

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

佳作

082908

「果」不其然！電來了

～環保再製果汁電池之研究與應用

學校名稱：新北市三重區集美國民小學

作者：	指導老師：
小六 謝祥詮	劉俊一
小六 馮子瑜	楊圳欽
小六 李健聖	
小六 黃奕翔	
小六 李星慶	
小六 蔡杰睿	

關鍵詞：檸檬、電解質、發電效能

摘 要

本實驗是要發現影響果汁電池發電效能的因素，結果發現電極距離越近，電極深度越深，電極接觸面積越大，所得到發電效能會比較好。至於電極金屬片種類以鎂－銅電極組合最好，但價格比較昂貴，一般以第二好的鋅－銅電極組合比較適合。還有影響發電效能的果汁濃度與溫度，發現濃度及溫度越高，所得到發電效能也會比較好。還有串聯越多果汁電池，電壓越高，電流則幾乎沒甚麼劇烈變化；並聯則剛好相反。最後在探討果汁電池日常生活應用時，發現可以推動螺旋槳船，並且把果汁加了酵母菌做成果汁酒；還可以加乳酸菌做成果汁優酪乳；更可以加入醋酸菌做成果汁醋，進一步做成各種不同金屬電極組合形式的電池來代替一般市售的乾電池，成為最環保的新能源。

壹、研究動機：

最近班上有一位同學看了臺灣生產百分百純果汁的廣告，感覺酸酸甜甜一定很好喝，而恰巧在上自然課時又學習到水溶液發電原理，我們就想到除了自然課本提到鹽水能導電之外，果汁是否也能導電呢？如果把果汁做成電池是否也能發電呢？還有影響果汁電池的強弱的因素以及日常生活應用又有哪些呢？這一長串的問題，越想越奇怪，不過也引起了我們莫大的興趣，於是我們這幾個臭皮匠便經由老師的指點，展開一連串探討實驗活動的發電之旅。

貳、研究目的：

為了了解製造果汁電池的過程中，其影響發電情形及日常生活應用，我們選擇下列幾個問題進行探究：

- 一、從不同九種水果種類找出最適合三種水果來做果汁電池。
- 二、比較不同電極距離對於果汁電池發電效能的影響。
- 三、比較不同電極深度對於果汁電池發電效能的影響。
- 四、比較不同電極接觸面積對於果汁電池發電效能的影響。
- 五、比較不同電極金屬片種類對於果汁電池發電效能的影響。
- 六、比較不同果汁濃度對於果汁電池發電效能的影響。
- 七、比較不同果汁溫度對於果汁電池發電效能的影響。
- 八、比較不同串聯數量對於果汁電池發電效能的影響。
- 九、比較不同並聯數量對於果汁電池發電效能的影響。

以下四項為果汁電池的日常生活應用：

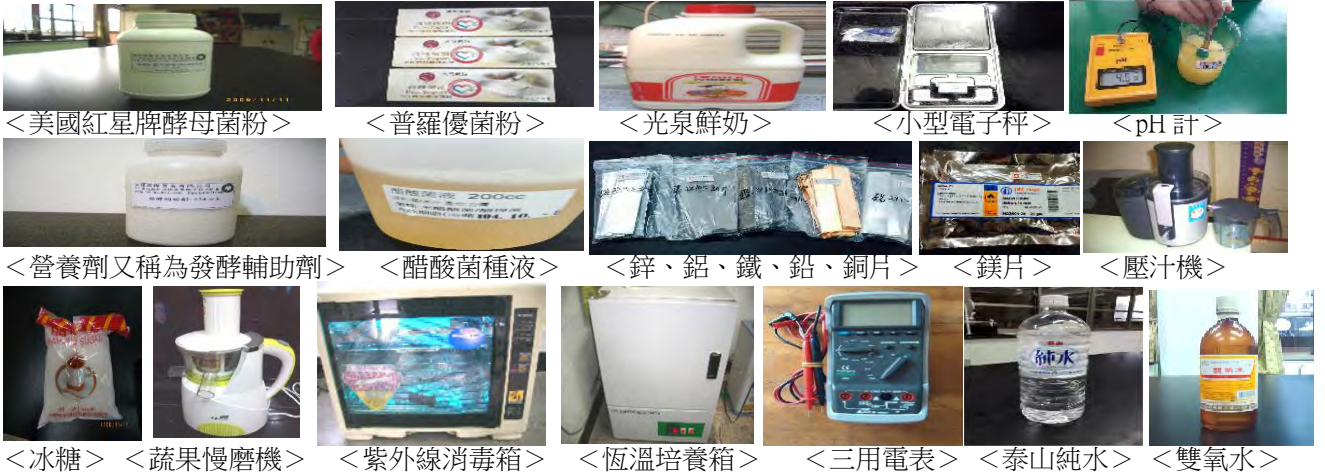
- 十、比較四種不同果汁與四種不同果汁酒所製成的電池對於發電效能的影響。
- 十一、比較五種不同果汁鮮奶與五種不同果汁優酪乳所製成的電池對於發電效能的影響。
- 十二、比較四種不同果汁與四種不同果汁醋所製成的電池對於發電效能的影響。
- 十三、用不同並聯數量的果汁電池對推動螺旋槳船的速度的影響。

參、研究設備與器材：

- 一、水果：檸檬、蘋果、奇異果、葡萄、柳丁、番茄、楊桃、鳳梨、木瓜、草莓、香蕉。
- 二、材料：冰糖、美國紅星牌酵母粉、營養劑（發酵輔助劑）、普羅優菌粉、醋酸菌種液、泰

山純水、鎂片、鋅片、鋁片、鐵片、鉛片、銅片、雙氧水、光泉鮮奶。

三、器材：水果刀、壓汁機、蔬果慢磨機、廣口瓶、玻璃棒、小型電子秤、冰箱、溫度計、保鮮膜、紗布、塑膠袋、衛生紙、橡皮筋、pH 計、滴管、燒杯（500 cc）、電磁爐、不銹鋼鍋、恆溫培養箱、紫外線消毒箱、三用電表、LED 燈泡、橡皮擦、小馬達。



肆、研究過程與方法：



【實驗一】：從不同九種水果種類找出最適合三種水果來做果汁電池。

方法：

- (一) 原料前的處理：選擇成熟度、新鮮度高的九種水果，分別是檸檬、奇異果、葡萄、蘋果、柳丁、番茄、楊桃、鳳梨、木瓜，經過適當清洗後，放置於陰涼通風處晾乾。
- (二) 再將這九種水果經過適當切碎後，以壓汁機及蔬果慢磨機將九種水果磨碎及壓榨處理後，各取 300 公克新鮮果汁分別置於已經用紫外線消毒的九個燒杯（500 cc）中。
- (三) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，並將鋅片及銅片金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，分別垂直置於上述九種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值＝電功率），並將結果記錄下來；然後用 pH 計將果汁的 pH 值記錄下來。
- (四) 每個實驗都測量三次然後求其平均值，才能降低實驗誤差。插入鋅銅電極金屬片 10 秒後讀取電壓及電流數值，每次測量後均需將鋅銅金屬電極片輪流插入四大杯準備好的泰山純水中清洗，等清洗完擦乾鋅銅金屬電極片後再進行下一次測量。

結果：如下表

<表一> 水果種類與電壓之關係

電壓單位：伏特（V）

水果種類	檸檬	葡萄	奇異果	蘋果	柳丁	番茄	楊桃	鳳梨	木瓜
pH 值	2.69	3.17	3.07	3.43	4.53	4.25	3.92	3.27	4.56
第一次	0.93	0.92	0.88	0.86	0.85	0.86	0.92	0.91	0.84
第二次	0.92	0.91	0.89	0.87	0.85	0.84	0.91	0.90	0.87
第三次	0.93	0.92	0.90	0.87	0.83	0.82	0.91	0.93	0.85
平均值	0.93	0.92	0.89	0.87	0.843	0.84	0.91	0.91	0.85

<表二> 水果種類與電流之關係

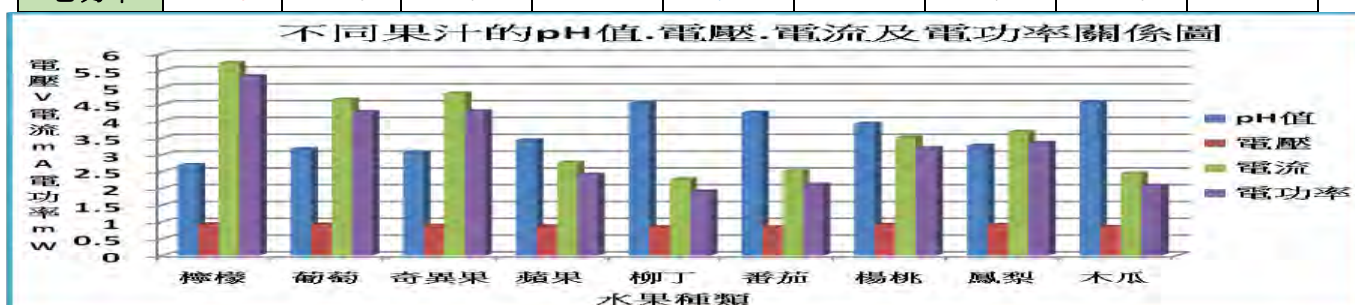
電流單位：毫安培 (mA)

水果種類	檸檬	葡萄	奇異果	蘋果	柳丁	番茄	楊桃	鳳梨	木瓜
pH 值	2.69	3.17	3.07	3.43	4.53	4.25	3.92	3.27	4.56
第一次	5.61	4.61	4.78	2.71	2.19	2.36	3.52	3.81	2.59
第二次	5.82	4.73	4.81	2.83	2.28	2.57	3.64	3.79	2.27
第三次	5.76	4.59	4.87	2.74	2.34	2.59	3.36	3.45	2.46
平均值	5.73	4.64	4.82	2.76	2.27	2.51	3.51	3.68	2.44

<表三> 九種水果的電功率比較表

電功率單位：毫瓦特 (mW)

水果種類	檸檬	葡萄	奇異果	蘋果	柳丁	番茄	楊桃	鳳梨	木瓜
電功率	5.329	4.269	4.290	2.401	1.907	2.108	3.194	3.349	2.074



<不同果汁的 pH 值、電壓、電流及電功率關係圖>

發現：

- (一) 不同種類水果中，以檸檬汁的電壓最大，番茄汁的電壓最小，但彼此之間差異不大。而電流值的差異性就非常明顯，其中以檸檬汁的電流最大，柳丁汁的電流最小。
- (二) 果汁的 pH 值越低，電功率就會比較好。
- (三) 以電功率高低依序為**檸檬**>**奇異果**>**葡萄**>**鳳梨**>**楊桃**>**蘋果**>**番茄**>**木瓜**>**柳丁**。故取電功率最好的前三名分別是檸檬汁、葡萄汁及奇異果汁為最適合的電解液來做成果汁電池以便進行接下來的實驗。

【實驗二】：比較不同電極距離對於果汁電池發電效能的影響。

方法：

- (一) 原料前的處理：選擇成熟度、新鮮度高及電功率最好的三種水果，分別是**檸檬**、**葡萄**、**奇異果**，經過適當清洗後，放置於陰涼通風處晾乾。
- (二) 再將這三種水果經過適當切碎後，以壓汁機及蔬果慢磨機將三種水果磨碎及壓榨處理後，各取 300 公克新鮮果汁分別置於已經用紫外線消毒的三個燒杯 (500 cc) 中。
- (三) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，並插入深度為 5 cm，並將鋅片及銅片金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，然後用不同數目橡皮擦將鋅及銅電極金屬片間的距離調整為 5 公分、4 公分、3 公分、2 公分、1 公分五種間隔距離，最後將五種不同間隔距離的鋅及銅電極金屬片分別垂直置於上述三種電功率最好的新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率 (電壓值×電流值=電功率)，並將結果記錄下來
- (四) 實驗注意事項與實驗一「第(四)項」相同

結果：如下表

<表四> 檸檬汁不同電極間隔距離與電壓之關係

電壓單位：伏特 (V)

電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	0.94	0.92	0.91	0.92	0.90
第二次	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90
第三次	0.91	0.91	0.93	0.92	0.92
平均值	0.92	0.91	0.92	0.92	0.91



<表五> 檸檬汁不同電極間隔距離與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

酸酸的檸檬

電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	5.71	5.22	5.09	4.75	4.24
第二次	5.74	5.27	5.11	4.86	4.15
第三次	5.89	5.31	5.03	4.69	4.31
平均值	5.78	5.27	5.08	4.77	4.23

<表六> 檸檬汁不同電極間隔距離的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
電功率	5.317	4.796	4.674	4.388	3.849

<表七> 葡萄汁不同電極間隔距離與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)



新鮮的葡萄

電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	0.95	0.96	0.94	0.91	0.94
第二次	0.93	0.91	0.94	0.92	0.91
第三次	0.92	0.92	0.93	0.90	0.94
平均值	0.93	0.93	0.94	0.91	0.93

<表八> 葡萄汁不同電極間隔距離與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)



用橡皮擦調整電擊距離

電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	4.06	3.63	3.45	3.14	2.87
第二次	4.21	3.77	3.42	3.06	2.91
第三次	4.15	3.79	3.38	3.08	2.79
平均值	4.14	3.73	3.42	3.09	2.86

<表九> 葡萄汁不同電極間隔距離的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
電功率	3.850	3.469	3.215	2.812	2.660

<表十> 奇異果汁不同電極間隔距離與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)



新鮮的奇異果

電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	0.90	0.88	0.88	0.87	0.91
第二次	0.89	0.88	0.88	0.90	0.88
第三次	0.89	0.91	0.88	0.89	0.90
平均值	0.89	0.89	0.88	0.89	0.90

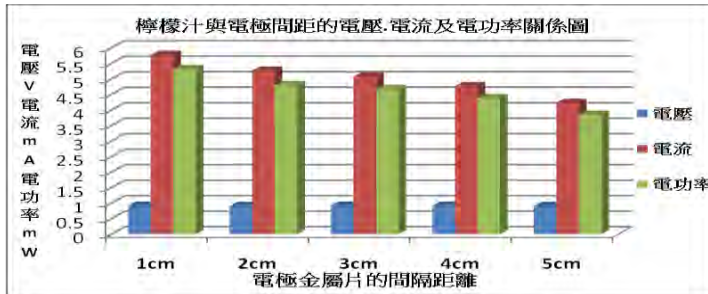
<表十一> 奇異果汁不同電極間隔距離與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	4.29	4.01	3.88	3.62	3.24

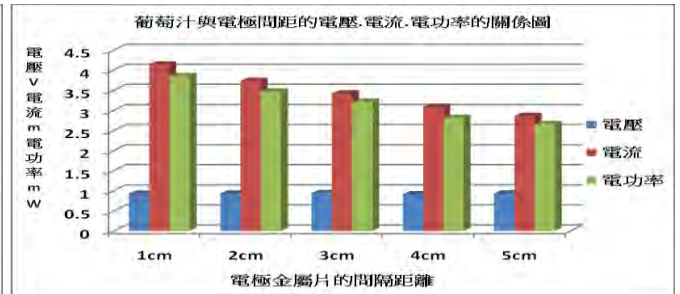
第二次	4.27	3.98	3.75	3.63	3.41
第三次	4.27	4.04	3.77	3.58	3.29
平均值	4.28	4.01	3.80	3.61	3.31

<表十二> 奇異果不同電極間隔距離的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

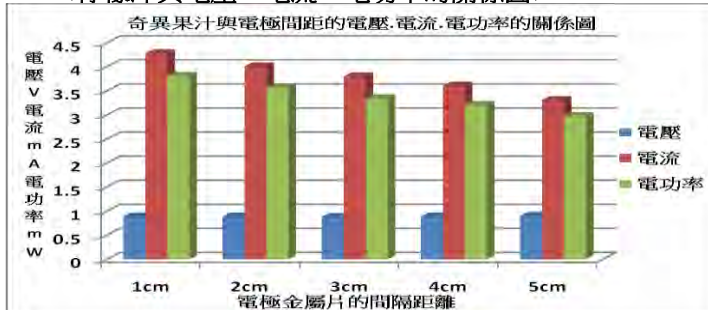
電極間距	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
電功率	3.809	3.569	3.344	3.212	2.979



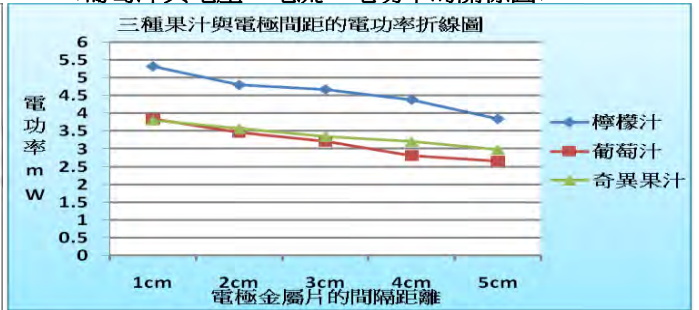
<檸檬汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<葡萄汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<奇異果汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<三種果汁與電極間距的電功率折線變化圖>

發現：

- (一) 我們發現三種果汁電池都是電極間隔距離越近電流就越強，電功率也就越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的電極間隔距離與電壓值則彼此之間差異不大。
- (二) 不同電極距離的三種果汁電池互相比較電壓值則彼此之間差異都不大。可是檸檬汁電池無論是在電流及電功率方面都是最強及最高的。然而葡萄汁電池及奇異果汁電池則是互有領先，只不過彼此之間差異並不太大；不過雖然差異不大，但是還是有些許的差異，大部分狀況下，電壓是葡萄汁電池會稍微高一些；電流則是奇異果汁電池會稍微高一些。
- (三) 我們還發現三種果汁電池的電功率折線變化圖，檸檬汁電池從電極間隔距離 1cm 到 5cm 的電功率降幅比較明顯，變化比較大；電功率的數值也比較高。葡萄汁電池與奇異果汁電池雖然降幅比較小，但葡萄汁電池還是比奇異果汁電池在最後電極間隔距離 4cm 到 5cm 的電功率下降到更低的幅度。

【實驗三】：比較不同電極深度對於果汁電池發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，並用橡皮擦將鋅及銅電極金屬片間的距離固定為 1 cm，而鋅片及銅片金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，然後將鋅及銅電極金屬片的插入深度用奇異筆在金屬片上面畫記調整為 5 公分、4 公分、3 公分、2 公分、1 公分五種不同深度，最後將五種畫記不同深度的鋅及銅電極金屬片分別

