

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

第三名

031626

活躍太陽能的保特瓶燃料電池

學校名稱：臺北市立民權國民中學

作者：	指導老師：
國二 曾億信	王鈞慧
國二 莊世澤	蔡聰暉
國二 許立穎	

關鍵詞： 自製太陽能集熱器、太陽能電源、
自製簡易氫氧燃料電池

活躍太陽能的保特瓶燃料電池

壹、摘要：

探討自製保特瓶「燃料電池」的放電電功率受那些充電條件所影響？目前實驗出有電解質種類、電解質水溶液濃度、電極、集氣管、溫度、電源大小、電解時間。目前找出較佳組合是 5.0M 的 KOH 電解質水溶液、至少經 3 次淬火的石墨電極、電極有半透膜的集氣管所做成保特瓶「燃料電池」；再由自製太陽集熱器搭配提供溫水槽使保特瓶「燃料電池」可達約 40℃ 的較佳反應溫度，提高電解水後的放電電功率，在放晴的天氣用太陽能電池電源電解水、或有強風時候用風力發電機電源電解水，將產生的氫氣和氧氣來當「燃料電池」。

貳、研究動機：

太陽好熱喔！想製作一個太陽能集熱器直接吸收太陽輻射能加以利用，例如熱水器，這陣子石油燃料不斷地漲價，此燃料將越用越少，假如能善用這個『取之不盡，用之不絕』太陽能的話，也較不會像石化燃料造成環境污染。

參、研究目的：

- 一、探討太陽熱：自製收集太陽熱的溫水槽，配合保特瓶「燃料電池」較佳反應溫度。
- 二、探討太陽能的電源—風力發電機或太陽能電池來電解水。
- 三、探討如何提高自製保特瓶「燃料電池」的放電電功率。
- 四、組合前三項，晴朗的白天保特瓶「燃料電池」熱浴於溫水槽中以太陽能電池來充電。

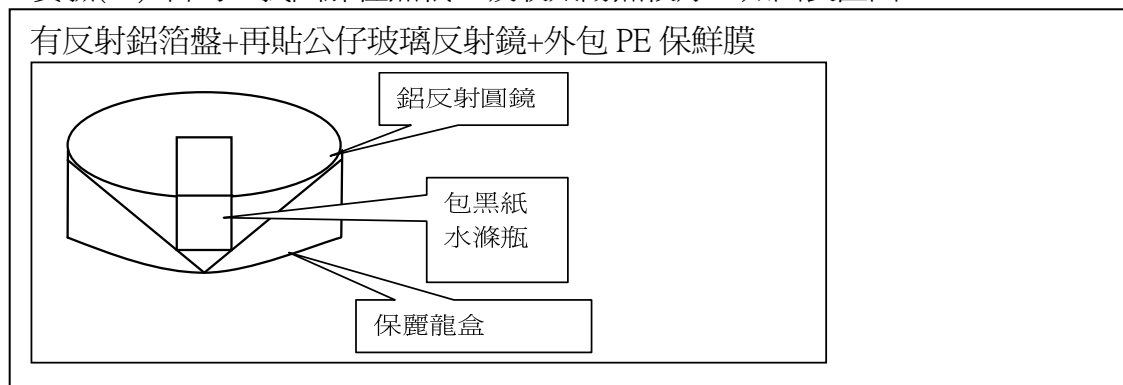
肆、研究器材與設備：

一、	鋁箔紙、洗滌瓶、黑紙、黑毛線、蛋糕與冰淇淋保麗龍盒、紙盒、玻璃管、銅管、鋼管、橡皮管、溫度計、熱熔槍與膠、烙鐵、波卡洋芋片圓柱體盒、照度計、雙面膠帶、大小保特瓶、150W 燈炮，鐵架、硬紙板、照度計、木盒、壓舌棒，牙籤棒，直尺、量角器
二、	漆包線、金屬、磁鐵、風扇、三用電錶、電風扇、玩具馬達、太陽能馬達、風速計
三、	保特瓶、同牌鉛筆芯(HB.1B.3B.5B.7B)、Pt 絲 2mmx15cm、純水、氫氧化鈉(鉀)、碳酸鈉(鉀)、硝酸鈉(鉀)、碳酸氫鈉、硫酸鈉(鉀)、硫酸、石墨棒、吸管、滴管、剪刀、計時碼錶、數位電源供應器、三用電錶、玻璃紙、腸衣、纖維素半透膜、備長碳

