

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

### 最佳團隊合作獎

080813

光電化學能車～自製電池的探究與應用

學校名稱：高雄市三民區民族國民小學

作者：  小六 潘頌主  小六 郭人鳳  小六 羅紹耘  小六 林庠緣  小六 曹允恆	指導老師：  黃清原
---	------------------

關鍵詞：自製電池、鹽水發電、備長碳

# 光電化學能車～自製電池的探究與應用

## 摘要

高價能源時代來臨。尋求永續、環保、經濟的能源刻不容緩。太陽能乾淨無污染，但遇上陰天或雨天便要罷工。本件作品主要「以水果電池為基礎，尋求安全環保的電解質；普遍、便宜的陰極、陽極材料；以較小的體積自己製作較大電流與較高電壓的環保電池，並加以實際應用於太陽能車上，作為預備電源，使成為全天候不虞電力中斷的光電化學能車」。

## 壹、研究動機

南一版六上自然課「奇妙的電磁世界」中，老師曾提及伏打電池與水果電池，並帶領同學解剖碳鋅電池，發現原來市售的電池構造及原理並不太複雜。研究者曾因冬天洗澡洗了一半，突然熱水器罷工，找到電池又因存放太久鏽蝕了，於是興起研究者製作電池備用的動機。

## 貳、研究目的

- 一、探討各種不同水果電池的產電情形。
- 二、探討各種不同電解液的產電成效。
- 三、探討不同正極、負極材料的產電成效。
- 四、探討自製電池的產電成效。
- 五、探討自製電池應用在光電化學能車的可行性。

## 參、研究器材和設備

水果類：鳳梨、香蕉、檸檬、蕃茄、蘋果。

材料類：廣用試紙、鋁箔紙、鋁片、銅片、鐵片、檸檬酸、鹽、漆包線、迴紋針、砂紙、太陽能車、中藥罐、備長碳、碳鋅電池。

設備類：鱷魚夾、尖嘴鉗、燒杯、攪拌棒、天平、三用電錶、碼錶、電鑽。

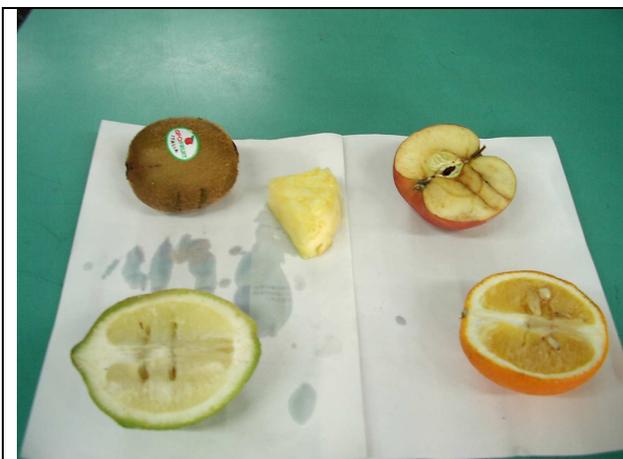
## 肆、研究過程

### 一、探討水果電池的產電情形。

水果電池乃利用金屬片插入水果中，不同金屬片之間產生電位差而發生電流，我們利用銅片及鋁片測試不同水果的產電量。

#### (一) 各種不同水果產電成效探討。

1. 利用廣用試紙檢測各種水果酸鹼值。
2. 利用自動感應三用電錶作為檢測工具。
3. 測得電流及電壓及不穩定，故採↑↓加以註記。
4. 銅片、鋁片彼此距離約 1 公分。



(圖一) 實驗的五種水果



(圖二) 檸檬的產電效率最好

表一、各種不同水果產電成效紀錄。

水果名稱	檸檬	鳳梨	柳丁	奇異果	蘋果
電流電壓					
酸鹼值	2	4	4	3	5
第一次電流 (mA)	0.7 ↑	0.17 ↑	0.39 ↑	0.5 ↑	0.09 ↓
第二次電流 (mA)	0.69 ↑	0.15 ↑	0.29 ↑	0.48 ↑	0.1 ↓
第一次電壓 (V)	0.511 ↑	0.533 ↓	0.56-	0.575 ↓	0.523 ↓
第二次電壓 (V)	0.533 ↑	0.544 ↓	0.563 ↓	0.594 ↓	0.532 ↓
平均電流 (mA)	0.695 ↑	0.16 ↑	0.34 ↑	0.49 ↑	0.095 ↓
平均電壓 (V)	0.522 ↑	0.538 ↓	0.562 ↓	0.581 ↓	0.528 ↓
產電效率	※				

(↑：持續上升 ↓：持續下降 ※：效果佳)

從表一各種不同水果產電成效紀錄中可獲致以下的結論：

1. 檸檬產生電流最大，蘋果最小，與酸鹼值成正相關。
2. 五種水果產生的電壓都在 0.5V 以上，與酸鹼值並無相關。
3. 實驗過後原本已磨亮的鋁片顏色在接觸水果處變的較暗沈，但銅片卻變亮，顯然金屬片與水果產生交互作用時，兩種金屬的反應並不相同。