垂直置於上述三種電功率最好的新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（ $\text{電壓值} \times \text{電流值} = \text{電功率}$ ），並將結果記錄下來

（三）實驗注意事項與實驗一「第(四)項」相同

結果：如下表

<表十三> 檸檬汁不同電極深度與電壓之關係 電壓單位：伏特（V）

電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	0.90	0.91	0.89	0.93	0.90
第二次	0.88	0.89	0.92	0.90	0.90
第三次	0.89	0.87	0.91	0.90	0.90
平均值	0.89	0.89	0.91	0.91	0.90



<表十四> 檸檬汁不同電極深度與電流關係 電流單位：毫安培（mA）

電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	2.29	3.11	3.89	4.72	5.81
第二次	2.48	3.24	3.93	4.87	5.64
第三次	2.17	3.06	4.12	4.83	5.57
平均值	2.31	3.14	3.98	4.81	5.67

用奇異筆畫記深度

<表十五> 檸檬汁不同電極深度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特（mW）

電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
電功率	2.056	2.795	3.622	4.377	5.103

<表十六> 葡萄汁不同電極深度與電壓之關係 電壓單位：伏特（V）

電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	0.89	0.90	0.91	0.94	0.93
第二次	0.88	0.90	0.91	0.91	0.93
第三次	0.89	0.90	0.92	0.92	0.93
平均值	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93

用不同電極深度來測量

<表十七> 葡萄汁不同電極深度與電流關係 電流單位：毫安培（mA）

電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	1.28	2.10	2.62	3.52	4.23
第二次	1.57	2.07	3.01	3.38	4.61
第三次	1.46	2.10	2.76	3.48	4.49
平均值	1.44	2.09	2.80	3.46	4.44

<表十八> 葡萄汁不同電極深度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特（mW）

電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
電功率	1.282	1.881	2.548	3.183	4.129

<表十九> 奇異果汁不同電極深度與電壓之關係 電壓單位：伏特（V）

電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	0.90	0.89	0.91	0.91	0.89
第二次	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88



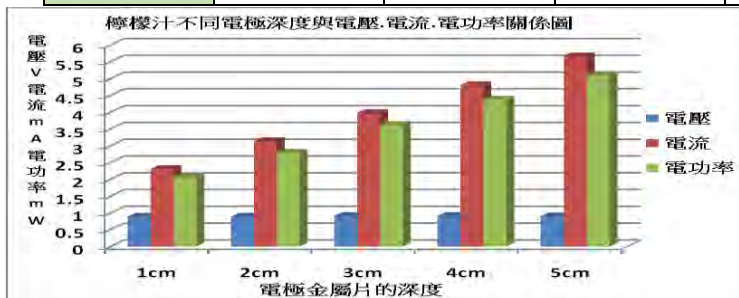
第三次	0.89	0.88	0.88	0.89	0.88
平均值	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88

<表二十> 奇異果汁不同電極深度與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

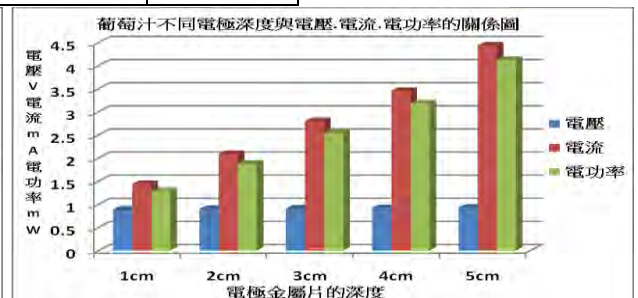
電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	1.85	2.27	3.02	3.89	4.32
第二次	2.01	2.33	3.14	3.86	4.53
第三次	1.46	2.38	3.21	3.77	4.29
平均值	1.77	2.33	3.12	3.84	4.38

<表二十一> 奇異果汁不同電極深度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

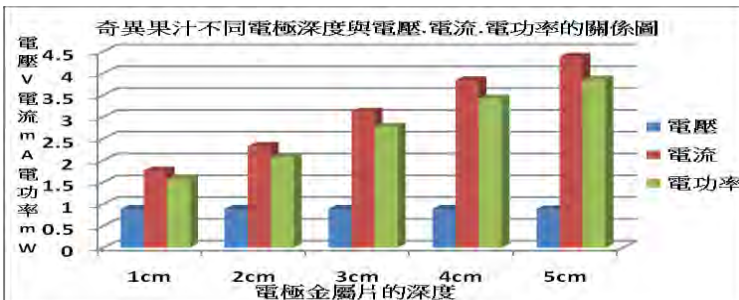
電極深度	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
電功率	1.575	2.074	2.777	3.418	3.854



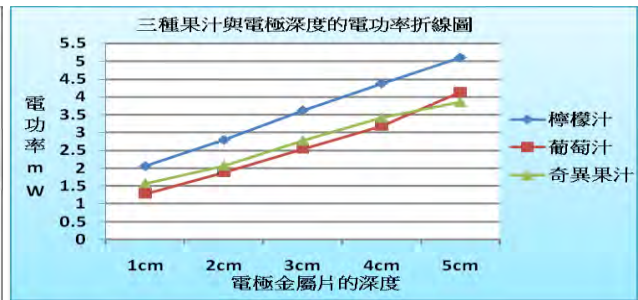
<檸檬汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<葡萄汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<奇異果汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<三種果汁與電極深度的電功率折線變化圖>

發現：

- (一) 我們發現三種果汁電池都是電極深度越深電流就越強，電功率也就越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的電極深度與電壓值則彼此之間差異不大。
- (二) 不同電極深度的三種果汁電池互相比較與實驗二的發現「第(二)項」相同。
- (三) 我們還發現三種果汁電池的電功率折線變化圖，檸檬汁電池從電極深度 1cm 到 5cm 的電功率升幅比較明顯，變化比較大；電功率的數值也比較高。葡萄汁電池與奇異果汁電池雖然升幅比較小，但葡萄汁電池還是比奇異果汁電池在最後電極深度 5cm 的電功率上升到比較高的幅度。

【實驗四】：比較不同電極接觸面積對於果汁電池發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，並將接觸面積不同的鋅片及銅片金屬電極組合各 5 片，每片寬度皆不同，分別為 5 公分、4 公分、3 公分、2 公分、1 公分五種不同寬度而長度都是 10

公分，最後將五種不同寬度和接觸面積的鋅及銅電極金屬片分別垂直置於上述三種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（ $\text{電壓值} \times \text{電流值} = \text{電功率}$ ），並將結果記錄下來。

（三）實驗注意事項與實驗一「第(四)項」相同

結果：如下表

<表二十二> 檸檬汁不同電極接觸面積與電壓之關係 電壓單位：伏特（V）

接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
第一次	0.92	0.93	0.89	0.94	0.91
第二次	0.91	0.89	0.92	0.93	0.88
第三次	0.91	0.90	0.91	0.89	0.92
平均值	0.91	0.91	0.91	0.92	0.90



用 5cm² 最小面積來測量

<表二十三> 檸檬汁不同電極接觸面積與電流關係 電流單位：毫安培（mA）

接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
第一次	4.57	5.79	7.39	8.41	10.38
第二次	4.71	5.84	7.42	8.47	10.59
第三次	5.02	5.91	7.35	8.29	10.89
平均值	4.77	5.85	7.39	8.39	10.62



用 10cm² 接觸面積來測量

<表二十四> 檸檬汁不同電極接觸面積的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特（mW）

接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
電功率	4.341	5.324	6.725	7.719	9.558

<表二十五> 葡萄汁不同電極接觸面積與電壓之關係 電壓單位：伏特（V）

接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
第一次	0.96	0.96	0.92	0.98	0.94
第二次	0.95	0.95	0.91	0.92	0.96
第三次	0.97	0.91	0.93	0.94	0.94
平均值	0.96	0.94	0.92	0.95	0.95



用 15cm² 接觸面積來測量

<表二十六> 葡萄汁不同電極接觸面積與電流關係 電流單位：毫安培（mA）

接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
第一次	2.37	4.22	5.29	6.21	8.98
第二次	2.42	4.36	5.34	6.44	8.69
第三次	2.56	5.02	5.17	6.26	8.66
平均值	2.45	4.53	5.27	6.30	8.78

<表二十七> 葡萄汁不同電極接觸面積的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特（mW）

接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
電功率	2.352	4.258	4.848	5.985	8.341

<表二十八> 奇異果汁不同電極接觸面積與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
第一次	0.90	0.91	0.88	0.90	0.89
第二次	0.91	0.89	0.89	0.89	0.92
第三次	0.89	0.90	0.87	0.89	0.91
平均值	0.90	0.90	0.88	0.89	0.91



用 20cm² 接觸面積來測量

<表二十九> 奇異果汁不同電極接觸面積與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

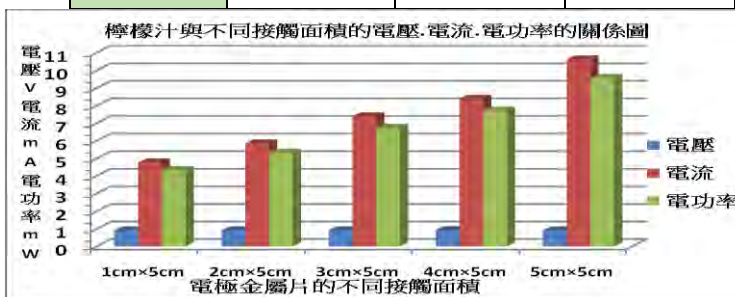
接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
第一次	2.89	4.81	5.54	6.61	9.14
第二次	2.35	4.76	5.44	6.48	8.89
第三次	2.25	4.84	5.81	7.03	9.29
平均值	2.50	4.80	5.60	6.71	9.11



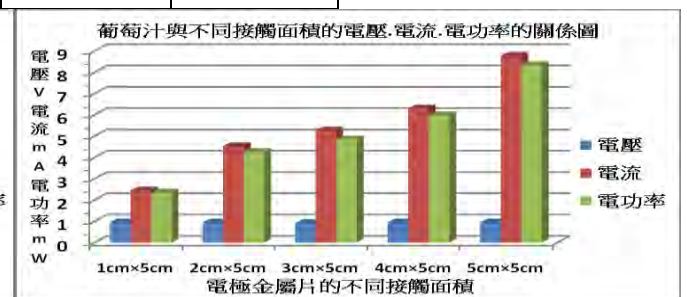
用 25cm² 接觸面積來測量

<表三十> 奇異果汁不同電極接觸面積的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

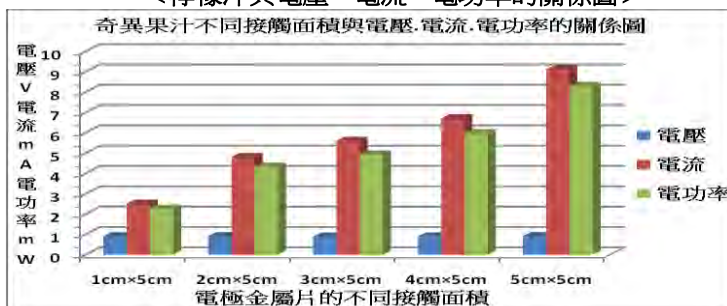
接觸面積	1cm×5cm (5cm ²)	2cm×5cm (10cm ²)	3cm×5cm (15cm ²)	4cm×5cm (20cm ²)	5cm×5cm (25cm ²)
電功率	2.25	4.32	4.928	5.972	8.290



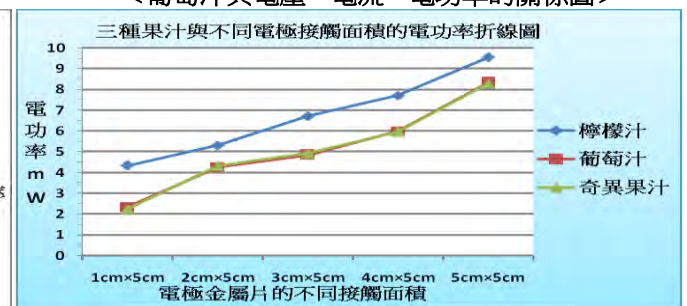
<檸檬汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<葡萄汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<奇異果汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<三種果汁與不同電極接觸面積的電功率折線變化圖>

發現：

- (一) 我們發現三種果汁電池都是電極接觸面積越大電流就越強，電功率也就越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的電極接觸面積與電壓值則彼此之間差異不大。
- (二) 不同電極接觸面積的三種果汁電池互相比較與實驗二的發現「第(二)項」相同。

(三) 我們還發現三種果汁電池的電功率折線變化圖，檸檬汁電池從電極接觸面積 5cm² 到 25 cm² 的電功率升幅比較小，變化比較小；但是電功率的數值比較高。葡萄汁電池與奇異果汁電池雖然升幅比較大，變化比較大，但是電功率的數值比較低，而且葡萄汁電池還是比奇異果汁電池在最後電極接觸面積 25 cm² 的電功率上升到比較高的幅度。

【實驗五】：比較不同電極金屬片種類對於果汁電池發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 將銅片接於電表的正極，鎂片、鋅片、鋁片、鐵片及鉛片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，並將五種不同金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，分別垂直置於上述三種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（ $\text{電壓值} \times \text{電流值} = \text{電功率}$ ），並將結果記錄下來。
- (三) 實驗注意事項與實驗一「第(四)項」相同

結果：如下表

<表三十一> 檸檬汁的不同金屬電極片與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

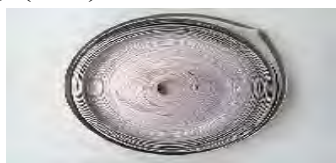
電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
第一次	1.71	0.93	0.58	0.37	0.31
第二次	1.79	0.92	0.56	0.36	0.30
第三次	1.70	0.88	0.53	0.36	0.30
平均值	1.73	0.91	0.56	0.36	0.30



銅片接在電表的正極

<表三十二> 檸檬汁的不同金屬電極片與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
第一次	49.94	5.86	3.48	3.16	2.89
第二次	47.80	5.92	3.62	3.07	2.23
第三次	47.39	5.66	3.76	3.13	2.27
平均值	48.38	5.81	3.62	3.12	2.46



鎂片接在電表的負極

<表三十三> 檸檬汁的不同金屬電極片的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
電功率	83.697	5.287	2.027	1.123	0.738

<表三十四> 葡萄汁的不同金屬電極片與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
第一次	1.77	0.90	0.39	0.48	0.38
第二次	1.79	0.93	0.41	0.49	0.37
第三次	1.82	0.91	0.40	0.49	0.38
平均值	1.79	0.91	0.40	0.49	0.38



鋅片接在電表的負極

<表三十五> 葡萄汁的不同金屬電極片與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
第一次	10.80	4.14	0.59	1.99	0.75
第二次	10.72	4.43	0.46	1.90	0.77



鋁片接在電表的負極

第三次	10.44	4.35	0.51	1.90	0.78
平均值	10.65	4.31	0.52	1.93	0.77

<表三十六> 葡萄汁的不同金屬電極片的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
電功率	19.064	3.922	0.208	0.946	0.293

<表三十七> 奇異果汁的不同金屬電極片與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
第一次	1.82	0.90	0.44	0.45	0.37
第二次	1.83	0.89	0.46	0.47	0.40
第三次	1.83	0.87	0.44	0.45	0.36
平均值	1.83	0.89	0.45	0.46	0.38



鐵片接在電表的負極

<表三十八> 奇異果汁的不同金屬電極片與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

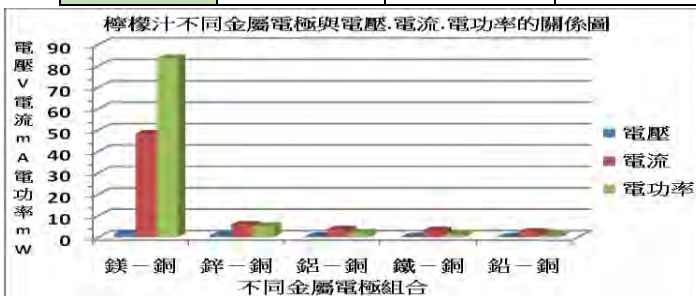
電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
第一次	18.20	4.70	0.94	1.77	1.11
第二次	18.17	4.75	0.96	1.65	1.03
第三次	18.28	4.86	0.98	1.55	1.01
平均值	18.22	4.77	0.96	1.66	1.05



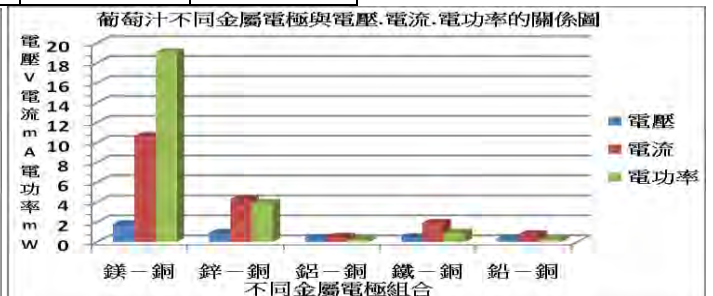
鉛片接在電表的負極

<表三十九> 奇異果汁的不同金屬電極片的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

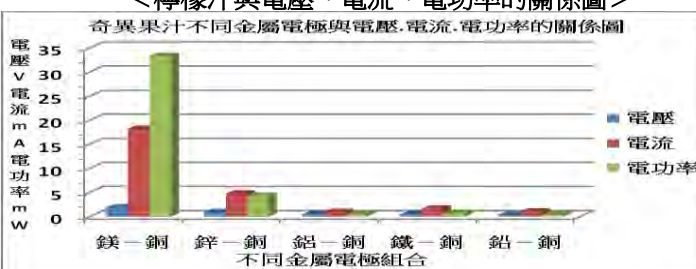
電極組合	鎂-銅	鋅-銅	鋁-銅	鐵-銅	鉛-銅
電功率	33.343	4.245	0.432	0.764	0.399



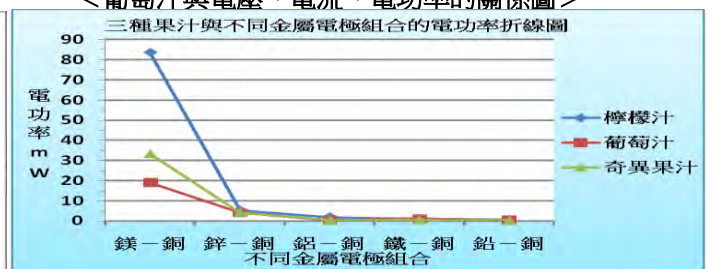
<檸檬汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<葡萄汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<奇異果汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<三種果汁與不同金屬電極組合的電功率折線變化圖>