伍、研究過程或方法：

- 一、利用身邊易取得保特瓶、保麗龍等材料自製收集太陽熱的省能源溫水裝置。

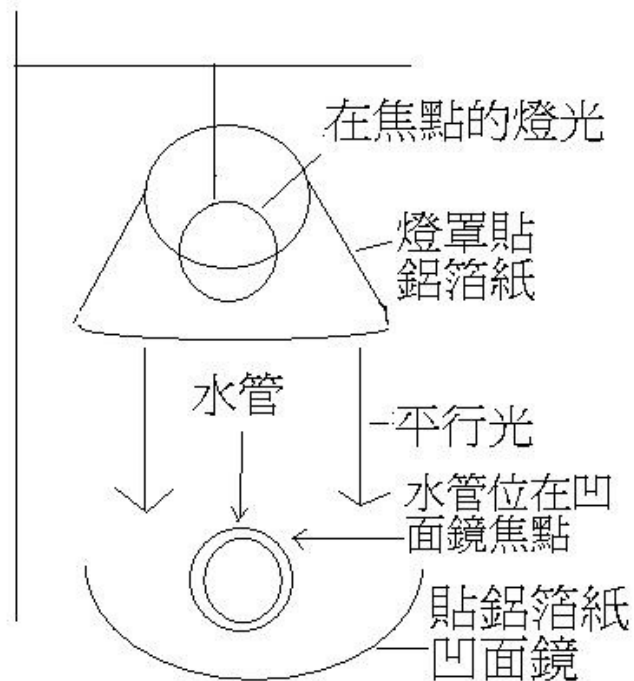
實驗(一) 目的：找出那種黑紙，吸收太陽熱較好。如圖裝置圖：



實驗(二) 目的：測量白天太陽照度，和模擬太陽之 150W 燈做比較，用不同材質輸水管收集太陽熱，在相同水量與曝曬時間，那一種使溫水槽溫度升更高？

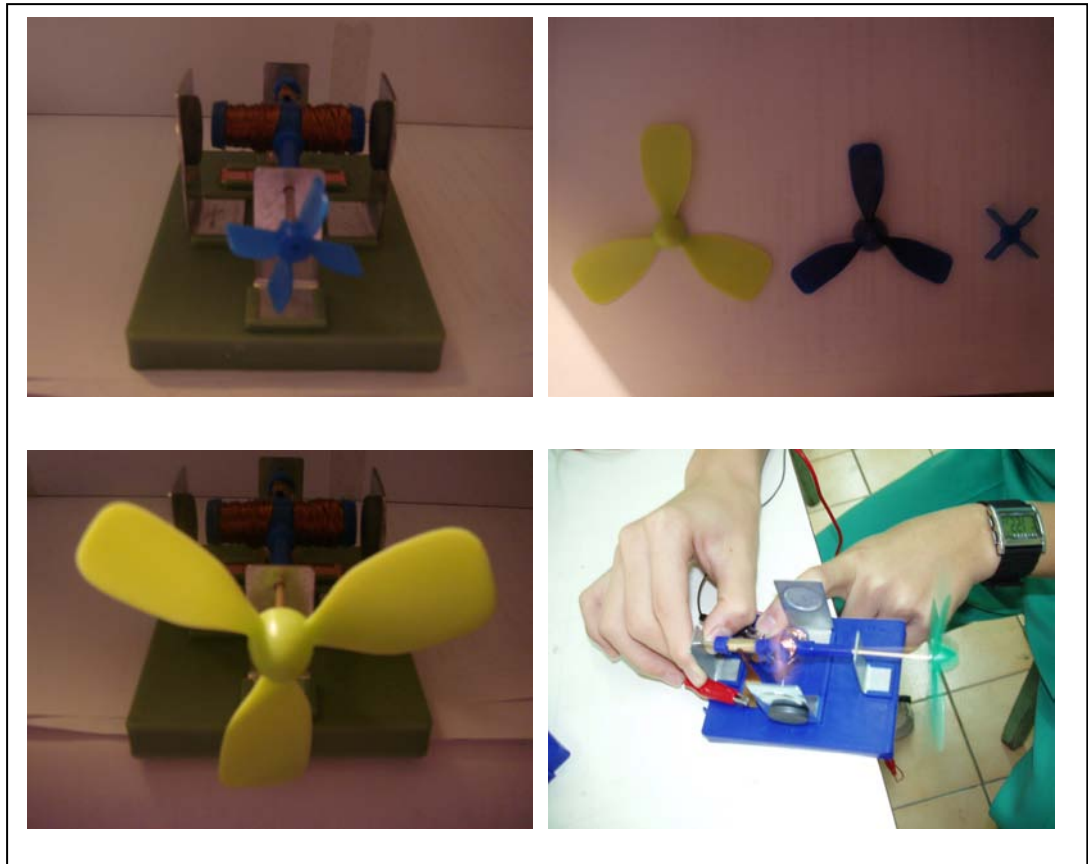
(方法：)

