中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　化學科

080207

「銅」「鋅」協力

學校名稱：桃園市中壢區新街國民小學

作者：	指導老師：
小五 蔡名倫	羅美豐
小五 黃庭妤	許淑真
小五 林侃蓁	
小五 莊子珣	
小五 王柏鈞	
小五 卓維毅	

關鍵詞：銅幣、LED燈、伏打電池

摘要

追本溯源找到伏打當時發明出的伏打電池，我們開始就追尋研究伏打電池之旅，一一找出水溶液導電的答案，伏打電池具有環保、省電節能又減碳的特性。因此我們使用常見的飲料進行研究，實驗變因有不同水溶液(電解質)、不同材質的金屬片、不同材質的鹽橋、不同排列的組合層疊，都可能影響電池電壓的因素，進而發現不同的金屬和鹽橋層疊而產生的「電位差」而有不同的電壓和電阻，特別的是我們發現堆疊的【鋅+不織布(食用醋)+銅幣】層數越高，產生的電壓就越高，但是堆疊到一定的層組數後電壓會開始下降，所以堆疊層組數越高，電壓不一定會越高，有一定層組數的限制；同時發現每組電池的續電力，也會隨著鹽橋的溼潤度減少而持續下降。

壹、研究動機

五上自然課「水溶液」單元和四上自然「燈泡亮了」單元，說明酸鹼值水溶液可以導電使燈泡亮了的實驗，正好學校舉辦聖誕節晚會活動佈置的燈飾，學生突發奇想的想要為學校節約電能，學生就利用網站中的「科學小玩意」中的實驗【鹽水+鋁箔紙+銅幣】堆疊做出伏打電池，能導電使 LED 燈泡發亮，並查閱科學展覽的文獻中，尚未有此銅鋅片堆疊研究，因此我們決定將水溶液或中間隔層材質等改變，實驗中控制操作多項變因探討是否可以導電？於是我們決定探討其中的奧秘，就啟動了我們的研究。

相關教材：三上(溶解)、四上(燈泡亮了)、五上(水溶液)

貳、研究目的

一、測試各家市售飲料的酸鹼值。

二、伏打電池中不同材質的鹽橋和金屬電極是否會影響電壓的大小。

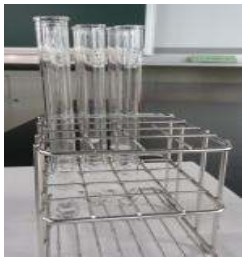
三、測試伏打電池在不同的排列層疊組合下，對電壓的影響。

四、測試伏打電池在不同濃度的水溶液中，影響電壓的大小。

五、探討不同表面積的電極和鹽橋，對電壓的影響。

六、探討伏打電池的續電力之持久性和電壓的影響。

參、研究設備及器材

石蕊試紙、 廣用試紙	衛生紙、報紙、 不織布	LED 燈(紅光) 電壓 1.8-2.2V	三用電表	鋁片
鋅片、銅片	鐵片	食鹽	暗箱	鑷子
TANITA 電子秤	攪拌棒	塑膠杯	湯匙	一元硬幣
50 元硬幣	鋼鐵剪刀	剪刀	感光儀器	PH 檢測計
				
熱熔槍	燒杯、量筒	試管	電焊棒	錫線

肆、研究過程或方法

一、研究流程

確定研究主題	研究市售飲料對一元銅幣的導電性的影響 配合翰林版(三上)：溶解 翰林版(四上)：燈泡亮了 康軒版(五上)：水溶液
蒐集相關資料	蒐集市售各家常見飲料類。 查閱水溶液導電性文獻資料。 查詢飲料中的成分及應用。 查閱導電性相關介紹。 查詢歷屆科展相關實驗資料。
討論研究內容	討論實驗的變因項目。 討論飲料的酸鹼性對發光二極體的導電性之強弱的影響。 討論堆疊的方法和層數，可達到電力持久最好的效果。
尋找實驗輔助工具	製作暗箱，作為遮光效果。 利用照度計測量 LED 的亮度。 實驗器材的製作—加工剪裁。 使用三用電表測量電壓的流量。
實驗	一、測試各家市售飲料的酸鹼值。 二、伏打電池中不同材質的鹽橋和金屬電極是否會影響電壓的大小。 三、測試伏打電池在不同的排列層疊組合，對電壓的影響。 四、測試伏打電池在不同濃度的水溶液中，影響電壓的大小。 五、探討不同表面積的電極和鹽橋，對電壓的影響。 六、探討伏打電池的續電力之持久性和電壓的影響。
整理資料	
討論實驗結果	
應用	花形夜燈、玻璃瓶小夜燈、小型燈籠

二、探討

(一)、探討電池、水溶液的導電性基本知識原理、觀念與三用電表的使用。

1、實驗名詞介紹

以發光二極體、三用電表判斷電池的(十)、(一)極

發光二極體具有體積小、用電量省、壽命長等優點，被廣泛應用在各種電器、資訊看板和通訊產品上。在連接發光二極體時，長的一端(長腳)連接電電池的正極；短的一端(短腳)連接電池的負極。(圖 1.1a)

三用電表可用來判斷電池的正負極。當電壓值為正時，三用電表的紅線所接的電池端必然是正極(圖 1.1b)；當反過來接時，電壓為負時，電表紅線所接電池端一定是負極。(圖 1.1c)

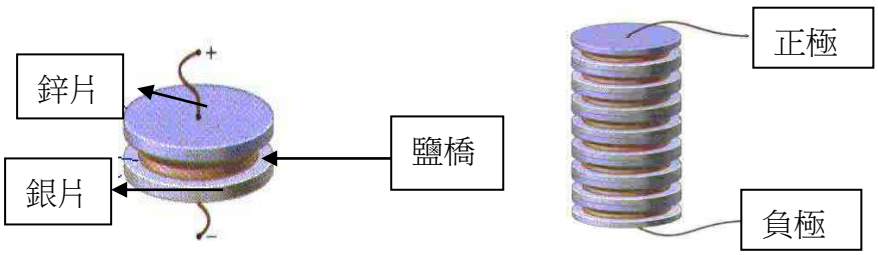
圖 1.1a 發光二極體發光	圖 1.1b 三用電表電壓為正	圖 1.1c 三用電表電壓為負

這個實驗是將不同材質的衛生紙、報紙、紙板、不織布、做為中間夾層與兩種金屬做堆疊，這些夾層沾濕不同的水溶液會產生導電性，可讓發光二極體發光而且具有電力，這就是電池，我們把這類具有導電性的電池稱為「伏打電池」。(圖 1.1d~g)

圖 1.1d 中間層的衛生紙等剪成一元大小	圖 1.1e 中間層的金屬材質剪成一元大小	圖 1.1f 每堆一組就量測一次	圖 1.1g 使發光二極體發光

2、理論依據

(1)<u>伏打</u>發現依照金屬的活性，一種金屬與另一種金屬結合時可以帶正電，而與另一種金屬結合時又可以帶負電，給金屬排出了序列：鋅、錫、鉛、銅、銀、金…等，只要將這個序列裡的前面金屬與後面的金屬相接觸，前者帶正電，後者帶負電，在序列中的距離越遠，帶電越多，產生的電流越強。很多個單元串接一堆後，便形成所謂的伏打堆電池。下圖是<u>伏打</u> Volta 所自製的乾式電池。



3、實驗器材製作

(1)衛生紙、報紙、紙板、不織布的加工剪裁

實驗用的一元大小用的中間夾層，都是來自我們勤奮的剪裁，方便後續實驗的準確度。

圖 1.3a 先畫出一元的形狀	圖 1.3b 使用咖啡罐剪出鐵片	圖 1.3c 使用不織布剪出圓形	圖 1.3d 使用報紙剪出圓形	圖 1.3e 邊推疊時邊修剪

(2)暗箱製作

因為肉眼判斷 LED 燈亮度準確度不夠，因此我們使用鞋盒來製作暗箱，在盒內全貼滿書法用的黑色墊布，吸收 LED 燈的反光，外側蓋上半開大書法用墊布，減少外面光源對暗箱影響。

圖 1.3e 鞋盒內側貼滿墊布	圖 1.3f 放入感光儀器	圖 1.3g 外側蓋上墊布檢測

(二)、探討常見飲料的 pH 值

1、方法

以國小自然與生活科技課程教到的紅色石蕊試紙、藍色石蕊試紙、紫色高麗菜汁、廣用試紙，對常見飲料的酸鹼值做檢測，並觀察、整理及記錄。

圖 2.1a 奶製品飲料	圖 2.1b 運動飲料類	圖 2.1c 碳酸類飲料	圖 2.1d 茶類飲料	圖 2.1e 果汁類飲料	圖 2.1f 醋類飲料

三、實驗過程

<u>研究一：測試各家飲料酸鹼值</u>

(一)實驗一之一：以紅色石蕊試紙和藍色石蕊試紙測試常見飲料的酸鹼值

【步驟】

步驟一：準備常見的飲料的水溶液，各 50 毫升。

步驟二：用不同的滴管吸取水溶液，分別滴在紅色石蕊試紙和藍色石蕊試紙、廣用試紙上，觀察並記錄試紙的顏色變化。

圖 1 實驗過程

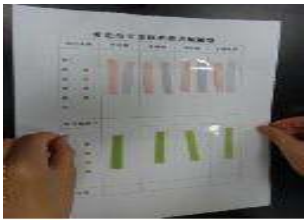
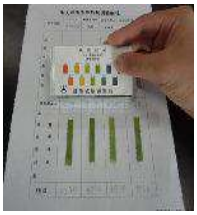
			
用鑷子夾石蕊試紙，避用手觸碰。	將試紙貼在空白紙上。	使用膠帶將試紙固定。	用滴管吸取水溶液，滴在石蕊試紙上。

圖 2 實驗結果

					
圖 3.1a 奶製品飲料	圖 3.1b 運動飲料類	圖 3.1c 碳酸類飲料	圖 3.1d 茶類飲料	圖 3.1e 果汁類飲料	圖 3.1f 醋類飲料

(二)實驗一之二：以紫色高麗菜汁測試常見飲料的酸鹼值

[步驟】

步驟一：準備常見的飲料的水溶液，分別裝在試管中，並貼上水溶液名稱，放在試管架上。

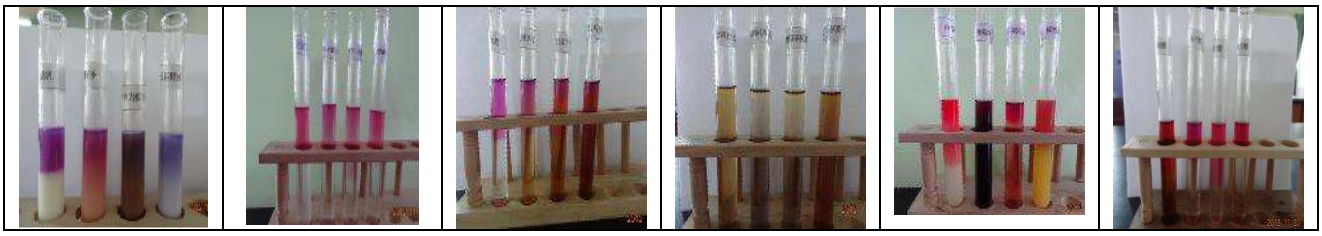
步驟二：分別在試管中，滴入等量的紫色高麗菜汁，觀察並記錄試管的顏色變化

圖 3 實驗過程

準備所有飲料標籤，分別貼在試管上。	試管外貼完所有飲料標籤。	分別將飲料倒入在試管中。	分別在試管中，滴入等量的紫色高麗菜汁。	觀察並記錄水液的顏色變化。

【結果】

圖 4 實驗結果



2、以 pH 計測試常見飲料的酸鹼值

表 1 實驗結果

含乳飲料	pH 值	酸鹼值	果汁飲料	pH 值	酸鹼值	運動飲料	pH 值	酸鹼值
低脂鮮奶	6.8	中性	檸檬汁	2.7	酸性	○跑運動	3.7	酸性
巧克力鮮奶	6.8	中性	柳橙汁	3.6	酸性	F○○ 運動	3.2	酸性
優酪乳	3.4	酸性	葡萄汁	3.5	酸性	I○○水離子	3.4	酸性
養樂多	3.7	酸性	蔓越莓汁	3.3	酸性	○礦力	3.7	酸性