發現：

- (一) 我們發現五種不同金屬電極組合，以鎂-銅金屬電極組合無論是電壓、電流、電功率方面都是最高及最強的，其次是鋅-銅電極組合電極無論是電壓、電流、電功率都是次高及次強的，接下來檸檬汁無論是電壓、電流、電功率都是鋁-銅第三、鐵-銅第四、鉛-銅排名最後。而葡萄汁及奇異果汁在電壓方面都是鐵-銅第三、鋁-銅第四、

鉛－銅排名最後，而葡萄汁及奇異果汁在電流方面則都是鐵－銅第三、鉛－銅第四、鋁－銅排名最後。然而葡萄汁與奇異果汁則稍微又不一樣是在電功率方面，則都是鐵－銅第三，不一樣的是葡萄汁在電功率方面是鉛－銅第三、鋁－銅排名最後，奇異果汁則是鋁－銅第四、鉛－銅排名最後。

- (二) 不同電極金屬片種類的三種果汁電池互相比較與實驗二的發現「第(二)項」相同。不過只有鎂－銅在電流方面差異比較大，其他則差異不大。
- (三) 我們還發現三種果汁的電功率折線變化圖，檸檬汁電池從五種電極組合的電功率降幅比較大，變化也比較明顯；尤其是鎂－銅電功率的數值非常高與第二名鋅－銅的差距頗大。葡萄汁電池與奇異果汁電池雖然降幅比較小，變化比較小；但是鎂－銅電功率的數值也較高與第二名鋅－銅的差距也比較大。

【實驗六】：比較不同果汁濃度對於果汁電池發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 然後取三種水果原汁再分別加入泰山純水調配成濃度為 100%、90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%、10%的果汁。

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
果汁(cc)	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
純水(cc)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270

- (三) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，並將鋅片及銅片金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，分別垂直置於上述三種新鮮不同濃度果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值＝電功率），並將結果記錄下來。
- (四) 實驗注意事項與實驗一「第(四)項」相同

結果：如下表

<表四十> 檸檬汁的不同濃度與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
第一次	0.89	0.91	0.90	0.89	0.90	0.92	0.88	0.91	0.95	0.94
第二次	0.89	0.90	0.89	0.91	0.91	0.91	0.93	0.91	0.93	0.96
第三次	0.90	0.92	0.91	0.90	0.91	0.94	0.92	0.93	0.92	0.93
平均	0.89	0.91	0.90	0.90	0.91	0.92	0.91	0.92	0.93	0.94

<表四十一> 檸檬汁的不同濃度與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
第一次	5.71	5.62	5.47	5.31	5.12	4.98	4.76	4.50	4.29	4.19
第二次	5.80	5.61	5.42	5.35	5.19	4.94	4.77	4.65	4.29	4.12
第三次	5.76	5.59	5.49	5.27	5.21	4.94	4.84	4.48	4.32	4.07
平均	5.76	5.61	5.46	5.31	5.17	4.95	4.79	4.54	4.30	4.13

<表四十二> 檸檬汁的不同濃度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

電功率	5.126	5.105	4.914	4.779	4.705	4.554	4.359	4.177	3.999	3.882
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

<表四十三> 葡萄汁的不同濃度與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
第一次	0.89	0.93	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95	0.97	0.99
第二次	0.92	0.92	0.96	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.96	0.99
第三次	0.91	0.94	0.96	0.95	0.97	0.95	0.95	0.94	0.97	0.99
平均	0.91	0.93	0.96	0.95	0.96	0.95	0.95	0.95	0.97	0.99

<表四十四> 葡萄汁的不同濃度與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
第一次	4.64	4.56	4.41	4.37	4.12	3.89	3.70	3.50	3.42	2.38
第二次	4.65	4.58	4.29	4.28	4.18	3.86	3.64	3.54	3.45	2.60
第三次	4.78	4.48	4.32	4.26	4.06	3.79	3.66	3.57	3.48	2.51
平均	4.69	4.54	4.34	4.30	4.12	3.85	3.67	3.54	3.45	2.50

<表四十五> 葡萄汁的不同濃度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
電功率	4.268	4.222	4.166	4.085	3.955	3.658	3.487	3.363	3.347	2.475

<表四十六> 奇異果汁的不同濃度與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
第一次	0.91	0.89	0.93	0.88	0.86	0.85	0.87	0.91	0.90	0.91
第二次	0.86	0.91	0.88	0.89	0.87	0.87	0.90	0.89	0.90	0.91
第三次	0.91	0.90	0.88	0.88	0.86	0.91	0.89	0.90	0.90	0.91
平均	0.89	0.90	0.90	0.88	0.86	0.88	0.89	0.90	0.90	0.91

<表四十七> 奇異果汁的不同濃度與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

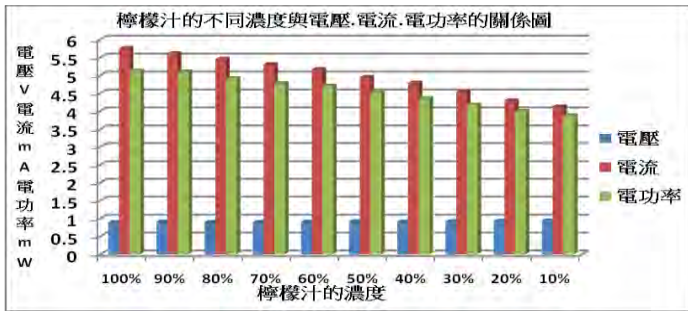
濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
第一次	4.76	4.66	4.52	4.51	4.41	4.21	3.83	3.54	3.36	2.87
第二次	4.77	4.61	4.54	4.50	4.43	4.17	3.75	3.58	3.27	2.87
第三次	4.86	4.62	4.48	4.50	4.44	4.18	3.68	3.61	3.30	2.96
平均	4.80	4.63	4.51	4.50	4.43	4.19	3.75	3.58	3.31	2.90

<表四十八> 奇異果汁的不同濃度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW)

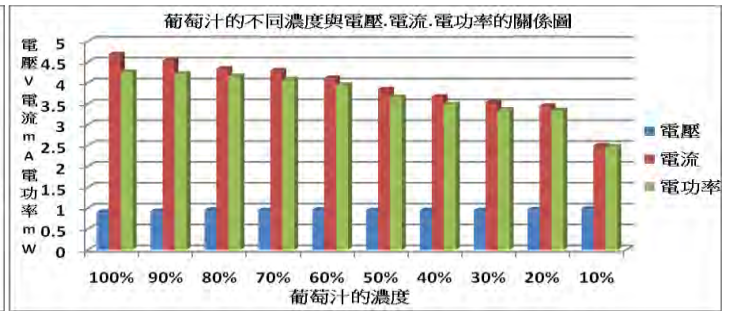
濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
電功率	4.272	4.167	4.059	3.96	3.810	3.687	3.338	3.222	2.979	2.639

發現：

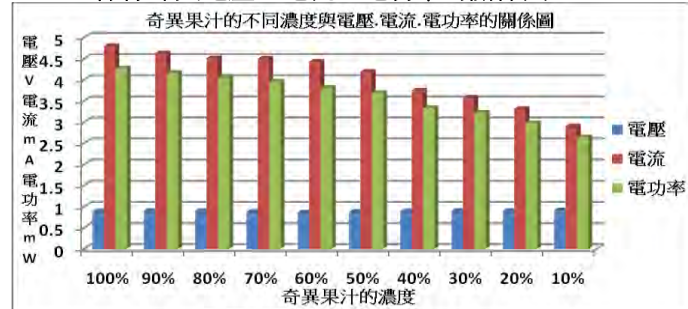
- (一) 我們發現三種果汁電池都是濃度越高電流就越強，電功率也越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的不同濃度與電壓值則彼此之間差異不大。
- (二) 不同濃度的三種果汁電池互相比較與實驗二的發現「第(二)項」相同。
- (三) 我們還發現不同濃度三種果汁電池的電功率折線變化圖，檸檬汁電池及葡萄汁電池與奇異果汁都是從濃度 100%到 10%的電功率一路下降。其中葡萄汁電池從 20%到 10%下降幅度最明顯，顯示濃度越低的果汁電池，電功率也就越低。



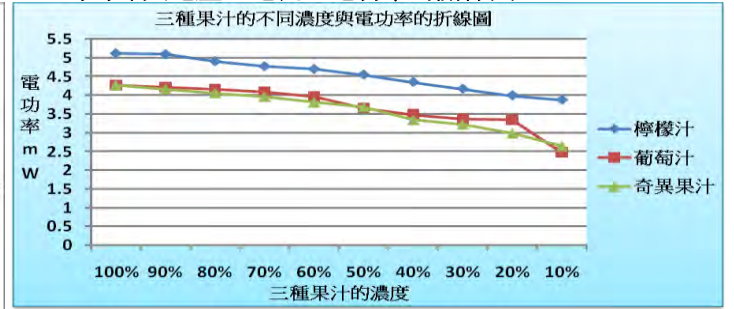
<檸檬汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<葡萄汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<奇異果汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<三種果汁的不同濃度與電功率的折線圖>

【實驗七】：比較不同果汁溫度對於果汁電池發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 然後將裝有三種水果原汁的燒杯放入裝有水的的不鏽鋼鍋，然後將不鏽鋼鍋放在電磁爐上隔水加熱，燒杯中放一支溫度計隨時監控溫度，在還沒加熱前燒杯中的果汁先用溫度計測量常溫狀態的果汁大約是 12°C，因此從常溫記錄到 90°C；其中從 20°C 開始每上升 10°C 就記錄一次電壓及電流。
- (三) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，並將鋅片及銅片金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，分別垂直置於上述三種新鮮不同濃度果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值＝電功率），並將結果記錄下來。
- (四) 實驗注意事項與實驗一「第(四)項」相同。



結果：如下表

<果汁隔水加熱並監控溫度>

<表四十九> 檸檬汁的不同溫度與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
第一次	0.89	0.91	0.84	0.90	0.88	0.92	0.86	0.90	0.92
第二次	0.94	0.88	0.91	0.92	0.92	0.85	0.91	0.94	0.90
第三次	0.91	0.90	0.87	0.91	0.91	0.88	0.87	0.86	0.90
平均	0.91	0.90	0.87	0.91	0.90	0.88	0.88	0.90	0.91

<表五十> 檸檬汁的不同溫度與電流關係 電流單位：毫安培 (mA) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
第一次	5.61	7.04	9.91	11.86	16.85	21.19	24.37	29.69	32.68
第二次	5.47	7.09	9.93	11.87	16.97	21.32	24.48	29.43	32.49
第三次	5.76	7.35	9.93	11.80	17.07	20.89	24.34	29.77	32.47

平均	5.61	7.16	9.92	11.84	16.96	21.13	24.40	29.63	32.55
----	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

<表五十一>檸檬汁的不同溫度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
電功率	5.105	6.444	8.630	10.774	15.264	18.594	21.472	26.667	29.621

<表五十二>葡萄汁的不同溫度與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
第一次	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93	0.95	0.95	0.93	0.89
第二次	0.94	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.92	0.90
第三次	0.92	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.91	0.90
平均	0.92	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.92	0.90

<表五十三>葡萄汁的不同溫度與電流關係 電流單位：毫安培 (mA) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
第一次	4.62	4.86	5.80	6.55	7.51	8.86	10.51	11.46	12.69
第二次	4.43	4.85	5.51	6.44	7.20	8.79	10.15	11.39	12.49
第三次	4.36	4.91	5.44	6.35	7.35	8.76	10.12	11.31	12.41
平均	4.47	4.87	5.58	6.45	7.35	8.80	10.26	11.39	12.53

<表五十四>葡萄汁的不同溫度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
電功率	4.112	4.432	5.134	5.999	6.909	8.36	9.747	11.479	11.277

<表五十五>奇異果汁的不同溫度與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
第一次	0.89	0.89	0.90	0.91	0.91	0.89	0.89	0.88	0.87
第二次	0.90	0.90	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89	0.88	0.86
第三次	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87
平均	0.90	0.90	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89	0.88	0.87

<表五十六>奇異果汁的不同溫度與電流關係 電流單位：毫安培 (mA) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
第一次	4.72	5.41	6.97	8.51	9.77	12.41	13.37	15.48	17.11
第二次	4.69	5.37	6.67	8.46	9.74	12.14	13.14	15.75	17.21
第三次	4.82	5.38	6.79	8.55	9.53	12.32	13.08	15.54	17.09
平均	4.74	5.39	6.81	8.51	9.68	12.29	13.20	15.59	17.14

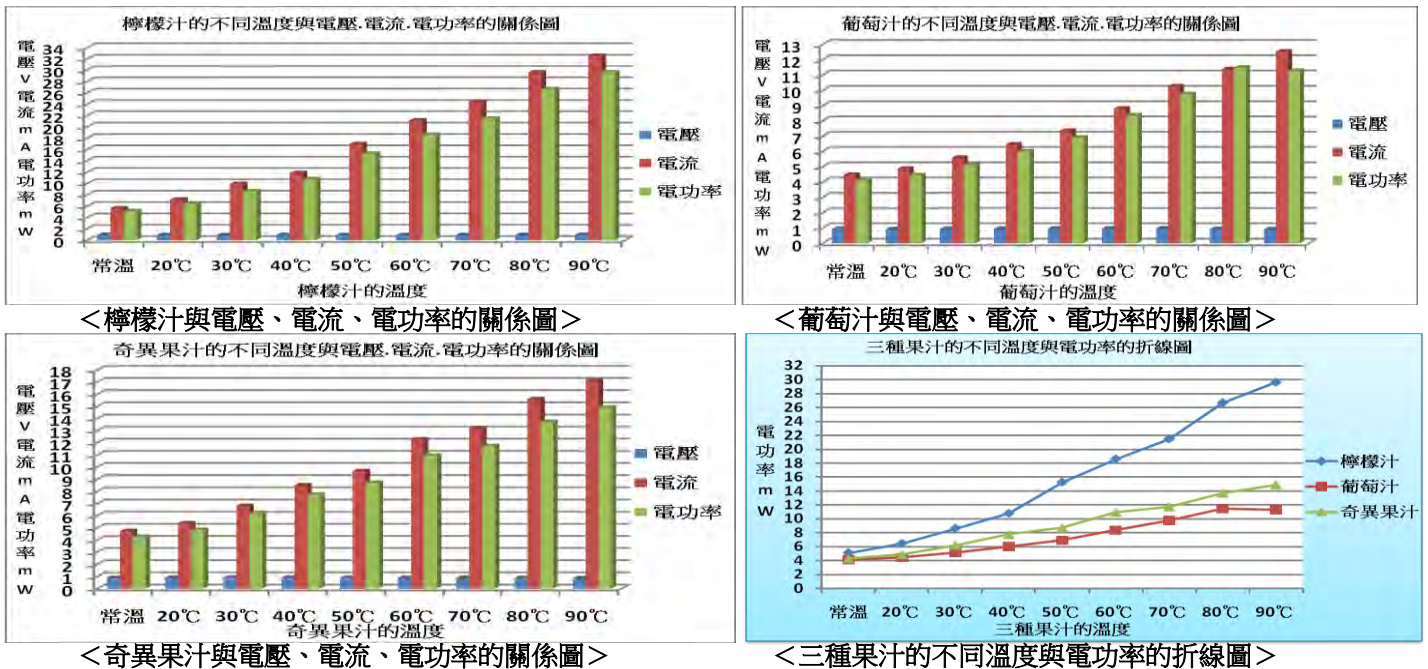
<表五十七>奇異果汁的不同溫度的電功率比較表 電功率單位：毫瓦特 (mW) 常溫：12°C

溫度	常溫	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
電功率	4.266	4.851	6.197	7.744	8.712	10.938	11.748	13.719	14.912

發現：

- (一) 我們發現三種果汁電池都是溫度越高電流就越強，電功率也越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的不同溫度與電壓值則彼此之間差異不大。
- (二) 不同溫度的三種果汁電池互相比較與實驗二的發現「第(二)項」相同。

(三) 我們還發現不同溫度三種果汁電池的電功率折線變化圖，檸檬汁電池及葡萄汁電池與奇異果汁都是從溫度常溫 12°C 到 90°C 的電功率一路上升。其中檸檬汁電池從 20°C 開始一直到 90°C 上升幅度最明顯也最大，顯示溫度越高的果汁電池，電功率也就越高。



【實驗八】：比較不同串聯數量對於果汁電池發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，而鋅及銅金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，接下來便是串聯不同數目的鋅及銅金屬電極組合；分別串聯 1 組、2 組、3 組、4 組、5 組及 6 組，然後分別垂直置於上述三種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率 (電壓值×電流值=電功率)，然後分別接上 LED 燈泡，並將結果記錄下來。
- (三) 實驗注意事項與與實驗一「第(四)項」相同

結果：如下表

<表五十八> 檸檬汁的不同串聯組數與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	0.94	1.81	2.77	3.81	4.72	5.60
第二次	0.94	1.89	2.81	3.79	4.69	5.59
第三次	0.93	1.90	2.81	3.70	4.58	5.63
平均值	0.94	1.86	2.80	3.77	4.66	5.61

<表五十九> 檸檬汁的不同串聯組數與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	5.61	5.68	5.83	5.98	5.67	5.48
第二次	5.47	5.69	5.76	5.70	5.41	5.28
第三次	5.76	5.55	5.71	5.53	5.32	5.18
平均值	5.61	5.64	5.77	5.74	5.47	5.31

<表六十> 檸檬汁的電功率比較表 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ✕) 電功率單位: 毫瓦特 (mW)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
電功率	5.273 ✕	10.490 ⊙	16.136 ⊙	21.639 ⊙	25.490 ⊙	29.789 ⊙

<表六十一> 葡萄汁的不同串聯組數與電壓之關係 電壓單位: 伏特 (V)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	0.90	1.84	2.75	3.78	4.53	5.45
第二次	0.94	1.82	2.74	3.68	4.61	5.53
第三次	0.92	1.84	2.75	3.68	4.63	5.58
平均值	0.92	1.83	2.75	3.71	4.59	5.52

<表六十二> 葡萄汁的不同串聯組數與電流關係 電流單位: 毫安培 (mA)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	4.62	4.36	4.26	4.97	4.53	4.43
第二次	4.43	4.18	4.50	4.46	4.29	4.22
第三次	4.36	4.86	4.92	4.24	4.34	4.48
平均值	4.47	4.46	4.56	4.56	4.39	4.38