1. 先製作燈罩：在厚紙板上黏上鋁箔紙，並且裝訂在燈炮周圍，使燈泡位在其焦點上，才能模擬太陽的平行光。
2. 利用洋芋片的空圓柱罐子，並割成兩半，在裡面黏上鋁箔紙，用兩支雷射筆平行射入圓筒凹面鏡，找出焦點處。決定在相對凹面鏡焦點位置的罐蓋底部鑽一個洞，得以讓水管穿過去。
3. 分別在凹面鏡中放入玻璃管、不鏽鋼管以及銅管來測試在燈泡照射下測水溫變化之高低。(管外纏繞黑毛線)
4. 用塑膠袋封套空圓柱罐子，再用保鮮膜以及塑膠帶封住大保利綸盒保溫。
5. 引出溫水管到另一上下兩小保利綸盒對疊，盒內放大保特瓶(上旁處有熱水入口，對角另一邊下旁處有冷水出口)，形成溫水槽。



二、目的：探討風力發電機或太陽電池提供電源。

實驗(一)：將小學所用電動機拿掉乾電池，試不同風扇是否在電風扇吹時可以轉動產生電，其大小受那些因素影響？



實驗(二)：將上圖多繞線圈數、多外加磁鐵將會如何影響風力發電機？

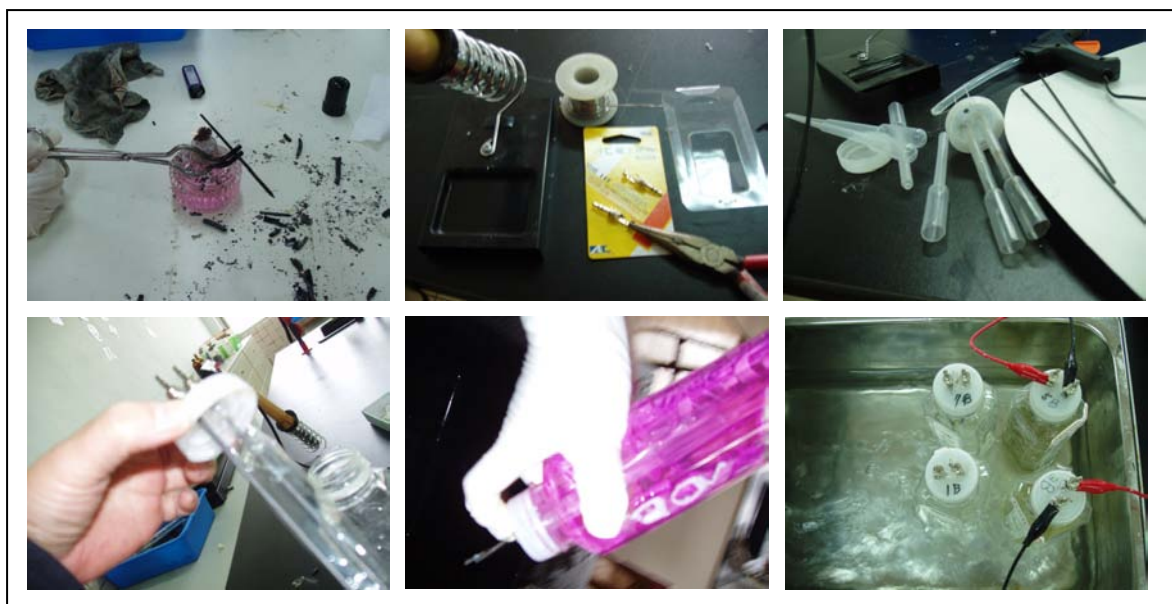
實驗(三)：測量市售玩具馬達與太陽能馬達，在相同風扇、風速下轉動所產生電壓與電流強度；風速計測電風扇之風速，風速是否影響發電效率？