表 2 實驗結果

茶類飲料	pH 值	酸鹼值	碳酸飲料	pH 值	酸鹼值	醋類飲料	pH 值	酸鹼值
○萃綠茶	6.4	弱酸~中性	○○可樂	2.4	酸性	食用醋	2.6	酸性
○喫綠茶	6.0	弱酸~中性	黑○沙士	3.1	酸性	桑椹醋	2.6	酸性
燕麥茶	6.2	弱酸~中性	蘋○西打	3.1	酸性	梅子醋	2.9	酸性
○茶園綠茶	6.5	弱酸~中性	○碧	3.2	酸性	化學用醋	2.4	酸性

【發現】

1、以紅色石蕊試紙和藍色石蕊試紙，對常見飲料測得結果，一般常見的飲料都會使藍色石蕊試紙變成偏紅色，所以酸鹼值大部分是酸性。其中碳酸飲料、果汁飲料、乳酸飲料、醋類的酸鹼數值比較低；茶類飲料及鮮奶類飲料較酸鹼值較接近 PH=7, 故偏弱酸性~中性。由酸性至中性排列：醋類 >碳酸飲料>果汁飲料>運動飲料>茶類>鮮奶。

2、以廣用試紙對常見飲料的酸鹼檢測結果，一般常見的飲料都會使廣用試紙變成淡橘色或偏紅色，所以酸鹼值屬於偏酸性。其中碳酸飲料、果汁飲料、乳酸飲料、醋類都是較酸性飲料，故紅色較鮮豔；茶類飲料及鮮奶類飲料屬於弱酸性或中性，故較不變色。

3、以紫色高麗菜汁指示劑檢測結果，較酸性的飲料偏深紅色；中性的飲料不變色。

(三)、探討各家飲料成份分析

表 3 分析結果

含乳飲料	內容成份	果汁飲料	內容成份	運動飲料	內容成份
低脂鮮奶	(4.8g/100ml)糖 (45mg/100ml)鈉	檸檬汁	(0g/100ml)糖 (116.1mg/100ml)鈉	○跑運動	(6.7g/100ml)糖 (45mg/100ml)鈉
巧克力鮮奶	(9.1g/100ml)糖 (44mg/100ml)鈉	柳橙汁	(10.7g/100ml)糖 (4.9mg/100ml)鈉	○○N運動	(4.1g/100ml)糖 (38mg/100ml)鈉
優酪乳	(3.8g/100ml)糖 (44mg/100ml)鈉	葡萄汁	(13g/100ml)糖 (9mg/100ml)鈉	○○N水離子	(4.1g/100ml)糖 (37mg/100ml)鈉
養樂多	(10g/100ml)糖	蔓越莓汁	(10.8g/100ml)糖 (12mg/100ml)鈉	○礦力	(0g/100ml)糖 (10mg/l00ml)鈉

表 4 分析結果

茶類飲料	內容成份	碳酸飲料	內容成份	醋類飲料	內容成份
○萃綠茶	(0g/100ml)糖 (9mg/100ml)鈉	○○可樂	(10.6g/100ml)糖 (10.6g/100ml)檸檬酸 (6mg/100ml)鈉	食用醋	(0.9g/100ml)糖 (81.3mg/100ml)鈉
○喫綠茶	(0g/100ml)糖 (4mg/100ml)鈉	黑○沙士	(10g/100ml)檸檬酸 (6mg/100ml)鈉	桑椹醋	(34.6g/100ml)糖 (20mg/100ml)鈉
燕麥茶	(0g/100ml)糖 (6mg/100ml)鈉	蘋○西打	(1.6g/100ml)檸檬酸 (5.6mg/100ml)鈉	梅子醋	(37g/100ml)糖 (92mg/100ml)鈉
○茶園綠茶	(0g/100ml)糖 (10mg/100ml)鈉	○碧	(11.3g/100ml)糖 (10mg/100ml)鈉 (10.3mg/ml)檸檬酸	化學用醋	乙酸加水稀釋

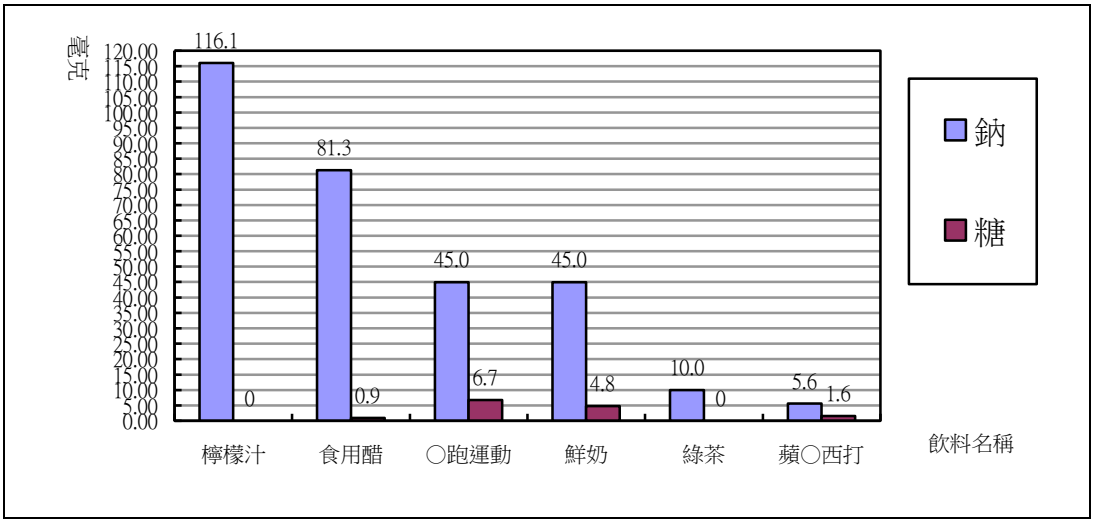


圖 5 糖、鈉成分分析

【發現】

1、在我們的五上課本「水溶液」中的導電性，可以知道鈉的成分越高，導電性效果越顯著；糖水不具有導電性。因此我們選擇市售飲料中以「糖低鈉高」為研究方向。

2、在此圖表中可以看出鈉的成分由高排到低：
檸檬汁>食用醋>運動飲料>低脂鮮奶>綠茶>蘋果西打。

<u>研究二、伏打電池中不同材質的鹽橋和金屬電極是否會影響電壓的大小</u>

(三)實驗二之一：比較不同的鹽橋材質產生的電壓大小值

控制變因：正極：1 元銅幣 負極：鋁片　　溫度：20˚C 水溶液：(市售飲料)	操作變因： 鹽橋：衛生紙、報紙、紙板、不織布

【步驟】

步驟一：使用每六種飲料類的做為水溶液，將衛生紙、報紙、紙板、不織布，依序實驗組成伏打電池，要將鹽橋充足浸泡於水溶液中，再夾起疊放在銅幣和鋁片之間，形成(銅幣+中間夾層+鋁片)為一組。