<表六十三> 葡萄汁的電功率比較表 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ✕) 電功率單位: 毫瓦特 (mW)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
電功率	4.112 ✕	8.162 ⊙	12.54 ⊙	16.918 ⊙	20.150 ⊙	24.178 ⊙

<表六十四> 奇異果汁的不同串聯組數與電壓之關係 電壓單位: 伏特 (V)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	0.89	1.84	2.63	3.56	4.73	5.24
第二次	0.90	1.82	2.69	3.58	4.58	5.31
第三次	0.91	1.80	2.68	3.60	4.56	5.34
平均值	0.90	1.82	2.67	3.58	4.62	5.30

<表六十五> 奇異果汁的不同串聯組數與電流關係 電流單位: 毫安培 (mA)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	4.72	4.60	4.66	4.43	4.37	4.48
第二次	4.69	4.44	4.40	4.36	4.64	4.64
第三次	4.82	4.83	4.32	4.34	4.49	4.33
平均值	4.74	4.62	4.46	4.37	4.50	4.48

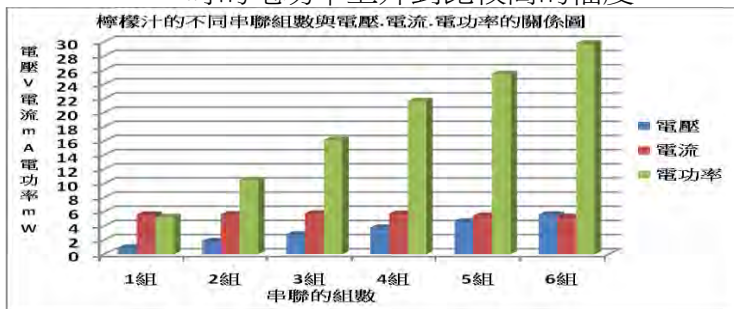
<表六十六> 奇異果汁電功率比較表 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ✕) 電功率單位: 毫瓦特 (mW)

串聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
電功率	4.266 ✕	8.408 ⊙	11.908 ⊙	15.645 ⊙	20.79 ⊙	23.744 ⊙

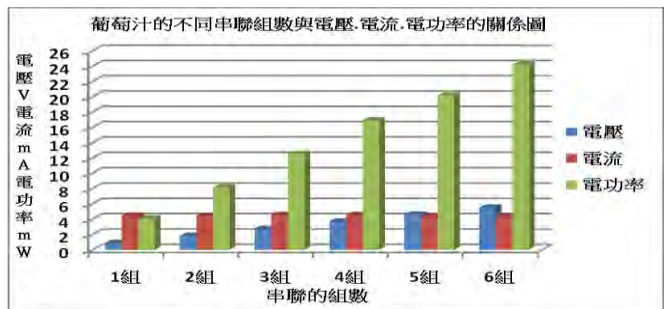
發現:

- (一) 我們發現三種果汁電池都是串聯越多組數電壓就越強, 電功率也就越高; 反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的不同串聯組數與電流值則彼此之間差異不大。
- (二) 不同串聯組數的三種果汁電池互相比較與實驗二的發現「第(二)項」相同。但串聯 1 組時 LED 燈泡不會亮, 其他組數會亮, 可能是電壓太小的關係。

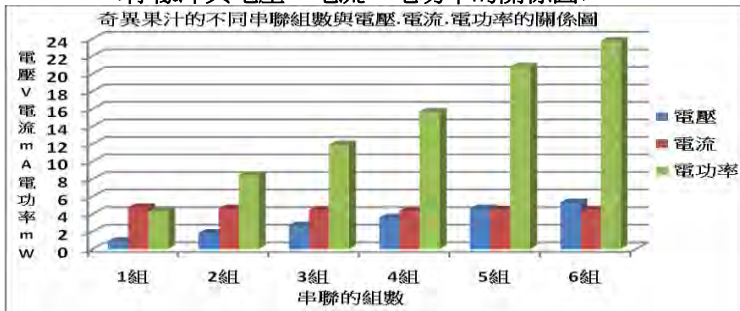
(三) 我們還發現不同串聯組數的三種果汁電池的電功率折線變化圖，檸檬汁電池從串聯 1 組到 6 組的電功率升幅比較明顯，變化比較大；電功率的數值也比較高。葡萄汁電池與奇異果汁電池雖然升幅比較小，但葡萄汁電池還是比奇異果汁電池在最後串聯 6 組時的電功率上升到比較高的幅度。



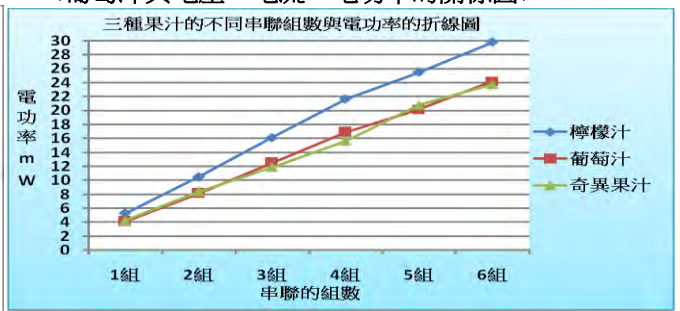
＜檸檬汁與電壓、電流、電功率的關係圖＞



＜葡萄汁與電壓、電流、電功率的關係圖＞



＜奇異果汁與電壓、電流、電功率的關係圖＞



＜三種果汁的不同串聯組數與電功率的折線圖＞

【實驗九】：比較不同並聯數量對於果汁電池發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，而鋅及銅金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，接下來便是並聯不同數目的鋅及銅金屬電極組合；分別並聯 1 組、2 組、3 組、4 組、5 組及 6 組，然後分別垂直置於上述三種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率(電壓值×電流值=電功率)，然後分別接上 LED 燈泡，並將結果記錄下來。
- (三) 實驗注意事項與與實驗一「第(四)項」相同

結果：如下表

＜表六十七＞檸檬汁的不同並聯組數與電壓之關係 電壓單位：伏特 (V)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	0.94	0.96	0.95	0.93	0.92	0.95
第二次	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.96
第三次	0.93	0.93	0.92	0.91	0.92	0.93
平均值	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.95

＜表六十八＞檸檬汁的不同並聯組數與電流關係 電流單位：毫安培 (mA)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	5.61	10.75	14.95	18.08	21.87	25.79
第二次	5.47	11.42	14.99	18.15	21.80	24.47
第三次	5.76	11.52	15.25	17.43	20.08	24.28

平均值	5.61	11.23	15.06	17.89	21.25	24.85
-----	------	-------	-------	-------	-------	-------

<表六十九>檸檬汁的電功率比較表 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電功率單位: 毫瓦特 (mW)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
電功率	5.273 ×	10.556 ×	14.006 ×	16.638 ×	19.763 ×	23.608 ×

<表七十>葡萄汁的不同並聯組數與電壓之關係 電壓單位: 伏特 (V)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	0.90	0.95	0.91	0.92	0.93	0.92
第二次	0.94	0.94	0.92	0.93	0.93	0.93
第三次	0.92	0.94	0.92	0.93	0.93	0.92
平均值	0.92	0.94	0.92	0.93	0.93	0.92

<表七十一>葡萄汁的不同並聯組數與電流關係 電流單位: 毫安培 (mA)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	4.62	8.74	12.41	17.35	20.80	24.10
第二次	4.43	8.36	12.44	17.75	20.44	26.19
第三次	4.36	7.91	11.85	17.41	22.26	24.13
平均值	4.47	8.34	12.23	17.50	21.17	24.81

<表七十二>葡萄汁的電功率比較表 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電功率單位: 毫瓦特 (mW)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
電功率	4.112 ×	7.840 ×	11.252 ×	16.275 ×	19.688 ×	22.825 ×

<表七十三>奇異果汁的不同並聯組數與電壓之關係 電壓單位: 伏特 (V)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	0.89	0.92	0.87	0.91	0.90	0.88
第二次	0.90	0.91	0.90	0.90	0.90	0.92
第三次	0.91	0.89	0.92	0.90	0.88	0.90
平均值	0.90	0.91	0.90	0.90	0.89	0.90

<表七十四>奇異果汁的不同並聯組數與電流關係 電流單位: 毫安培 (mA)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	4.72	8.96	12.80	18.49	20.05	24.71
第二次	4.69	8.83	12.73	17.76	20.38	24.51
第三次	4.82	8.43	11.44	17.23	20.11	23.69
平均值	4.74	8.74	12.32	17.83	20.18	24.30

<表七十五>奇異果汁的電功率比較表 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電功率單位: 毫瓦特 (mW)

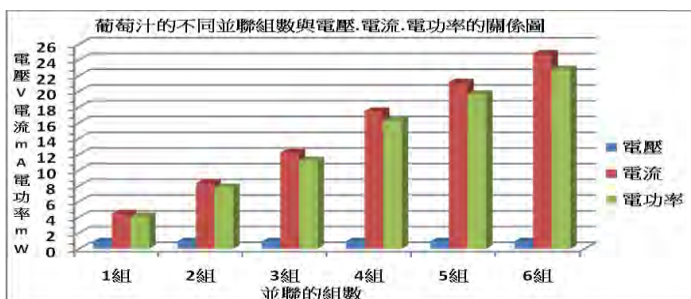
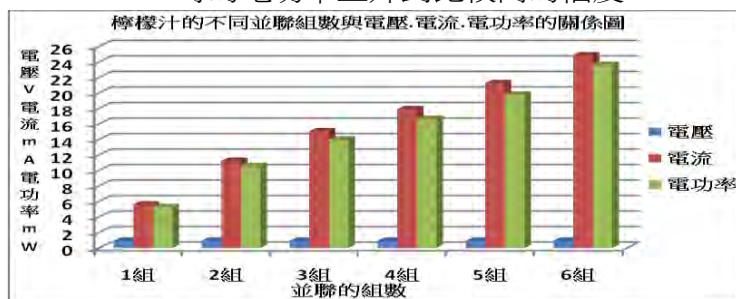
並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
電功率	4.266 ×	7.953 ×	11.088 ×	16.047 ×	17.960 ×	21.87 ×

發現:

- (一) 我們發現三種果汁電池都是並聯越多組數電流就越強, 電功率也就越高; 反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的不同並聯組數與電壓值則彼此之間差異不大。
- (二) 不同並聯組數的三種果汁電池互相比較與實驗二的發現「第(二)項」相同。但並聯時

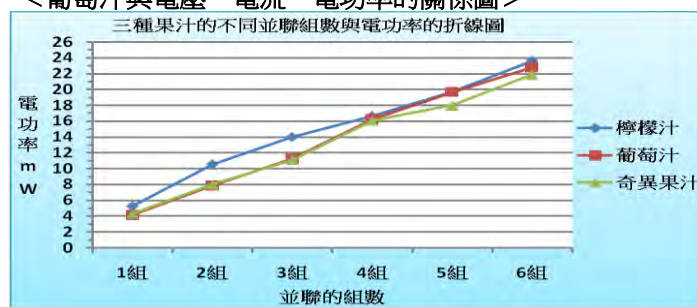
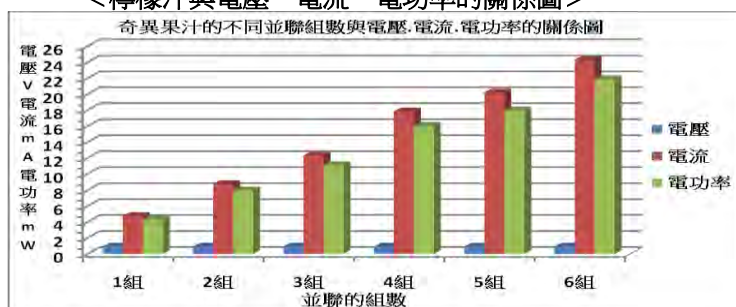
LED 燈泡都不亮，可能是電壓太小的關係。

(三) 我們還發現不同並聯組數的三種果汁電池的電功率折線變化圖，檸檬汁電池從並聯 1 組到 6 組的電功率升幅比較明顯，變化比較大；電功率的數值也比較高。葡萄汁電池與奇異果汁電池雖然升幅比較小，但葡萄汁電池還是比奇異果汁電池在最後並聯 6 組時的電功率上升到比較高的幅度。



<檸檬汁與電壓、電流、電功率的關係圖>

<葡萄汁與電壓、電流、電功率的關係圖>



<奇異果汁與電壓、電流、電功率的關係圖>

<三種果汁的不同並聯組數與電功率的折線圖>

【實驗十】：比較四種不同果汁與四種不同果汁酒所製成的電池對於發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 另外再將四杯準備做果汁酒的果汁中分別加入 45 公克的冰糖於四杯裝有蘋果、檸檬、草莓、及葡萄果汁溶液的燒杯中，並用玻璃棒用力攪勻。
- (三) 加入酵母菌及營養劑使之酒精發酵：將酵母菌粉 1 公克及營養劑（又稱為發酵輔助劑）2 公克各別倒入四杯裝有 20 cc 溫水的燒杯中並用玻璃棒用力攪勻，然後再倒入上述四杯裝有蘋果、檸檬、草莓、及葡萄果汁溶液的燒杯中並再用玻璃棒用力攪拌；然後用保鮮膜及橡皮筋封起來放在實驗室內等待 21 天，讓四杯果汁發酵完成變成果汁酒。
- (四) 將銅片接於電表的正極，鎂片、鋅片、鋁片、鐵片、鉛片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，然後將八種水溶液電池，每種水溶液各做四杯每杯 300 毫升，並將四杯分別串聯起來。並將五種不同金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，分別垂直置於上述四種果汁及四種果汁酒中，再用三用電表測量電壓及電流並記錄之。
- (五) 將上述四杯串聯起來的八種水溶液電池連接 LED 燈泡，測試其是否有被點亮。
- (六) 將上述八種水溶液分別倒入 100 毫升的雙氧水，然後重複上述步驟「(四)至(五)項」，觀察對於發電效能有何影響。

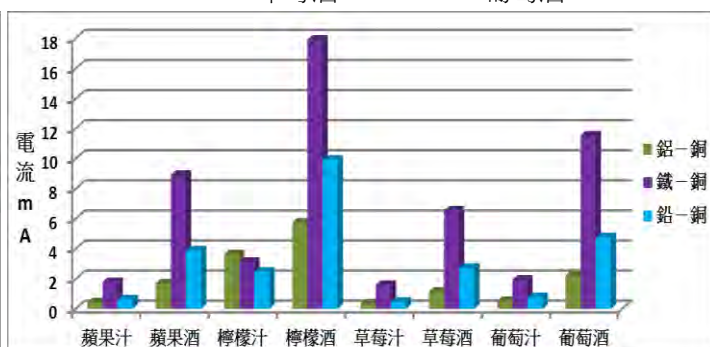
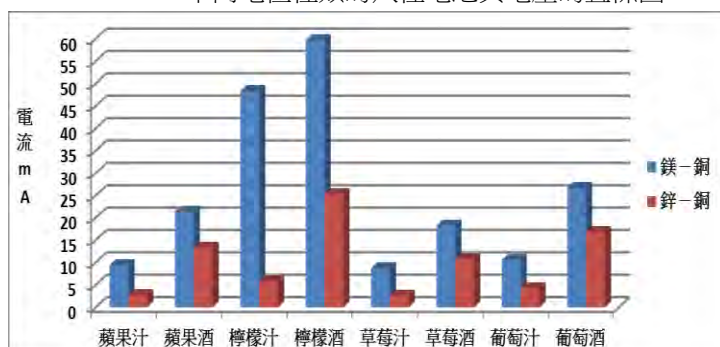
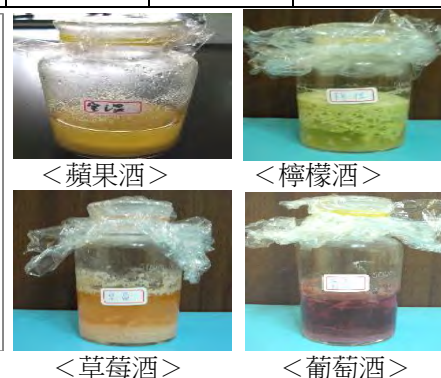
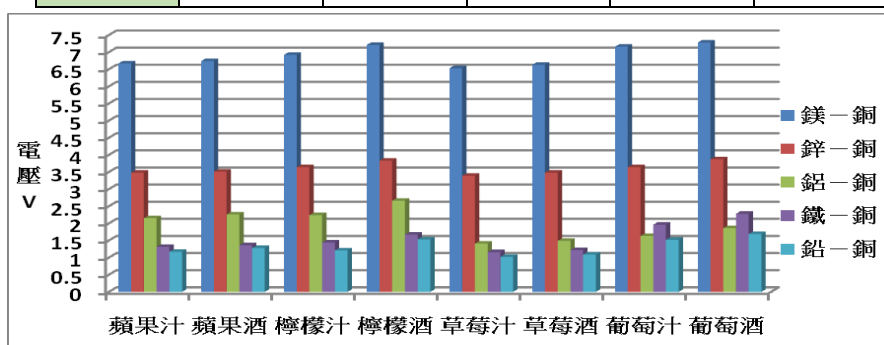
結果：如下表

<表七十六> 電極種類與電壓之關係 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電壓單位: 伏特 (V)

	蘋果汁	蘋果酒	檸檬汁	檸檬酒	草莓汁	草莓酒	葡萄汁	葡萄酒
鎂-銅	6.67 ⊙	6.74 ⊙	6.92 ⊙	7.21 ⊙	6.53 ⊙	6.63 ⊙	7.16 ⊙	7.28 ⊙
鋅-銅	3.48 ⊙	3.51 ⊙	3.64 ⊙	3.83 ⊙	3.39 ⊙	3.48 ⊙	3.64 ⊙	3.87 ⊙
鋁-銅	2.15 ×	2.26 ×	2.24 ⊙	2.66 ⊙	1.41 ×	1.49 ×	1.63 ×	1.86 ×
鐵-銅	1.31 ×	1.36 ×	1.44 ×	1.67 ×	1.16 ×	1.22 ×	1.96 ⊙	2.28 ⊙
鉛-銅	1.17 ×	1.28 ×	1.21 ×	1.53 ×	1.02 ×	1.09 ×	1.52 ×	1.69 ×

<表七十七> 電極種類與電流之關係 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電流單位: 毫安培 (mA)

