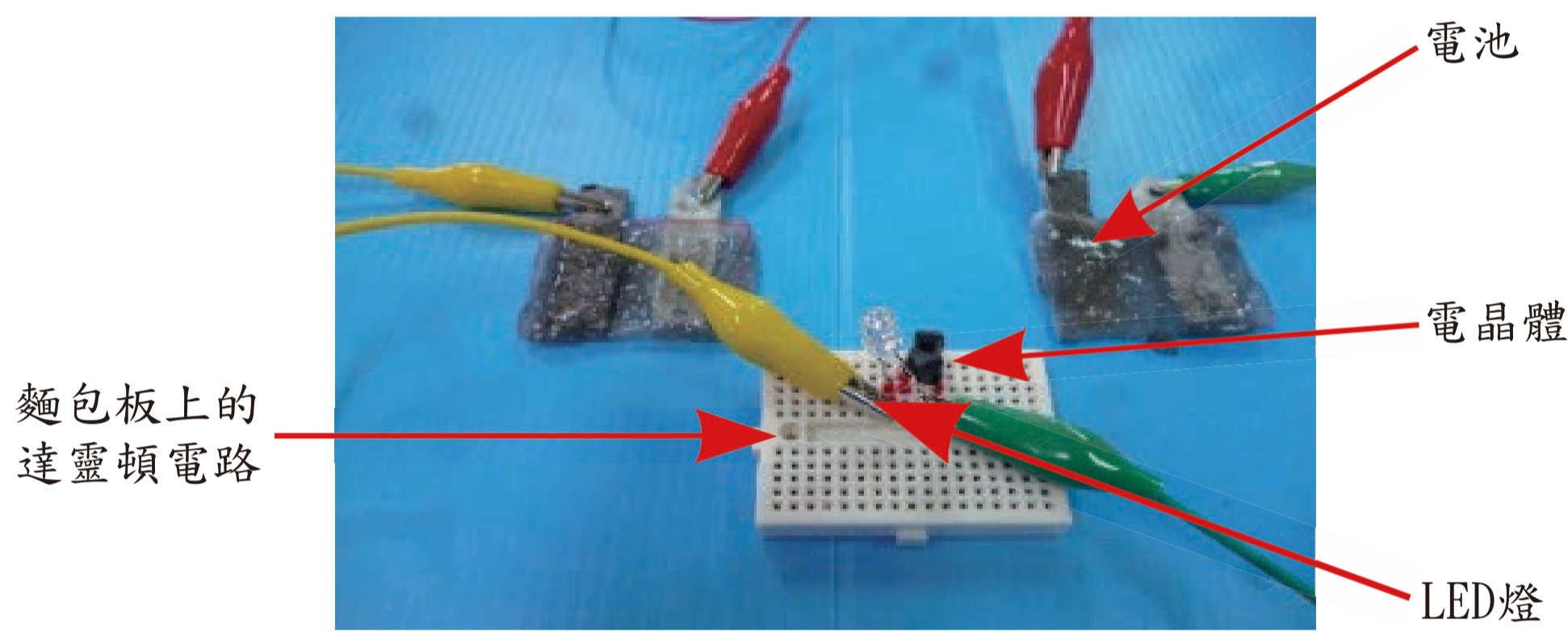
種類	伏打電池串聯2個	伏打電池串聯3個	伏打電池串聯4個	伏打電池串聯5個
電壓V	1.667	2.364	3.436	4.035
電流mA	0.772	0.821	0.792	0.743
電功率mW	1.287	1.941	2.721	2.998
LED燈亮度	沒亮	沒亮	微亮	2/3亮
驅動溫濕度計	成功	成功	成功	成功
啟動鬧鐘	成功	成功	成功	成功
電風扇	失敗	失敗	失敗	失敗



### (四)結果與討論：

- 勒克朗謝形式之薄膜電池不論是串聯幾個，其電壓電流表現都優於伏打形式。
- 勒克朗謝形式之薄膜電池串聯3個以上能啟動LED燈、溫濕度計、鬧鐘等工具，伏打池則要串連四個才能全部啟動。
- 串聯5個勒克朗謝薄膜電池的電壓雖然高達4.473V但仍無法啟動電風扇，推測是電流太低。
- 整體而言勒克朗謝形式薄膜電池的電功率高於伏打電池。