步驟二：每做好一組伏打電池就使用三用電表檢測一次產生(放電)電壓，並分三個組別同時實驗，每十秒測一次，測三分鐘，計算平均值記錄下來。

步驟三：檢測堆疊後銅幣電池需要到第幾層數，才能使 LED 燈發亮，每種水溶液都要堆疊到第六層，並同時測量電壓數據和拍攝亮度做記錄。

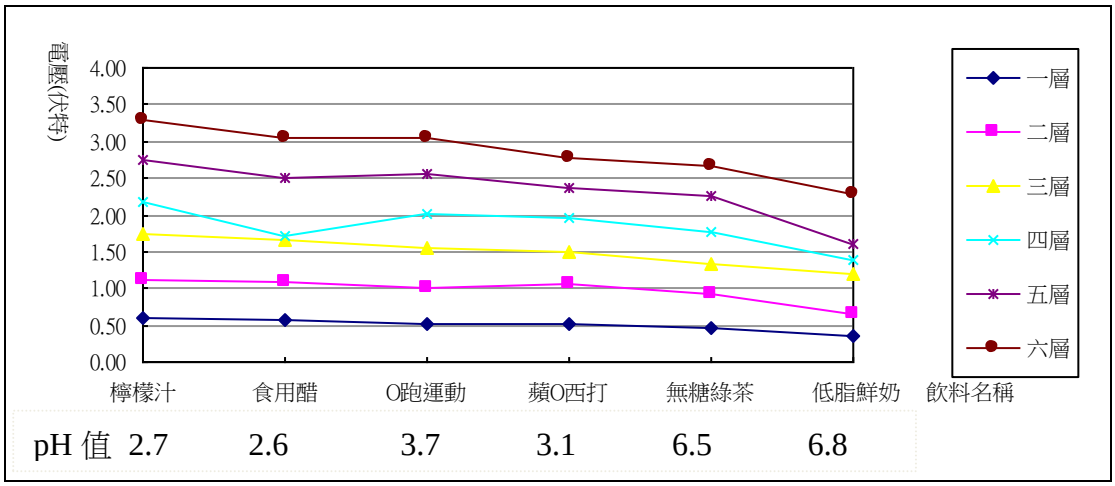


圖 6 中間材質—衛生紙

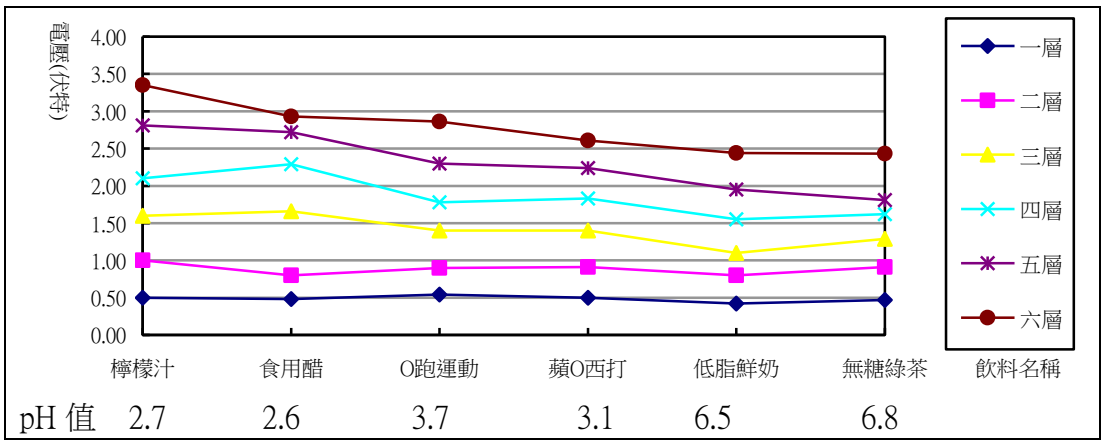


圖 7 中間材質—報紙

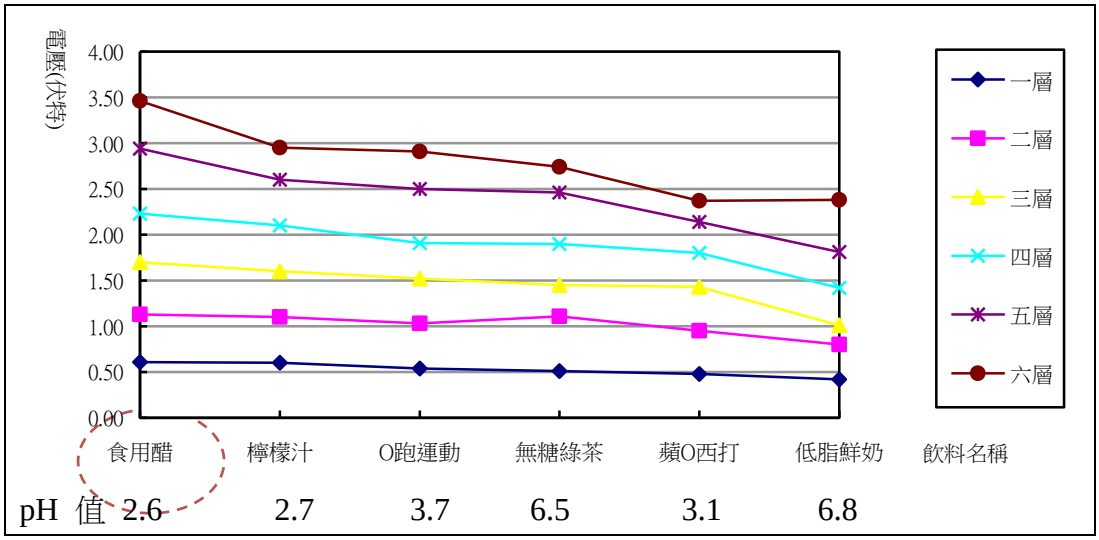


圖 8 中間材質—紙板

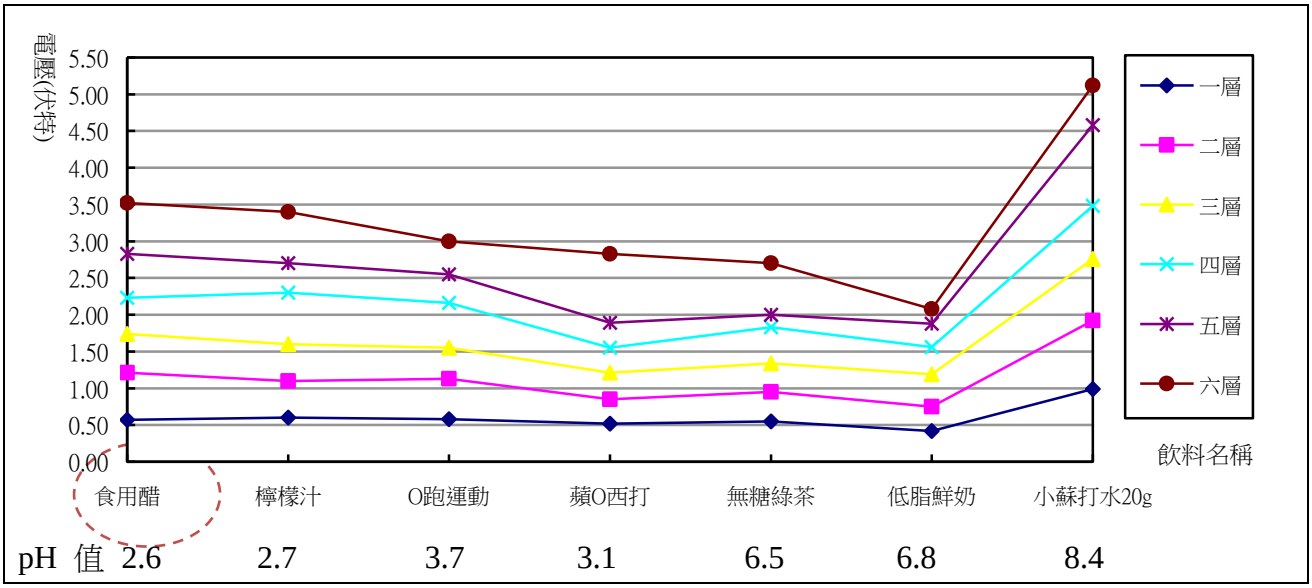
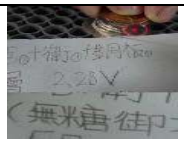
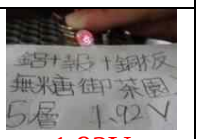


圖 9 中間材質—不織布

材質	層數	低脂鮮奶	○跑運動飲料	檸檬汁	蘋○西打	食用醋	無糖○茶園綠茶
衛生紙	1層	0.35V 無法亮	0.52V 無法亮	0.59V 無法亮	0.52V 無法亮	0.56V 無法亮	0.46V 無法亮
	2層	0.65V 無法亮	1.00V 無法亮	1.12V 無法亮	1.05V 無法亮	1.08V 無法亮	0.92V 無法亮
	3層	1.2V	1.54V	1.75V	1.51V 無法亮	1.65V	1.33V 無法亮

	4層	1.4V	1.90V	2.17V	1.96V	1.71V	1.77V
	5層	1.6V	2.57V	2.75V	2.37V	2.26V	2.25V
	6層	 2.28V	3.05V	3.29V	2.78V	3.04	2.68V
報紙	1層	0.42V 無法亮	0.54V 無法亮	0.50V 無法亮	0.50V 無法亮	0.48V 無法亮	0.47V 無法亮
	2層	0.80V 無法亮	0.90V 無法亮	1.00V 無法亮	0.91V 無法亮	0.59V 無法亮	0.91V 無法亮
	3層	1.10V 無法亮	1.40V 無法亮	1.6V	1.40V 無法亮	1.66V	1.29V 無法亮
	4層	1.55V	1.78V	2.1V	1.78V	2.29V	1.62V 無法亮
	5層	1.95V	2.30V	2.81V	2.14V	2.27V	 1.92V
	6層	2.44V	2.86V	3.35V	3.3V	2.93V	2.43V
紙板	1層	0.42V 無法亮	0.54V 無法亮	0.6V 無法亮	0.48V 無法亮	0.61V 無法亮	0.51V 無法亮
	2層	0.80V 無法亮	1.03V 無法亮	1.10V 無法亮	0.95V 無法亮	1.13V 無法亮	1.11V 無法亮
	3層	1.01V 無法亮	1.52V 無法亮	1.6V	1.43V 無法亮	1.7V	1.45V 無法亮
	4層	1.42V 無法亮	1.82V	2.1V	1.80V	2.23V	1.90V

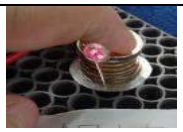
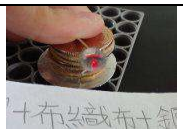
	5層	1.81V	2.50V	2.6V	2.16V	2.83V	2.46V
	6層	2.38V	2.91V	2.95V	2.37V	3.46V	2.74 V
不織布	1層	0.42V 無法亮	0.58V 無法亮	0.60V 無法亮	0.52V 無法亮	0.57V 無法亮	0.55V 無法亮
	2層	0.75V 無法亮	1.13V 無法亮	1.10V 無法亮	0.85V 無法亮	1.21V 無法亮	0.95V 無法亮
	3層	1.19V 無法亮	1.55V	1.60V 微亮	1.21V 無法亮	1.74V	1.34V 無法亮
	4層	1.56V 無法亮	2.16V	2.30V	1.55V 無法亮	2.23V	1.83V
	5層	1.88V	2.55V	2.7V	1.89V	 2.83V	 2.00V
	6層	2.08V	3.0V	3.4V	2.83V	3.52V	2.7V

圖 10 不同的中間材質和不同水溶液 LED 燈的亮度與電壓

【發現】

1. 在不織布的實驗中，測得電壓的大小由強到弱的排列：

食用醋>檸檬汁>○跑運動飲料>蘋○西打>無糖○茶園綠茶>低脂鮮奶

2.中間材質會影響導電性的強弱，由強到弱的排序如下：不織布>紙板>報紙>衛生紙。

3.實驗購買的 LED 燈的所需要的電壓 2.2V，所以我們實驗的伏打電池電壓要達到 1.2~1.7V 時，才會使 LED 燈泡裡的燈絲亮一點而已。

4.每種水溶液的第一、第二層伏打電池，都無法達到 LED 發亮的電壓，都無法發亮。

5.第三層開始使 LED 發亮的水溶液有食用醋、檸檬汁。檸檬汁在不織布中有沈澱物的影響，使電壓表現較不理想，因此我們決定使用食用醋做為主要實驗水溶液。

6、不織布吸水性佳，纖維緊密，使水離子交換中阻礙性小，實驗結果的電壓也較明顯。

7、以鹼性的小蘇打水的實驗中，檢測得出的電壓表現較佳，但是我們研究是市售飲料為主。

(四)實驗二之二：比較不同金屬材質的電極層，對電壓之影響

控制變因：正極--1 元銅幣 溫度：20℃　　水溶液：食用醋 中間夾層：不織布	操作變因：負極--不同的金屬材質 (鐵、鋁　、黃銅、純銅)

【步驟】

步驟一：準備器皿倒入醋水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起疊放在銅幣和不同金屬材質(鐵、鋁、鋅、黃銅、純銅)之間。形成(銅幣+不織布+鐵)*六層，以此類推實驗。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

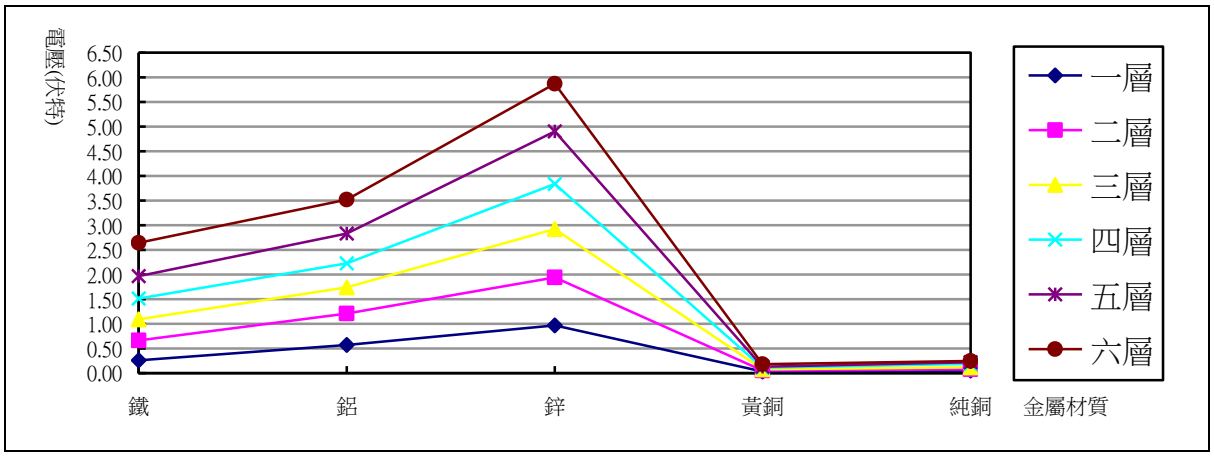


圖 11 不同金屬材質對導電性之影響

【發現】

1、我們把不同的金屬(銅幣和鋅)排列在一起形成伏打電池堆疊後，經過反覆多次實驗比較，在金屬的序列中的距離越遠(電位差)，帶電越多，產生的電流越強。故實驗出電壓的大小排序為：(鋅)>(鋁)>(鐵)>(純銅)>(黃銅)。

