

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

第三名

080204

動「池」凍「池」--水果電池

學校名稱：國立臺南大學附設實驗國民小學

作者： 小四 鄭 甯 小四 臧曼晴 小四 吳欣叡 小四 王宥臻	指導老師： 蔡岱芬 廖俊達
---	---------------------

關鍵詞：水果電池、果凍電池

摘要

本實驗中我們嘗試去探討各種影響水果電池效率的因素，如電解液的成分、濃度與溫度、電極種類、電極的間距、接觸面積、電池電路的連接方式等因素。經實驗後發現以下結果：一、當電解液的濃度或溫度增加，電池電流量會增強。二、當電極間的距離越近及電極接觸面積增加時，電池電流量增強。三、影響水果電池電功率最大因素為電極的金屬種類，實驗中以鎂鋁-銅作為電極的發電功效最好。四、將果汁製成果凍電池，可以微增電功率。接著我們試著利用在電子廢棄物回收廠，找到的銅箔基板廢料當正電極，廢筆電外殼的鎂鋁合金當負電極，製成的簡易電池模組可產生更佳的電功率，單組電池模組電壓值就達 1.66 V(電功率 86.33 mW)，串聯三組電池模組總電壓值可達 4.74 V(電功率 182.96 mW)，若串聯六組電池模組總電壓值更達 9.57 V(電功率 320.59 mW)，另簡易電池模組連接 3 V 直流馬達可使其運轉，因此，簡易型果凍電池可作為緊急時低功率電子產品之供電用途。

壹、研究動機



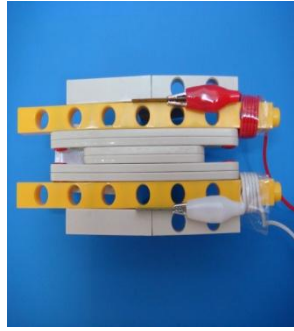

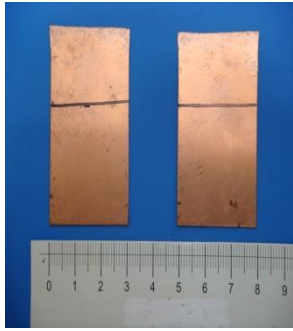
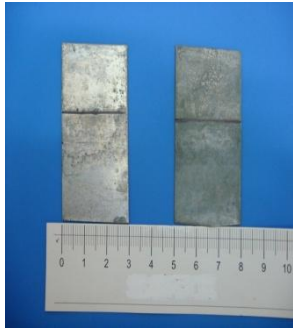
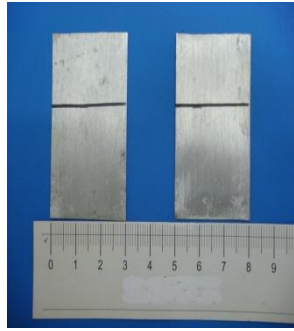
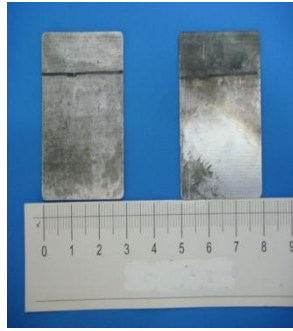







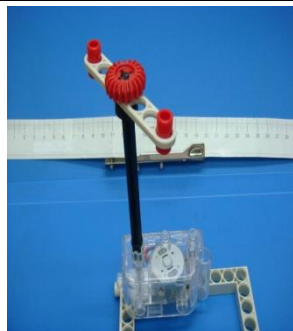
地球…我們的家快被人類製造的汙染所破壞，大人們嘴上說要做環保卻沒實際去執行，為了地球我們想用大家每雙小小的手來改變未來；在四年級上自然與生活科技「神奇電力」單元時，讓我們連想到綠能環保的水果電池，因此，決定去探討瞭解水果電池發電的奧秘，進而做出效能更好且實用的環保電池。在做實驗當中，聽到一首電音歌曲當中有「動彳、動彳」的歌詞，所以靈機一動決定將作品主題命名為「動」池、「凍」池—水果電池。

貳、研究目的

- 一、探討水果電池的發電原理。
- 二、探討影響水果電池發電功效的因素包括：
 - (一)找出最適合做為電解液的水果種類
 - (二)比較不同濃度之電解液所產生的電功率
 - (三)比較不同溫度之電解液所產生的電功率
 - (四)比較不同間距所產生的電功率
 - (五)比較不同接觸面積所產生的電功率
 - (六)比較不同金屬電極所產生的電功率
- 三、探討何種果凍粉製成的果凍電池效能最佳。
- 四、探討電路連接方式對果凍電池發電效能之影響。
- 五、探討利用回收電子廢棄物當電極製成簡易電池之功效。

參、研究設備及器材

			
檸檬	百香果	葡萄	奇異果
			
蕃茄	柳橙	鳳梨	洋菜條
			
吉利丁	吉利-T	寒天粉	果汁機
			
溫度計	電子磅秤	量杯	玻璃杯

			
電子式三用電表	鱷魚夾電線	樂高積木	廣用試紙
			
銅片 (3x5 cm)	鋅片 (3x5 cm)	鋁片 (3x5 cm)	鎂鋁片 (3x5 cm)
			
銅箔基板廢料	廢筆電鎂鋁金屬	塑膠圓形罐	PP 布丁杯
			
計時器	LED 燈	數位式電子時鐘	3 V 直流馬達

肆、研究過程及方法

一、探討水果電池的發電原理

- (一) 利用寒假期間到圖書館及書局，找尋有關水果電池發電的書籍，上網搜尋有關水果電池的相關資料，並以歷屆科展中有關水果電池的作品做作為實驗參考。

二、探討影響水果電池的不同因素

- (一) 找出最適合做為電解液的水果種類

1. 將檸檬、奇異果、百香果、柳橙、番茄、鳳梨、葡萄等水果之果肉用果汁機打成果汁備用，然後再以萬用試紙測量各種水果汁的酸鹼值。
2. 各種水果原汁以量杯量取200 mL倒入玻璃杯內，用樂高積木組合成的固定模組，以鋅片(3x5公分)當負極、銅片(3x5公分)當正極，電極深度固定為3公分，電極間距固定為4公分，然後將電極置入電解液內，再以三用電錶測量其電壓、電流並計算電功率(電壓值x電流值=電功率)。
3. 每個操縱變因都測量三次求其平均值，以降低實驗誤差。插入電極30秒後讀取數值，每次測量後均需將電極沖水、擦乾後再進行下一次測量。

- (二) 比較不同濃度之電解液所產生的電功率

1. 取前項實驗電功率最佳的水果，作為電池的電解液，取水果原汁再分別加入純水調配成濃度為100%、90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%、10%的果汁。
2. 各種濃度果汁以量杯量取200 mL倒入玻璃杯內，用樂高積木組合成的固定模組，以鋅片(3x5公分)當負極、銅片(3x5公分)當正極，電極深度固定為3公分，電極間距固定為4公分，然後將電極置入電解液內，再以三用電錶測量其電壓、電流並計算電功率(電壓值x電流值=電功率)。
3. 每個操縱變因都測量三次求其平均值，以降低實驗誤差。插入電極30秒後讀取數值，每次測量後均需將電極沖水、擦乾後再進行下一次測量。

(三) 比較不同溫度之電解液所產生的電功率

1. 用量杯量取檸檬果汁200 mL，再置於不銹鋼鍋內隔水加熱至所需之溫度，此次實驗共取0°C、20°C、40°C、50°C、60°C、70°C六種不同溫度的檸檬汁電解液作實驗樣本。
2. 用樂高積木組合成的固定模組，以鋅片(3×5公分)當負極、銅片(3×5公分)當正極，電極深度固定為3公分，電極間距固定為4公分，再以三用電錶測量其電壓、電流並計算電功率(電壓值×電流值=電功率)。
3. 每個操縱變因都測量三次求其平均值，以降低實驗誤差。插入電極30秒後讀取數值，每次測量後均需將電極沖水、擦乾後，再進行下一次測量。

(四) 比較不同間距所產生的電功率

1. 取檸檬原汁200 mL作為電池的電解液，用樂高積木組合成的固定模組，以鋅片(3×5公分)當負極、銅片(3×5公分)當正極，電極深度固定為3公分，電極間距調整為4公分、3公分、2公分、1公分四種間距，然後將不同間距的電極置入電解液內，再以三用電錶測量其電壓、電流並計算電功率(電壓值×電流值=電功率)。
2. 每個操縱變因都測量三次求其平均值，以降低實驗誤差。插入電極30秒後讀取數值，每次測量後均需將電極沖水、擦乾後，再進行下一次測量。

(五) 比較不同接觸面積所產生的電功率

1. 取檸檬原汁200 mL作為電池的電解液，用樂高積木組合成的固定模組，以鋅片當負極、銅片當正極，電極深度固定為3公分，電極間距固定為4公分，電極面積分為0.4×5公分一片(2 cm²)、3×5公分一片(15 cm²)、3×5公分二片(30 cm²)、3×5公分三片(45 cm²)共四組來測量其電壓、電流並計算電功率(電壓值×電流值=電功率)。
2. 每個操縱變因都測量三次求其平均值，以降低實驗誤差。插入電極30秒後讀取數值，每次測量後均需將電極沖水、擦乾後，再進行下一次測量。