## 二、探討各種不同電解液的產電成效。

從南一版六上自然與生活科技課本—鋼棉生鏽實驗中得知酸性與鹽分最能使鋼棉生鏽。且在水果電池中鋁片也有「酸性越強，產電效果越好」的現象。從中得到啓示，利用檸檬酸及鹽調製最適合比例之電解液。

### (一) 不同濃度檸檬酸水溶液與產電成效。

- 1、利用天平與注射筒以重量百分比，調製不同濃度的檸檬酸水溶液。
- 2、利用廣用試紙檢測檸檬酸水溶液酸鹼值。
- 3、銅片、鋁片彼此以二層化妝棉相隔。
- 4、以 2 號中藥罐（直徑 2.5cm 高度 5cm）裝溶液淹到金屬片 2/3 處。



(圖三) 不同濃度的檸檬酸水溶液



(圖四) 不同濃度的鹽水

表二、不同濃度檸檬酸水溶液與產電成效紀錄。

檸檬酸濃度	10%	20%	30%	飽和
電流電壓				
酸鹼值	1	1	1	1
第一次電流 (mA)	4 ↓	5 ↓	7 ↓	9 ↓
第二次電流 (mA)	3 ↓	3 ↓	4 ↓	6 ↓

第一次電壓 (V)	0.43 ↑	0.43 ↑	0.47 ↑	0.45 ↑
第二次電壓 (V)	0.48 ↑	0.46 ↑	0.46 ↑	0.48 ↑
平均電流 (mA)	3.5 ↓	4 ↓	5.5 ↓	7.5 ↓
平均電壓 (V)	0.45 ↑	0.45 ↑	0.47 ↑	0.47 ↑
產電效率				※

從表二不同濃度檸檬酸水溶液與產電成效紀錄得知：

1. 酸鹼值並不隨著檸檬酸水溶液濃度不同而改變，這與喝飲料時濃度越高越酸的感覺並不一樣。
2. 產生的電流量與檸檬酸水溶液濃度成正相關，濃度越高產生電流越大。
3. 產生的電壓與檸檬酸水溶液濃度無明顯相關，各種水溶液濃度產生電壓大致相同。
4. 電壓與酸鹼值均不隨濃度改變，電壓與水溶液成分有關與濃度無關。

(二) 探討不同濃度鹽水產電成效。

- 1、利用天平與注射筒以重量百分比，調製不同濃度的食鹽水溶液。
- 2、利用廣用試紙檢測食鹽水溶液酸鹼值。
- 3、銅片、鋁片彼此以二層化妝棉相隔。
- 4、以 2 號中藥罐裝溶液淹到金屬片 2/3 處。

表三、不同濃度鹽水產電成效紀錄。

鹽水濃度	10%	20%	30%	飽和
電流電壓				
酸鹼值	7	7	×	7
第一次電流 (mA)	4 ↓	4 ↓	×	5 ↓
第二次電流 (mA)	3 ↓	3 ↓	×	5 ↓
第一次電壓 (V)	0.45 ↑	0.47 ↑	×	0.45 ↑
第二次電壓 (V)	0.48 ↑	0.44 ↑	×	0.43 ↑
平均電流 (mA)	3.5 ↓	3.5 ↓	×	5 ↓
平均電壓 (V)	0.47 ↑	0.46 ↑	×	0.44 ↑
產電效率				※

從表三不同濃度鹽水產電成效紀錄表可獲致以下結論：

1. 不同濃度鹽水酸鹼值均呈現中性。
2. 鹽水無法調出濃度為 30%，即呈現飽和狀態，故鹽水的飽和度在 20%以上 30%以下。
3. 產生的電流量與鹽水濃度成正相關，濃度越高產生電流越大。
4. 產生的電壓與鹽水濃度無明顯相關，各種濃度鹽水產生電壓大致相同。此結果與之前結論 4「電壓與水溶液成分有關，與水溶液濃度無關」相呼應。

(三)、探討不同比例之飽和檸檬酸水與鹽水混合產電成效。

1. 檸檬酸水與鹽水均調製成飽和狀態。
2. 按檸檬酸水：鹽水以純鹽水、1：4、1：3、1：2、1：1、2：1、3：1、4：1、純檸檬酸水的比例調製 50cc 備用。
3. 利用廣用試紙檢測水溶液酸鹼值。
4. 銅片、鋁片彼此以二層化妝棉相隔。
5. 以 2 號中藥罐裝溶液淹到金屬片 2/3 處。