2、當我們的伏打電池堆疊組層愈高時，電子的流量會變大，因此電壓會提高。

研究三：測試伏打電池在不同的排列層疊組合下，對電壓之影響

(五)實驗三之一：銅幣層疊數量不同的比較

控制變因：負極--鋁片、鋅片 溫度：20℃　水溶液：食用醋 中間夾層：不織布	操作變因：正極--不同的數量的銅幣 (二個銅幣、三個銅幣、四個銅幣)

【步驟】

步驟一：準備器皿倒入醋水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起疊放在銅幣層疊數之間，每個伏打電池分成三個實驗組(二個銅幣、三個銅幣、四個銅幣)及一組對照組(一個銅幣)。形成(二個銅幣+不織布+鋁)為一組伏打電池。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

表 5 銅幣數量層疊數不同施測表

金屬材質	鋁				鋅			
銅幣層堆層數	一個銅幣(對照組)	二個銅幣	三個銅幣	四個銅幣	一個銅幣(對照組)	二個銅幣	三個銅幣	四個銅幣
1 層	0.57V	0.61V	0.61V	0.58V	0.97V	0.92V	0.96V	0.98V
2 層	1.21V	1.30V	1.18V	1.14V	1.94V	1.91V	1.92V	1.85V
3 層	1.74V	1.73V	1.79V	1.64V	2.92V	2.83V	2.85V	2.93V
4 層	2.23V	2.36V	2.27V	2.26V	3.84V	3.78V	3.68V	3.85V
5 層	2.83V	2.92V	2.95V	2.9V	4.90V	4.76V	4.79V	4.78V

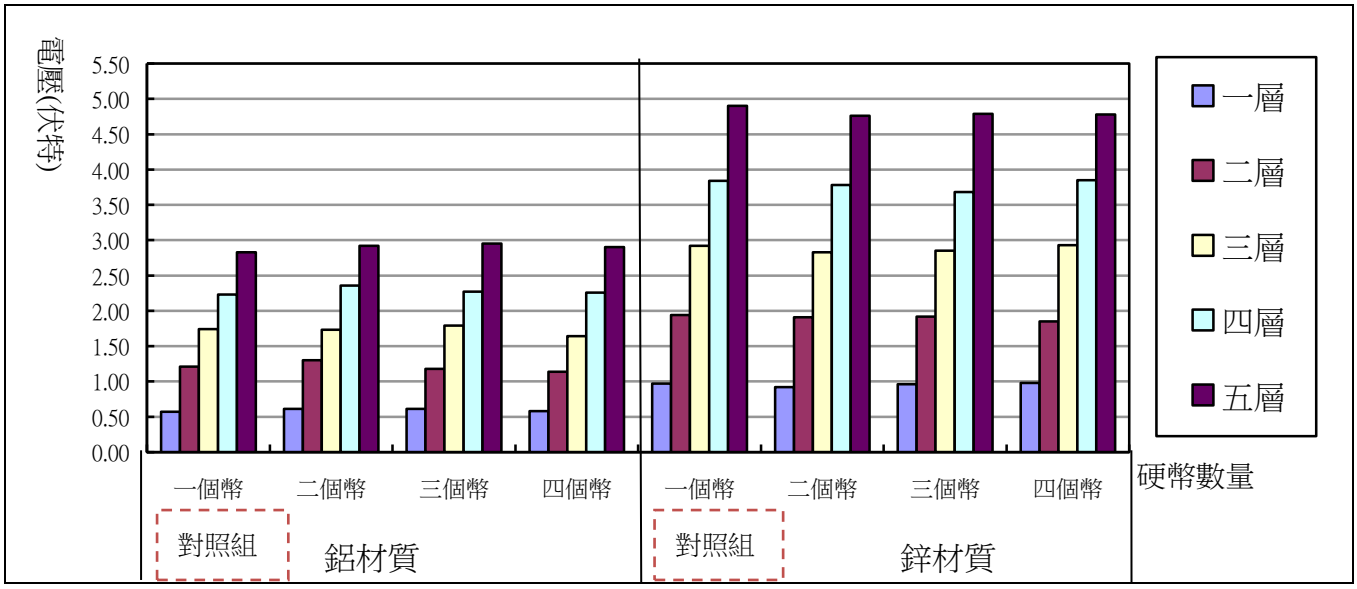


圖 12 銅幣數量層不同之影響

金屬材質	鋁				鋅			
層數	(對照組)	二個銅幣	三個銅幣	四個銅幣	(對照組)	二個銅幣	三個銅幣	四個銅幣
1層	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮
2層	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮				
3層								
4層								
5層								

圖 13 銅幣數量層疊數不同圖片

【發現】

鋁和鋅各三組實驗組都與一個銅幣(對照組)的電壓大致相同。鋁是在第三層開始發亮。鋅是在第二層開始發亮。因此多疊放銅幣片數，無法增加電壓。

(六)實驗三之二：不織布層數量不同的比較

控制變因：正極--一元銅幣 負極：鋁片、鋅片　　溫度：20˚C 水溶液：食用醋	操作變因：中間夾層 不同的數量的不織布： (二層不織布、三層不織布、四層不織布)

【步驟】

步驟一：準備器皿倒入醋水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起疊放在銅幣層疊數之間，共有三個實驗組(二層不織布、三層不織布、四層不織布)及一組對照組(一層不織布)，形成(銅幣+二層不織布+鋁片)為一組伏打電池。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

表 6 不同金屬的不織布層數施測表

金屬材質	鋁				鋅			
布層 / 層數	一層布(對照組)	二層布	三層布	四層布	一層布(對照組)	二層布	三層布	四層布
1 層	0.57V	0.60V	0.56V	0.57V	0.97	1.01	1.00	0.96
2 層	1.21V	1.15V	1.09V	1.25V	1.94	2.00	1.93	1.92
3 層	1.74V	1.75V	1.76V	1.75V	2.92	2.85	2.87	2.69
4 層	2.23V	2.38V	2.25V	2.46V	3.84	3.84	3.82	3.71
5 層	2.83V	3.00V	2.94V	2.78V	4.90	4.74	4.75	4.63
6 層	3.52V	3.6V	3.4V	3.45V	5.87	5.62	5.63	5.20

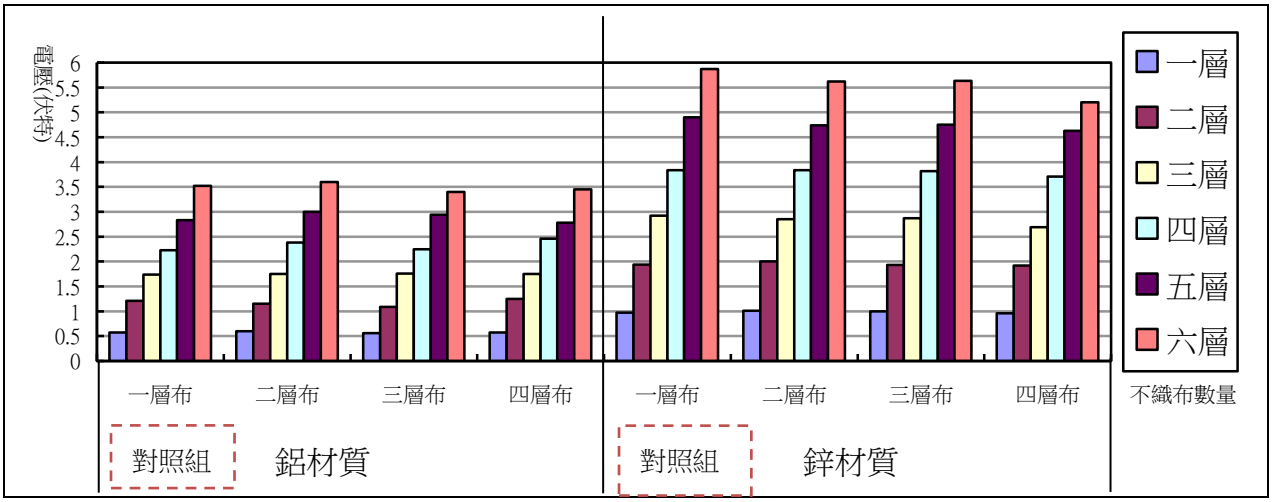


圖 14 不織布數量層疊數不同之影響

金屬材質	鋁				鋅			
材質 / 層數	不織布一層(對照組)	不織布二層	不織布三層	不織布四層	不織布一層(對照組)	不織布二層	不織布三層	不織布四層
1 層	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮
2 層	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮				

圖 15 不織布數量層疊數不同照片

【發現】

1、鋁和鋅各三組實驗組都與一層不織布(對照組)的電壓大致相同。鋁是在第三層開始發亮。鋅是在第二層開始發亮。因此增加不織布片數，無法增加電壓。

2、鋅在【不織布四層】實驗組中，電壓不增反減，原因是電阻增加。

(七)實驗三之三：金屬層(鋁、鋅)片數量不同的比較

控制變因：正極--一元銅幣 溫度：20˚C 中間夾層：不織布 水溶液：食用醋	操作變因：負極--鋁片、鋅片 不同的數量的金屬片： (二片鋁、三片鋁、四片鋁) (二片鋅、三片鋅、四片鋅)

【步驟】

步驟一：準備器皿倒入醋水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起疊放在銅幣層疊數之間，共有二個實驗組((二片鋁、三片鋁、四片鋁)、(二片鋅、三片鋅、四片鋅))及各一組對照組(一片鋁)(一片鋅)，形成(銅幣+不織布+二片鋁片)…為一組伏打電池。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

表 7 金屬材質—層疊數不同施測表

金屬材質	鋁				鋅			
金屬層 堆層數	一層鋁 (對照組)	二層鋁	三層鋁	四層鋁	一層鋅 (對照組)	二層鋅	三層鋅	四層鋅
1 層	0.57V	0.57V	0.60V	0.58V	0.97V	0.93V	0.9V	0.97V
2 層	1.21V	1.15V	1.10V	1.17V	1.94V	1.88V	1.86V	1.95V
3 層	1.74V	1.64V	1.62V	1.62V	2.92V	2.8V	2.9V	2.96V
4 層	2.23V	2.08V	1.81V	2.30V	3.84V	3.74V	3.73V	4.00V
5 層	2.83V	2.60V	2.70V	2.77V	4.9V	4.7V	4.71V	4.45V
6 層	3.52V	3.35V	3.15V	3.23V	5.87V	5.62V	5.63V	5.20V