### 研究四 利用達靈頓電路讓LED燈亮起來



達靈頓電路實物配置圖

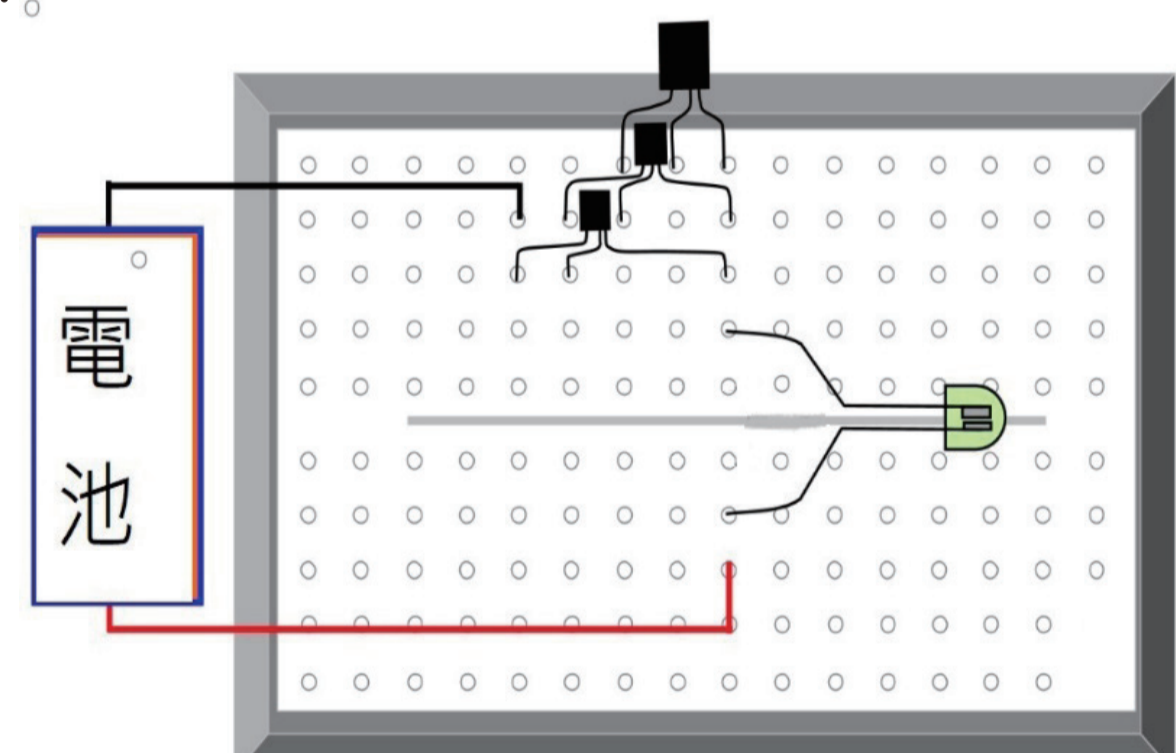
麵包板介紹：麵包板是由於板子上有很多小插孔，很像麵包中的小孔，因此得名，專為電子電路的無焊接實驗設計製造的。由於各種電子元件可根據需要隨意插入或拔出，免去了焊接，節省了電路的組裝時間，而且元件可以重複使用，所以非常適合電子電路的組裝、調試和訓練；使用時，是以直排通電的。