(圖五) 飽和檸檬酸水與鹽水混合



(圖六) 銅—鋁片測電

表四、不同比例之飽和檸檬酸水與鹽水混合產電成效紀錄。

檸檬酸水：鹽水	純鹽	1：4	1：3	1：2	1：1	2：1	3：1	4：1	純酸
電流電壓									
酸鹼值	7	1	1	1	1	1	1	1	1
第一次電流(mA)	11 ↓	11 ↓	11 ↓	11 ↓	10 ↓	6 ↑	5 ↓	6 ↓	3 ↓
第二次電流(mA)	11 ↓	9 ↓	9 ↓	9 ↓	8 ↓	6 ↓	6 ↓	5 ↓	2 ↓

第一次電壓 (V)	0.47 ↑	0.49 ↑	0.46 ↑	0.47 ↑	0.53-	0.4 ↑	0.7 ↑	0.47 ↑	0.52 ↑
第二次電壓 (V)	0.5 ↑	0.46 ↑	0.45 ↑	0.45 ↑	0.47 ↑	0.48 ↑	0.5 ↑	0.45 ↑	0.45 ↑
平均電流 (mA)	11	10	10	10	9	6	5.5	5.5	2.5
平均電壓 (V)	0.485	0.475	0.455	0.46	0.5	0.44	0.6	0.46	0.49
產電效率	※	※	※	※	※				

從表四、不同比例之飽和檸檬酸水與鹽水混合產電成效紀錄可獲致以下結論：

1. 電流量大小與水溶液的鹽分成正相關，鹽分越高產生電流量越大。純鹽水產電約 11mA 最高。
2. 檸檬酸水與鹽水比例為 3：1 時，其產生電壓較高約 0.6V，但與其他比例之水溶液差距不大。
3. 飽和鹽水是自製電池的良好電解液。

### 三、探討不同正極、負極材料的產電效率。

從解剖碳鋅電池中發現，電池產生電流的物質是金屬的鋅（負極）和非金屬的碳棒（正極），彼此之間夾著黑色黏稠固形物。所以我們朝向利用金屬與非金屬，製作電池材料。

（一）不同金屬材料與碳鋅電池碳棒作用產電成效探討。

- 1、利用碳鋅電池碳棒作為正極材料。
- 2、以銅、鐵、鋁，三種較容易取得的金屬片作負極材料；使用前以砂紙打磨
- 3、以飽鹽水作電解液。

表五、不同正極、負極材料的產電成效紀錄。

電池材料	銅片+碳棒	鐵片+碳棒	鋁片+碳棒
電流電壓			
金屬片規格 (cm)	5×8	5×8	5×8
第一次電流 (mA)	0.18	0.11	0.23
第二次電流 (mA)	0.16	0.09	0.23
第一次電壓 (V)	0.89	0.68	1.157
第二次電壓 (V)	0.72	0.78	0.64
平均電流 (mA)	0.17	0.10	0.23

平均電壓 (V)	0.81	0.73	0.899
產電效果			※

從表五不同正極、負極材料的產電成效紀錄可以下得知：

1. 銅、鐵、鋁三種金屬以鋁片表表現最佳，銅片其次。鋁片容易取得，應是製作電池的好材料。
  2. 產電成效以鋁片+碳棒效果較佳。
- (二) 各種不同碳棒材料產電成效比較。
- 1、利用鋁片作為負極材料。
  - 2、以飽鹽水作電解液。
  - 3、碳棒材料盡量加工至大小接近。



表六、不同碳棒材料與產電成效紀錄。

檸檬酸濃度 電流電壓	炭筆	備長碳	電池碳棒
導電測試	×	○	○
直徑粗細	0.7	0.3	0.3
第一次電流 (mA)	×	19 ↓	0.23
第二次電流 (mA)	×	15 ↓	0.23
第一次電壓 (V)	×	1.153	1.157 ↑
第二次電壓 (V)	×	1.041 ↑	0.64

平均電流 (mA)	×	17	0.23
平均電壓 (V)	×	1.097	0.899
產電效果		※	

(○代表可行 X代表不可行)

從表六不同碳棒材料與產電成效紀錄可獲致以下結論：

1. 同為碳成分的材料炭筆導電性不佳，亦不能產生電流。
2. 直徑 0.3cm 備長碳與直徑 0.3cm 電池碳棒均可導電並產生電流，但備長碳產生的電流與電壓遠遠高過碳鋅電池的碳棒。
3. 備長碳質地堅硬不容易加工，自製電池的正極採用備長碳時應尋找適當粗細不必加工的備長碳較適宜。

(三) 不同粗細備長碳產電成效比較。

- 1、利用鋁片作為負極材料。
- 2、以飽和鹽水作電解液。
- 3、備長碳以打磨方式加工處理為粗、中、細三種。



(圖八) 不同粗細備長碳



(圖九) 粗備長碳產電測量

表七、不同粗細備長碳與產電成效紀錄。

備長碳型態 電流電壓	粗備長碳	中備長碳	細備長碳
導電測試	○	○	○
直徑粗細	1.5cm	1cm	0.5cm

第一次電流 (mA)	63 ↓	48 ↓	21 ↓
第二次電流 (mA)	54 ↓	50 ↓	19 ↓
第一次電壓 (V)	0.923	0.927	0.946
第二次電壓 (V)	0.978	0.992	0.946
平均電流 (mA)	67.5	49	19.5
平均電壓 (V)	0.951	0.96	0.946
產電效果	※		