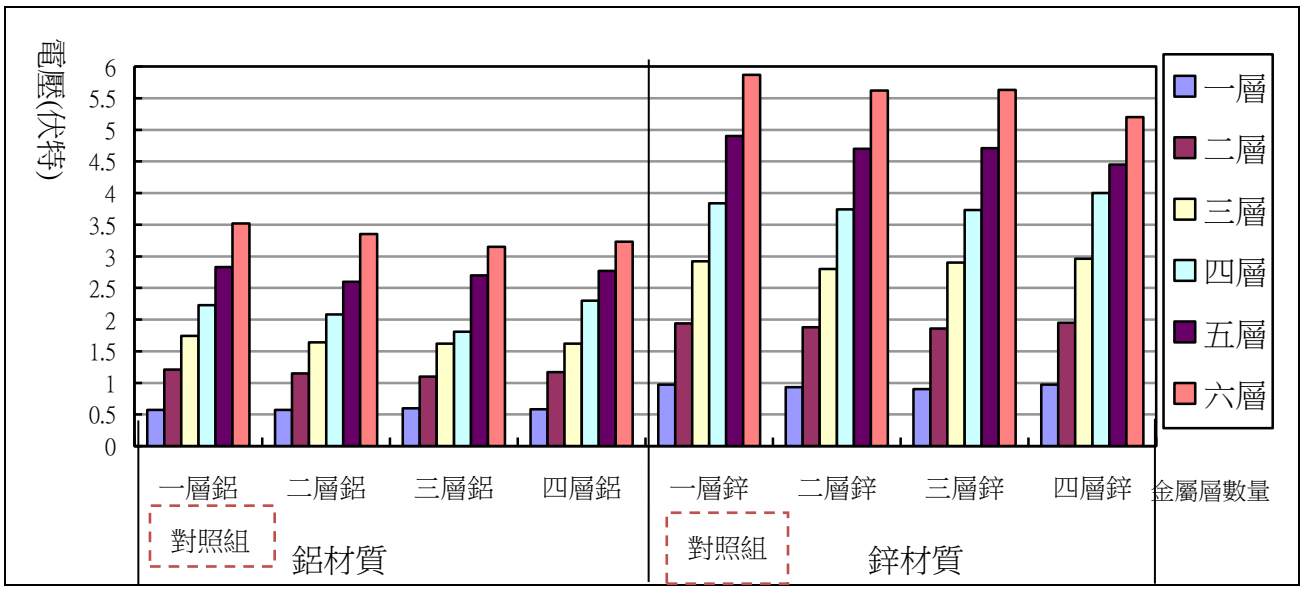


圖 16 金屬材質數量層疊數不同比較

金屬材質	鋁				鋅			
金屬片數 / 層數	鋁一片(對照組)	鋁二片	鋁三片	鋁四片	鋅一片(對照組)	鋅二片	鋅三片	鋅四片
1 層	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮
2 層	無法亮	無法亮	無法亮	無法亮	開始亮	開始亮	開始亮	開始亮
3 層	微亮	微亮	微亮	微亮	中亮	中亮	中亮	中亮
4 層								
5 層								

圖 17 金屬材質數量層疊數不同照片

【發現】

鋁和鋅各三組實驗組都與一片鋁、鋅(對照組)的電壓大致相同。鋁是在第三層開始發亮。鋅是在第二層開始發亮。因此增加金屬片數，無法增加電壓。

(八)實驗三之四：同時增加每層的厚度做電壓的比較

控制變因：溫度：20˚C 水溶液：食用醋 堆疊層數：共 5 層	操作變因：正極--一元銅幣 負極--鋁片、鋅片 中間夾層： (2*銅幣+2*不織布+2*鋁片) (鋅片) (3*銅幣+3*不織布+3*鋁片) (鋅片) (4*銅幣+4*不織布+4*鋁片) (鋅片)

【步驟】

步驟一：準備器皿倒入醋水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起疊放在銅幣層疊數之間，每組伏打電堆有三個實驗組(2*銅幣+2*不織布+2*鋁片)(3*銅幣+3*不織布+3*鋁片)(4*銅幣+4*不織布+4*鋁片)及一組對照組；三個實驗組(2*銅幣+2*不織布+2*鋅片)(3*銅幣+3*不織布+3*鋅片)(4*銅幣+4*不織布+4*鋅片)及一組對照組

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

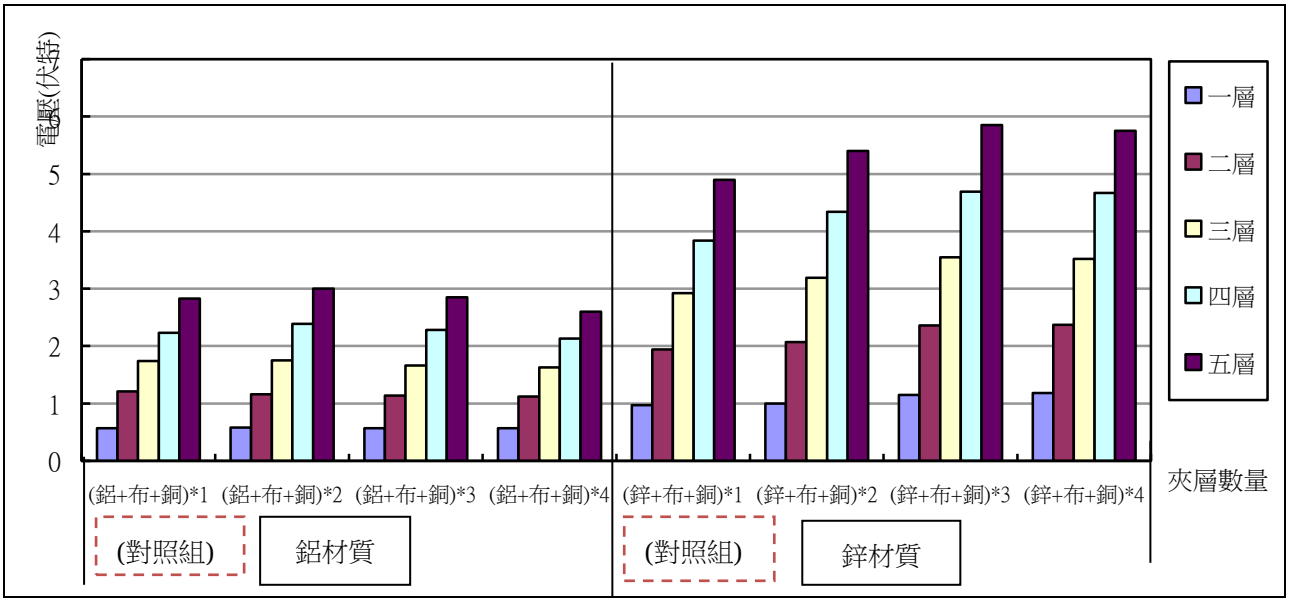


圖 18 同時增加每層的厚度施測表圖

金屬	鋁片				鋅片			
層組	(鋁+布+銅幣)*1 (對照組)	(鋁+布+銅幣)*2	(鋁+布+銅幣)*3	(鋁+布+銅幣)*4	(鋅+布+銅幣)*1 (對照組)	(鋅+布+銅幣)*2	(鋅+布+銅幣)*3	(鋅+布+銅幣)*4
1 層	無法亮 0.57V	無法亮 0.58V	無法亮 0.57V	無法亮 0.57V	無法亮 0.97V	無法亮 1.0V	無法亮 1.15V	無法亮 1.18V
2 層	無法亮 1.21V	無法亮 1.16V	無法亮 1.14V	無法亮 1.12V	1.94V	2.07V	2.36V	2.37V

3層	1.74V	1.75V	1.66V	1.63V	2.92V	3.19V	3.55V	3.52V
4層	2.23V	2.39V	2.28V	2.13V	3.84V	4.34V	4.69V	4.67V
5層	2.83V	3.0V	2.85V	2.60V	4.9V	5.4V	5.85V	5.75V

圖 19 同時增加每層的厚度施測圖

【發現】

1、在同時增加層疊數不同中，電壓較高一些是(鋅*3+不織布*3+銅幣*3)的實驗組，亮度較亮一點，所以層疊數越高，電壓反之越低，因受到電阻的影響，亮度越暗。所以必須是適當的層疊數才可以達到理想的電壓。

2、發現【實驗組(鋁+布+銅)*4】測得的電壓都低於【鋅片一層對照組】的電壓效果，因此後續的實驗皆以鋅片為主。

<u>研究四、測試伏打電池在不同濃度的水溶液中，影響電壓的大小</u>

(九)實驗四之一：比較不同濃度的食鹽水，對電壓之影響

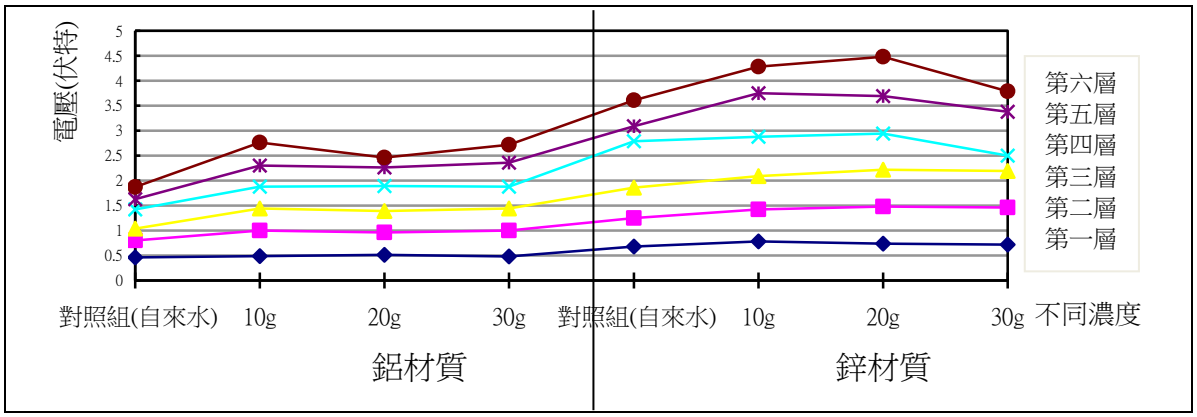
控制變因：正極：一元銅幣 負極：鋁、鋅片　　溫度：21.5˚C 水量：100ml　　中間夾層：不織布	操作變因：　不同濃度的食鹽水 (甲杯)100ml 水+10g 鹽 (乙杯)100ml 水+20g 鹽 (丙杯)100ml 水+30g 鹽

【步驟】

步驟一：將相同的水量 100 毫升+相同的水溫 21.5 度，分三個實驗組【10g(甲杯)、20g(乙杯)、30g(丙杯)】及一組對照組(未加鹽)水溶液，將不織布充足浸泡於水溶液中，再夾起疊放在銅幣和鋅片的之間。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

圖 20 不同濃度的食鹽水對鋁和鋅片導電之比較



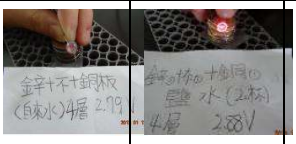
金屬材質	鋁片				鋅片			
濃度	對照組 自來水	10g 鹽	20g 鹽	30g 鹽	對照組 自來水	10g 鹽	20g 鹽	30g 鹽
1 層	 無法亮 0.46V	 無法亮 0.49V	 無法亮 0.51V	 無法亮 0.48V	 無法亮 0.68V	無法亮 0.78V	無法亮 0.74V	無法亮 0.72V
2 層	 無法亮 0.8V	 無法亮 1.00V	 無法亮 0.96V	 無法亮 1.00V	 無法亮 1.25V	無法亮 1.42V	 微亮 1.48V	 微亮 1.46V
3 層	 無法亮 1.04V	 紅心亮 1.44V	 紅心亮 1.39V	 紅心亮 1.44V	 微亮 1.86V	 中亮 2.09V	 中亮 2.22V	 中亮 2.19V
4 層	 無法亮 1.42V	 微亮 1.88V	 微亮 1.89V	 微亮 1.88V	 微亮 2.79V	更亮 2.88V	 更亮 2.94V	 更亮 2.50V
5 層	 無法亮 1.63V	 2.30V	 2.26V	 2.36V	 3.09V	 3.75V	 3.69V	 3.38V
6 層	 無法亮 1.87	 2.76V	 2.46V	 2.72V	 3.61V	 4.28V	 4.48V	 3.79V