(六) 比較不同金屬電極所產生的電功率

1. 取檸檬原汁200 mL作為電池的電解液，用樂高積木組合成的固定模組，分別取鋅-銅、鎂鋁-銅、鋁-銅三種金屬組合來作實驗，電極深度固定為3公分，電極間

距固定為4公分，電極面積固定為3×5公分，再以三用電錶測量其電壓、電流並計算電功率(電壓值×電流值=電功率)。

2. 每個操縱變因都測量三次求其平均值，以降低實驗誤差。插入電極30秒後讀取數值，每次測量後均需將電極沖水、擦乾後，再進行下一次測量。

三、探討何種果凍粉製成的果凍電池效能最佳

- (一) 將吉利丁、吉利T、洋菜條、寒天粉各取3公克，分別與200 mL的自來水放入不銹鋼鍋內加熱煮成4種果凍液備用，再分別以1：1比例倒入容器中與檸檬汁攪拌均勻，倒入PP布丁杯內靜置2小時後，並評估各種果凍粉凝固狀態之優劣。
- (二) 然後將各種果凍粉檸檬果凍以鋅片(3×5公分)當負極、銅片(3×5公分)當正極，電極深度固定為3公分，電極間距固定為2公分，再以三用電錶測量其電壓、電流並計算電功率，用以評估出何種果凍粉效能最好。
- (三) 每個操縱變因都測量三次求其平均值，以降低實驗誤差。插入電極30秒後讀取數值，每次測量後均需將電極沖水、擦乾後，再進行下一次測量。

四、探討電路連接方式對果凍電池發電效能之影響

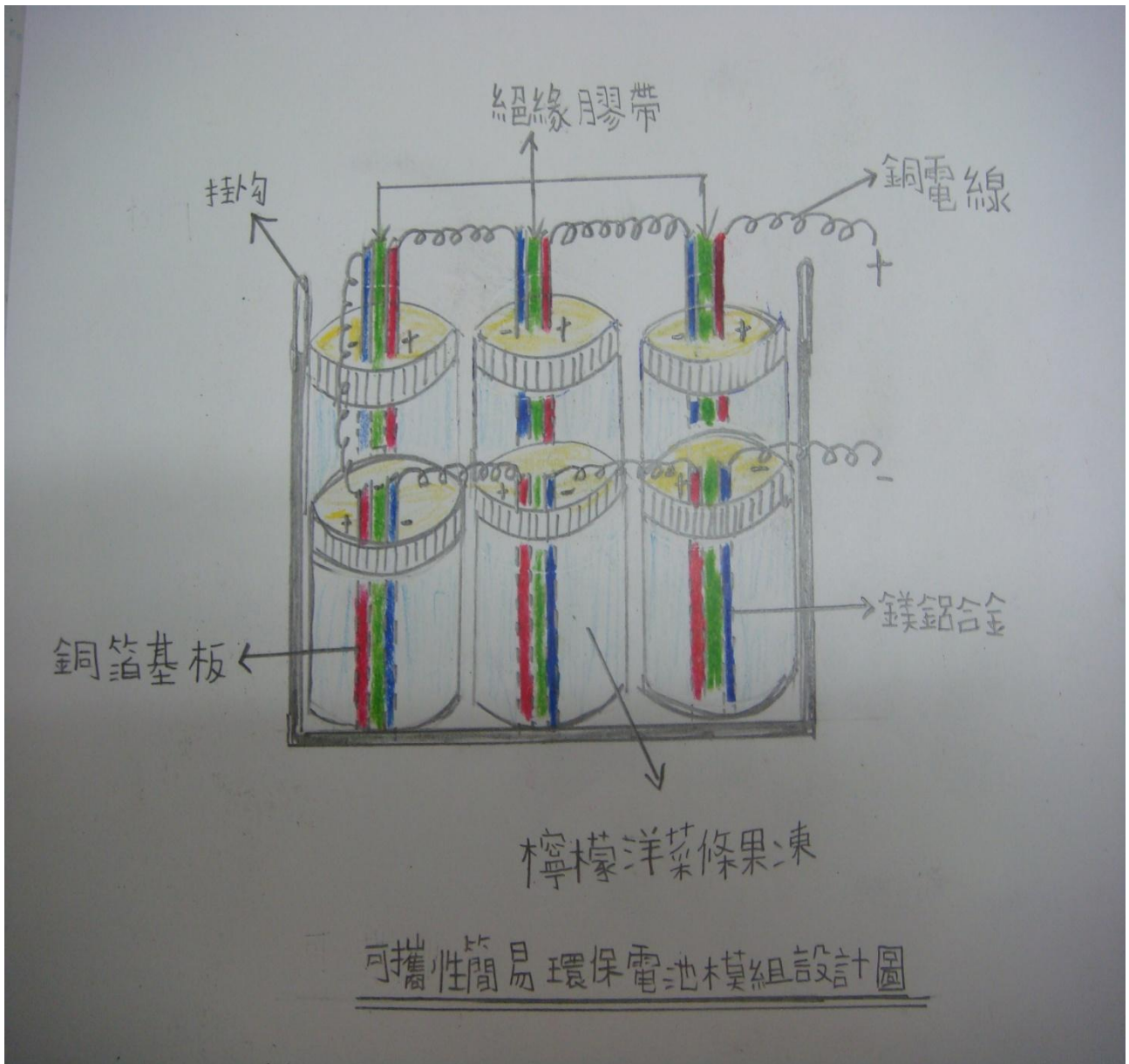
- (一) 取發電效能較佳的檸檬洋菜條果凍電池，來作分杯式串聯及並聯比較實驗。
- (二) 取檸檬果凍電池1~3個，以鎂鋁片(3×5公分)當負極、銅片(3×5公分)當正極，電極深度固定為3公分，電極間距固定為1公分，再分別以串聯及並聯電路測量其電壓、電流並計算電功率。測完電壓與電流後，再各與LED燈和數位式電子鐘連結觀察是否能使其運行。
- (三) 每個操縱變因都測量三次求平均值，以降低實驗誤差。插入電極30秒後讀取數值，每一次測量後均需將電極沖水、擦乾後，再進行下一次的測量。

五、探討利用回收電子廢棄物當電極製成簡易電池之功效

- (一) 台灣是電子業製造大國，卻是資源回收小國，回收電子廢棄物的再利用，不僅可增加稀貴資源的自給率，也能維持環境生態的永續發展。我們就一起去回收廠尋寶吧！
- (二) 我們在電子廢棄物回收廠尋找到的電子銅箔基板、筆電殼鎂鋁合金作為電極，取洋菜條檸檬果凍電池為樣本，以電子銅箔基板當正電極，筆電殼鎂鋁合金當負電

極，然後將電極插入檸檬果凍電池內，再以三用電錶測量其電壓、電流並計算電功率。然後再與鎂鋁-銅電池比較其發電功效，並評估是否可利用電子產品回收之金屬物質，設計出具環保性與可攜性環保電池的可能性？

(三) 可攜性簡易環保電池模組設計圖初稿：





用果汁機將水果打成汁液狀



選用七種酸性水果來作實驗樣本

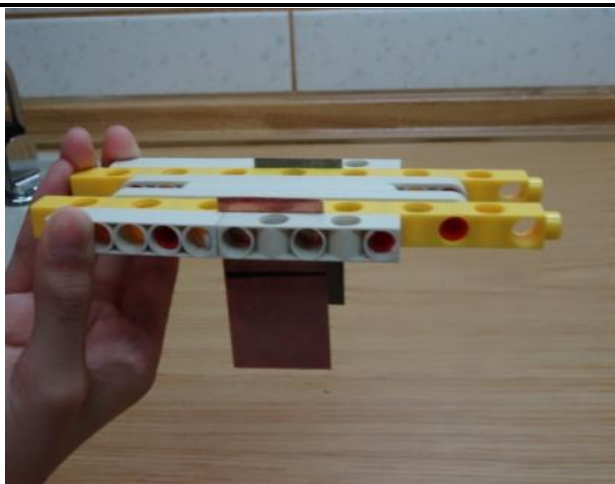
水果種類	廣用試紙顏色	PH 值
檸檬汁		3.0
奇異果汁		4.0
百香果汁		4.0
柳橙汁		5.0
蕃茄汁		4.5
葡萄汁		2.0
鳳梨汁		4.0