實驗(四)：探討太陽照度與太陽能電池產生的電有何關係？

三、目的：依據歷屆科展電解水改良效率—有電解液溫度、電解質水溶液濃度、電極種類、電壓、電極長度、電極距離、電解質種類、電解時間作為參考，來製作保特瓶「燃料電池」。

先自製保特瓶「燃料電池」，其過程如下：

- (1) 量筒裝水每 100mL 倒入保特瓶標定體積刻度到 400mL。
- (2) 保特瓶蓋戳 3 孔，兩孔裝接電極，1 孔平衡氣壓。
- (3) 利用電烙鐵和焊錫將電工接頭與鉛筆芯（事先燒鉛筆淬火）接上。
- (4) 以剪刀將 3mL 滴管底部剪開、細前端剪除，倒立貫穿鉛筆芯，用熱熔膠黏住蓋口，各作為正、負極排水集氣之用。
- (5) 裝入秤好的電解質，加蒸餾水溶解，再加到 400mL 為止。
- (6) 電極接數位電源供應器，設定所選電壓與電流強度，開始計時電解水。
- (7) 電解後用三用電錶與碼錶，每 3 分鐘測量放電時電壓與電流強度。



實驗(一)：在那一溫度下電解水，將可得到較好放電電功率？

控制變因條件：太陽電池或風力發電機產生的電流較弱，所以我們電解水的電流強度設定在不超過 1 安培，「保特瓶燃料電池」須先做電解水。

電極距離	電極長度	電極材料	電解質	濃度	輸入電壓	輸入電流強度	電解水時間
1cm	浸液長度相同	鉛筆芯	氫氧化鈉	2.5M	5.56V	70mA	20 分

操縱變因：溫度

電解水後用三用電錶與碼錶，每 3 分鐘測「保特瓶燃料電池」放電之電壓與電流強度。

實驗(二)-1：「保特瓶燃料電池」電解水的最低電壓該多少時就可產生氣體？

實驗(二)-2：輸入相同電壓下，溫度對電解水時表現電流強度有何影響？

控制變因條件：

電極距離	電極長度	電極材料	電壓	電解質	輸入電流強度
1cm	鉛筆長	鉛筆芯	2.16V	2.5M 氫氧化鈉溶液	10mA

操縱變因：溫度

實驗(二)-3：輸入同電壓下，不同溫度對電解表現電壓有何影響？

控制變因條件：

電極距離	電極長度	電極材料	電壓	電解質	輸入電流強度
1cm	鉛筆長	鉛筆芯	5.56V	2.5M 氫氧化鈉溶液	10mA

操縱變因：溫度

實驗(三)：找較佳的電解質

控制變因條件：

電極距離	電極長度	電極材料	濃度	溫度	輸入電壓	輸入電流強度	電解水時間
1cm	浸液長度相同	Pt	2.5M	40°C	2.16V	10mA	30 分

操縱變因：電解質-氫氧化鈉(鉀)、硝酸鈉(鉀)、硫酸鈉(鉀)、碳酸鈉(鉀)、碳酸氫鈉、硫酸。

實驗(四)：以 NaOH 電解液，找較佳鉛筆芯電極。

電解水控制變因