從表七不同粗細備長碳與產電成效紀錄可以得知：

1. 電流量大小與備長碳粗細成正相關，備長碳越粗產生的電流越大，備長碳越細產生電流量越小。
2. 電壓大小與備長碳粗細並無相關，備長碳、粗細產生電壓越差距不大。
3. 同樣長度下，備長碳越粗產生的電流越大，應與接觸電解液的面積有關。

(四) 備長碳重複使用與產電成效比較。

- 1、利用鋁片作為負極材料。
- 2、以飽和鹽水作電解液。
- 3、以直徑 1.5cm 粗備長碳作正極。
- 4、備長碳使用後以清水沖洗擦拭乾淨並目視檢查外觀有無變化。

表八、備長碳重複使用與產電成效紀錄。

備長碳型態 電流電壓	使用一次	重複使用二次	重複使用三次
第一次電流 (mA)	68 ↓	69 ↓	71 ↓
第二次電流 (mA)	65 ↓	66 ↓	66 ↓
第一次電壓 (V)	0.911	0.927	0.937
第二次電壓 (V)	0.978	0.945	0.946
平均電流 (mA)	66.5	67.5	68.5
平均電壓 (V)	0.945	0.936	0.942
產電效果	※	※	※

從表八備長碳重複使用與產電成效紀錄可獲致以下結論：

1. 備長碳使用過後並不像鋁箔顏色變暗，在外觀上沒有顯著改變。
2. 電流量大小並未隨備長碳重複使用次數有顯著的改變。
3. 電壓大小並未隨備長碳重複使用次數有顯著的改變。
4. 綜觀以上，備長碳使用過後只要以清水沖洗並擦拭乾淨應可重複使用。

#### 四、探討自製電池的產電成效。

綜觀以上實驗結果，我們大致可以或得以下推論：

- (一) 電池正極以粗備長碳做為材料較佳。
- (二) 備長碳越粗與鋁片表面積越大越好（接觸電解液化妝棉的面積越大越好）。
- (三) 備長碳可清洗乾淨曬乾後重複使用。
- (四) 鋁片反應之後變得沒有光澤，且有腐蝕現象，重複使用時需以砂紙徹底拋光。

從解剖碳鋅電池中發現，電池產電的物質是金屬的鋅（負極）和非金屬的碳棒（正極），彼此之間夾著黑色黏稠固形物。所以我們朝向利用金屬鋁與非金屬的備長碳製作電池材料。

##### (一) 不同體積的自製電池產電成效探究。

- 1、利用 30x5cm 鋁箔紙，作為負極。
- 2、以直徑 1.5cm 之粗備長碳作正極，高度略高於電解液。
- 3、以 1、2、3 號中藥罐做為電池外殼。
- 4、碳棒與鋁箔紙之間以化妝棉隔開。
- 5、以飽和鹽水作電解液。



(圖十) 1、2、3 號中藥罐電池



(圖十一) 直接接觸測量

表九、不同體積的自製電池產電成效紀錄。

電池盒形式 電流電壓	3 號中藥罐（大）	2 號中藥罐（中）	1 號中藥罐（小）
直徑	3	2.5	2
高度	6	6	5
第一次電流（mA）	66 ↓	67 ↓	40
第二次電流（mA）	61 ↓	65 ↓	41 ↓
第一次電壓（V）	0.947	0.878	0.837
第二次電壓（V）	0.842	0.885	0.815
平均電流（mA）	64.5	66	40.5
平均電壓（V）	0.894	0.881	0.826
產電效果	※	※	

從表九不同體積的自製電池產電成效紀錄可獲致以下結論：

1. 電流量大小以 2 號中藥罐（中）最佳，3 號中藥罐（大）次之，但兩者差距不大；1 號中藥罐（小）最小。
2. 電壓大小並未隨中藥罐大小有顯著的改變。
3. 2 號中藥罐（中）、3 號中藥罐（大）高度一樣，產電效果也很接近。故產生電量應與電解液與金屬片接觸面積有正相關，與電解液的多寡無太大關連。
4. 2 號中藥罐（中）體積與重量均符合縮小體積而產電效果不變的要求。

（二）鋁箔紙的大小與產電成效探究。

- 1、利用 20×5cm、40×5cm、60×5cm 鋁箔紙，作為負極。
- 2、以直徑 1.5cm 之粗備長碳作正極，高度略高於瓶口，方便連接導線。
- 3、以 1 號中藥罐做為電池外殼。
- 4、碳棒與鋁箔紙之間以化妝棉隔開。
- 5、以飽和鹽水作電解液。