以廣用試紙測試各種水果汁的酸鹼值

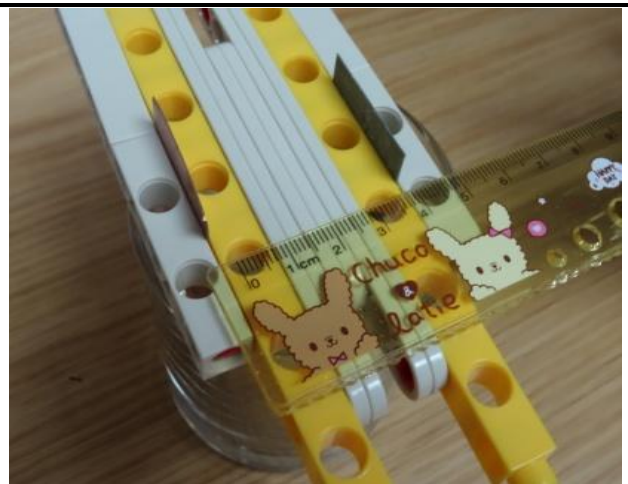
先以廣用試紙測量各種水果汁的酸鹼值



每一實驗樣本各量取 200 mL 作為電解液



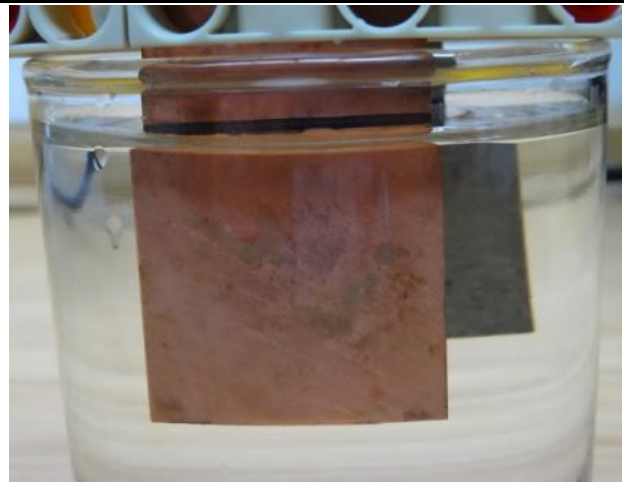
用樂高積木做成的電極固定模組



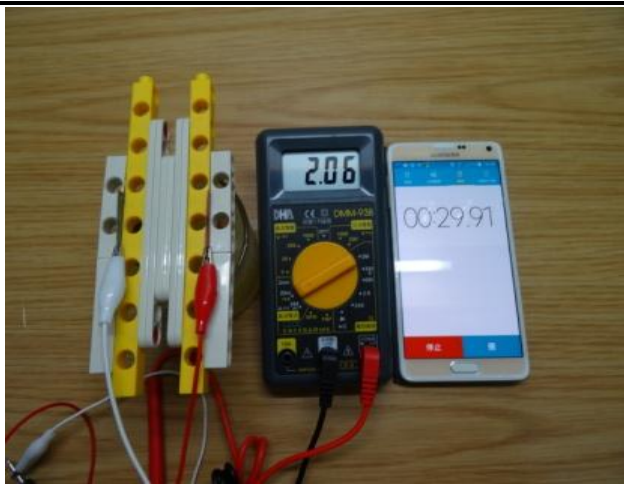
模組的電極間距固定為 4 公分



模組的電極插入深度固定為 3 公分



電極模組插入電解液的示意圖



插入電極 30 秒後再讀取三用電錶之數值



每次測量後均需將電極沖水擦乾，再進行下一次測量



電極模組也可插入溫度計來監視溫度變因



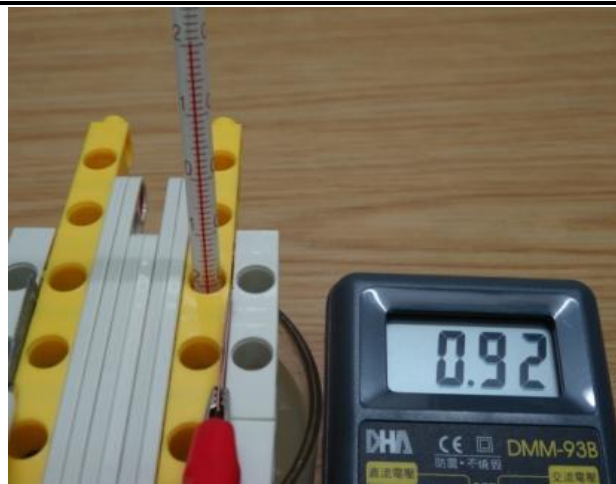
簡易式隔水加熱槽



當電解液 0°C時測量的電壓值(鋅-銅)



當電解液 0°C時測量的電流值(鋅-銅)



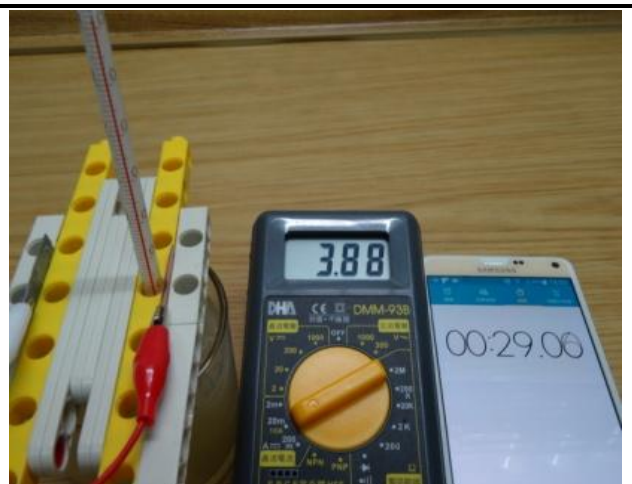
當電解液 20°C時測量的電壓值(鋅-銅)



當電解液 20°C時測量的電流值(鋅-銅)



當電解液 40°C時測量的電壓值(鋅-銅)



當電解液 40°C時測量的電流值(鋅-銅)



當電解液 50°C時測量的電壓值(鋅-銅)



當電解液 50°C時測量的電流值(鋅-銅)



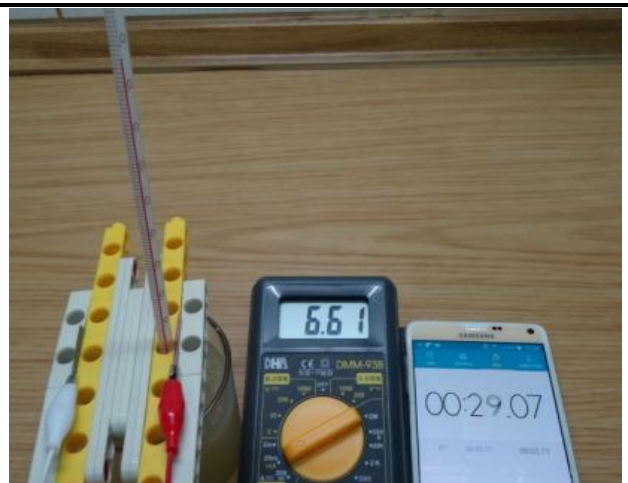
當電解液 60°C時測量的電壓值(鋅-銅)



當電解液 60°C時測量的電流值(鋅-銅)



當電解液 70°C時測量的電壓值(鋅-銅)



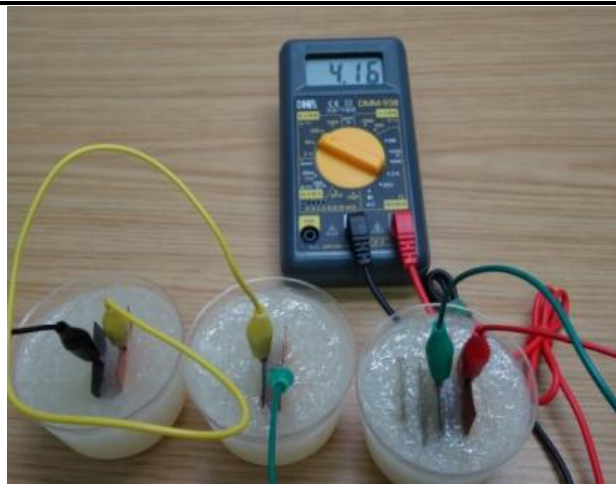
當電解液 70°C時測量的電流值(鋅-銅)