圖 21 不同濃度的食鹽水對鋁和鋅片導電之比較

【發現】

1、鋁片組：

硬幣層疊在第三層後，LED 燈開始發亮，鹽水的濃度增加到 30 g，電壓的數據變化不大，亮度大致相同。因此鹽水的濃度越高，電壓和亮度影響不大。

2、鋅片組：

硬幣層疊在第二層後，LED 燈開始發亮，鹽水在鋅片的濃度到 20g 時，電壓的數據較大，燈的亮度也較強。30g 實驗時，因鹽水的濃度過高，反而會使電阻增加，電壓減少。

3、 所有的鋅片實驗組伏打堆電壓，都勝出於鋁片實驗組電壓。

(十)實驗四之二：比較不同濃度的食用醋和鹽酸，對電壓之影響

控制變因：正極：一元銅幣 負極：鋅片　　：21.5˚C 實驗組：原食用醋 　　洗廁劑鹽酸 3% 中間夾層：不織布	操作變因： 不同濃度的食用醋 (A 杯)10ml 水+10ml(食用醋)1:1 (B 杯)20ml 水+10ml(食用醋)2:1 (D 杯)40ml 水+10ml(食用醋)4:1 (E 杯)60ml 水+10ml(食用醋)6:1 (F 杯)80ml 水+10ml(食用醋)8:1	操作變因： 不同濃度的鹽酸 (A 杯)10ml 水+10ml(鹽酸)1:1 (B 杯)20ml 水+10ml(鹽酸)2:1 (D 杯)40ml 水+10ml(鹽酸)4:1 (E 杯)60ml 水+10ml(鹽酸)6:1 (F 杯)80ml 水+10ml(鹽酸)8:1

【步驟】

步驟一：將相同毫升的食用醋+不相同比例的水量，分五個實驗組【A 杯，B 杯，C 杯，D 杯，E 杯，F 杯】及一組對照組食用醋，將不織布充足浸泡於水溶液中，再夾起疊放在銅幣和鋅片的之間。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。做完實驗換成不同濃度的鹽酸，方法相同。

表 8 不同濃度的食用醋和鹽酸電壓表

	比例/層數	對照組	A 杯 1:1	B 杯 2:1	C 杯 4:1	E 杯 6:1	F 杯 8:1
食用醋	1 層	0.9	1.0	1.2	1.28	1.4	1.3
	2 層	1.9	2.5	2.7	2.82	2.9	2.5
	3 層	2.8	4	4.3	4.15	4.4	4
	4 層	3.6	5.4	5.7	5.46	5.9	5.4
	5 層	4.5	6.8	7.2	6.68	7.4	6.8
鹽酸	比例/層數	對照組	A 杯 1:1	B 杯 2:1	C 杯 4:1	E 杯 6:1	F 杯 8:1
	1 層	0.3	1.06	0.8	1.19	1.13	1.06
	2 層	0.9	1.78	1.6	2.5	2.24	2.15
	3 層	1.5	2.95	2.4	3.75	4.38	3.36
	4 層	2.1	4.12	3.2	4.7	5.27	4.78
	5 層	2.7	5.2	4	5.8	6.52	5.92
	6 層	3.3	6.52	4.8	7.5	7.6	7.17

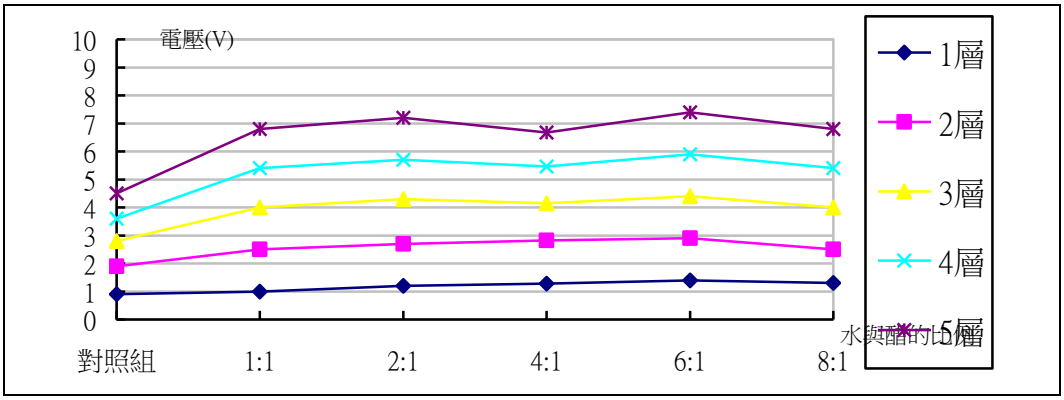


圖 22 不同濃度的食用醋對鋅片電壓之比較

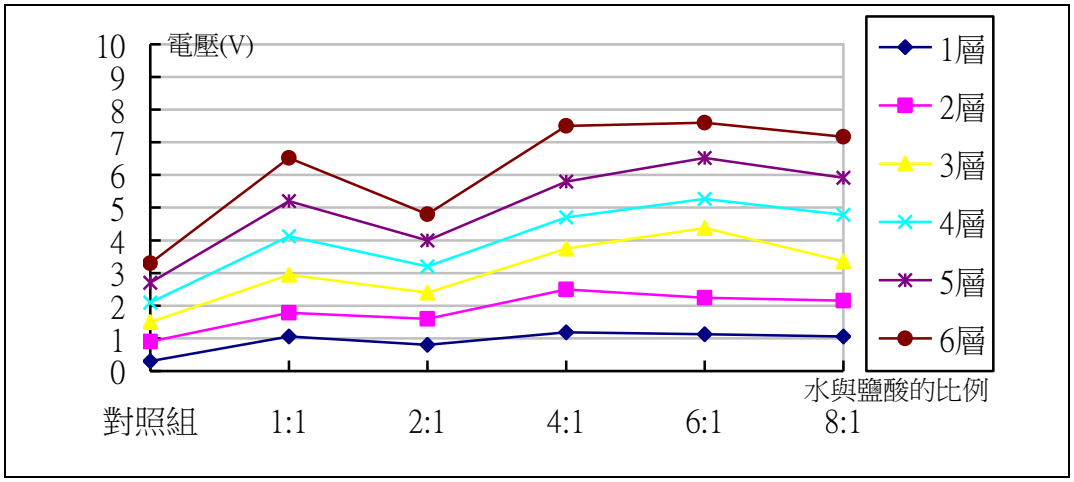


圖 23 不同濃度的鹽酸對鋅片電壓之比較

【發現】

1、對照組的食用醋的電壓表現比稀釋的醋還低，發現在 6:1 的比例上電壓的表現最顯著。

2、對照組的鹽酸的電壓表現比實驗組稀釋過後的鹽酸還低，也是發現在 6:1 的比例上電壓的表現最顯著。

3、因此稀釋後的食用醋和鹽酸，會讓電解質中的阻礙物(電阻)也被稀釋，使離子活性度電流更容易流通。它們的電壓表現大致相同。

<u>研究五、探討不同表面積的電極和鹽橋，對電壓的影響</u>

(十一)實驗五：比較 1 元和 50 元大小面積不同的銅片，對電壓的影響

控制變因：負極--鋅片 溫度：21.5˚C　　中間夾層：不織布	操作變因： 正極—純銅金屬的一元大小和 50 元大小的銅片面積

【步驟】

步驟一：準備器皿倒入醋水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起分別疊放在 1 元和 50 元銅片大小面積不同的銅幣和鋅片之間。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

表 9 面積不同的銅片施測表

面積大小	1 元大小銅片					50 元大小銅片				
金屬層 堆層數	一層 電壓	二層 電壓	三層 電壓	四層 電壓	五層 電壓	一層 電壓	二層 電壓	三層 電壓	四層 電壓	五層 電壓
電壓(V)	0.95	1.88	2.68	3.38	4.22	1.17	2.37	3.55	4.74	5.73

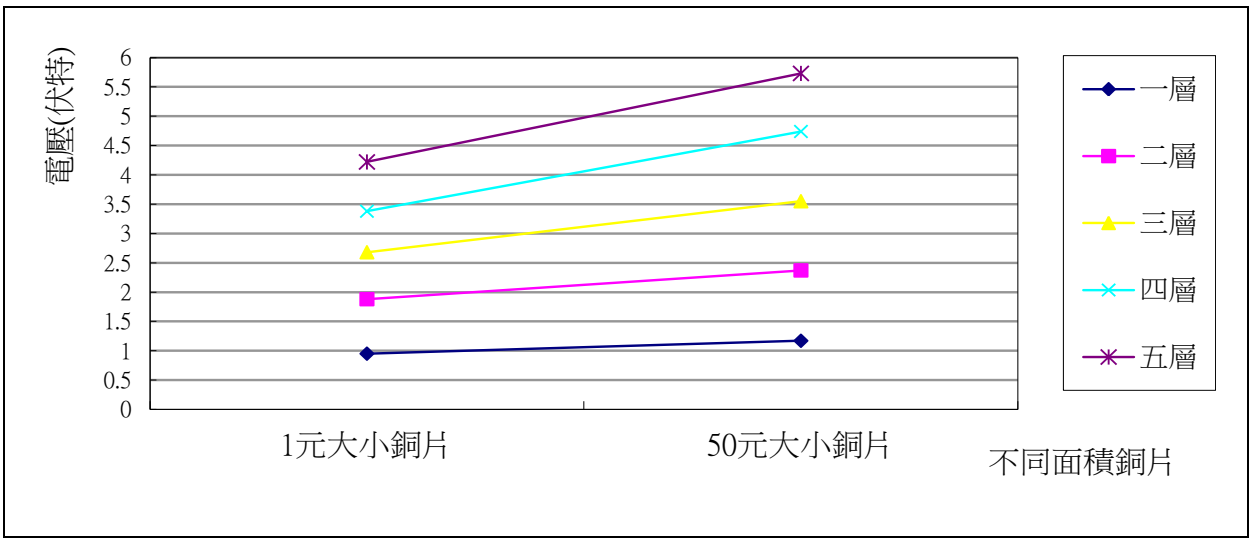


圖 24　1 元和 50 元大小銅片面積的比較

面積大小	1 元大小銅片				
層數	一層	二層	三層	四層	五層
電壓	0.95V	1.88V	2.68V	3.88V	4.22v
面積大小	50 元大小銅片				
電壓	1.17V	2.37V	3.55V	4.74V	5.73V

圖 25　1 元和 50 元大小銅片面積電壓比較照片

【發現】

使用面積不同的純銅片所檢測得出的電壓：1 元大小的銅片 <50 元大小的銅片。因此面積的大小會影響電壓的大小，所以面積愈大，電壓也愈大。實驗組在第 5 堆疊層中，彼此相差的電壓很顯著，達到 1.51V。

研究六、探討伏打電池的連接方式和續電力之持久性

(十二)實驗六之一：比較伏打堆電池的串聯和並聯對電壓的效果

控制變因：正極：一元銅幣 負極：鋅片　　溫度：21.5˚C 中間夾層：不織布	操作變因：電池的串聯、電池的並聯

【步驟】

步驟一：使用醋的水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起分別疊放在銅幣和鋅片之間，一次堆疊放 5 層的伏打堆電池，共堆疊二個，分別利用串、並聯連接方式。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