表十、鋁箔紙的大小與產電成效紀錄。

鋁箔紙 電流電壓	鋁箔紙小(20×5cm)	鋁箔紙中(40×5cm)	鋁箔紙大(60×5cm)
第一次電流(mA)	61	69	71
第二次電流(mA)	57	67	63
第一次電壓(V)	0.83	0.915	0.865
第二次電壓(V)	0.894	0.86	0.83
平均電流(mA)	59	68	67
平均電壓(V)	0.862	0.887	0.847
產電效果		※	※

從表十鋁箔紙的大小與產電成效紀錄可獲致以下結論：

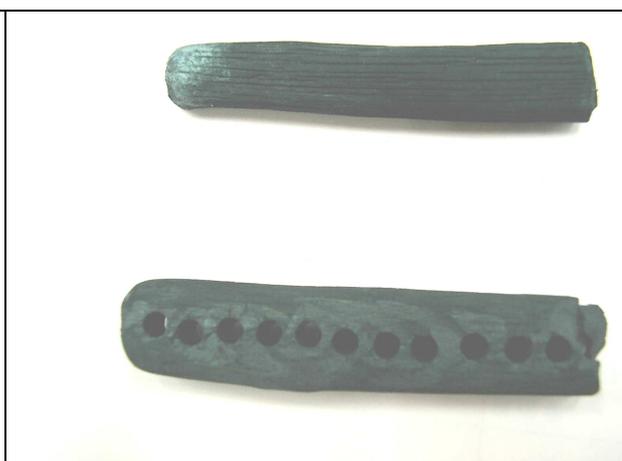
1. 電流的產生以小鋁箔紙(20×5cm)效果較差，但中鋁箔紙(40×5cm)與大鋁箔紙(60×5cm)產生的電流相當接近。
2. 電壓的產生與鋁箔紙大小無關，三者相當接近無顯著變化。
3. 鋁箔紙長短雖不同，但捲起來後，與化妝棉接觸面積卻相同。所以產電成效三者差異不大，此現象可以解釋為「產電成效與鋁箔接觸面積有關；與厚度無關」。

(三) 同體積不同面積備長碳產電成效探討。

- 1、利用鑽孔機將備長碳打洞，以增加表面積。
- 2、以鋁箔紙(30×5cm)作為負極。
- 3、以2號中藥罐做為電池外殼。
- 4、碳棒與鋁箔紙之間以化妝棉隔開。
- 5、以飽和鹽水作電解液。



(圖十二) 以鑽孔機將備長碳打洞



(圖十三) 孔洞型備長碳與一般備長碳

表十一、同體積不同面積備長碳產電成效紀錄。

備長碳形式 電流電壓	孔洞型備長碳	備長碳
第一次電流 (mA)	43.2 ↓	80.2 ↓
第二次電流 (mA)	33 ↓	65 ↓
第一次電壓 (V)	0.843	1.034 ↑
第二次電壓 (V)	0.667 ↑	1.078
平均電流 (mA)	38.1	72.1
平均電壓 (V)	0.755	1.056
產電效果		※

從表十一同體積不同面積備長碳產電成效紀錄可獲致以下結論：

1. 孔洞型備長碳雖然表面積增加，但電流及電壓卻反而下降，與預期結果相反。
2. 前三-(二) 備長碳粗細與產電成效探討結論---備長碳越粗產電量越大。但我們增加其表面積卻不見電流加大，研判可能因鑽洞破壞結構，導電性變差的緣故。
3. 備長碳產電效果遠優於孔洞型備長碳，所以製作電池應以正常的備長碳較佳。

(四) 乾式電池與濕式電池產電成效探討。

- 1、以鋁箔紙 (30x5cm) 作為負極。

- 2、以 1 號中藥罐做為電池外殼。
- 3、碳棒與鋁箔紙之間以化妝棉隔開。
- 4、以飽和鹽水作電解液。
- 5、乾式電池採吸取飽和鹽水方式；濕式電池採浸泡飽和鹽水方式。

表十二、乾式電池與濕式電池產電成效紀錄。

電池型式 電流電壓	乾式電池	濕式電池
第一次電流 (mA)	35 ↓	38 ↓
第二次電流 (mA)	34 ↓	45 ↓
第一次電壓 (V)	0.949	0.89
第二次電壓 (V)	0.909 ↑	0.923
平均電流 (mA)	34.5	41.5
平均電壓 (V)	0.929	0.906
產電效果		※