### 達靈頓電路介紹：

我們在麵包板上放了電晶體，與LED燈及電池形成了達靈頓電路。達靈頓電路有放大電流的功能，希望藉此可以讓我們的勒克朗謝膠電池的電流放大。

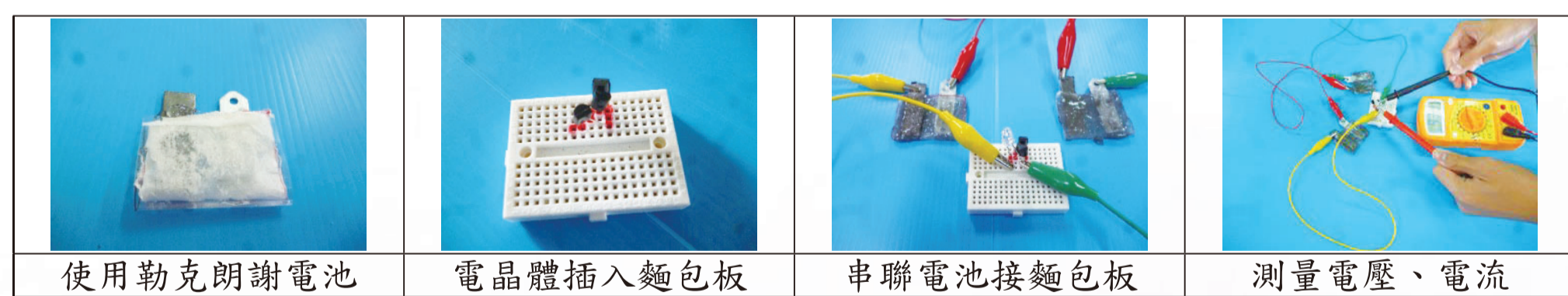
### (一)實驗步驟：

- 使用研究三製成之勒克朗謝膠和伏打電池各2、3個。
- 將三個電晶體插入麵包板上，依照電路圖小心插腳位置，不要插錯。電路圖參照如下：



達靈頓電路圖

- 串聯勒克朗謝和伏打電池接在麵包板。
- 測量其電壓和電流。



### (二)實驗結果：

表四 達靈頓電路分別在勒克朗謝電池形式與伏打電池形式的發電表現

種類	勒克朗謝電池串聯2個	勒克朗謝電池串聯3個	伏打電池串聯2個	伏打電池串聯3個
電壓V	1.222	1.935	1.1223	1.529
電流mA	1.172	1.968	0.629	0.699
電功率mW	1.432	3.808	0.706	1.069
結果	亮	亮	失敗	亮

### (三)結果與討論：

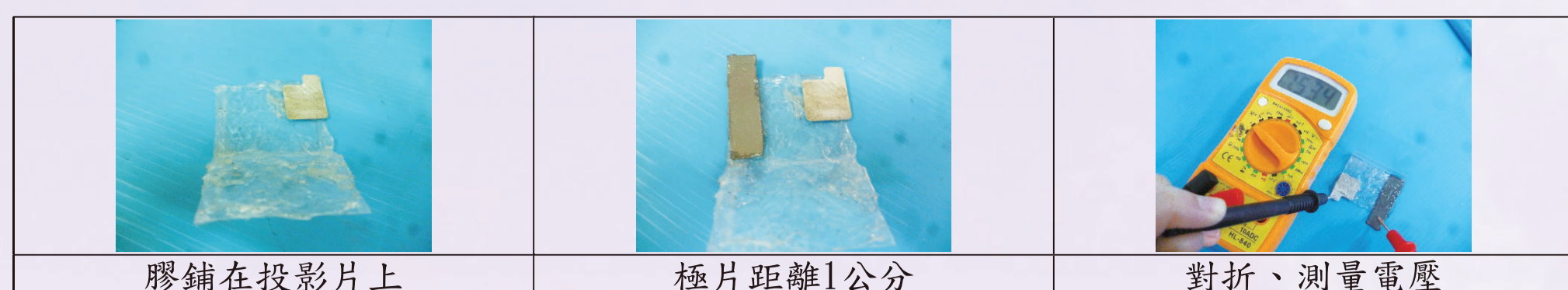
- 麵包板上的達靈頓電路確實能減少串聯的電池數，提升了勒克朗謝電池的電功率，原先串聯兩個勒克朗謝電池並不能讓LED燈亮，現在只要加上達靈頓電路就可以讓LED燈亮起來。
- 原先串聯3個伏打電池不能讓LED燈亮，加上達靈頓電路就能亮起來。

### 研究五 利用鎂電極片提高薄膜電池的發電量

### (一)、伏打形式之鎂薄膜電池

#### (一)、1實驗步驟：

- 將薄膜膠最好配方〔2g硼砂原味膠〕取2.6g，均勻鋪在大小6.4cmx4cm的投影片上。
- 準備1cmx4cm的鎂、碳電極片，依距離1cm擺放。
- 將製作的薄膜電池對折後，利用三用電表測試電壓、電流。