單一組鎂鋁-銅果凍電池電壓值可達 1.56 V



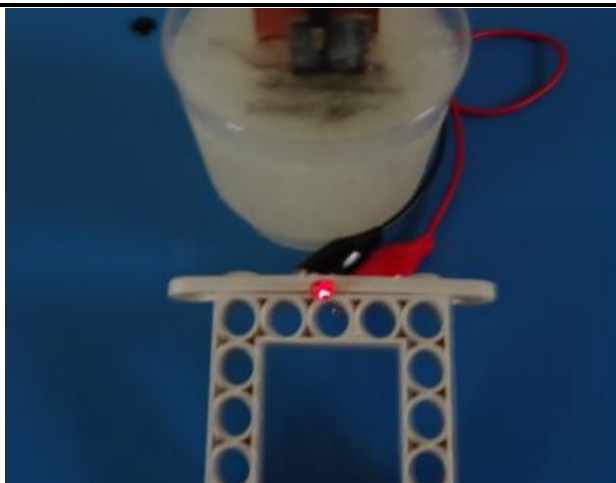
單一組鎂鋁-銅果凍電池電流值約 16.87 mA



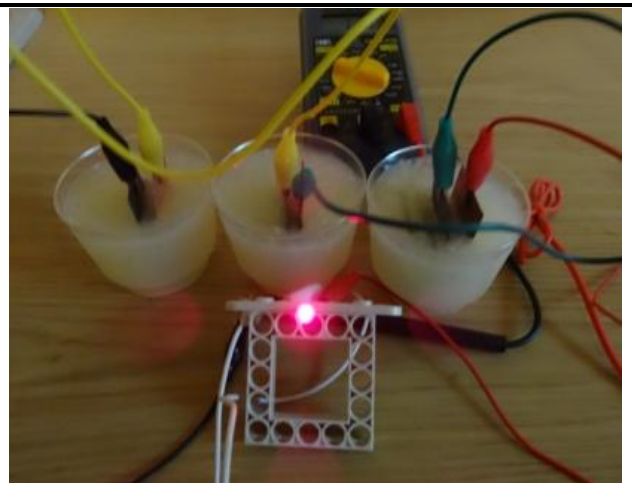
串聯三組鎂鋁-銅果凍電池電壓值可達 4.16 V



串聯三組鎂鋁-銅果凍電池電流值約 16.92 mA



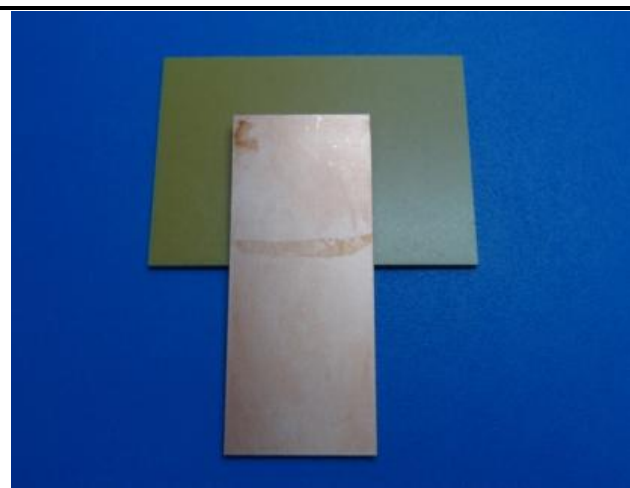
單一組鎂鋁-銅果凍電池即可使 LED 燈發光



串聯三組鎂鋁-銅果凍電池可使 LED 燈發光，亮度比單組更亮



試圖到電子廢棄物回收廠尋找可當電極的金屬



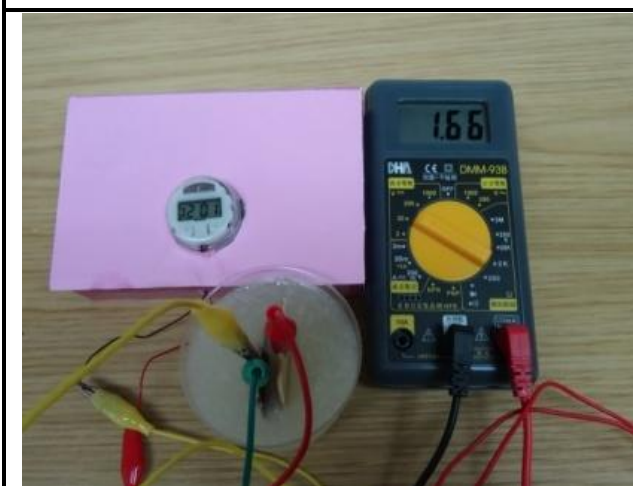
從電子廢棄物回收廠檢回的銅箔基板可當正極電極使用



從電子廢棄物回收廠檢回的鎂鋁合金



檢回後用砂紙將表面保護膜磨掉可當負極電極使用



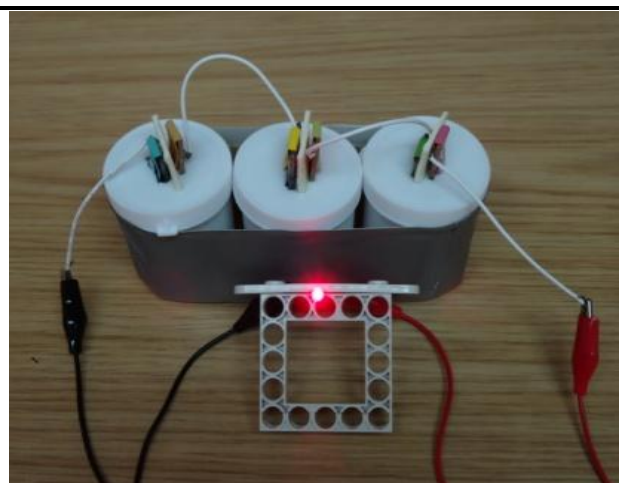
利用回收金屬當電極所做成的果凍電池，單組電池電壓值為 1.66 V，並可使電子時鐘運行



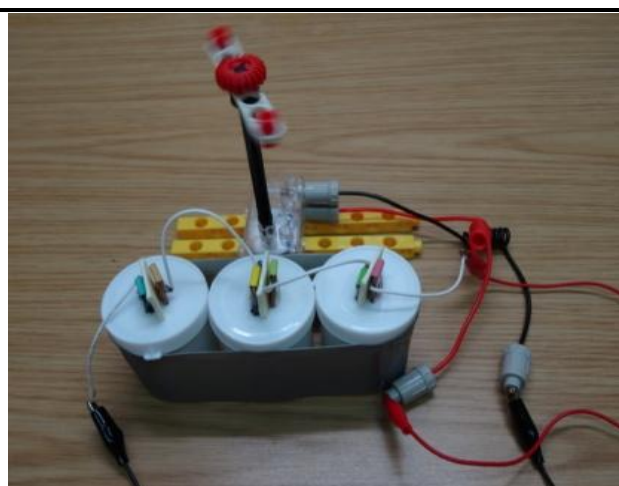
利用回收金屬當電極所做成的果凍電池，單組電池電流值為 42.5 mA



串聯三組簡易電池組電壓可達 4.74 V
(以回收銅箔基板—鎂鋁合金外殼當電極金屬)



串聯三組簡易電池組可使 LED 燈發光
(以回收銅箔基板—鎂鋁合金外殼當電極金屬)



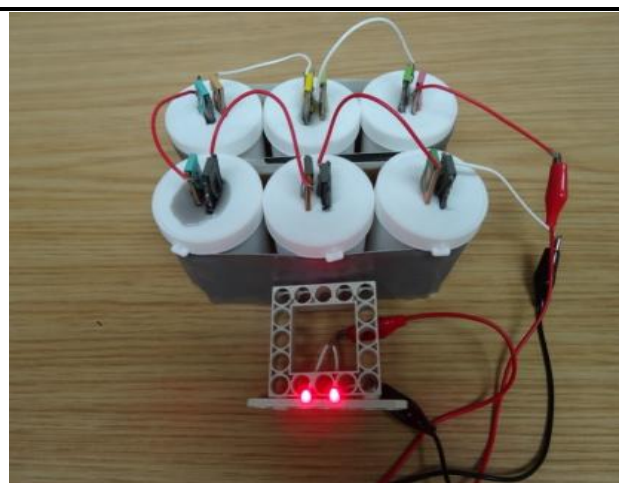
串聯三組簡易電池組可使 3 V 直流馬達運轉
(以回收銅箔基板—鎂鋁合金外殼當電極金屬)



串聯六組簡易電池組的側面照
(以回收銅箔基板—鎂鋁合金外殼當電極金屬)



串聯六組簡易電池組電壓可達 9.57 V
(以回收銅箔基板—鎂鋁合金外殼當電極金屬)



串聯六組簡易電池組可使 2 個 LED 燈發光
(以回收銅箔基板—鎂鋁合金外殼當電極金屬)

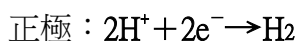
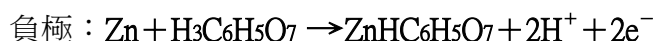
伍、研究結果

一、探討水果電池的發電原理

(一) 水果電池的發電原理

1. 水果電池發電的主要原理是因水果中含有檸檬酸、酒石酸等電解質，如果以活性大小不同的兩種金屬，如鋅和銅作為電極，活性較大的鋅此時當成負極，會釋放出電子，再經由外電路流到活性較小的銅(此時當成正極)，因此形成迴路發電。

2. 反應式如下：



二、探討影響水果電池的不同因素

(一) 找出最適合做為電解液的水果種類

表1.不同果汁酸鹼值、電壓、電流及電功率比較表

水果種類 項目	檸檬	奇異果	百香果	柳橙	蕃茄	鳳梨	葡萄
pH	3.0	4.0	4.0	5.0	4.5	4.0	2.0
電壓 (V)	0.91	0.86	0.87	0.91	0.90	0.98	0.95
電流 (mA)	2.67	1.96	1.81	1.31	1.86	1.59	1.81
電功率 (mW)	2.429	1.685	1.575	1.192	1.674	1.558	1.719

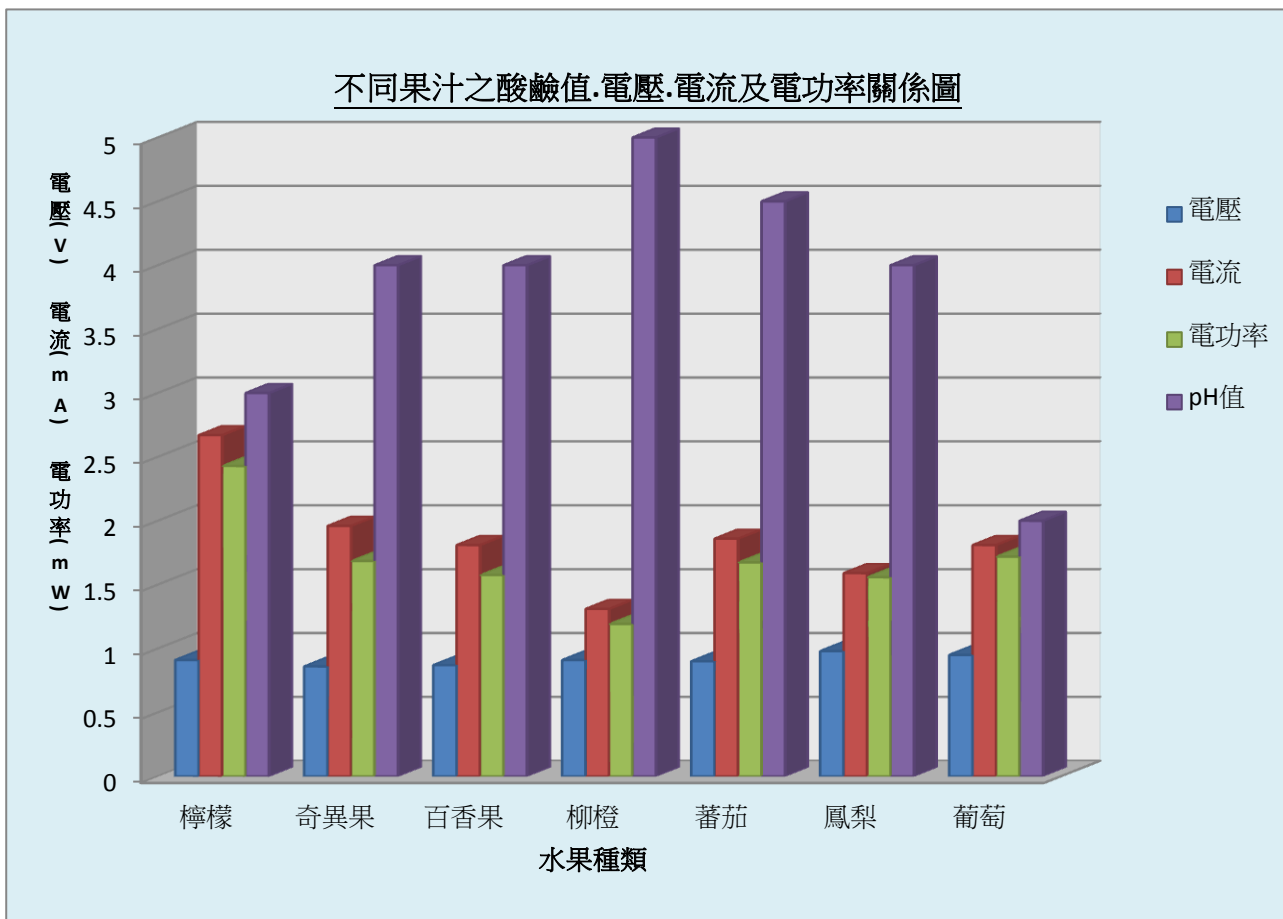


圖1.不同果汁之酸鹼值、電壓、電流及電功率比較圖

- 結果：
1. 電壓值：鳳梨 > 葡萄 > 檸檬 > 柳橙 > 蕃茄 > 百香果 > 奇異果。
 2. 電流值：檸檬 > 奇異果 > 蕃茄 > 葡萄 > 百香果 > 柳橙 > 鳳梨。
 3. 電功率：檸檬 > 葡萄 > 奇異果 > 蕃茄 > 百香果 > 鳳梨 > 柳橙。
 4. 不同果汁間的電壓值差異不大，而電流值差異性就較明顯。
 5. 果汁酸鹼值越低(酸)其電功率越好。
 6. 經評估取電功率最佳的**檸檬汁**為電解液作以下實驗的樣本。