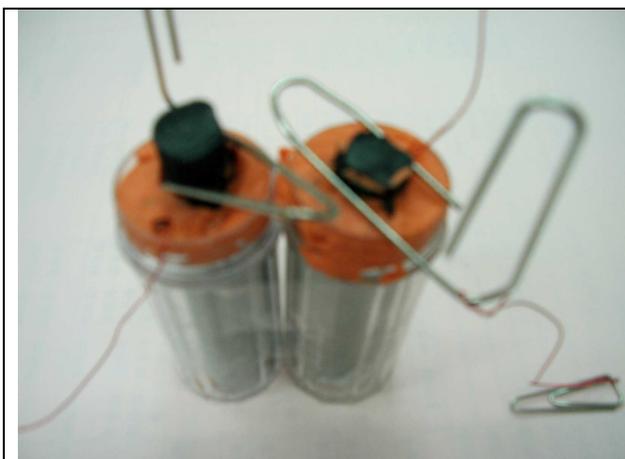
從表十二乾式電池與濕式電池產電成效紀錄可獲致以下結論：

1. 產生電流以濕式電池較佳。
2. 產生電壓時，乾式與濕式電池兩者並沒有顯著的差別。

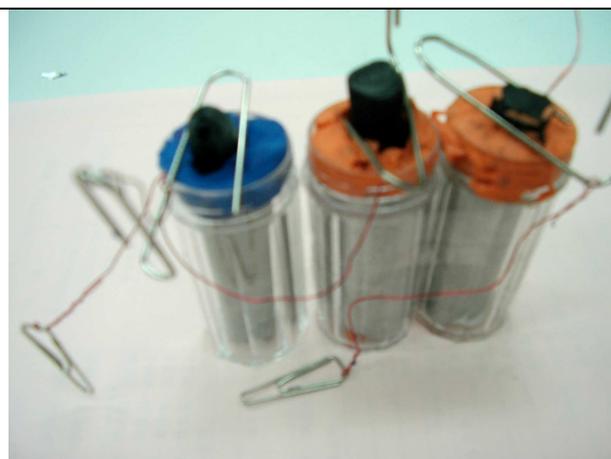
自製電池時應採用浸泡食鹽水的濕式電池方式。

#### (五) 自製電池產電成效探討。

- 1、實驗發現鋁箔紙容易破損不適合連接導線，自製電池以鋁片（8x5cm）作為負極較恰當。
- 2、以 2 號中藥罐（直徑 2.5 cm 高度 6 cm）做為電池外殼較適中。
- 3、碳棒與鋁箔紙之間以化妝棉隔開。
- 4、以飽和鹽水作電解液。
- 5、以漆包線作為導線；迴紋針做為接頭。
- 6、電池上端以油土封住以防止電解液流出。
- 7、作用時會有氣泡產生，上端留兩個通氣孔。



(圖十四) 以迴紋針為接點，漆包線為導線



(圖十五) 串聯三顆電池

表十三、自製電池產電成效紀錄。

電池型式	一顆電池	串聯二顆電池	串聯三顆電池
電流電壓			
第一次電流 (mA)	72	121	162
第二次電流 (mA)	67	107	143
第一次電壓 (V)	1.02	1.656	2.54
第二次電壓 (V)	0.93	1.48	2.13
平均電流 (mA)	69.5	114	152.5
平均電壓 (V)	0.975	1.568	2.335
能否驅動馬達	※	※	※

從表十三自製電池產電成效紀錄知道：

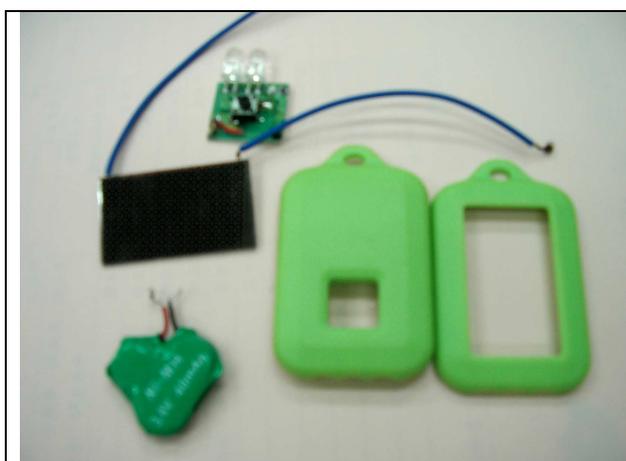
1. 自製電池串聯越多產生電流電壓越高。
2. 串聯電池時，產生電流電壓並未依串聯電池個數呈倍數增加，此與我們理論上的認知略有不同。
3. 無論串聯與否，自製電池均足以驅動馬達。