	蘋果汁	蘋果酒	檸檬汁	檸檬酒	草莓汁	草莓酒	葡萄汁	葡萄酒
鎂-銅	9.46 ⊙	21.39 ⊙	48.38 ⊙	59.72 ⊙	8.79 ⊙	18.29 ⊙	10.65 ⊙	26.72 ⊙
鋅-銅	2.76 ⊙	13.36 ⊙	5.81 ⊙	25.34 ⊙	2.63 ⊙	10.78 ⊙	4.31 ⊙	16.89 ⊙
鋁-銅	0.43 ×	1.69 ×	3.62 ⊙	5.73 ⊙	0.34 ×	1.14 ×	0.52 ×	2.21 ×
鐵-銅	1.77 ×	8.91 ×	3.12 ×	17.89 ×	1.58 ×	6.54 ×	1.93 ⊙	11.52 ⊙
鉛-銅	0.62 ×	3.88 ×	2.46 ×	9.91 ×	0.46 ×	2.72 ×	0.77 ×	4.75 ×

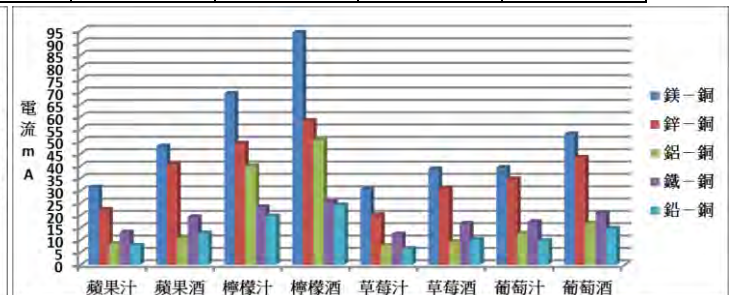
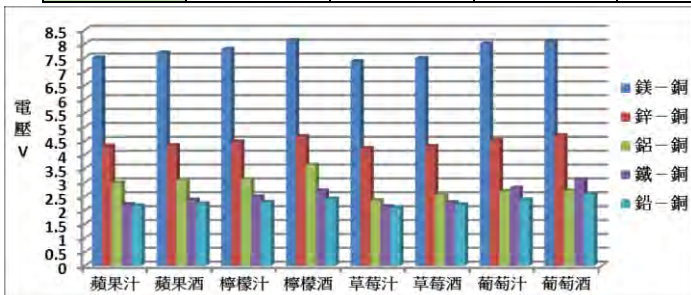


<表七十八> 添加雙氧水電極種類與電壓關係 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電壓單位: 伏特 (V)

	蘋果汁	蘋果酒	檸檬汁	檸檬酒	草莓汁	草莓酒	葡萄汁	葡萄酒
鎂-銅	7.50 ⊙	7.68 ⊙	7.81 ⊙	8.13 ⊙	7.37 ⊙	7.48 ⊙	8.01 ⊙	8.10 ⊙
鋅-銅	4.32 ⊙	4.34 ⊙	4.48 ⊙	4.67 ⊙	4.24 ⊙	4.31 ⊙	4.52 ⊙	4.70 ⊙
鋁-銅	2.99 ⊙	3.09 ⊙	3.12 ⊙	3.64 ⊙	2.36 ⊙	2.56 ⊙	2.69 ⊙	2.71 ⊙
鐵-銅	2.22 ⊙	2.38 ⊙	2.49 ⊙	2.71 ⊙	2.14 ⊙	2.29 ⊙	2.81 ⊙	3.11 ⊙
鉛-銅	2.17 ⊙	2.24 ⊙	2.30 ⊙	2.42 ⊙	2.09 ⊙	2.11 ⊙	2.39 ⊙	2.58 ⊙

<表七十九> 添加雙氧水電極種類與電流關係 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電流單位: 毫安培 (mA)

	蘋果汁	蘋果酒	檸檬汁	檸檬酒	草莓汁	草莓酒	葡萄汁	葡萄酒
鎂—銅	31.47	48.14	69.49	94.17	30.77	38.89	39.44	53.02
鋅—銅	22.39	40.84	49.28	58.44	20.21	30.91	34.81	43.57
鋁—銅	8.62	10.91	40.18	50.81	7.89	9.37	12.79	16.87
鐵—銅	13.26	19.46	23.48	25.68	12.49	16.77	17.49	21.14
鉛—銅	7.88	12.88	19.69	24.28	6.59	10.23	9.79	14.76



<加雙氧水後不同電極種類八種電池與電壓的直條圖> <加雙氧水後不同電極種類八種電池與電流的直條圖>

發現：

果汁酒電池的優異特性	根據實驗結果得知，不論是電壓或是電流，果汁酒電池都明顯比果汁電池來得高，因此在地球資源越來越少的今日，除了一般市售的乾電池及實驗常用的果汁電池之外，果汁酒電池也是另外一項可行的環保新選擇。
八種不同水溶液的比較	八種不同水溶液，以檸檬汁及檸檬酒發電效能最好，不論是電壓及電流都是最高，其次是葡萄汁及葡萄酒，再來是蘋果汁及蘋果酒，最差是草莓汁及草莓酒。
五種不同金屬電極的比較	五種不同金屬電極組合以鎂—銅發電效能最好，不論是電壓及電流都是最高，其次是鋅—銅，再來是鋁—銅及鐵—銅以及鉛—銅則互有領先。
添加雙氧水的前後差別	還沒加雙氧水之前，只有鎂—銅及鋅—銅電極組合的電壓及電流都夠高能使 LED 燈泡發亮，其餘電極組合也只有檸檬汁及檸檬酒的鋁—銅電極組合以及葡萄汁和葡萄酒的鐵—銅電極組合可以使 LED 燈泡發亮；其他可能是因為電壓及電流不夠強，所以都沒辦法使 LED 燈泡發亮。可是添加雙氧水之後，雖然電壓並沒有增加很多，但是電流卻明顯增強非常多，結果使五種電極組合都能使 LED 燈泡發亮。因此發現雙氧水竟然也可以增加電池的電流，而且比果汁電池發電效能還要好，因此雙氧水電池是值得推廣的環保新能源。

【實驗十一】：比較五種不同果汁鮮奶與五種不同果汁優酪乳所製成的電池對於發電效能的影響。

方法：

- (一) 水果原料製成果汁前後的处理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。
- (二) 另外再將準備做果汁鮮奶及果汁優酪乳的 50 公克果汁中分別加入 250 公克的光泉鮮奶於裝有蘋果、木瓜、香蕉及草莓果汁溶液的燒杯中，並用玻璃棒用力攪勻。
- (三) 然後再將要做蘋果、木瓜、香蕉及草莓的果汁優酪乳及加入 300 公克光泉鮮奶的原味優酪乳的五杯中分別加入 1 公克的普羅優菌粉；再用玻璃棒分別將上述的五組燒杯輕輕攪拌均勻，然後將最後五組燒杯用保鮮膜封好放進已設定好 40℃ 的恆溫培養箱中，等待 12 小時之後，將形成凝乳狀態的優酪乳取出，然後放在室溫中放涼。
- (四) 將銅片接於電表的正極，鎂片、鋅片、鋁片、鐵片、鉛片接於電表負極，並用橡皮擦

固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，然後將上述十種水溶液電池，每種水溶液各做四杯每杯 300 毫升，並將四杯分別串聯起來。並將五種不同金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，分別垂直置於上述十種不同果汁鮮奶及果汁優酪乳中，再用三用電表測量電壓及電流並記錄之。

(五) 將上述四杯串聯起來的十種水溶液電池連接 LED 燈泡，測試其是否有被點亮。

(六) 將上述十種水溶液分別倒入 100 毫升的雙氧水，然後重複上述步驟「(四)至(五)項」，觀察對於發電效能有何影響。

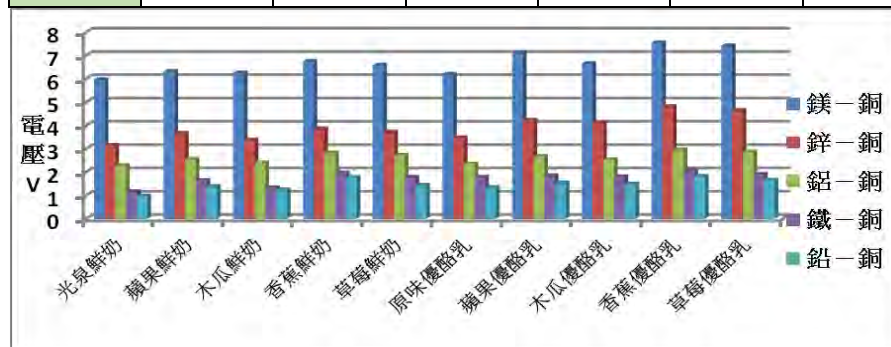
結果：如下表

<表八十> 電極種類與電壓之關係 LED 燈泡 → (亮：◎，不亮：×) 電壓單位：伏特 (V)

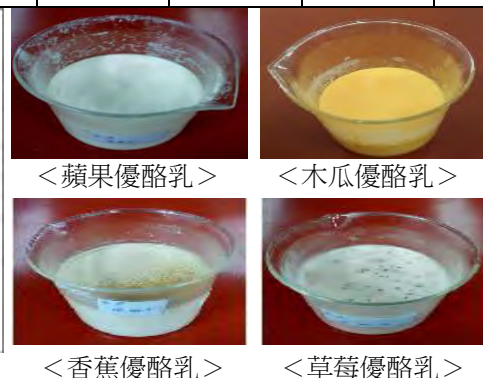
名稱 電極	光泉 鮮奶	蘋果 鮮奶	木瓜 鮮奶	香蕉 鮮奶	草莓 鮮奶	原味 優酪乳	蘋果 優酪乳	木瓜 優酪乳	香蕉 優酪乳	草莓 優酪乳
鎂-銅	5.97 ◎	6.33 ◎	6.26 ◎	6.76 ◎	6.59 ◎	6.21 ◎	7.12 ◎	6.66 ◎	7.56 ◎	7.43 ◎
鋅-銅	3.15 ◎	3.67 ◎	3.38 ◎	3.86 ◎	3.73 ◎	3.47 ◎	4.23 ◎	4.11 ◎	4.82 ◎	4.65 ◎
鋁-銅	2.29 ×	2.55 ×	2.41 ×	2.82 ×	2.73 ×	2.35 ×	2.68 ×	2.53 ×	2.96 ×	2.86 ×
鐵-銅	1.16 ×	1.64 ×	1.33 ×	1.96 ×	1.78 ×	1.78 ×	1.85 ×	1.80 ×	2.08 ×	1.92 ×
鉛-銅	0.98 ×	1.39 ×	1.25 ×	1.77 ×	1.44 ×	1.35 ×	1.54 ×	1.49 ×	1.82 ×	1.66 ×

<表八十一> 電極種類與電流之關係 LED 燈泡 → (亮：◎，不亮：×) 電流單位：毫安培 (mA)

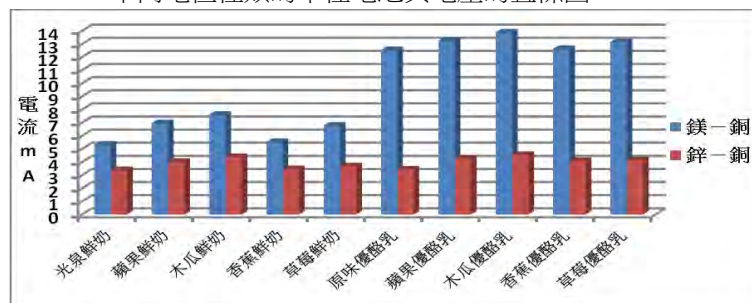
名稱 電極	光泉 鮮奶	蘋果 鮮奶	木瓜 鮮奶	香蕉 鮮奶	草莓 鮮奶	原味 優酪乳	蘋果 優酪乳	木瓜 優酪乳	香蕉 優酪乳	草莓 優酪乳
鎂-銅	5.33 ◎	6.96 ◎	7.61 ◎	5.53 ◎	6.77 ◎	12.54◎	13.25◎	13.88◎	12.62◎	13.14◎
鋅-銅	3.39 ◎	4.02 ◎	4.39 ◎	3.46 ◎	3.68 ◎	3.44 ◎	4.26 ◎	4.55 ◎	4.08 ◎	4.14 ◎
鋁-銅	0.40 ×	0.97 ×	1.04 ×	0.56 ×	0.58 ×	0.54 ×	1.12 ×	1.17 ×	1.05 ×	1.07 ×
鐵-銅	0.33 ×	0.47 ×	0.49 ×	0.36 ×	0.45 ×	0.61 ×	0.75 ×	0.83 ×	0.62 ×	0.69 ×
鉛-銅	0.127×	0.156×	0.222×	0.138×	0.147×	0.192×	0.268×	0.302×	0.247×	0.255×



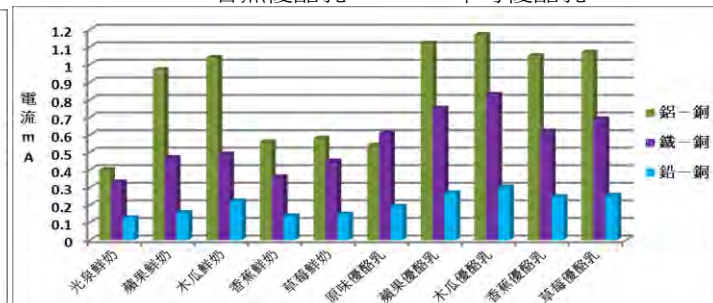
<不同電極種類的十種電池與電壓的直條圖>



<香蕉優酪乳> <草莓優酪乳>



<不同電極種類的十種電池與電流的直條圖>

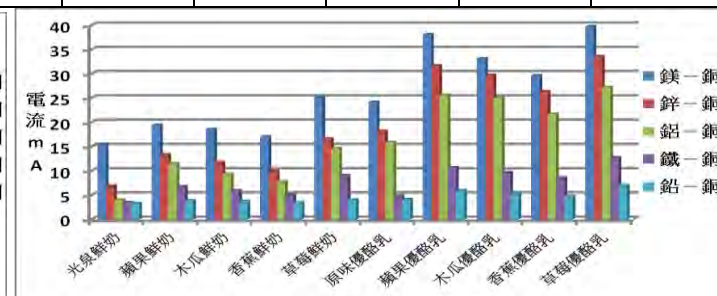
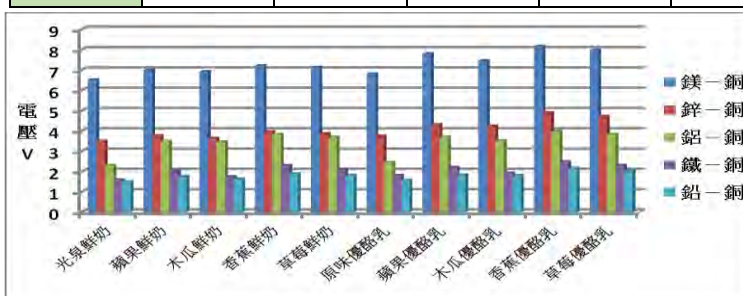


<表八十二> 添加雙氧水電極種類與電壓關係 LED 燈泡→(亮:⊙,不亮:×) 電壓單位:伏特(V)

名稱 電極	光泉 鮮奶	蘋果 鮮奶	木瓜 鮮奶	香蕉 鮮奶	草莓 鮮奶	原味 優酪乳	蘋果 優酪乳	木瓜 優酪乳	香蕉 優酪乳	草莓 優酪乳
鎂-銅	6.53 ⊙	7.01 ⊙	6.93 ⊙	7.22 ⊙	7.14 ⊙	6.82 ⊙	7.82 ⊙	7.47 ⊙	8.18 ⊙	7.99 ⊙
鋅-銅	3.51 ⊙	3.77 ⊙	3.64 ⊙	3.97 ⊙	3.88 ⊙	3.76 ⊙	4.32 ⊙	4.25 ⊙	4.91 ⊙	4.73 ⊙
鋁-銅	2.31 ⊙	3.51 ⊙	3.47 ⊙	3.84 ⊙	3.70 ⊙	2.46 ⊙	3.71 ⊙	3.52 ⊙	3.98 ⊙	3.85 ⊙
鐵-銅	1.60 ×	2.06 ⊙	1.76 ×	2.31 ⊙	2.12 ⊙	1.81 ⊙	2.22 ⊙	1.94 ⊙	2.49 ⊙	2.32 ⊙
鉛-銅	1.51 ×	1.77 ×	1.64 ×	1.90 ⊙	1.82 ⊙	1.59 ×	1.85 ⊙	1.81 ⊙	2.18 ⊙	2.04 ⊙

<表八十三> 添加雙氧水電極種類與電流關係 LED 燈泡→(亮:⊙,不亮:×) 電流單位:毫安培(mA)

名稱 電極	光泉 鮮奶	蘋果 鮮奶	木瓜 鮮奶	香蕉 鮮奶	草莓 鮮奶	原味 優酪乳	蘋果 優酪乳	木瓜 優酪乳	香蕉 優酪乳	草莓 優酪乳
鎂-銅	15.57⊙	19.48⊙	18.62⊙	17.03⊙	25.13⊙	24.19⊙	38.11⊙	33.16⊙	29.69⊙	39.78⊙
鋅-銅	6.93 ⊙	13.39⊙	11.77⊙	9.97 ⊙	16.61⊙	18.21⊙	31.67⊙	29.76⊙	26.37⊙	33.62⊙
鋁-銅	4.08 ⊙	11.55⊙	9.38 ⊙	7.87 ⊙	14.63⊙	15.92⊙	25.63⊙	25.02⊙	21.74⊙	27.26⊙
鐵-銅	3.51 ×	6.78 ⊙	5.94 ×	5.02 ⊙	9.06 ⊙	4.92 ⊙	10.69⊙	9.74 ⊙	8.63 ⊙	12.78⊙
鉛-銅	3.34 ×	3.92 ×	3.76 ×	3.48 ⊙	4.07 ⊙	4.16 ×	6.01 ⊙	5.33 ⊙	4.84 ⊙	7.05 ⊙