(二) 比較不同濃度之電解液所產生的電功率

表 2.電解液濃度與電壓、電流及電功率關係表

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
檸檬汁(mL)	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20
純水(mL)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
電壓(V)	0.91	0.91	0.90	0.91	0.90	0.89	0.89	0.90	0.91	0.91
電流(mA)	2.67	2.81	2.80	2.86	2.75	2.59	2.44	2.20	2.16	1.96
電功率(mW)	2.43	2.56	2.52	2.57	2.48	2.33	2.17	1.98	1.97	1.78

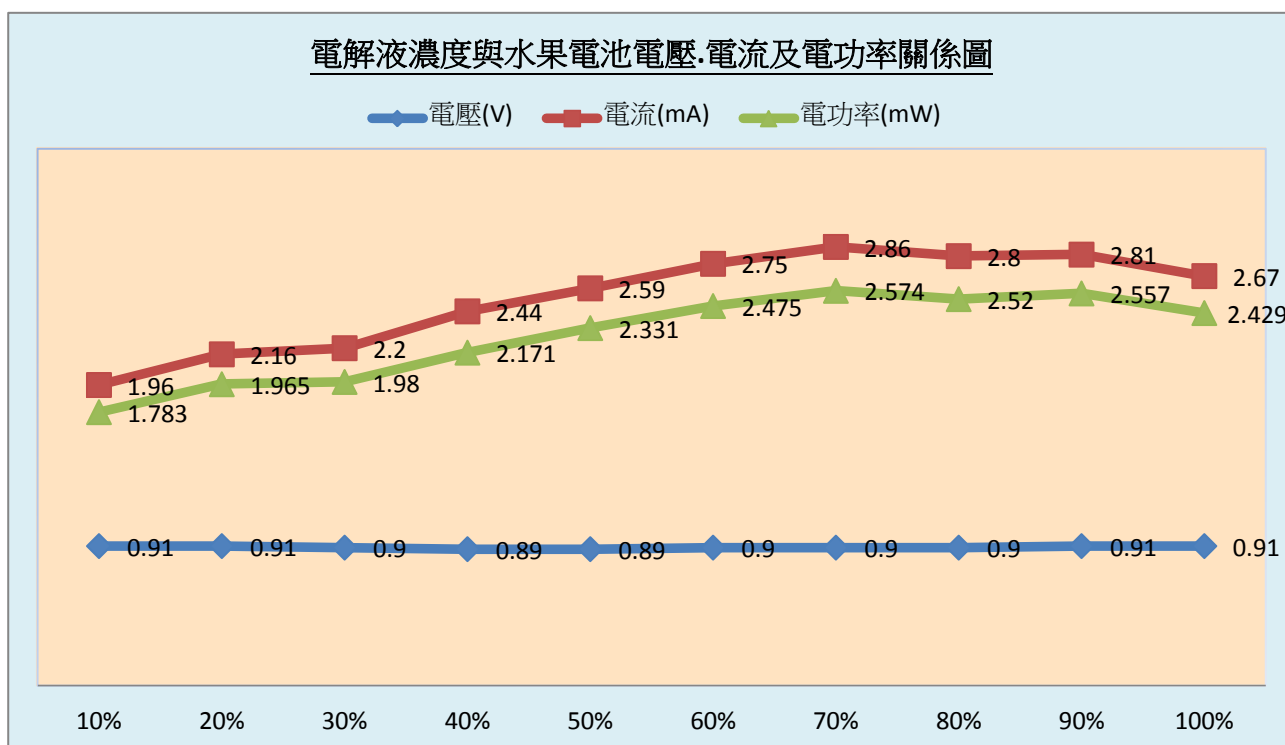


圖 2.電解液濃度與電壓、電流及電功率關係圖

結果：1. 經過測量電解液稀釋濃度在70%時電功率最佳。

2. 濃度影響電流值，對電壓值沒影響。

(三) 比較不同溫度之電解液所產生的電功率

表 3.電解液溫度與電壓、電流及電功率關係表

溫度	0°C	20°C	40°C	50°C	60°C	70°C
電壓(V)	0.90	0.92	0.90	0.90	0.91	0.89
電流(mA)	1.34	2.51	3.88	4.85	5.84	6.61
電功率(mW)	1.21	2.31	3.53	4.37	5.31	5.82

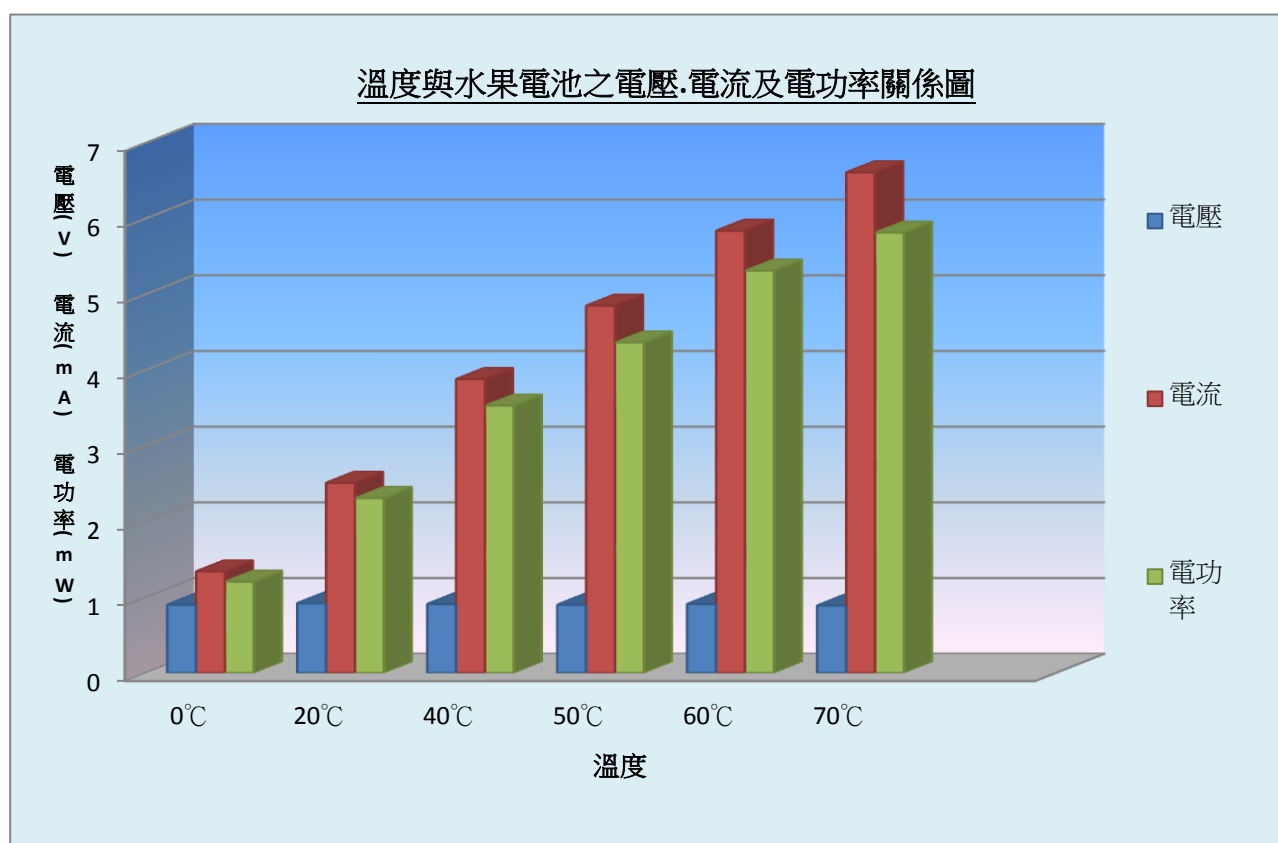


圖 3.電解液溫度與電壓、電流及電功率關係圖

結果：1.經過實驗測量溫度上升電流越強，因此電功率也提高。電壓值則無多大差異。

(四) 比較不同間距所產生的電功率

表 4.電極間距與電壓、電流及電功率關係表

間距	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm
電壓(V)	0.92	0.91	0.91	0.90
電流(mA)	5.02	4.72	3.40	2.78
電功率(mW)	4.62	4.30	3.09	2.50