## 五、自製電池在太陽能車的應用。

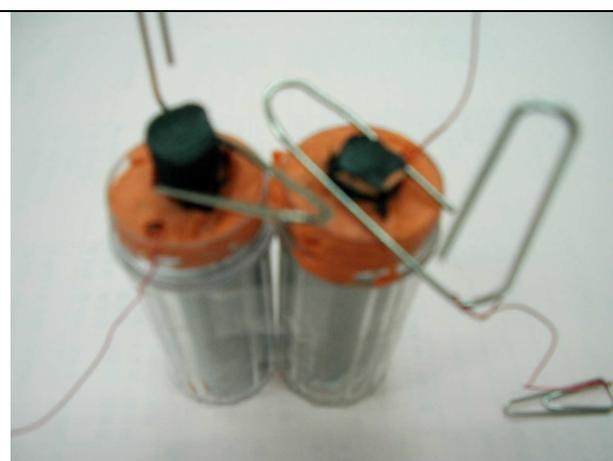
(一) 自製電池與太陽能手電筒蓄電池、碳鋅電池的產電成效探討。

- 1、拆解市售太陽能手電筒藉以獲得能板及蓄電池。
- 2、取一般環保碳鋅電池做比較。
- 3、自製鹽水電池串聯二顆。

- 4、以碼錶記錄時間。
- 5、每分鐘取前 10 秒為單位，讀出車輪轉動的圈數。
- 6、觀察記錄太陽能車車輪持續轉動時間，直到轉速低於每 10 秒 5 圈以下。



(圖十六) 手電筒蓄電池與太陽能板



(圖十七) 自製電池串聯二顆

表十四、自製電池與太陽能手電筒蓄電池、碳鋅電池的產電成紀錄。

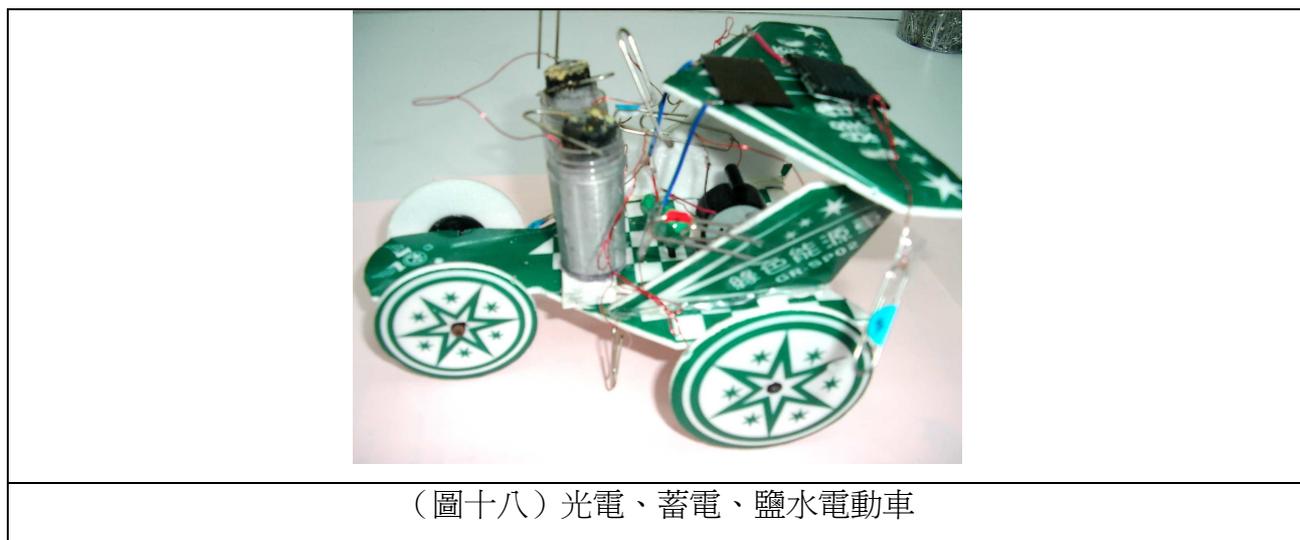
電池種類	手電筒蓄電池	自製電池串聯二顆	碳鋅電池
電流電壓			
電流 (mA)	294.4	114	152.5
電壓 (V)	3.22	1.568	1.614
驅動太陽能車馬達	※	※	※
太陽能車輪轉速 (圈/10 秒)	58	32	40
持續運轉時間 (>5 圈/10 秒) (分)	183	83	121

從表十四自製電池與太陽能手電筒蓄電池、碳鋅電池的產電成紀錄可獲致以下結論：

1. 手電筒蓄電池的電流及電壓最高，使太陽能車馬達運轉時間最長、速度最快。
2. 碳鋅電池可使太陽能車馬達持續運轉 121 分鐘（每 10 秒轉 5 圈以上）。
3. 自製電池串聯二顆也能驅動太陽能車馬達（每 10 秒轉 5 圈以上）達到 83 分之久但略遜於碳鋅電池。
4. 無論串聯與否，自製鹽水電池均能驅動馬達，足以證明自製鹽水電池為小體積、有效率、低成本之環保電池。

(二) 製作光電、蓄電、鹽水電動車。

- 1、以市售太陽能車為車體並裝置太陽能板及馬達。
- 2、以太陽能車的原太陽能板做第一動力來源。
- 3、以太陽能手電筒的蓄電池做第二動力來源。
- 4、以串聯二顆自製電池做第三動力來源。
- 5、以漆包線做導線，迴紋針做接點，正極貼上紅色貼紙、負極貼上藍色貼紙。
- 6、改變接點可以選擇第一動力來源、第二動力來源或第三動力來源。