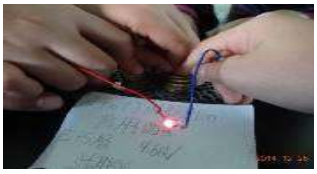
連接方式	串聯		並聯
層數	10 層		五層+五層
電壓	8.75V		4.66V
圖片	亮度 8.75V (堆 10 層)	亮度 9.3V (堆 5 層+5 層)	 亮度 4.66V

圖 26 連接方式不同的電壓

【發現】

1、 一個堆疊 10 層的電壓 ＜ 二個 5 層串聯的電壓，因此串聯的電壓效果較好。

2、 並聯的電壓只能維持原來 5 層的電壓，但持久性較佳。

(十三)實驗六之二：探究伏打堆電池疊得越高是否影響電壓效果

控制變因： 正極：一元銅幣 負極：鋅片 溫度：21.5˚C 中間夾層：不織布	操作變因：堆疊層數 25 層

【步驟】

步驟一：使用醋的水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起分別疊放在銅幣和鋅片之間，一次堆疊一組伏打堆電池，一直往上堆疊層數到 25 層。

其它步驟與實驗二之一的步驟二、三相同。

圖 27 檢測堆疊 1 到 25 層電壓

堆疊 15 層檢測電壓圖	堆疊 20 層檢測電壓圖	堆疊 25 層檢測電壓圖

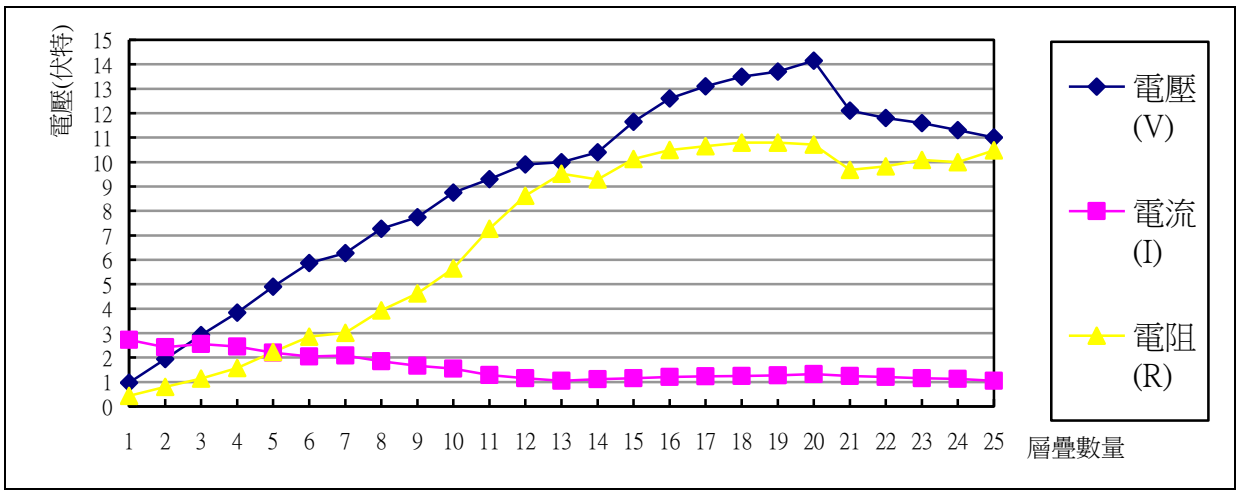


圖 28 增加層疊數電壓、電流、電阻比較

【發現】

1、 當伏打電池堆疊得愈高時，電壓、電阻隨之增加，電流大致相同，但是到達第 21 層伏打堆時，電壓卻開始下降，電阻上升，電流大致相同。因此不是伏打電池堆疊愈高電壓就愈大，要適量的層數才是最理想的電壓。

2、電阻是在實驗中，影響電流的最大主因。

(十四)實驗六之三：探究伏打堆電池最大續電力的影響

控制變因：正極：一元銅幣 負極：鋅片　　溫度：18°C 中間夾層：不織布 LED 燈：4.5V 白光	操作變因：堆疊層數 實驗組(5 層、10 層、15 層)

【步驟】

步驟一：使用醋的水溶液，將不織布充足浸泡於食用醋中，再夾起分別疊放在銅幣和鋅片之間，一次疊放五層、十層和十五層，三種實驗組的伏打堆電池。

步驟二：做好三組伏打電池都連接 4.5V 的 LED 白光燈，放在室溫下進行續電力的實驗，每 30 分鐘檢測一次電壓和照度計(以 2 萬 LUX 檢測)，共檢測 12 次，並分三個組別同時實驗，測三分鐘，計算平均值記錄下來。

圖 29 實驗過程

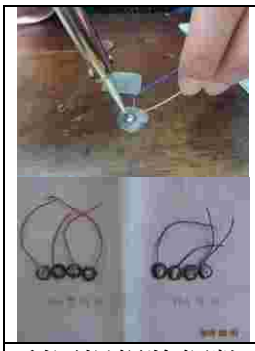
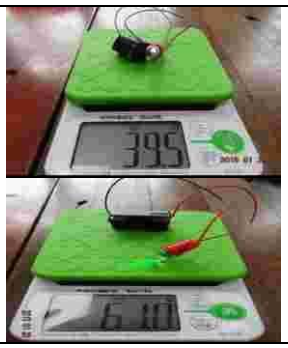
				
利用焊錫將銅幣和鋅片與銅線連接完成，方便實驗	準備三組實驗組(5 層、10 層、15 層)	分別在實驗前、實驗後每 30 分鐘量測一次重量	每 30 分鐘量測一次電壓值，並紀錄起來	外面再罩一片黑色書法墊布，每 30 分鐘量測一次照度計

表 10 續電力和亮度的比較紀錄表

層數	5 層			10 層			15 層		
測量儀器	電壓 (V)	重量 (G)	照度計 (LUX)	電壓 (V)	重量 (G)	照度計 (LUX)	電壓 (V)	重量 (G)	照度計 (LUX)
開始	4.66	39.6	96	8.75	61.5	180	11.65	87	259
30 分鐘	4.56	39.6	95	8.68	61.3	179	11.6	87	259
60 分鐘	4.43	39.6	93	8.55	61	175	11.4	87	250
90 分鐘	4.40	39.6	93	7.96	61	173	11.3	86.4	247
120 分鐘	4.36	39.5	90	7.56	61	168	11	86.4	243
150 分鐘	4.35	39.5	90	7	60.8	164	10.8	86.4	239
180 分鐘	4.30	39.5	90	6.54	60.8	160	10.6	86	235
210 分鐘	4.27	39.5	89	6.2	60.8	157	9.70	85.7	230
240 分鐘	4.24	39.5	89	5.95	60.4	154	9.10	85.4	225
270 分鐘	4.18	39.5	88	5.65	60.4	152	8.65	85	217
300 分鐘	4.13	39.5	88	5.45	60.4	148	8.53	84.6	215
330 分鐘	4.06	39.5	87	5.4	60.3	141	8.40	84.5	208

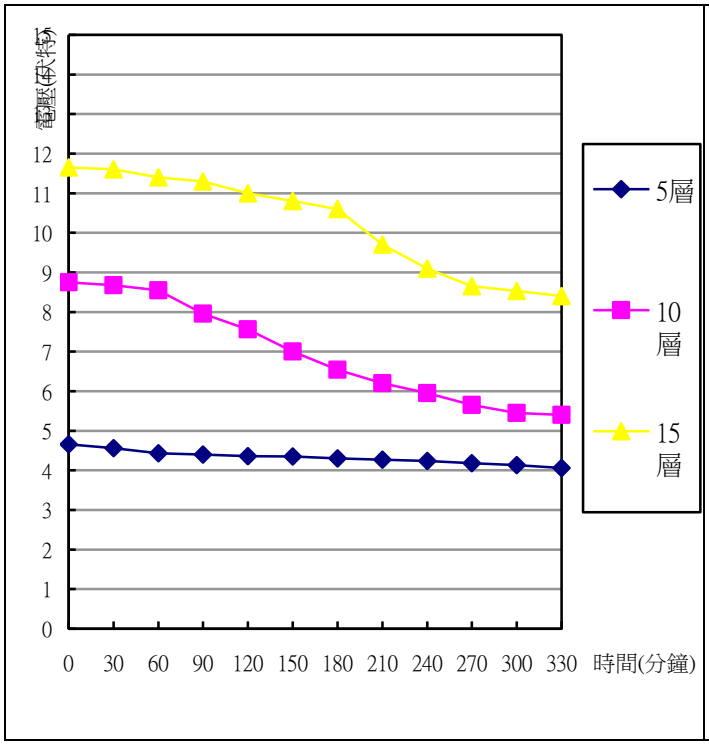


圖 30 室溫下電池的續電力**電壓**比較

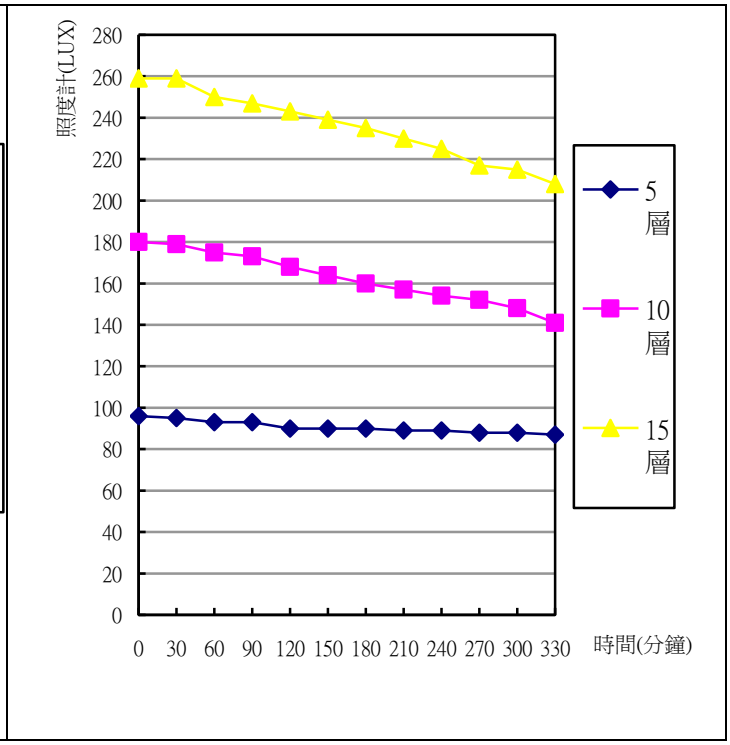


圖 31 室溫下電池的續電力**亮度**比較

【發現】

三組實驗組中的電壓、亮度、照度計、重量都有下降，是因為室溫下空氣的影響，使不織布的水分蒸散作用所致。因此將伏打堆電池用夾鏈袋密封起來，可以保持溼度較久，效果比放在室溫下佳。

伍、研究結果

研究一：測試各家飲料酸鹼值

1、以紅色石蕊試紙和藍色石蕊試紙、廣用試紙，對常見飲料測得結果，符合我們的實驗結果，使藍色石蕊試紙變成偏紅色、廣用試紙變成淡橘色或偏紅色，所以酸鹼值大部分是酸性。由酸性至中性排列：醋類 >碳酸飲料>果汁飲料>運動飲料>茶類>鮮奶。