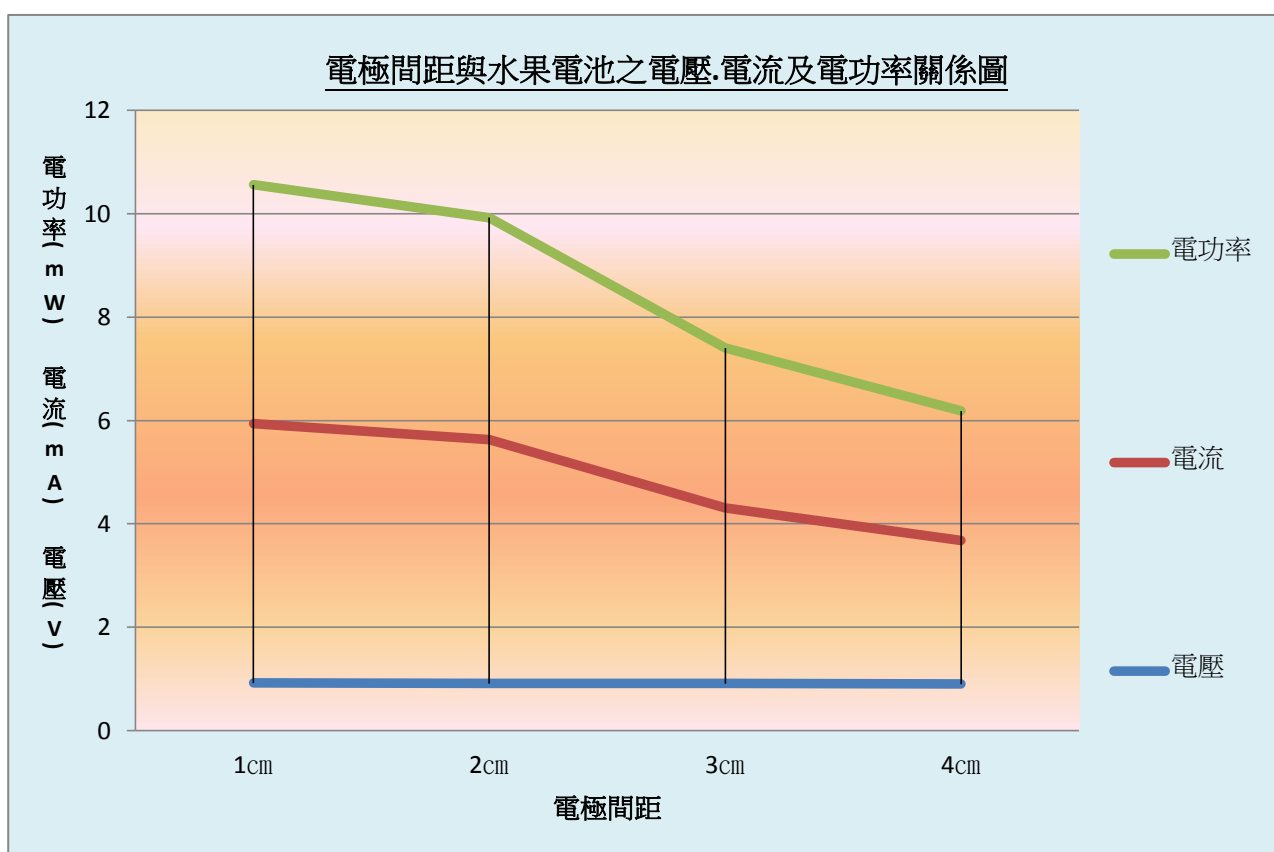


圖 4.電極間距與電壓、電流及電功率關係圖

結果：1. 經過實驗測量電極間距越近電流越強，因此電功率也提高。電壓值則無多大差異。

(五) 比較不同接觸面積所產生的電功率

表 5.電極接觸面積與電壓、電流及電功率關係表

接觸面積(cm^2)	0.4x5 cm (2 cm^2)	3x5 cm一片 (15 cm^2)	3x5 cm二片 (30 cm^2)	3x5 cm三片 (45 cm^2)
電壓(V)	0.91	0.91	0.92	0.90
電流(mA)	2.61	2.81	3.76	5.29
電功率(mW)	2.38	2.56	3.46	4.76

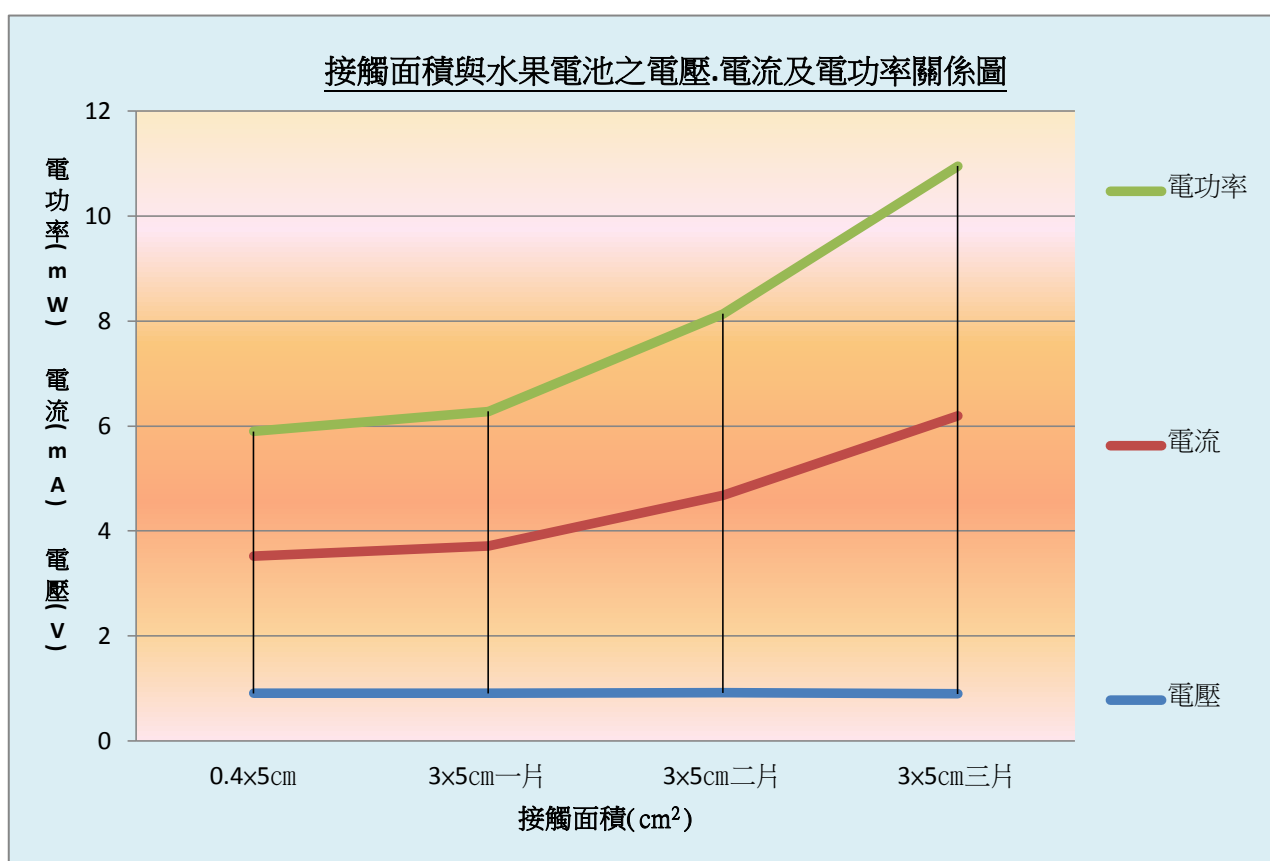


圖 5.電極接觸面積與電壓、電流及電功率關係圖

結果：1. 經過實驗測量金屬接觸面積越大電流越強，因此電功率也提高。電壓值則無多大差異。

(六) 比較不同金屬電極所產生的電功率

表 6.不同金屬電極與電壓、電流及電功率關係表

電極種類	鋅 — 銅	鎂鋁 — 銅	鋁 — 銅
電壓(V)	0.92	1.56	0.69
電流(mA)	2.81	6.82	0.71
電功率(mW)	2.59	10.63	0.49

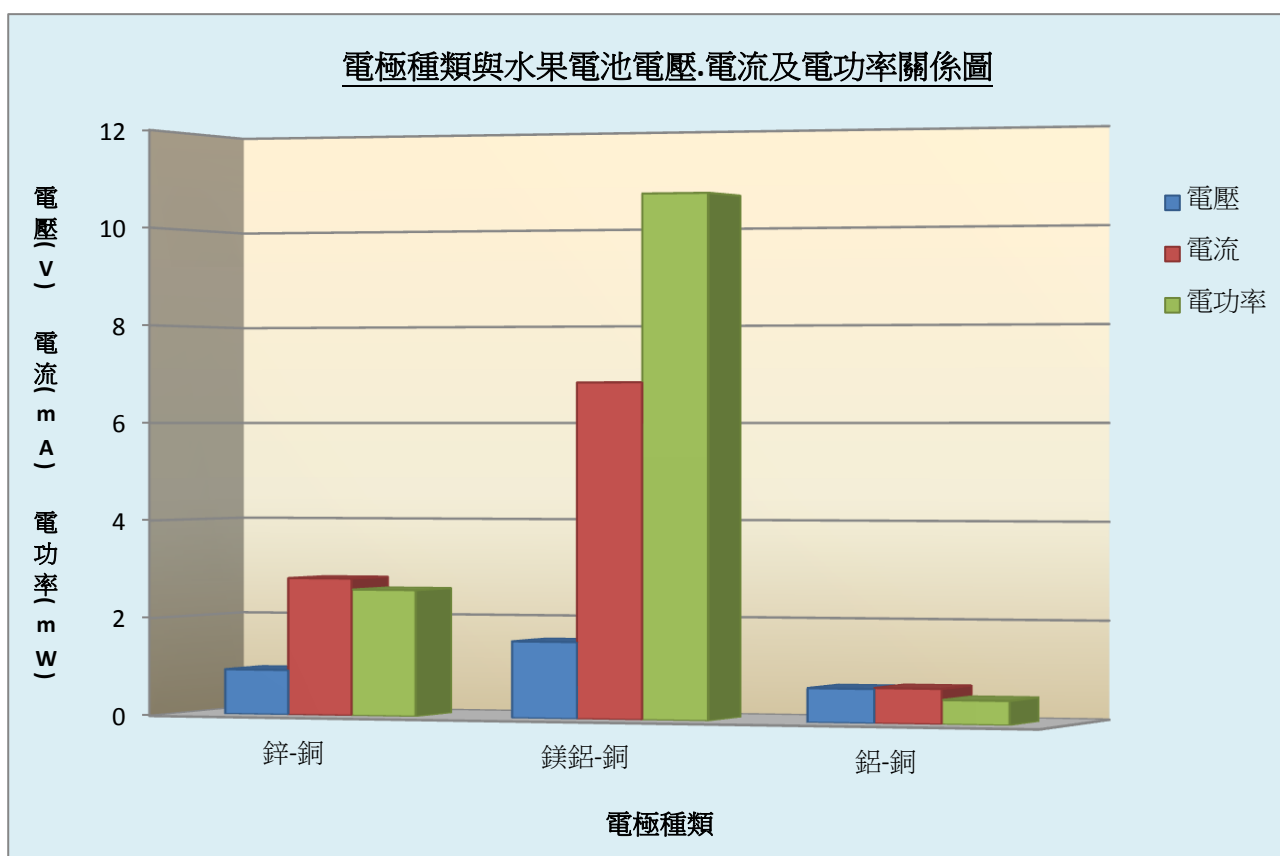


圖 6.不同金屬電極與電壓、電流及電功率關係圖

結果：1. 以電功率來作評估，結果為**鎂鋁-銅組合** > 鋅-銅組合 > 鋁-銅組合。

三、探討何種果凍粉製成的果凍電池效能最佳

表7.各種果凍粉與電壓、電流及電功率關係表

果凍粉種類	吉利丁	吉利 T	洋菜條	寒天粉
電壓(V)	0.88	0.91	0.96	0.90
電流(mA)	2.58	2.81	3.96	2.67
電功率(mW)	2.27	2.56	3.80	2.40