### (一)、2實驗結果：

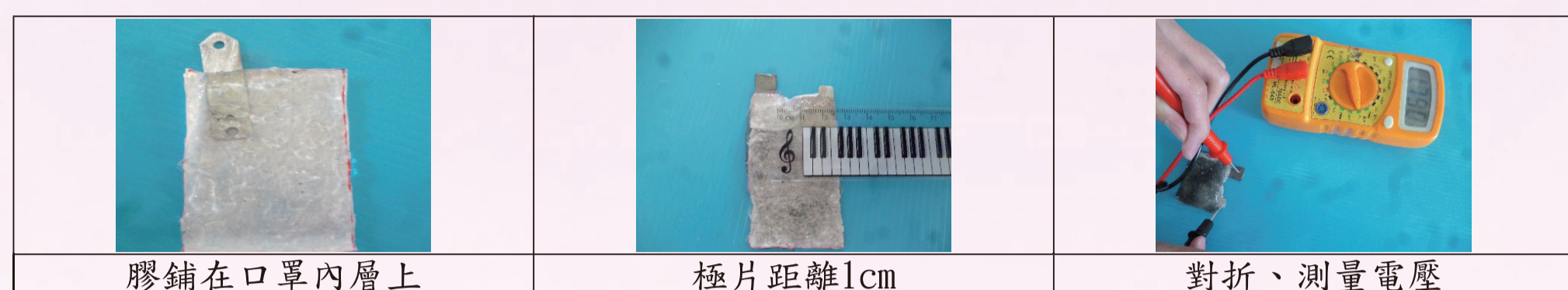
表五、(一)伏打形式之鎂薄膜電池發電效益

極片	電壓V	電流mA	電功率mW
鎂碳	1.509	1.726	2.609

### (二)、勒克朗謝形式之鎂薄膜電池

#### (二)、1實驗步驟：

- 將薄膜膠最好組合〔5g鐵粉膠+2g硼砂原味膠〕各取2.6g，均勻鋪在大小6.4cmx4cm的口罩內層上。
- 準備1cmx4cm的鎂、碳電極片，依距離1cm擺放。
- 將製作的薄膜電池對折後，利用三用電表測試電壓、電流。



### (二)、2實驗結果：

表五、(二)勒克朗謝形式之鎂薄膜電池發電效益

極片	電壓V	電流mA	電功率mW
鎂碳	1.656	1.948	3.226

### (三)串聯多個鎂薄膜電池

#### (三)、1實驗步驟：



### (三)、2實驗結果：

表五、(三)串聯多個鎂薄膜電池的發電效益

極片	電壓V	電流mA	電功率mW
鎂碳	9.930	1.058	10.506

### (四)、結果與討論：

- 勒克朗謝形式的鎂薄膜電池電功率3.266mW高於伏打電池形式的2.609mW。
- 一個鎂薄膜電池電功率有3.266mW還比研究三串聯兩個鎂薄膜電池1.764mW還要高，因為鎂電極片發電量較鋅片高，而且勒克朗謝形式又優於伏打形式，所以我們想再努力看看串聯多個勒克朗謝形式的鎂薄膜電池，能不能將研究三未成功驅動的電風扇成功啟動。
- 使用鎂薄膜電池確實讓電壓提高許多，但仍無法驅動電風扇，推測可能是電流不足。
- 串聯多個鎂薄膜電池電功率高於串聯多個鋅薄膜電池。