2、在我們的五上課本「水溶液」中的導電性，可以知道鈉的成分越高，導電性效果越顯著；糖水不具有導電性。因此我們選擇市售飲料中以「糖低鈉高」為研究方向。

3、在結果比較出鈉的成分由高排到低：檸檬汁>食用醋>運動飲料>低脂鮮奶>綠茶>蘋果西打。

研究二、伏打電池中不同材質的鹽橋和金屬電極是否會影響電壓的大小

1、在不織布實驗中測得電壓的大小從強到弱的排列：

食用醋>檸檬汁>〇跑運動飲料>蘋果西打>無糖〇茶園綠茶>低脂鮮奶

2、中間材質會影響導電性的強弱，由強到弱的排序如下：

不織布>紙板>報紙>衛生紙。

3、我們把不同的金屬(銅幣和鋅)排列在一起形成伏打堆後，經過反覆多次實驗比較，符合我們的發現，在金屬的序列中的距離越遠(電位差)，帶電越多，產生的電流越強。故實驗出電壓的大小排序為：鋅>鋁>鐵>純銅>黃銅。

4、當我們的伏打電池堆疊愈高時，電子的流量會變大，因此電壓會提高。

5、第三層開始使 LED 發亮的水溶液有食用醋、檸檬汁。檸檬汁在不織布中有沈澱物的影響，使電壓表現較不理想，因此我們決定使用食用醋做為主要實驗水溶液。

6、 不織布吸水性佳，纖維緊密，使水離子交換中阻礙性小，實驗結果的電壓也較明顯。

研究三：測試伏打電池在不同的排列層疊組合下，對電壓之影響

1、鋁和鋅各三組實驗組都與【一個銅幣】(對照組)的電壓大致相同。鋁是在第三層開始發亮。鋅是在第二層開始發亮。因此多疊放銅幣片數，無法增加電壓。

2、鋁和鋅各三組實驗組都與【一層不織布】(對照組)的電壓大致相同。鋁是在第三層開始發亮。鋅是在第二層開始發亮。因此增加不織布片數，無法增加電壓。

3、鋅在【不織布四層】實驗組中，不增反減電壓，原因是電阻增加。

4、鋁和鋅各三組實驗組都與【一片鋁、鋅】(對照組)的電壓大致相同。鋁是在第三層開始發亮。鋅是在第二層開始發亮。因此增加金屬片數，無法增加電壓。

5、在同時增加層疊數不同中，電壓較高一些是(鋅*3+不織布*3+銅幣*3)的實驗組，亮度較亮一點，所以層疊數越高，電壓反之越低，因受到電阻的影響，亮度越暗。所以必須是適當的層疊數才可以達到理想的電壓。

研究四、測試伏打電池在不同濃度的水溶液中，影響電壓的大小

1、鋁片組：

硬幣層疊在第三層後，LED 燈開始發亮，鹽水的濃度增加到 30 g，電壓的數據變化不大，亮度大致相同。因此鹽水的濃度越高，電壓和亮度影響不大。

2、鋅片組：

硬幣層疊在第二層後，LED 燈開始發亮，鹽水在鋅片的濃度到 20g 時，電壓的數據較大些，燈的亮度也較強些。因此鹽水的濃度過多 30g 時，反而會使電阻增加，電壓減少。

3、所有的鋅片實驗組伏打堆電壓，都勝出於鋁片實驗組電壓。

4、 對照組的食用醋的電壓表現比稀釋的醋還低，發現在 6:1 的比例上電壓的表現最顯著。

5、對照組的鹽酸的電壓表現比實驗組稀釋過後的鹽酸還低，也是發現在 6:1 的比例上電壓的表現最顯著。

6、 因此稀釋後的食用醋和鹽酸，會讓電解質中的阻礙物(電阻)也被稀釋，使水離子活性度電流更容易流通。它們的電壓表現大致相同。

<u>研究五、探討不同表面積的電極和鹽橋，對電壓的影響</u>

1、使用面積不同的純銅片所檢測得出的電壓：1 元大小的銅片< 50 元大小的銅片 。因此面積的大小會影響電壓的大小，所以面積愈大，電壓也愈大。實驗組在第 5 堆疊層中，彼此相差的電壓很顯著，達到 1.51V。

<u>研究六、探討伏打電池的連接方式和續電力之持久性</u>

1、一個堆疊 10 層的電壓<二個 5 層串聯的電壓，因此串聯的電壓效果較好。並聯的電壓只能維持原來 5 層的電壓，但持久性較佳。

2、當伏打堆電池愈疊愈高時，電壓、電阻隨之增加，電流大致相同，但是到達第 21 層伏打堆時，電壓卻開始下降，電流大致相同。因此不是伏打電池堆疊愈高電壓就愈大，要適量的層數最為理想。

3、電阻是在實驗中，影響電流的最大主因。

4、三組實驗組中的電壓、亮度、照度計、重量都有稍微的下降，是因為室溫下空氣的影響，使不織布的水分蒸散作用所致。因此將伏打堆電池用夾鏈袋封來，可以保持溼度較久，效果比室溫下佳。

陸、討論

一、選擇「食用醋」做為主要水溶液的材料。由以下比較後選用醋為後續實驗選材。

(一)酸鹼檢測計和試紙等方法測得結果：(由酸性至中性排列)

醋類>碳酸飲料>果汁飲料>運動飲料>茶類>鮮奶。

(二)由不織布實驗中測得電壓的大小結果：(強到弱的排列)

食用醋≧檸檬汁>〇跑運動飲料>蘋果西打>無糖〇茶園綠茶>低脂鮮奶

(三)食用醋的成分中鈉的比率佔最高，糖的成分為零，實驗的導電性效果顯著，使 LED 燈亮度較明亮顯著，較易觀察。

二、 選擇「不織布」的鹽橋、「鋅片 」做為金屬電極，為實驗主要選材。

(一)鹽橋的材質確實會影響導電性的強弱，本研究選擇「不織布」做為後續實驗的材質，原因如下：鹽橋的不同材質測量結果：(強到弱的排序)不織布>紙板>報紙>衛生紙

1、紙板厚度中間有波浪形瓦楞紙，影響裁切成品的波浪的方向性，且浸潤於食用醋水中

時會產生分離狀態，容易造成較大的誤差，所以取用不織布相對穩定且易觀察作為主要實驗工具。

(二)金屬的材質確實影響電位差的強弱，本研究選擇「鋅片」為後續實驗的材質，原因如下：

1、鋅片和銅片在金屬的序列中的距離較遠，電位差就愈大，故帶電越多，產生的電流越強，測得結果：(由強到弱排序)

鋅>鋁>鐵>純銅>黃銅。

2、銅幣與鋅片在一起堆疊愈高時，電子的流量明顯增加，因此電壓有顯著提高的現象。

3、伏打電池在不同的排列層疊組合下無明顯影響，並非影響電壓高低的重要因素。

(三)在研究三實驗中的電壓數據，皆可以看出鋁和鋅各三組實驗組都與一個銅幣(對照組)的電壓大致相同。鋅片實驗組比鋁片實驗組的電壓高，鋅片組在第二層疊中就開始發亮。控制的變因只改變條件其一時，四種實驗各別只增加銅幣片數、不織布片數、金屬電極片數，都無法增加電壓，只能使續電力更持久。

(四)在同時增加層疊數(鋅*3+不織布*3+銅幣*3)的實驗組，表現最佳，同時必須是適當的層疊數才可以達到理想的電壓。

三、 理解要選擇適量的鹽水濃度配合金屬電極，才可以達到理想化的電壓。

不同的金屬所配合的鹽水濃度是有限制的，須要配合適量的濃度，可得到較高的電壓和亮度。

四、不同表面積的電極：一元大小的銅片電壓小於五十元大小的銅片，因此面積的大小會影響電壓的大小，所以面積愈大，電壓也愈大。

五、伏打電池在適量的堆疊層組下，電壓、電阻的大小互為影響。

(一)當伏打堆愈疊愈高時，電壓愈高、電阻也越高，電流大致不變，但有堆疊層數的限制。

(二)一個堆疊 10 層的伏打電池電壓<二個 5 層的伏打電池串聯的電壓，取用串聯的方式電壓效果較佳。

柒、結論

一、選用食用醋飲料，可以使 LED 燈泡較亮，電壓數據較高，較易觀察與測量，亦不會傷及皮膚。

二、製作鹽橋取用不織布為材質，吸水性較高，檢測得出的電壓也較為穩定。在鋅片和銅幣為實驗組合時測得電位差的數據明顯增大，層疊愈高所產生的電壓越高、電阻也隨之越高。

三、伏打電池在適量的堆疊層組下，電壓、電阻的大小互為影響，伏打電池在不同的排列層疊組合下無明顯改變，並非影響電壓高低的重要因素。

四、要選擇適量的鹽水濃度配合金屬電極，才能測得出較高的電壓。因此稀釋後的食用醋和鹽酸，會讓電解質中的阻礙物(電阻)也被稀釋，使水離子活性度電流更容易流通。

五、不同表面積的電極和鹽橋有明顯影響電壓的變化。

六、伏打電池在串聯二個 5 層或一次堆疊 10 層的數量，檢測出串聯的電壓較高，兩者都有增加電壓的效果。若長間將伏打電池擺放於室溫下，不織布的水分蒸散作用所致，會減少伏打電池的電壓。 若在潮溼的冬季可保持溼度，亦會延長伏打電池的電力時間。

捌、建議

一、應用建議

(一)在教學上：

可選用價格較平易近人、容易購買的鋁片，水溶液可採用市售飲料進行課程，讓學生知道飲料中有電解質，可以產生電力。如果需要更強大的電力，可增加堆疊的層數和較酸、鹼的水溶液，可使 LED 燈泡更亮。在裁剪過程中要細心、耐心的堆疊整齊，較易觀察出電壓的變化。

(二)在公開活動上：

可選用不織布吸水性較高為製作材料，延長伏打電池的續電力，並將銅幣推疊包裝整齊，避免銅幣散開，造成接觸不良的問題。

二、本實驗研究限制：

(一)水溶液材料依當時便利選用。

(二)測量組數以(鋅片+不織布+銅幣)為一組伏打電池，堆疊組數直到所測電壓下降為止。

(三)伏打電池製作以人力徒手配合工具完成，將裁剪不織布的大小、堆疊的整齊度，都會影響電壓的高低。

(四)三用電表、照度計的數據為人為判定，造成判斷的誤差。

(五)伏打電池無法自行斷電，暴露在空氣下會快速使電壓逐漸消失。

三、未來研究建議

(一)加入更多選用材質比較，並以其他材質成就此份研究。

(二)為了考量學生的安全及方便性可取得的水溶液為研究，是最好能永續使用，達到環保節能的效果。

玖、參考資料

一、國小自然與生活科技第五冊第四單元水溶液 2013)。新北市：康軒，46-65。

二、國小自然與生活科技第三冊第四單元燈泡亮了(2013)。台南市：翰林，70-84。

三、國小自然與生活科技第一冊第四單元溶解 (2013)。台南市：翰林，70-78。

四、當我們銅在一起。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品集。

五、彭士峰、童進昌(2009)。開回收電的鋅銅學。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品集。

六、zfang 的科學小玩意@精讚部落(2014 年 2 月 9 日)。一塊錢的光亮~利用銅幣鋁箔做伏 打堆(上)315 實驗初體驗取自：http://zfang.tc.edu.tw/879.html

七、謝文山、周奕良(2012)Hold 住一解析石墨型燃料電池。中華民國第 53 屆中小學科學展覽會作品集。

【評語】080207

本展示以鋅銅伏打電池作為基本架構，但以鹽酸或食用醋作為電解液，嚴格來說，應歸類為鋅氫電池。展示中對鹽橋與金屬電極材質，電極排列，與電解液材質有清晰詳細之討論。更以串聯電池的 LED 燈亮度作為電池表現的依據，方法簡單直接，工作完整有條理，值得嘉許。