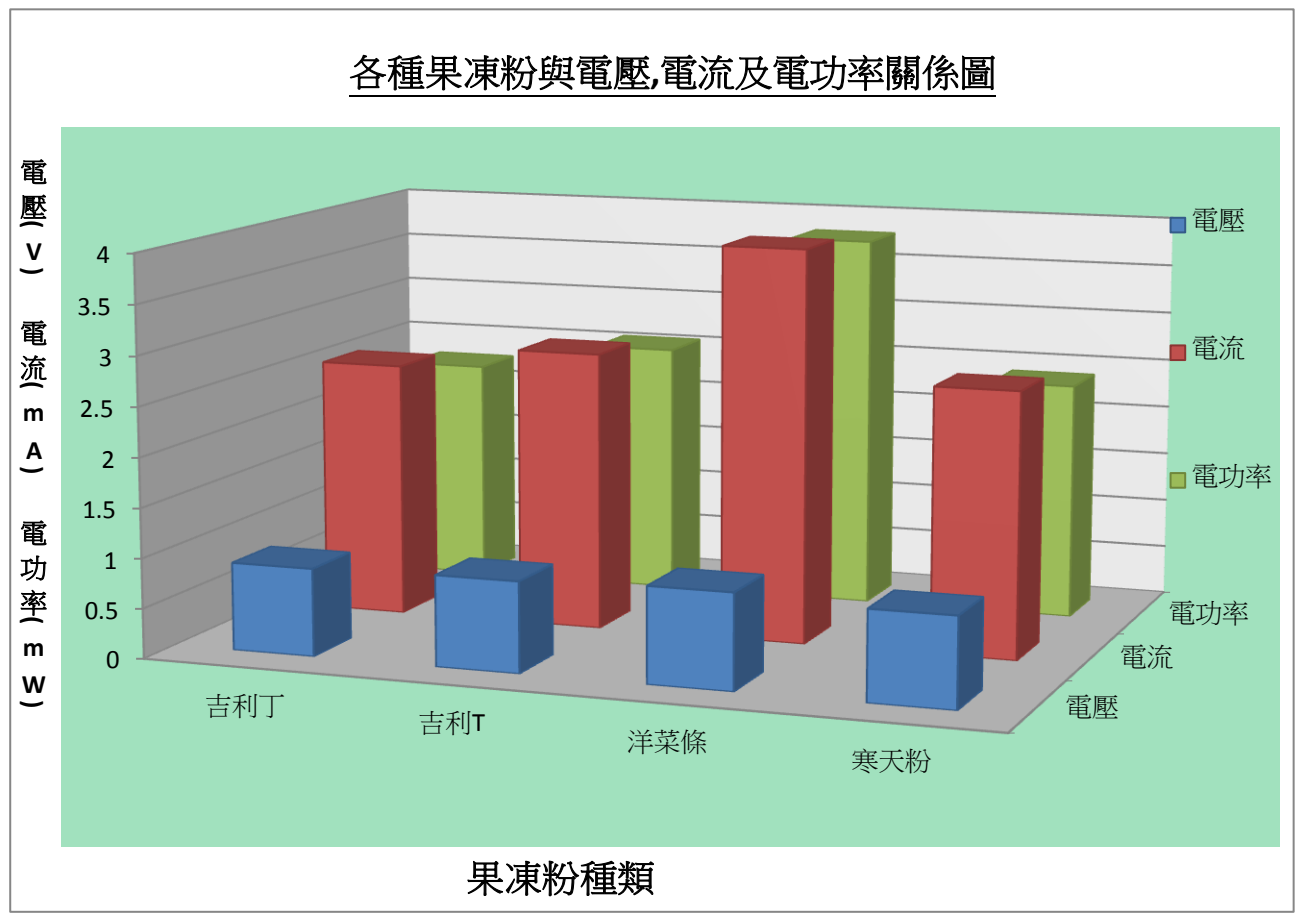


圖7.各種果凍粉與電壓、電流及電功率關係表

結果：以電功率來作評估，用洋菜條製成的水果果凍電池效能最佳。

從以上實驗，我們選擇電功率最強的**檸檬洋菜條**果凍電池，以**鎂鋁-銅組合**當電極來作以下的實驗。

四、探討電路連接方式對果凍電池發電效能之影響

表 8. 鎂鋁-銅果凍電池串聯電路與電壓、電流及電功率關係表

串聯個數	1 個	2 個	3 個
電壓(V)	1.56	3.13	4.16
電流(mA)	16.7	16.8	16.9
電功率(mW)	26.05	53.08	70.30
LED	○	○	○
電子時鐘	○	○	○

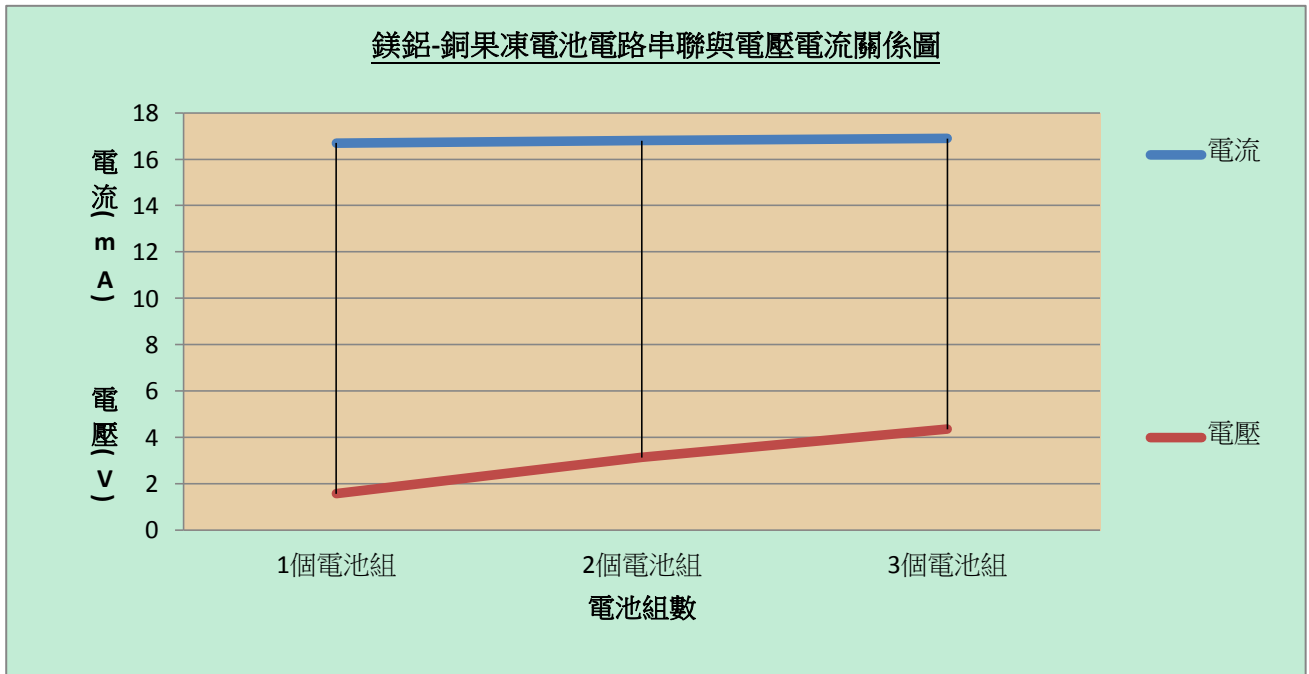


圖 8. 鎂鋁-銅果凍電池電路串聯與電壓、電流關係圖

結果：1. 當電路串聯時電池總電壓值增加，總電流值不變。

表 9. 鎂鋁-銅果凍電池並聯電路與電壓、電流及電功率關係表

並聯個數	1 個	2 個	3 個
電壓(V)	1.55	1.54	1.56
電流(mA)	16.8	28.3	39.2
電功率(mW)	26.04	43.58	61.15
LED	×	×	○
電子時鐘	○	○	○