<加雙氧水後不同電極種類十種電池與電壓的直條圖> <加雙氧水後不同電極種類十種電池與電流的直條圖>

發現:如下表

果汁優酪乳電池的優異特性	根據實驗結果得知,不論是電壓或是電流,四種果汁優酪乳及原味優酪乳電池都明顯比四種果汁鮮奶及光泉鮮奶電池來得高,因此在地球資源越來越少的今日,除了一般市售的乾電池之外,優酪乳電池也是另外一項可行的環保新選擇。
十種不同水溶液的比較	還沒加雙氧水之前,電壓方面以香蕉最高,其次是草莓,再來是蘋果及木瓜分居第三及第四名;電流方面以木瓜最高,其次是蘋果,再來是草莓及香蕉,分居第三及第四名。可是添加雙氧水之後,電壓排序不變,電流排序卻改變了,變成以草莓最高,其次是蘋果,再來是木瓜及香蕉,分居第三及第四名。至於沒有添加任何水果的原味優酪乳及光泉鮮奶,不論是電壓或電流,都排在四種果汁口味鮮奶及優酪乳之後,表現不是很理想。
五種不同金屬電極的比較	五種不同金屬電極組合以鎂-銅發電效能最好,不論是電壓及電流都是最高,其次是鋅-銅,再來是鋁-銅及鐵-銅,分居第三及第四名,最差是鉛-銅。
添加雙氧水的前後差別與串聯的關係	還沒加雙氧水之前,因為串聯只能增加電壓而不能增加電流,所以只有鎂-銅及鋅-銅電極組合的電壓及電流都夠高能使 LED 燈泡發亮,其餘電極組合可能是因為電壓及電流不夠強,所以沒辦法使 LED 燈泡發亮。可是添加雙氧水之後,

雖然電壓並沒有增加很多，但是電流卻明顯增強非常多，結果使鋁－銅電極組合都能使 LED 燈泡發亮；鐵－銅電極組合及鉛－銅電極組合也只有光泉鮮奶、蘋果鮮奶、木瓜鮮奶及原味優酪乳之外，其餘都能使 LED 燈泡發亮，**可見不是只有增加電壓就好，電流也要一起增加才行。**

【實驗十二】：比較四種不同果汁與四種不同果汁醋所製成的電池對於發電效能的影響。

方法：

(一) 水果原料製成果汁前後的處理方法和步驟與實驗二「(一)至(二)項」相同。

(二) 果汁製成果汁酒前後的處理方法和步驟與實驗十「(二)至(三)項」相同。

(三) 再由果汁酒來發酵製成果汁醋的方法，分述如下：

1. 醋酸菌培養：將醋酸菌種液與酒精度 5~6 度之蘋果酒混合，倒入消過毒的三角瓶中，每瓶不超過 1/3 滿，瓶口塞消毒棉花，於 26~30°C 靜置培養 7~10 日，待半透明果凍狀菌體生成即可使用，如未馬上使用，需冷藏以保菌體新鮮。

2. 醋酸發酵：待酒精度為 8~12 度，顏色由濁白轉為清褐色表示果汁酒的酒精發酵完成，此時加入醋酸菌培養液與果汁酒重 1 倍之純水並充分攪拌，杯口再換上乾淨棉布，靜置發酵成醋。

(四) 將銅片接於電表的正極，鎂片、鋅片、鋁片、鐵片、鉛片接於電表負極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為 1 cm，插入深度為 5 cm，然後將八種水溶液電池，每種水溶液各做四杯每杯 300 毫升，並將四杯分別串聯起來。並將五種不同金屬電極組合每一片皆是寬 2 公分及長 10 公分，分別垂直置於上述四種果汁及四種果汁醋中，再用三用電表測量電壓及電流並記錄之。

(五) 將上述四杯串聯起來的八種水溶液電池連接 LED 燈泡，測試其是否有被點亮。

(六) 將上述八種水溶液分別倒入 100 毫升的雙氧水，然後重複上述步驟「(四)至(五)項」，觀察對於發電效能有何影響。

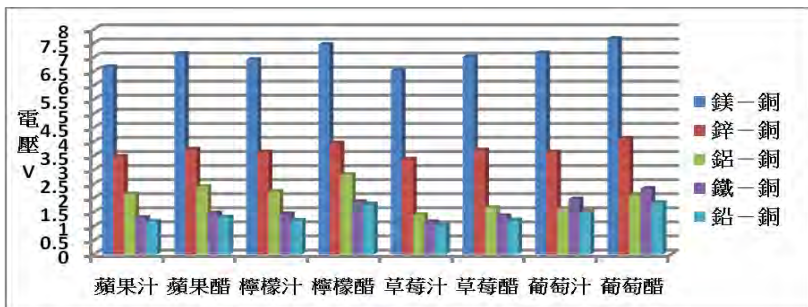
結果：如下表

<表八十四> 電極種類與電壓之關係 LED 燈泡 → (亮：◎，不亮：✕) 電壓單位：伏特 (V)

	蘋果汁	蘋果醋	檸檬汁	檸檬醋	草莓汁	草莓醋	葡萄汁	葡萄醋
鎂－銅	6.67 ◎	7.14 ◎	6.92 ◎	7.46 ◎	6.53 ◎	7.02 ◎	7.16 ◎	7.67 ◎
鋅－銅	3.48 ◎	3.74 ◎	3.64 ◎	3.96 ◎	3.39 ◎	3.71 ◎	3.64 ◎	4.12 ◎
鋁－銅	2.15 ✕	2.41 ✕	2.24 ◎	2.83 ◎	1.41 ✕	1.66 ✕	1.63 ✕	2.10 ◎
鐵－銅	1.31 ✕	1.47 ✕	1.44 ✕	1.87 ◎	1.16 ✕	1.37 ✕	1.96 ◎	2.34 ◎
鉛－銅	1.17 ✕	1.32 ✕	1.21 ✕	1.79 ✕	1.02 ✕	1.22 ✕	1.52 ✕	1.84 ✕

<表八十五> 電極種類與電流之關係 LED 燈泡 → (亮：◎，不亮：✕) 電流單位：毫安培 (mA)

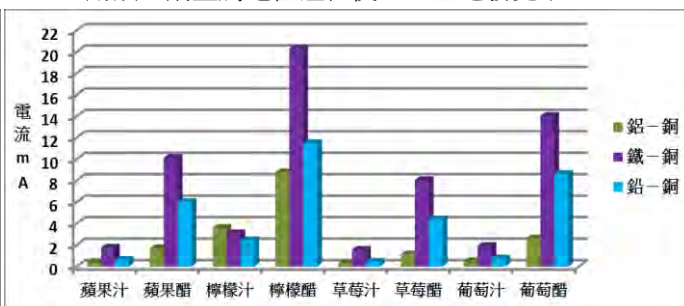
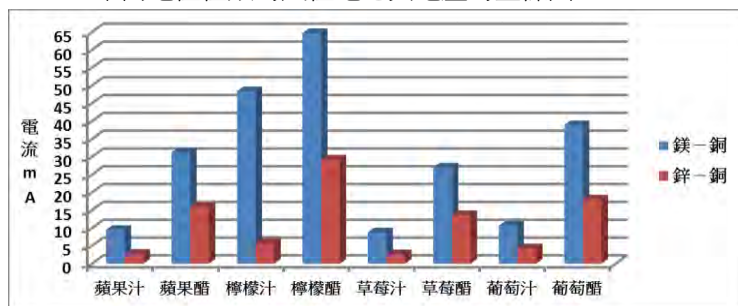
	蘋果汁	蘋果醋	檸檬汁	檸檬醋	草莓汁	草莓醋	葡萄汁	葡萄醋
鎂－銅	9.46 ◎	31.24 ◎	48.38 ◎	64.71 ◎	8.79 ◎	26.98 ◎	10.65 ◎	38.85 ◎
鋅－銅	2.76 ◎	15.93 ◎	5.81 ◎	29.21 ◎	2.63 ◎	13.62 ◎	4.31 ◎	18.01 ◎
鋁－銅	0.43 ✕	1.72 ✕	3.62 ◎	8.81 ◎	0.34 ✕	1.16 ✕	0.52 ✕	2.62 ◎
鐵－銅	1.77 ✕	10.14 ✕	3.12 ✕	20.31 ◎	1.58 ✕	8.06 ✕	1.93 ◎	14.05 ◎
鉛－銅	0.62 ✕	6.02 ✕	2.46 ✕	11.53 ✕	0.46 ✕	4.41 ✕	0.77 ✕	8.64 ✕



<不同電極種類的八種電池與電壓的直條圖>



<用鎂-銅金屬電極組合使 LED 燈泡發亮了>



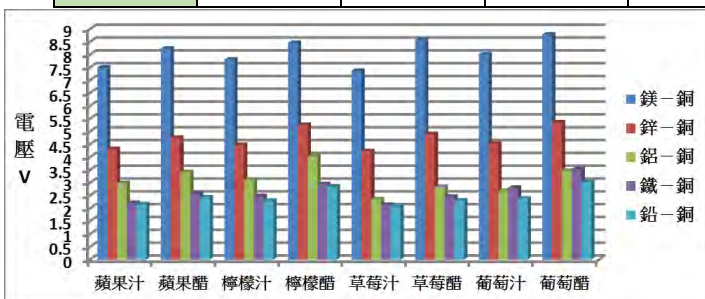
<不同電極種類的八種電池與電流的直條圖>

<表八十六> 添加雙氧水電極種類與電壓關係 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電壓單位: 伏特 (V)

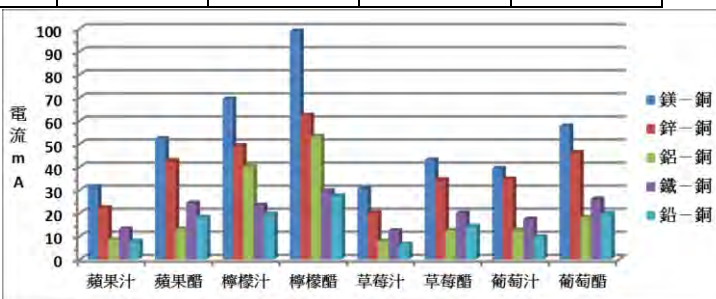
	蘋果汁	蘋果醋	檸檬汁	檸檬醋	草莓汁	草莓醋	葡萄汁	葡萄醋
鎂-銅	7.50 ⊙	8.24 ⊙	7.81 ⊙	8.46 ⊙	7.37 ⊙	8.58 ⊙	8.01 ⊙	8.79 ⊙
鋅-銅	4.32 ⊙	4.76 ⊙	4.48 ⊙	5.26 ⊙	4.24 ⊙	4.91 ⊙	4.52 ⊙	5.36 ⊙
鋁-銅	2.99 ⊙	3.42 ⊙	3.12 ⊙	4.03 ⊙	2.36 ⊙	2.85 ⊙	2.69 ⊙	3.47 ⊙
鐵-銅	2.22 ⊙	2.57 ⊙	2.49 ⊙	2.95 ⊙	2.14 ⊙	2.46 ⊙	2.81 ⊙	3.54 ⊙
鉛-銅	2.17 ⊙	2.43 ⊙	2.30 ⊙	2.86 ⊙	2.09 ⊙	2.31 ⊙	2.39 ⊙	3.03 ⊙

<表八十七> 添加雙氧水電極種類與電流關係 LED 燈泡 → (亮: ⊙, 不亮: ×) 電流單位: 毫安培 (mA)

	蘋果汁	蘋果醋	檸檬汁	檸檬醋	草莓汁	草莓醋	葡萄汁	葡萄醋
鎂-銅	31.47 ⊙	52.37 ⊙	69.49 ⊙	98.91 ⊙	30.77 ⊙	43.12 ⊙	39.44 ⊙	57.82 ⊙
鋅-銅	22.39 ⊙	42.93 ⊙	49.28 ⊙	62.46 ⊙	20.21 ⊙	34.57 ⊙	34.81 ⊙	46.38 ⊙
鋁-銅	8.62 ⊙	13.25 ⊙	40.18 ⊙	53.38 ⊙	7.89 ⊙	12.64 ⊙	12.79 ⊙	18.32 ⊙
鐵-銅	13.26 ⊙	24.48 ⊙	23.48 ⊙	29.75 ⊙	12.49 ⊙	20.12 ⊙	17.49 ⊙	26.24 ⊙
鉛-銅	7.88 ⊙	18.21 ⊙	19.69 ⊙	27.56 ⊙	6.59 ⊙	14.35 ⊙	9.79 ⊙	19.92 ⊙



<加雙氧水後不同電極種類八種電池與電壓的直條圖>



<加雙氧水後不同電極種類八種電池與電流的直條圖>

發現：

果汁醋電池的優異特性	根據實驗結果得知，不論是電壓或是電流，果汁醋電池都明顯比果汁電池來得高，因此在地球資源越來越少的今日，除了一般市售的乾電池及實驗常用的果汁電池之外，果汁醋電池也是另外一項可行的環保新選擇。
八種不同水溶	八種不同水溶液，以檸檬汁及檸檬醋發電效能最好，不論是電壓及電流都是最

液的比較	高，其次是葡萄汁及葡萄醋，再來是蘋果汁及蘋果醋，最差是草莓汁及草莓醋。
五種不同金屬電極的比較	五種不同金屬電極組合以鎂－銅發電效能最好，不論是電壓及電流都是最高，其次是鋅－銅，再來是鋁－銅及鐵－銅以及鉛－銅則互有領先。
添加雙氧水的前後差別	還沒加雙氧水之前，只有鎂－銅及鋅－銅電極組合的電壓及電流都夠高能使 LED 燈泡發亮，其餘電極組合也只有檸檬汁及檸檬醋的鋁－銅電極組合以及檸檬醋、葡萄汁和葡萄醋的鐵－銅電極組合可以使 LED 燈泡發亮；其他可能是因為電壓及電流不夠強，所以都沒辦法使 LED 燈泡發亮。可是添加雙氧水之後，雖然電壓並沒有增加很多，但是電流卻明顯增強非常多，結果使五種電極組合都能使 LED 燈泡發亮。 因此發現雙氧水竟然也可以增加電池的電流，而且比果汁電池發電效能還要好，因此雙氧水電池是值得推廣的環保新能源。

【實驗十三】：比較檸檬汁電池並聯數量及有無加入雙氧水對推動螺旋槳船的速度之影響。

方法：

- (一) 檸檬汁並聯數量對電池發電效能的做法同【實驗九】，電極採用鎂－銅電極組合，並參照【實驗十二】加入雙氧水作法，將實驗結果彙整如下〈表八十八〉
- (二) 螺旋槳船體製作方法分述如下：將十元麥香紅茶鋁箔包(長 6.3 公分、寬 4.0 公分、高 11.9 公分)船體，並將原本 11.9 公分的高當作船體的長，原本 4.0 公分的寬當作船體的高，原本 6.3 公分的長當作船體的寬。並將船體上面甲板長 11.9 公分乘以寬 6.3 公分的面積挖空，並依小馬達的形狀體積為考量在船尾中間離邊緣 3.15 公分處為中線，距離上下各約 1.5 公分、各約 1 公分，挖空 2.0 公分乘以約 1.5 公分面積，並將小馬達加螺旋槳組裝入船體 1.3 公分，並用膠帶固定且船體外觀以紅色塑膠版貼片膠帶貼黏。
- (三) 將螺旋槳船放在長 120 公分，寬 20 公分的水槽並將活動壓克力板調成寬 7 公分的水道，將螺旋槳船上的小馬達和不同的檸檬汁並聯數量相連，並將螺旋槳船由水道底到水道末端到所需時間彙整如下〈表八十八〉

結果：如下表

〈表八十八〉檸檬汁的不同並聯個數與電壓、電流、電功率之關係

①電壓單位：伏特 (V) ②電流單位：毫安培 (mA) ③電功率單位：毫瓦特 (mW)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
沒添加雙氧水 電壓、電流、電功率	①1.73	①1.74	①1.74	①1.74	①1.74	①1.73
	②48.58	②97.72	②140.11	②158.86	②175.71	②202.39
	③84.043	③170.033	③243.791	③276.416	③305.735	③350.135
有添加雙氧水 電壓、電流、電功率	①2.21	①2.21	①2.19	①2.24	①2.24	①2.25
	②68.10	②138.53	②184.19	②209.65	②242.01	②281.77
	③150.501	③306.151	③403.376	③469.616	③542.102	③633.983

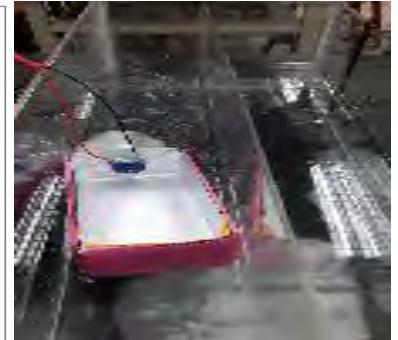
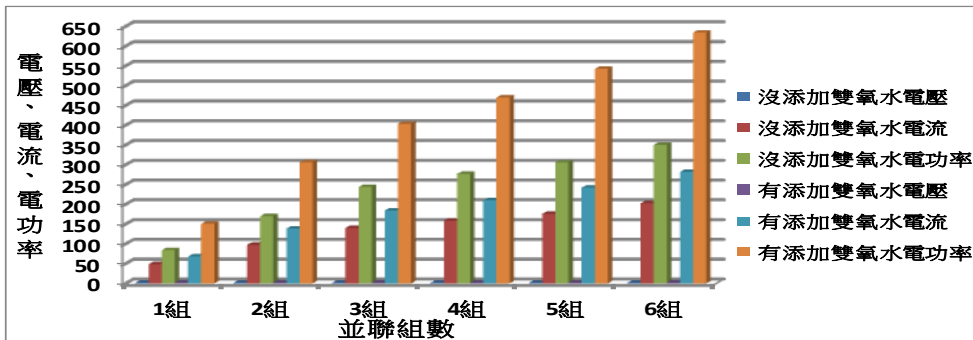
〈表八十九〉沒添加雙氧水檸檬汁並聯數量對推動螺旋槳船的速度之關係 螺旋槳船→(可前進：◎，不可前進：✕) 速度判斷單位：秒數 (sec.)

並聯組數	1 組	2 組	3 組	4 組	5 組	6 組
第一次	✕	✕	✕	✕	✕	10.62 ◎
第二次	✕	✕	✕	✕	✕	10.27◎
第三次	✕	✕	✕	✕	✕	11.88 ◎

平均值	×	×	×	×	×	10.92	◎
-----	---	---	---	---	---	-------	---

<表九十> 添加雙氧水檸檬汁並聯數量對推動螺旋槳船的速度之關係 **螺旋槳船** → (可前進：◎，不可前進：×) 速度判斷單位：秒數 (sec.)