電解質	濃度	輸入電壓	電流強度	電解時間	溫度℃
NaOH	2.5M 水溶 400mL	5.56V	70mA	60 分	40

操縱變因：不同鉛筆芯電極

實驗(五)：找較佳 NaOH、KOH 電解液濃度

1.電極	電解質種類	電極距離	電解電壓	電流強度	電解時間	溫度℃
Pt	NaOH	1cm	5.56V	70mA	20 分	40

操縱變因：濃度

2.電極	電解質種類	電極距離	電解電壓	電流強度	電解時間	溫度℃
5B 淬火 3 次鉛筆芯	NaOH	1cm	5.56V	70mA	20 分	40

操縱變因：濃度

3.電極	電解質種類	電極距離	電解電壓	電流強度	電解時間	溫度℃
7B 淬火 1 次鉛筆芯	KOH	1cm	5.56V	70mA	20 分	40

操縱變因：濃度

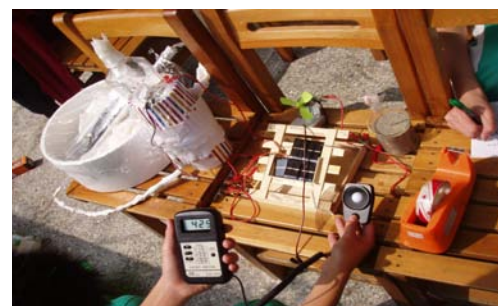
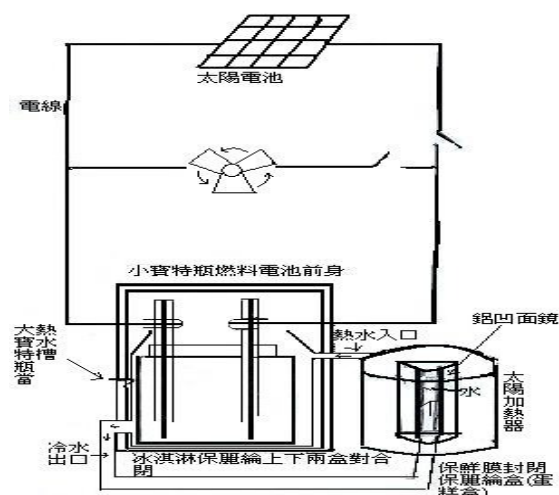
實驗(六)：找較佳包鉛筆芯電極之集氣管材質

(1)電極	電解質種類	濃度	電極距離	電解電壓	電流強度	電解時間	溫度℃
鉛筆芯	NaOH	2.5M	1cm	5.56V	70mA	20 分	40

操縱變因：包電極的集氣管材質

四、實驗(一)目的：觀測真實在太陽下用太陽能電池電解水的燃料電池，其放電電功率如何？

- 1.作可調角度的木盒蓋（貼上量角器），使放置蓋上太陽能電池可面向太陽。
- 2.用照度計測出哪一角度照度最大值，調受熱水管與受光太陽能電池正向朝太陽的角度。
- 3.燃料電池瓶裝入溫水槽，上端電極接上太陽能電池開始電解水。



燃料電池	電極	電極距離	電解質種類	電解濃度
	7B 鉛筆芯	1cm	NaOH	2.5M

實驗(二)目的：改進保特瓶燃料電池？

1.用石墨當電極：(1)淬火處理是否提高放電電功率？

(2)放電電功率較高的 NaOH、KOH 電解液濃度是多少？

2.用備長碳當電極：放電電功率較高的 NaOH、KOH 電解液濃度是多少？

實驗(二)-1-(1)：6 對石墨電極事前不同處理

控制變因

電極距離	電極長度	電解質	濃度	輸入電壓	輸入電流強度	電解水時間
1cm	浸液長度相同	氫氧化鈉	2.5M	5.56V	70mA	20 分

操縱變因

空白組： 未淬火	未淬火＋ 半透膜集氣	淬火 1 次	淬火 2 次	淬火 3 次	淬火 3 次 以上
-------------	---------------	--------	--------	--------	--------------

實驗(二)-1-(2)