表十五、光電、蓄電、鹽水電動車功能記錄。

功能 \ 鹽水	太陽能車能板	手電筒能板	自製電池串聯二顆	碳鋅電池
太陽下電流 (mA)	67.6	4.11	114	152.5
太陽下電壓 (V)	1.67	2.52	1.568	1.614
室內燈光下電流 (mA)	0.21	0.17		
室內燈光下電壓 (V)	0.91	1.27		
太陽下驅動馬達	○	×	○	○
室內燈光下驅動馬達	×	×	○	○
太陽能車輪轉速 (圈/10 秒)	24	48 (蓄電池)	32	40
持續運轉時間 (>5 圈/10 秒) (分)	無限	183 (蓄電池)	83	121

從表十五、電、蓄電、鹽水電動車功能記錄可獲致以下結論：

1. 太陽能車能板、自製電池、碳鋅電池均能有效驅動馬達，但手電筒能板無論在陽光下或室內燈光均因電流量太少無法直接驅動，需配合充電電池使用。
2. 太陽能車能板在陽光下可以有效且無限的驅動馬達，但在室內燈光下則不行，此為其最大的缺點。
3. 手電筒能板在室內燈光下雖不足以驅動馬達卻可以使蓄電池充電，此為其最大優點。
4. 自製鹽水電池、碳鋅電池不受陽光限制，隨時可以驅動，具有方便性。
5. 綜觀各能板及電池的優缺點，去蕪存菁加以改良結合而成的光電、蓄電、鹽水電動車將符合環保、安全、方便、節能的條件。

## 伍、研究結果與討論

經完整而縝密的實驗驗證，研究者提出的結論論述如下：

- 一、水果電池中以酸性較強的檸檬產電效果較佳。
- 二、檸檬酸水溶液可作為電解液材料，但鹽水效果更好。兩者均呈現濃度越高產電效果越好。所以飽和食鹽水是最便宜、容易取得、環保電解液。
- 三、容易取得的金屬中以鋁的產電效果最好；鋁箔紙容易破損不利連接導線，自製電池的陽極（負極）以鋁片製作較佳。
- 四、非金屬導電體中備長碳產電效果優於碳鋅電池碳棒；自製電池的陰極（正極）以備長碳製作較佳。
- 五、產電成效與作用物質接觸面積有關，但與電解液的量並無太大關連。所以小罐子搭配粗備長碳可以達到維持電量、縮小電池體積的目的。
- 六、串聯兩顆自製電池（約 AA 電池大小）可以產生 1.6V 114mA 電力，能驅動太陽能車連續運轉 83 分鐘；大約與一顆市售電池相當。
- 七、利用太陽能車、充電式手電筒的太陽能板及蓄電系統結合，日夜均能行駛，成為全天候太陽能車。連結自製鹽水電池可在光電系統故障時，利用備用鹽水電池行駛，更是名符其實「全天候不虞電力中斷」的光電化學能車。

## 陸、檢討與建議

1. 傳統式的三用電錶需手動切換測定範圍，可是水果電池及自製電池的電壓及電流很小很不穩定，需採用自動式的電子三用電錶。
2. 在各種水溶液與鋁片的反應實驗時，過程中有氣泡產生。此氣泡與水溶液的酸鹼性質無關，似乎是鋁片與水反應所產生，新聞上經常可以看到電池爆炸的報導，不知與此氣泡有沒有關連，希望以後有機會朝此一方向研究。
3. 備長碳條大小不一，且品質不穩定，某些點甚至導電不良。實驗前需先測定其導電程度，盡量要求大小、形狀、導電程度一致。

## 柒、參考資料及其他

### 一、中文書籍

- 江德曜（民 75）。電的故事。臺北市：圖文。  
左卷健男（民 94）。愛上化學實驗課。臺北縣：世茂。  
林春暉（民 87）。電氣。臺北市：光復書局。  
許麗雯（民 84）。電—電流和電路。臺北市：文庫。  
黃惠良（民 85）。太陽能。臺北市：圖文。

### 二、網路資源

- 程明亮（無日期）。化學樂透機。民 99 年 12 月 11 日取自：  
<http://enjoy.phy.ntnu.edu.tw/mod/resource/view.php?id=8325>  
維基百科（無日期）。伏打電池。民 99 年 12 月 14 日取自  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BC%8F%E6%89%93%E9%9B%BB%E6%B1%A0>

## 【評語】 080813

本作品結合太陽能發電、儲蓄與自製電池，研究複合式能源在玩具車上的應用，實驗結果完整，過程符合科學精神，並發揮團隊精神，分工合作，實屬難得，惟主題的創意仍有加強進步的空間，請再接再厲，使作品更加創新更加深入。