並聯組數	1組	2組	3組	4組	5組	6組			
第一次	×	×	×	8.91	◎	8.02	◎	7.59	◎
第二次	×	×	×	9.27	◎	8.55	◎	7.09	◎
第三次	×	×	×	8.79	◎	8.08	◎	6.51	◎
平均值	×	×	×	8.99	◎	8.22	◎	7.06	◎



<檸檬汁有無添加雙氧水並聯組數與電壓、電流、電功率的關係圖>

<螺旋槳船在水中前進>

發現：

- (一) 檸檬汁電池的不同並聯組數電壓值則彼此之間差異不大；但有無添加雙氧水檸檬汁電池的並聯組數電流值則彼此之間差異較大，但隨著並聯組數增加電流的增加數和**原本組數**電流比有削弱的現象發生，但電流的削弱不至於太快。
- (二) 我們發現未添加雙氧水檸檬汁電池是並聯到第六組數時電壓 1.73 V，電流平均增加到 202.39 mA，螺旋槳船可以小馬達可以轉動前進，船行進到終點的時間平均為 10.92 秒；我們發現添加雙氧水是並聯到第四組、第五組、第六組組數時電壓、電功率、電流及船行進到終點的時間平均分別(2.24 V、209.65 mA、469.616mW、8.99 秒)、(2.24 V、242.01 mA、542.102 mW、8.22 秒)、(2.25 V、281.77mA、633.983 mW、7.06 秒)。
- (三) 我們從發現(二)數據發現在電壓 2.24 V 至 2.25 V，添加雙氧水檸檬汁電池是並聯到第四組、第五組、第六組組數電流依次增加 30 至 40mA，增加量約占起始量百分之十五至百分之二十，秒數減少約 0.77 秒和 1.16 秒。
- (四) 我們從發現(二)數據發現未添加雙氧水的檸檬汁電池**第六組**與已添加雙氧水的**第四組**的檸檬汁電池比較發現兩並聯電池組的電壓、電流、電功率及船行進到終點的時間分別為(1.73 V、2.24 V)、(202.39 mA、209.65 mA)、(350.135 mW、469.616mW)、(10.92 秒、8.99 秒)，因為兩者的電流(202.39 mA、209.65 mA)差異非常小，到終點秒數相差 1.93((10.92 —8.99)秒)所以電壓的差異會造成船行速度秒數的不同；因電功率=電壓乘以電流，所以電功率仍可當評斷船速或終點秒數的參考標準。

伍、討論：

一、探討影響果汁電池發電效能大小因素之探討

(一) 水果種類

1. 實驗中發現 pH 值越低酸性越高的果汁，電功率也就越高，代表發電效能越好。其中以

檸檬汁 pH 值最低酸性最高，電壓及電流也比較高，電功率也就比較高。

(二) 電極距離、電極深度、電極接觸面積

1. 實驗結果發現電極距離越近，電流及電功率就越強，但是對於電壓則影響不大。討論原因可能是帶電離子流動距離變近了，化學反應速率也就變快了，而且流動距離縮短也可以減少動能的損失，因此製作電池時，最好讓金屬片盡量靠近，以得到最大的電流及電功率。
2. 實驗結果中發現插入的金屬片越深，代表和越多量的果汁起化學反應，因此其化學反應的速率比較大也比較快，也就得到較大的電流及電功率，但是對於電壓則影響不大。
3. 電極金屬片的寬度越寬代表金屬片面積越大，也表示和電解液的接觸面積越大，代表和越多量的果汁起化學反應，因此其化學反應的速率比較大也比較快，也就得到較大的電流及電功率，但是對於電壓則影響不大。

(三) 電極金屬片的種類

1. 實驗結果中發現以鎂—銅電極組合的發電效能最好，所得到的電壓及電流及電功率也最高，但是鎂金屬價格較高，所以以價格較便宜的鋅—銅電極組合做為實驗的主要金屬片，而且鋅—銅電極組合發電效能也還不錯。至於鋁—銅、鐵—銅及鉛—銅的電極組合所得到的電壓及電流及電功率均較低，發電效能也較差。

(四) 果汁的濃度與溫度

1. 果汁濃度越高代表電解質越多，解離出來的帶電的離子也越多，因此所得到的電流及電功率也越高，但是對於電壓則影響不大。
2. 果汁溫度越高代表解離出來的帶電的離子活動也就越據烈，化學反應速率也就越快了，因此所得到的電流及電功率也越高，但是對於電壓則影響不大。

(五) 不同串聯及並聯數量

1. 串聯越多的果汁電池，所得到的電壓及電功率也越高，但是對於電流則影響不大。
2. 並聯越多的果汁電池，所得到的電流及電功率也越高，但是對於電壓則影響不大。
3. 串聯 1 組的果汁電池，可能由於電壓不夠強，無法使 LED 燈泡發亮，串聯 2 組以上才能發亮。至於並聯雖然電流比較強，但是電壓無法增強，所以 LED 燈泡均無法發亮。

二、探討影響果汁電池的日常生活應用發電效能之探討

(一) 五種不同金屬片電極組合，需由活性大小不同的兩種金屬片組合而成，活性大的金屬片當成負極，活性小的金屬片當成正極，理論上活性的差距愈大，所得到的電壓及電流會愈大。例如鎂—銅電極組合差距最大，因此所得到的電壓及電流也最大，而鉛—銅電極組合差距最小，因此所得到的電壓及電流也最小。果汁電池、果汁酒電池、果汁鮮奶電池、果汁優酪乳電池及果汁醋電池由於裡面都有酸性電解質，可以形成一個原電池。其發電原理是：兩種金屬片的電化學活性不一樣，電子便會從帶負電的金屬片經由電線開始往帶正電的金屬片移動，因為電子在導線中移動的方向跟電流方向相反，所以電流則是從正極的金屬片經由外部的電線流向負極的金屬片，這樣就完成了活性小的金屬片(如:銅片)當成正極、活性大的金屬片(如:鎂片)當成負極的電池了。

(二) 實驗結果發現果汁酒、果汁優酪乳以及果汁醋的發電效能比純果汁還要好，而且添加雙氧水之後，電流卻增強很多。討論原因可能是因為發酵後的果汁酒、果汁優酪乳以及果汁醋比純果汁更快及更容易解離出帶電的離子，導致帶電的離子比較多，所以電

流會比較高。至於加入催化劑雙氧水後，會使果汁的化學反應變得更劇烈，甚至會冒泡泡，鋅片氧化反應及銅片還原反應也會變得更劇烈；所解離出來的帶電離子活動也就越快越劇烈，所得到的電流也就越高。

- (三) 本實驗採用雙氧水的原因是因為國小自然課本只提到醋酸、小蘇打水、食鹽水等是酸、鹼、鹽電解質溶液可以增加導電性，所以本實驗是採用課本沒提到過的雙氧水添加到純果汁與果汁酒及果汁優酪乳以及果汁醋裡面做新的電解質溶液實驗，發現雙氧水竟然也可以增加電池的電流，而且果汁酒及果汁優酪乳以及果汁醋比純果汁發電效能還要好，因此雙氧水果汁電池是值得推廣的環保新能源。
- (四) 由**無添加雙氧水檸檬汁並聯組數到第 6 組推論電壓 1.73 V、電流 202.39 mA、電功率 350.135 mW** 符合螺旋槳船小馬達轉動的起始條件，而由**添加雙氧水檸檬汁並聯組數到第 4 組、第 5 組、第 6 組**，比較數據後發現電壓增大船行速度增加較多(船行秒數較少)。由於添加雙氧水後至少並聯 4 組以上才能使螺旋槳船小馬達轉動，至於**無添加雙氧水要並聯到 6 組以上才能轉動，因此造成連接的電線過多，未來或許可以用焦耳神偷的連接方式，來提高電壓及電流，才能降低並聯組數；來做為將來我們努力的實驗目標。**

陸、結論：

從上面的討論中，我們知道製造果汁電池時的發電情形及日常生活應用有哪些，因此由實驗結果和我們共同討論出來的看法，最後我們得到下面的結論：

一	檸檬汁、葡萄汁及奇異果汁為電功率最高的前三名。
二	電極金屬片距離越近，所得到電流及電功率越高，但是對於電壓則影響不大。
三	電極金屬片深度越深，所得到電流及電功率越高，但是對於電壓則影響不大。
四	電極金屬片接觸面積越大，所得到電流及電功率越高，但是對於電壓則影響不大。
五	電極金屬片的種類以鎂－銅電極組合的發電效能最好，鉛－銅最差。
六	果汁濃度越高，所得到的電流及電功率也越高，但是對於電壓則影響不大。
七	果汁溫度越高，所得到的電流及電功率也越高，但是對於電壓則影響不大。
八	串聯越多的果汁電池，所得到的電壓及電功率也越高。
九	並聯越多的果汁電池，所得到的電流及電功率也越高。
十	果汁酒的發電效能比果汁還要好，而且添加雙氧水之後，電流卻增強很多。
十一	果汁優酪乳的發電效能比果汁鮮奶還要好，而且添加雙氧水之後，電流卻增強很多。
十二	果汁醋的發電效能比果汁還要好，而且添加雙氧水之後，電流卻增強很多。
十三	電壓對小馬達的轉動效果大於電流的影響效果。

柒、參考資料：

- 一、菊池正典（半導體專家）（2011）。電學。瑞昇文化事業有限公司。
- 二、內田隆裕（2012）。圖解電池入門。世茂出版有限公司。
- 三、陳明造、謝建元（民 91）。水果酒釀造與藥酒泡製 DIY。藝軒圖書出版社。
- 四、楊綠茵（民 96）。楊綠茵教你釀醋、喝醋、料理醋。腳丫文化。
- 五、陳慶飛（民 81）化學篇（一）發酵的秘密。台北市；華一書局。
- 六、林慶文（2001）。奇妙的優酪乳。元氣齋出版社。

【評語】 082908

以金屬電極種類、電極間距、電極深度、電極接觸面積、果汁濃度、溫度等影響果汁電池發電效能的因素，探究電化學原理。並能以果汁的 pH 值理解水溶液離子濃度與發電效能的關聯，觀念正確。探究果汁酒、果汁優酪乳、果汁醋等的發現，宜更深入。

摘要

本實驗是要發現影響果汁電池發電效能的因素，結果發現電極距離越近，電極深度越深，電極接觸面積越大，所得到的發電效能會比較好。至於電極金屬片種類以鎳-銅電極組合最好，但價格比較貴，一般以第二好的鋅-銅電極組合比較適合。還有影響發電效能的果汁濃度與溫度，發現溫度及濃度越高，所得到的發電效能也會比較好。還有串聯越多果汁電池，電壓越高，電流則幾乎沒甚麼劇烈變化；並跟別則相反。最後在探討果汁電池日常生活應用時，發現可以推動螺旋槳船，並且把果汁加了酵母菌做成果汁酒；還可以加乳酸菌做成果汁優酪乳；更可以加入醋菌做成果汁醋，進一步做成各種不同金屬電極組合形式的電池來代替一般市售的乾電池，成為最環保的新能源。

壹、研究動機

最近班上有一位同學看了臺灣生產百分百純果汁的廣告，感慨酸酸甜甜一定很好喝，而恰巧在上自然課時又學習到水溶液發電原理，我們就想到除了自然課本提到鹽水能發電之外，果汁是否也能發電呢？如果把果汁做成電池是否也能發電呢？還有影響果汁電池的強弱的因素以及日常生活應用又有哪些呢？這一長串的問號，越感越奇怪，不過也引起了我們莫大的興趣，於是我們這幾個愛皮匠便經由老師的指點，展開一連串探討實驗活動的發電之旅。

貳、研究目的

為了了解蘋果汁電池的過程中，其影響發電情形及日常生活應用，我們選擇下列幾個問題進行探究：

- 一、從不同九種水果種類找出最適合三種水果來做果汁電池。
- 二、比較不同電極距離對於果汁電池發電效能的影響。
- 三、比較不同電極深度對於果汁電池發電效能的影響。
- 四、比較不同電極接觸面積對於果汁電池發電效能的影響。
- 五、比較不同電極金屬片種類對於果汁電池發電效能的影響。
- 六、比較不同果汁濃度對於果汁電池發電效能的影響。
- 七、比較不同果汁溫度對於果汁電池發電效能的影響。
- 八、比較不同串聯數量對於果汁電池發電效能的影響。
- 九、比較不同並聯數量對於果汁電池發電效能的影響。
- 十、以下四項為果汁電池的日常生活應用：
 - 十-1 比較四種不同果汁與四種不同果汁酒所製成的電池對於發電效能的影響。
 - 十-2 比較五種不同果汁鮮奶與五種不同果汁優酪乳所製成的電池對於發電效能的影響。
 - 十-3 比較四種不同果汁與四種不同果汁醋所製成的電池對於發電效能的影響。
 - 十-4 用不同並聯數量的果汁電池對推動螺旋槳船的速度影響。



參、研究設備與器材

- 一、水果：檸檬、蘋果、奇異果、葡萄、柳丁、番茄、楊桃、鳳梨、木瓜、草莓、香蕉。
- 二、材料：冰糖、美國紅星牌塔粉、營養劑（發酵輔助劑）、普羅優椰液、純奈山水、錳片、鋅片、鋁片、鐵片、鉛片、銅片、雙氧水、光泉鮮奶。
- 三、器材：水果刀、配汁機、蔬果攪磨機、蒸氣機、玻璃棒、小型電子秤、冰桶、溫度計、保鮮膜、紗布、塑膠袋、衛生紙、橡皮筋、pH計、滴管、燒杯（500cc）、電導爐、不銹鋼鍋、恆溫培養箱、紫外線消毒箱、三用電表、LED燈泡、橡皮擦、小馬達。



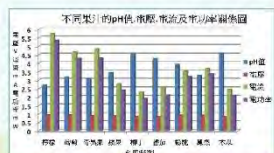
肆、研究過程與方法

【實驗一】：從不同九種水果種類找出最適合三種水果來做果汁電池。

- 方法：
- (一) 原料前的處理：選擇成熟度、新鮮度高的九種水果，分別是檸檬、奇異果、葡萄、蘋果、柳丁、番茄、楊桃、鳳梨、木瓜，經過適當清洗後，放置於陰涼通風處靜乾。
 - (二) 再將這九種水果經過適當切碎後，以壓汁機及蔬果攪磨機將九種水果磨碎及壓榨處理後，各取300公克新鮮果汁分別置於已經用紫外線消毒的九個燒杯（500cc）中。
 - (三) 將銅片接於電表負極，鋅片接於電表正極，並用橡皮擦固定電極片的間隔距離為1cm，插入深度為5cm，將鋅片與銅片金屬電極組合每一片皆是長2公分寬10公分，分別垂直置於上述九種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值=電功率），並將結果記錄下來。再用pH計測量pH值

結果：如右圖

- (一) 不同種類水果中，以檸檬汁的電壓最大，番茄汁的電壓最小，但彼此之間差異不大。
- (二) 而電流值的差異性就非常明顯，其中以檸檬汁的電流最大，柳丁汁的電流最小。
- (三) 果汁的pH值越低，電功率就會比較好。
- (四) 故取電功率最好的前三名分別是檸檬汁、葡萄汁及奇異果汁為最適合的電解液來做成果汁電池以便進行接下來的實驗。

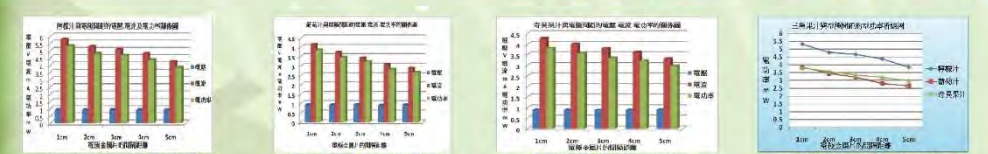


<不同果汁的pH值、電壓、電流及功率關係圖>

【實驗二】：比較不同電極距離對於果汁電池發電效能的影響。

- 方法：用不同數目橡皮擦將鋅及銅電極金屬片間的距離調整為5公分、4公分、3公分、2公分、1公分五種間隔距離，最後將五種不同間隔距離的鋅及銅電極金屬片分別垂直置於上述三種電功率最好的新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值=電功率），並將結果記錄下來

結果：如下圖

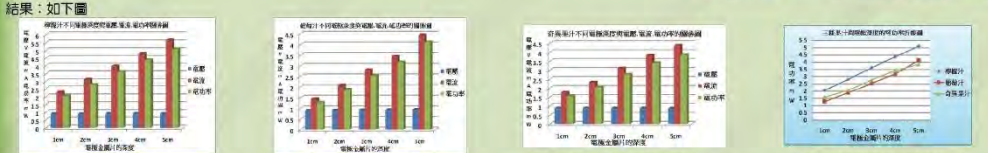


發現：我們發現三種果汁電池都是電極間隔距離越近電流就越強，電功率也就越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的電極間隔距離與電壓值則彼此之間差異不大。

【實驗三】：比較不同電極深度對於果汁電池發電效能的影響。

- 方法：將鋅及銅電極金屬片的插入深度用奇異筆在金屬片上面畫記調整為5公分、4公分、3公分、2公分、1公分五種不同深度，最後將五種不同深度的鋅及銅電極金屬片分別垂直置於上述三種電功率最好的新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值=電功率），並將結果記錄下來

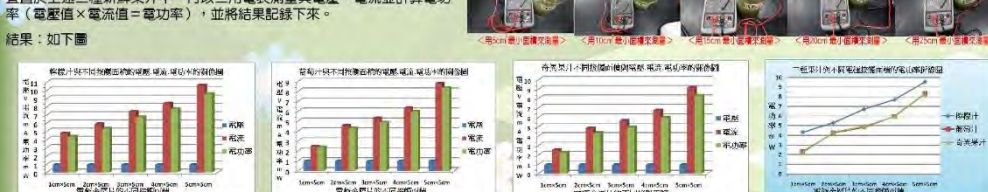
結果：如下圖



發現：我們發現三種果汁電池都是電極深度越深電流就越強，電功率也就越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的電極深度與電壓值則彼此之間差異不大。

【實驗四】：將接觸面積不同的鋅片及銅片金屬電極組合各6片，每片寬度皆不同，分別為5公分、4公分、3公分、2公分、1公分五種不同寬度而長度都是10公分，最後將五種不同寬度和接觸面積的鋅及銅電極金屬片分別垂直置於上述三種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值=電功率），並將結果記錄下來。

結果：如下圖

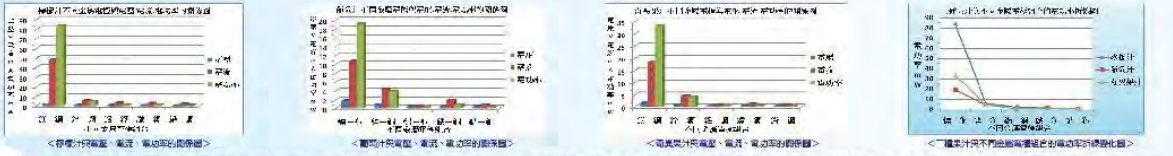


發現：我們發現三種果汁電池都是電極接觸面積越大電流就越強，電功率也就越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的電極接觸面積與電壓值則彼此之間差異不大。