### 研究六 探討以勒克朗謝形式的鎂薄膜電池電池能讓LED燈亮幾天

由於前面實驗發現鎂薄膜電池的電功率最高，因此實驗使用勒克朗謝電池形式及鎂碳片來進行。

#### (一)實驗步驟：

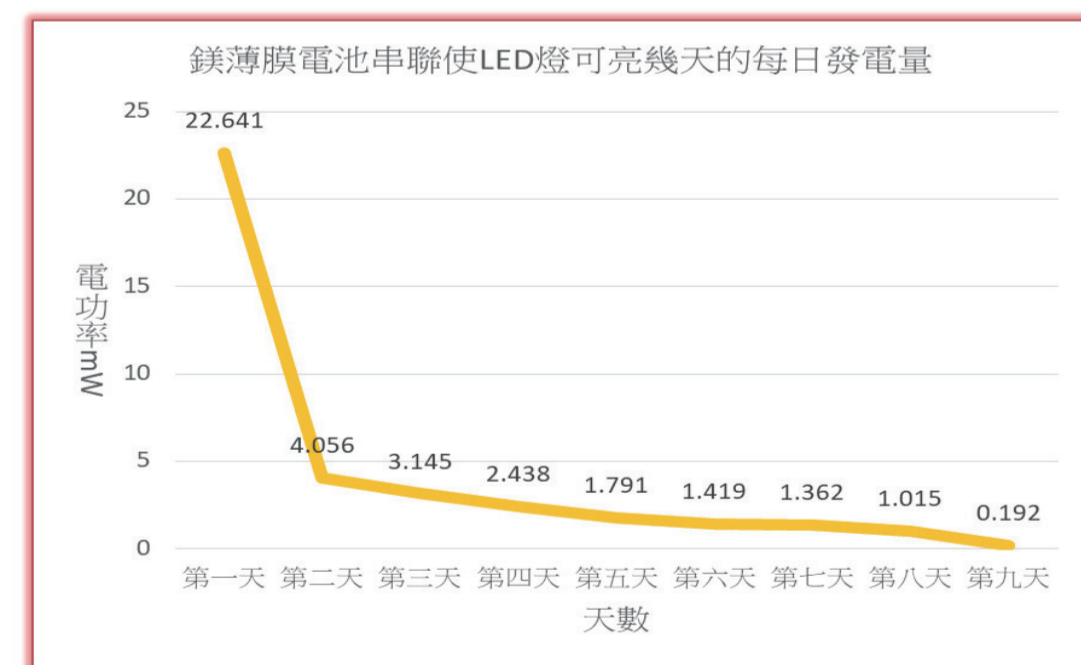
- 製作多個薄膜電池
- 串聯啟動LED燈
- 測量電壓



### (二)實驗結果：

表六 串聯多個勒克朗謝形式鎂薄膜電池長時間的發電效益

天數	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
第一天	6.791	3.334	22.641
第二天	4.102	0.989	4.056
第三天	4.002	0.786	3.145
第四天	3.983	0.612	2.438
第五天	4.235	0.423	1.791
第六天	4.138	0.343	1.419
第七天	4.934	0.276	1.362
第八天	5.207	0.195	1.015
第九天	5.196	0.037	0.192



### (三)結果與討論：

- 實驗發現，鎂薄膜電池第一天時電功率最高，第二天後電功率皆低於5mW。
- 鎂薄膜電池可以持續讓LED燈亮長達9天。
- 薄膜電池的電流會一天比一天下降。

## 柒、研究結論

- 一般市售電池是由兩種不同金屬形成正、負極，我們成功的簡化為僅用一種金屬片鋅或鎂，以薄膜PVA黏膠作為兼具電解質功能及另一電極功能角色；而薄膜電池中的石墨碳片只負責傳遞電流並不參與電池中的氧化還原反應。
- 單一金屬片(鋅片)與兩種金屬片(鋅、銅)在不同配方膠的發電效益比較下，單一金屬片(鋅片)的表現均勝過鋅、銅片。
- 電極片的距離越近，電池的電功率越高。
- 不加任何物質的原味膠中，以2g硼砂配方的電功率較高。
- 在原味膠中加入不同添加物，希望可提升電功率，其中以鐵粉表現最佳，接著是碳酸鈣；鐵粉、碘液、石墨粉均有加越多，發電效益越佳的趨勢。
- 勒克朗謝電池型式中以口罩白面(內層)為隔離層，分別以鋅片配原味膠、碳片配鐵粉膠，這樣的組合所得到的電功率是所有組合中最高的。
- 伏打電池形式及勒克朗謝電池形式分別以串聯4個及3個電池即可點亮LED燈，且不論是伏打或勒克朗謝電池形式，串聯2個均能啟動溫濕度計及鬧鐘。
- 勒克朗謝形式薄膜電池的發電效益高於伏打電池。
- 達靈頓電路能提升勒克朗謝電池的電功率，可減少串聯的電池數，可以讓LED燈亮起來。
- 串聯多個鎂薄膜電池電功率高於串聯多個鋅薄膜電池。
- 用鎂金屬所製成的鎂薄膜電池可以讓LED燈亮長達9天。
- 我們的薄膜電池輕、薄、短、巧且又環保，薄膜電池以投影片為表層，更具備可撓彎曲特性，並且薄膜電池的電極片可以回收或重複使用，而膠體電解質則是在自然界中分解，又不會浪費自然界中的資源，是個環保的電池。

## 捌、參考資料

- 內田隆裕 (2009)·圖解電池入門·新北市：世茂
- 田中賢一 (2011)·世界第一簡單電子電路·新北市：世茂
- 南一書局 (2015)·國小自然與生活科技六下第二單元鐵生鏽·台南市
- 左卷健男、寺田光宏、山田洋一(2016)·3小時讀通基礎化學·新北市：世茂