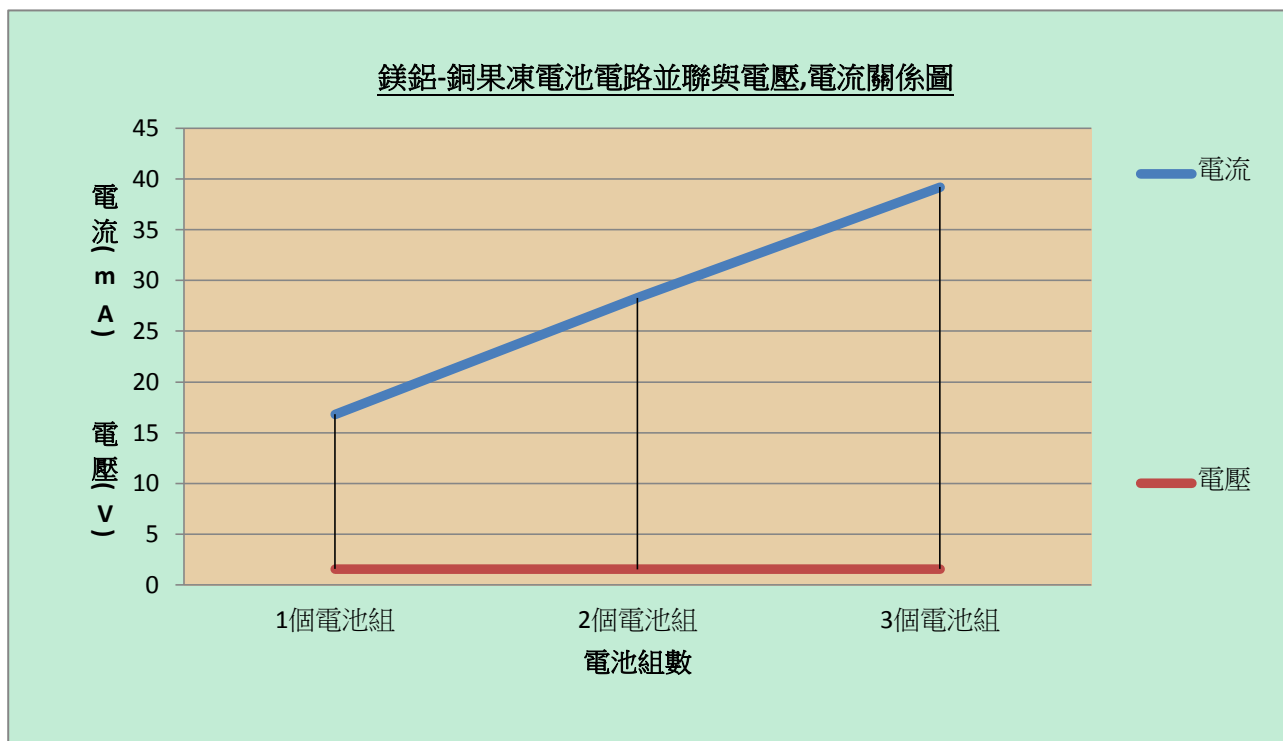


圖 9. 鎂鋁-銅果凍電池並聯電路與電壓、電流關係表

結果：1. 當電路並聯時電池總電流值增加，總電壓值不變。

五、探討利用回收電子廢棄物當電極製成簡易電池之功效

表 10.銅箔基板-鎂鋁筆電外殼果凍電池串聯電路與電壓、電流及電功率關係表

串聯個數	1 個	2 個	3 個	6 個
電壓(V)	1.78	3.59	4.74	9.57
電流(mA)	48.5	48.8	38.6	33.5
電功率(mW)	86.33	175.19	182.96	320.59
LED	○	○	○	○
電子時鐘	○	○	○	○
3V 直流馬達運轉	×	×	○	○

- 結果：1.以銅箔基板-鎂鋁筆電外殼作為電極的果凍電池，其發電功率似乎比鎂鋁-銅組合更佳。
- 2.串聯三個電池組總電壓值為 4.74 V(電功率 182.96 mW)，串聯六個電池組總電壓值可達 **9.57 V**(電功率 320.59 mW)。
- 3.當串聯三個以上的電池組即可使 3 V 直流馬達運轉。

陸、討論

一、探討影響水果電池之因素

(一) 水果種類

1. 以電功率高低依序為檸檬>葡萄>奇異果>蕃茄>百香果>鳳梨>柳橙。但水果種類也可能依其品種、產地、產季、成熟度而有所誤差。實驗中發現偏強酸性的水果是製作水果電池的最佳選擇，另水果打成汁液狀後電功率明顯上升，推論為水果打成汁液狀導電效率較原狀為佳，電解液含水量越多離子的活動速度就越快，化學反應速率也越快。

(二) 水果汁濃度、溫度

1. 根據以檸檬汁做實驗，發現稀釋至 70%時電功率最佳，果汁稀釋濃度愈低所測量出的電流就愈低，但果汁濃度對電壓並沒有很大的改變。
2. 100%~80%濃度的電功率反而比 70%濃度差，推論為濃度高含水量少電阻反而大，解離效果反而不佳。
3. 溫度愈高化學反應速率愈快，電流量愈強，但溫度對電壓沒有很大的影響。

(三) 電極種類、間距、接觸面積

1. 以鎂鋁-銅作為電極的發電效能最佳，但鎂鋁合金取得成本較高，其次以成本較低、容易取得的鋅-銅作為電極的發電效能亦不錯，鋁-銅組合所產生的電壓與電流均不理想。
2. 實驗中發現兩電極間的距離對於電壓的影響不大，但是電極距離越近時，所產生的電流越強。推論為電極距離變近則離子移動距離也變短，可減少離子流動動能的損失。
3. 電極與電解液的接觸面積對於電壓的影響不大，但電極與電解液的接觸面積愈大，所產生的電流則越強。
4. 不同種類的金屬當電極時，以鋅銅電池為例，鋅的活性比銅大，容易釋放出電子因此當負極，活性差距越大就可獲得較大的電子流。因此選擇活性愈大的金

屬當負極，活性愈小的金屬當正極為電極最佳拍檔。

5. 金屬失去電子的難易程度分別為：

鉀>鈉>鈣>鎂>鋁>碳>鋅>鐵>錫>鉛>氫>銅>汞>銀>鉑>金

(四) 探討何種果凍粉製成的果凍電池效能最佳

1. 實驗中發現用洋菜條做成的果凍電池電功率最佳，推論因洋菜條為天然未經純化之物質電解質含量高，其它果凍粉則經部分純化的膠體，電解質含量相對較低，因此以洋菜條製成的果凍電池，電流產生量較強因而電功率提高。另洋菜條製成的果凍電池保濕性及凝固性均佳。但用吉利丁、吉利T作成的果凍電池不易凝固成形，組織較鬆散，推論吉利丁是動物性膠體與偏酸性及含水果酵素的溶液混合，較不易凝固。
2. 製成果凍電池，與原果汁相較其電壓與電流極微量增加，可能是製成固狀之果凍電池對電極金屬片的固定性更佳，減少正、負電極互相接觸產生短路現象。

(五) 探討通路連接方式對果凍電池發電效能之影響

1. 果凍電池串聯電池數越多，總電壓值越大，但因電阻也增加而使電流不變。
2. 果凍電池並聯電池數越多，總電壓值不變，但並聯時因電阻變小而使電流變大。

(六) 探討利用回收電子廢棄物當電極製成簡易電池之功效

1. 台灣是電子業製造大國，回收電子廢棄物的再利用，不僅可增加稀貴資源的自給率，也能維持環境生態的永續發展。我們可從電子廢棄物回收廠尋找到許多可再利用的金屬，設計出有創意又環保的實用電池呢！

柒、結論

- 一、在實驗中發現將水果打成汁液狀後導電效果較原狀為佳，其電功率明顯提升。
- 二、果汁濃度、溫度愈高所測量出的電功率愈佳，主要是濃度、溫度愈高電流產量就愈強，但濃度、溫度高低對電壓值沒有影響。
- 三、兩電極的間距與電極接觸面積對電壓值影響不大，但是電極距離越近時、電極接觸面積越大所產生的電流越高，電功率也隨之提高。
- 五、以鎂鋁-銅果凍電池產生的電功率最強，電極的種類則是影響電壓大小的最大因素。因此選擇氧化還原電位差異大的金屬當正、負極，可使電池電壓增強。
- 六、洋菜條做成的果凍電池電功率最佳，因其保濕性及凝固均較佳。
- 七、製成果凍電池與原果汁相比較電功率微增，且金屬電極易固定及攜帶方便。
- 八、電路串聯時電池總電壓增加，電路並聯時電池總電流增加。
- 九、利用銅箔基板廢料-筆電外殼鎂鋁合金當電極，設計組合而成的簡易果凍電池，其發電功率似乎比鎂鋁-銅電極組合的電池更佳。串聯三組電池組總電壓值為 4.74 V(電功率 182.96 mW)，串聯六組電池組總電壓值可達 9.57 V(電功率 320.59 mW)，連接 3 V 直流馬達可使其運轉。因此，簡易型果凍電池可作為緊急時低功率電子產品之供電用途。
- 十、後記：在科展複審後，我們發現仍持續插著鋅銅電極的果凍電池，竟然比沒插電極的果凍電池較不易發黴，這讓我們聯想到銅、鋅離子是否有抑制黴菌及細菌成長之功效呢？是值得我們爾後深入探討研究的題目。

捌、參考資料及其他

- 一、黃鴻博等編。國民小學自然與生活科技第三冊(四上)。南一書局。第4單元 神奇電力 (P62~79) (2015)。
- 二、高梨聖昭、南山武志、高梨弘之著。林詠純譯。徹底圖解電的奧秘。楓林出版社。(2014)。
- 三、潘建達等 (2011)。“凍”未條！水果再放電~蕃茄「果凍」鋅銅電池。雲林：雲林國民中學。
- 四、林廉捷等 (2004)。廚房化學-水果電池也瘋狂。宜蘭：復興國民中學。
- 五、謝仁烽等 (2008)。電不電有關係—「奇、檬」子的問題。彰化：和美國民中學。
- 六、趙家平等 (2007)。幫水果針灸—探討電極與電解質對電池之影響。台中：大道國民中學。

【評語】 080204

1. 本作品的研究主題為水果電池的製作，加上選用回收電子廢棄物做為電極材料，非常符合能源開發與環保議題。
2. 學生口頭報告口齒清晰，準備充分，回答問題表現穩健，對小學生而言實在難得。
3. 若能將鋁電極較差效果的原因解釋清楚，會更為完整。