【實驗五】：比較不同金屬金屬片種類對於果汁電池發電效能的影響。
 方法：將銅片接於電表的正極，鋅片、鋁片、鎂片及鉛片接於電表負極，分別垂直置於上述三種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值＝電功率），並將結果記錄下來。



結果：如下圖



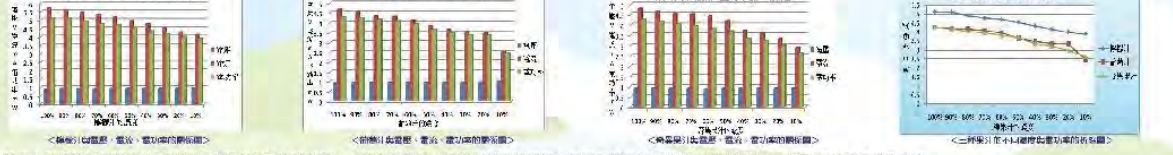
發現：我們發現五種不同金屬電極組合，以鎂－銅金屬電極組合無論是電壓、電流、電功率方面都是最高及最佳的，其次是鋅－銅電極組合電極無論是電壓、電流、電功率都是次高及次佳的。

【實驗六】：比較不同果汁濃度對於果汁電池發電效能的影響。

方法：
 (一) 然後取三種水果原汁再分別加入泰山純水調配成濃度為100%、90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%、10%的果汁。
 (二) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，分別垂直置於上述三種新鮮不同濃度果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值＝電功率），並將結果記錄下來。

濃度	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
果汁 (cc)	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
純水 (cc)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270

結果：如下圖



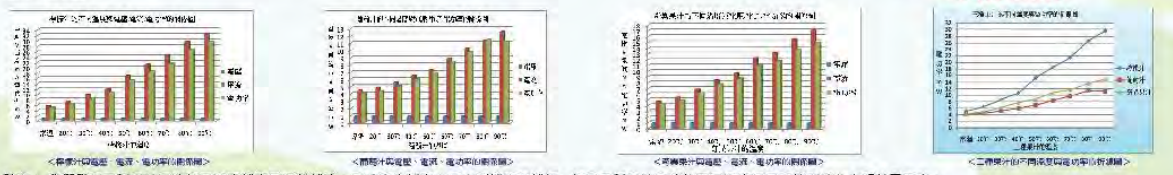
發現：我們發現三種果汁電池都是濃度越高電流就越強，電功率也越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的不同濃度與電壓值則彼此之間差異不大。

【實驗七】：比較不同果汁溫度對於果汁電池發電效能的影響。

方法：
 (一) 然後將裝有三種水果原汁的燒杯放入裝有水的不銹鋼鍋，然後將不銹鋼鍋放在電磁爐上隔水加熱，燒杯中放一支溫度計隨時監控溫度，在還沒加熱前燒杯中的果汁先用溫度計測量常溫狀態的果汁大約是12℃，因此從常溫溫度計到90℃；其中從20℃開始每上升10℃就記錄一次電壓及電流。
 (二) 將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，分別垂直置於上述三種新鮮不同溫度果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值＝電功率），並將結果記錄下來。



結果：如下圖



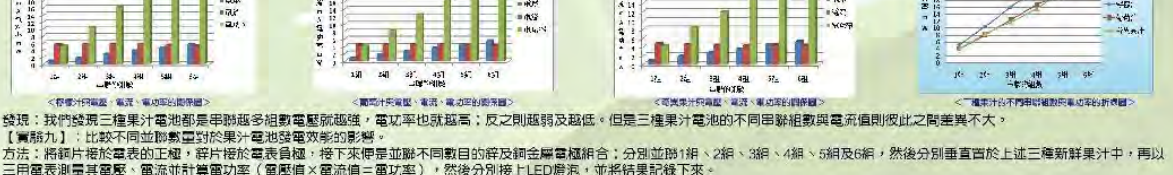
發現：我們發現三種果汁電池都是溫度越高電流就越強，電功率也越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的不同溫度與電壓值則彼此之間差異不大。

【實驗八】：比較不同串聯數量對於果汁電池發電效能的影響。

方法：將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，接下來便是串聯不同數目的鋅及銅金屬電極組合；分別串聯1組、2組、3組、4組、5組及6組，然後分別垂直置於上述三種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值＝電功率），然後分別接上LED燈泡，並將結果記錄下來。



結果：如下圖



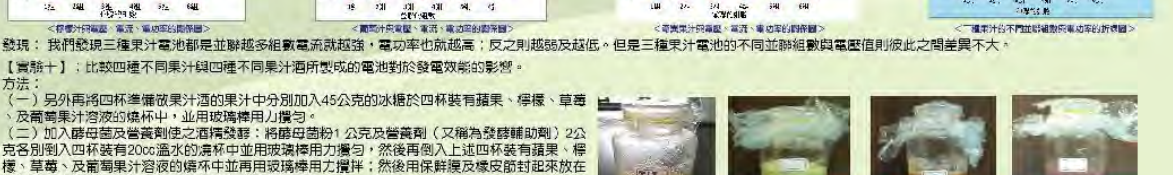
發現：我們發現三種果汁電池都是串聯越多組數電壓就越強，電功率也就越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的不同串聯組數與電流值則彼此之間差異不大。

【實驗九】：比較不同並聯數量對於果汁電池發電效能的影響。

方法：將銅片接於電表的正極，鋅片接於電表負極，接下來便是並聯不同數目的鋅及銅金屬電極組合；分別並聯1組、2組、3組、4組、5組及6組，然後分別垂直置於上述三種新鮮果汁中，再以三用電表測量其電壓、電流並計算電功率（電壓值×電流值＝電功率），然後分別接上LED燈泡，並將結果記錄下來。



結果：如下圖



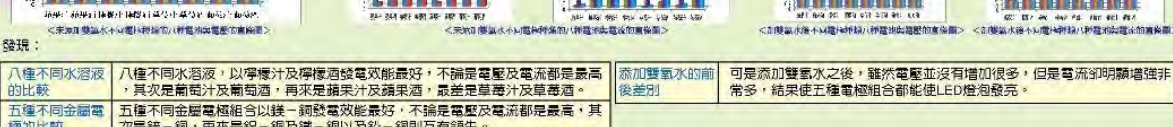
發現：我們發現三種果汁電池都是並聯越多組數電流就越強，電功率也就越高；反之則越弱及越低。但是三種果汁電池的不同並聯組數與電壓值則彼此之間差異不大。

【實驗十】：比較四種不同果汁與四種不同果汁酒所製成的電池對於發電效能的影響。

方法：
 (一) 另外再將四杯準備成果汁酒的果汁中分別加入45公克的冰糖於四杯裝有蘋果、檸檬、草莓、及葡萄果汁溶液的燒杯中，並用玻璃棒用力攪勻。
 (二) 加入酵母菌及營養劑使之酒精發酵：將酵母菌粉1公克及營養劑（又稱為發酵輔助劑）2公克分別別加入四杯裝有200cc溫水的燒杯中並用玻璃棒用力攪勻，然後再倒入上述四杯裝有蘋果、檸檬、草莓、及葡萄果汁溶液的燒杯中並再用玻璃棒用力攪拌；然後用保鮮膜及橡皮筋封封室內等待21天，讓四杯果汁發酵完成釀成果汁酒。
 (三) 將上述四杯串聯起來的八種水溶液電池連接LED燈泡，測試其是否有發光亮。
 (四) 將上述八種水溶液分別倒入100毫升的雙氧水，觀察對於發電效能有何影響。



結果：如下圖



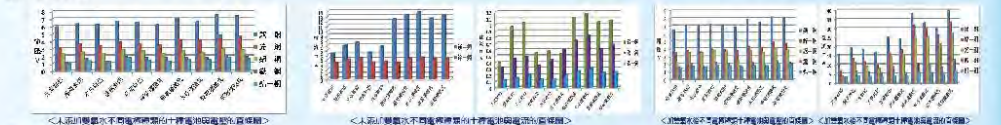
發現：八種不同水溶液的比較：八種不同水溶液，以檸檬汁及檸檬酒發電效能最好，不論是電壓及電流都是最高，其次是葡萄汁及葡萄酒，再來是蘋果汁及蘋果酒，最后是草莓汁及草莓酒。
 五種不同金屬電極的比較：五種不同金屬電極組合以鎂－銅發電效能最好，不論是電壓及電流都是最高，其次是鋅－銅，再來是鋁－銅以及鉛－銅則互有領先。
 添加雙氧水的前後差別：可是添加雙氧水之後，雖然電壓並沒有增加很多，但是電流則明顯增強非常多，結果使五種電極組合都能使LED燈泡發亮。

【實驗十一】：比較五種不同果汁鮮奶與五種不同果汁優酪乳所製成的電池對於發電效能的影響。

方法：
 (一) 另外再將準備成果汁鮮奶及果汁優酪乳的50公克果汁中分別加入250公克的光學鮮奶於裝有蘋果、木瓜、香蕉及草莓果汁溶液的燒杯中，並用玻璃棒攪勻。
 (二) 然後再將要成蘋果、木瓜、香蕉及草莓的果汁優酪乳加入300公克光學鮮奶的原味優酪乳的杯中再加入1公克的普羅維優粉；再用玻璃棒分別將上述的五組燒杯輕輕攪拌均勻，然後將最後五組燒杯用保鮮膜封好放進已設定好40°C的恆溫培養箱中，等待12小時之後，將形成凝乳狀的優酪乳取出。
 (三) 將上述四杯串聯起來的十種水溶液電池連接LED燈泡，測試其是否有被點亮。
 (四) 將上述十種水溶液分別倒入100毫升的雙氧水，觀察對於發電效能有何影響。



結果：如下圖



發現：如下表

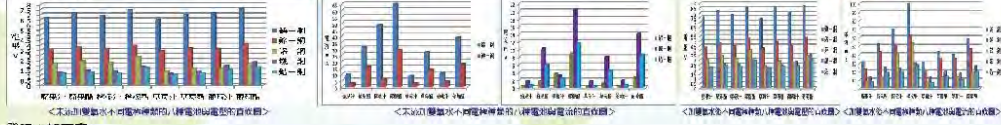
十種不同水溶液比較	添加雙氧水之前，電壓方面以香蕉最高，其次是草莓，再來是蘋果及木瓜分第三及第四名；電流方面以木瓜最高，其次是蘋果，再來是草莓及香蕉，分第三及第四名。	添加雙氧水的前後差別關係	可是添加雙氧水之後，雖然電壓並沒有增加很多，但電流卻明顯增加非常多，結果使得一節電池組合都能點亮LED燈泡發亮；若一節電池組合及二節電池組合也只有光學鮮奶、蘋果鮮奶、木瓜鮮奶及草莓優酪乳之外，其餘都能使LED電池發亮，可見不是只有增加溫度就好，電流也要一起增加才行。
五種不同金屬電極的比較	五種不同金屬電極組合以鎂-銅發電效能最好，不論是電壓及電流都是最高，其次是鋅-銅，再來是鋁-銅及鐵-銅以第四、五名。		

【實驗十二】：比較四種不同果汁與四種不同果汁醋所製成的電池對於發電效能的影響。

方法：
 (一) 再由果汁酒來發製成果汁醋的方法，分述如下：
 1. 醱釀酒精：將甜釀液與酒精度5-6度之蘋果酒混合，倒入消毒過的三角瓶中，每瓶不超過1/3滿，瓶口塞消毒棉花，於26-30°C靜置培養7-10日，待半透明果凍狀生成即可使用，如未馬上使用，需冷藏以保其體新鮮。
 2. 酒精發酵：待酒精度為8-12度，顏色由白轉為黃褐色表示果汁酒的酒精發酵完成，此時加入醋釀液培養與果汁酒重1倍之純水及充分攪拌，杯口再換上乾淨布條，靜置發酵成醋。
 (二) 將上述四杯串聯起來的八種水溶液電池連接LED燈泡，測試其是否有被點亮。
 (三) 將上述八種水溶液分別倒入100毫升的雙氧水，然後重複上述步驟「(四)至(五)項」，觀察對於發電效能有何影響。



結果：如下圖



發現：如下表

八種不同水溶液比較	八種不同水溶液，以檸檬汁及檸檬酸發電效能最好，不論是電壓及電流都是最高，其次是檸檬汁及檸檬酸，再來是蘋果汁及蘋果酸，最差是草莓汁及草莓酸。	添加雙氧水的前後差別	可是添加雙氧水之後，雖然電壓並沒有增加很多，但電流卻明顯增加非常多，結果使五種電極組合都能使LED燈泡發亮。
五種不同金屬電極的比較	五種不同金屬電極組合以鎂-銅發電效能最好，不論是電壓及電流都是最高，其次是鋅-銅，再來是鋁-銅及鐵-銅以第四、五名。		

【實驗十三】：比較檸檬汁電池並聯數量及有無加入雙氧水對推動螺旋槳的速度的影響。

方法：
 (一) 檸檬汁並聯數量對電池發電效能的差別同【實驗九】，電極採用鎂-銅電極組合，並參照【實驗十二】加入雙氧水作法，將實驗結果彙整如下圖。
 (二) 將螺旋槳放在長120公分，寬20公分的水槽並將活動壓力板調成有7公分的水道，將螺旋槳上的小馬達和不同的檸檬汁並聯數量相連，並將螺旋槳由水道至到水道末端所需時間彙整如下圖。



發現：
 (一) 未添加雙氧水的檸檬汁電池第六組與已添加雙氧水的第四組的檸檬汁電池比較發現兩者的電流(202.39 mW、209.65 mW)差異非常小，到這點秒數相差1.93(10.92 - 8.99)秒所以電壓的差異會造成船行速度秒數的不同；因電功率等於電壓乘以電流，所以電功率仍可當判斷船速或船行秒數的參考標準。

伍、討論

一、探討影響果汁電池發電效能大小因素之探討
 (一) 水果種類
 1. 檸檬汁pH值呈酸性最高，電壓及電流也比較高，電功率也比較高。
 (二) 電極距離、電極厚度、電極接觸面積
 1. 實驗結果發現電極距離越近，電流及電功率就越高，但是對於電壓則影響不大。討論原因可能是帶電離子距離距離越近了，化學反應速率也就變快了，而且流動距離短也可以減少動能的損失。
 2. 實驗結果中發現越大的金屬片越深，代表和越多量的果汁起化學反應，因此其化學反應的速率比較大也比較快，也就得到較大的電流及電功率。
 3. 實驗結果中的實際面積代表金屬片面積越大，也表示和電解液的接觸面積越大，代表和越多量的果汁起化學反應，因此其化學反應的速率比較大也比較快，也就得到較大的電流及電功率。
 (三) 電極金屬片的種類
 1. 實驗結果中發現以鎂-銅電極組合的發電效能最好，所得到的電壓及電流及電功率也最高，但是鎂金屬價格較高，所以以價格較便宜的鋅-銅電極組合做為實驗的主要金屬片，而且鋅-銅電極組合發電效能也不錯。
 (四) 果汁的濃度與溫度
 1. 果汁濃度越高代表電解質越多，解離出來的帶電的離子也越多，因此所得到的電流及電功率也越高。
 2. 果汁溫度越高代表解離出來的帶電的離子活動也就越劇烈，化學反應速率也就越快了，因此所得到的電流及電功率也越高。
 (五) 不再串聯及並聯數量
 1. 串聯1組的果汁電池，可能由於電壓不夠強，無法使LED燈泡發亮，串聯2組以上才能發亮。至於並聯雖然電流比較強，但是電壓無法增強，所以LED燈泡均無法發亮。
 二、探討影響果汁電池的日常生活應用發電效能之探討
 (一) 鎂-銅電極組合並聯最大，因此所得到的電壓及電流也最大，而鋅-銅電極組合並聯最小，因此所得到的電壓及電流也最小。果汁電池、果汁酒電池、果汁鮮奶電池、果汁優酪乳電池及果汁醋電池由於裡面都有酸性電解質，可以形成一個原電池。其發電原理是：兩種金屬片的電化學活性不一樣，電子便會從帶負電的金屬片經由導線往帶正電的金屬片移動，因為電子在導線中移動的方向跟電流方向相反，所以電流則是從正極的金屬片經由外部的電線流向負極的金屬片，這樣就完成了活性小的金屬片(如銅片)當成正極、活性大的金屬片(如鎂片)當成負極的電池了。

陸、結論

從上面的討論中，我們知道這些果汁電池的發電情形及日常生活應用有那些，因此由實驗結果和我們共同討論出來的看法，最後我們得到下面的結論：

- 檸檬汁、葡萄汁及奇異果汁為電功率最高的前三名。
- 電極金屬片距離越近，所得到的電流及電功率越高，但是對於電壓則影響不大。
- 電極金屬片深度越深，所得到的電流及電功率越高，但是對於電壓則影響不大。
- 電極金屬片接觸面積越大，所得到的電流及電功率越高，但是對於電壓則影響不大。
- 電極金屬片的種類以鎂-銅電極組合的發電效能最好，此一類是最佳。
- 果汁濃度越高，所得到的電流及電功率也越高，但是對於電壓則影響不大。
- 果汁溫度越高，所得到的電流及電功率也越高，但是對於電壓則影響不大。
- 串聯越多的果汁電池，所得到的電壓及電功率也越高。
- 並聯越多的果汁電池，所得到的電流及電功率也越高。
- 果汁酒的發電效能比果汁酒要好，而且添加雙氧水之後，電流卻增加很多。
- 果汁鮮奶的發電效能比果汁鮮奶還要好，而且添加雙氧水之後，電流卻增加很多。
- 果汁醋的發電效能比果汁醋要好，而且添加雙氧水之後，電流卻增加很多。
- 電壓對小馬達的推動效果大於電流的影響效果。

柒、參考資料

- 電池正典 (非專業專家) (2011)。電學。瑞昇文化事業有限公司。
- 內田隆裕 (2012)。簡單電池入門。世茂出版有限公司。
- 陳明達、謝建元 (民91)。水果果醋與葡萄酒DIY。華軒書畫出版社。
- 楊威臣 (民96)。楊威臣教你醱酒、醱醋、料理酒。腳丫文化。
- 陳廣飛 (民81) 化學篇 (一) 醱酵的秘函。台北市：華一書局。
- 林慶文 (2001)。奇妙的優酪乳。元氣出版社。