控制變因

電極	電解質種類	電極距離	電解電壓	電流強度	電解時間	溫度℃
淬火石墨	NaOH	1cm	5.56V	70mA	20 分	40

操縱變因：濃度

控制變因

淬火石墨	KOH	1cm	5.56V	70mA	20 分	40
------	-----	-----	-------	------	------	----

操縱變因：濃度

實驗(二)-2

控制變因

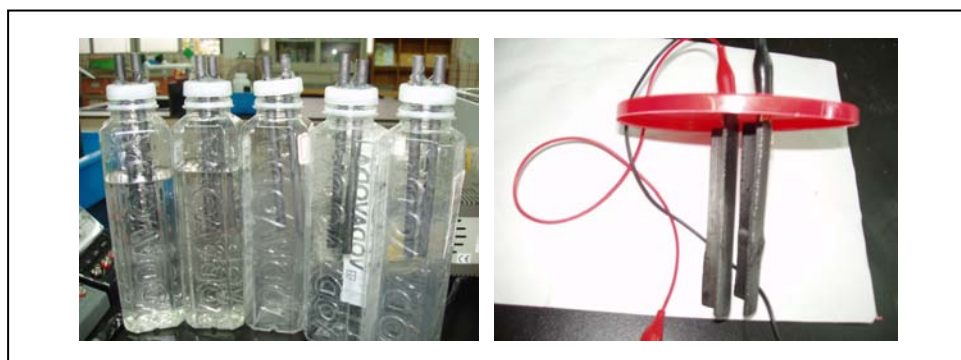
電極	電解質種類	電極距離	電解電壓	電流強度	電解時間	溫度℃
備長碳	NaOH	1cm	5.56V	70mA	20 分	40

操縱變因：濃度

控制變因

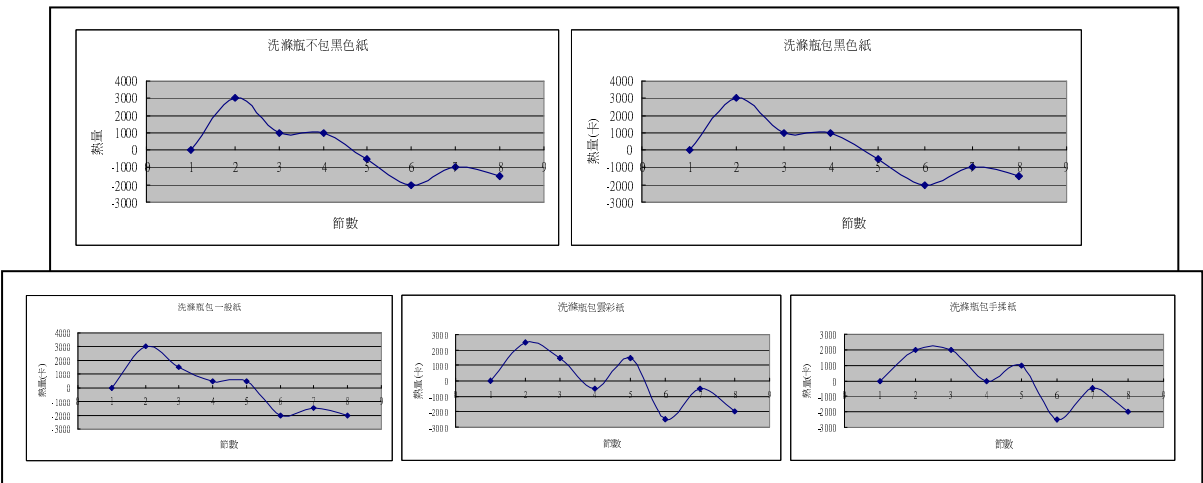
備長碳	KOH	1cm	5.56V	70mA	20 分	40
-----	-----	-----	-------	------	------	----

操縱變因：濃度



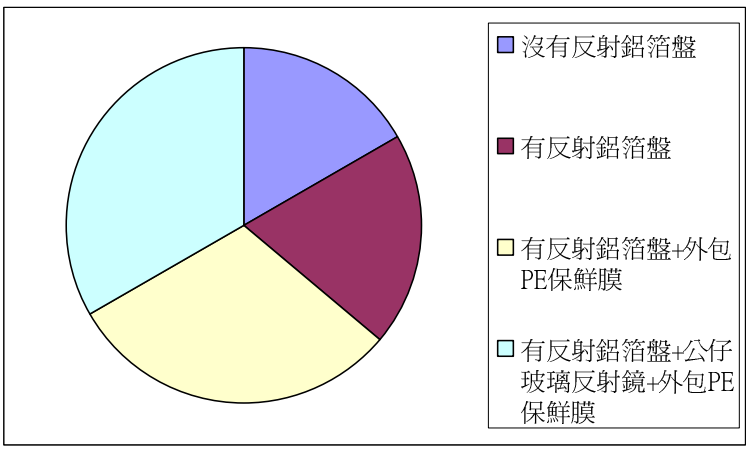
陸、研究結果：

一、實驗（一）找出那種黑紙，吸收太陽熱較好



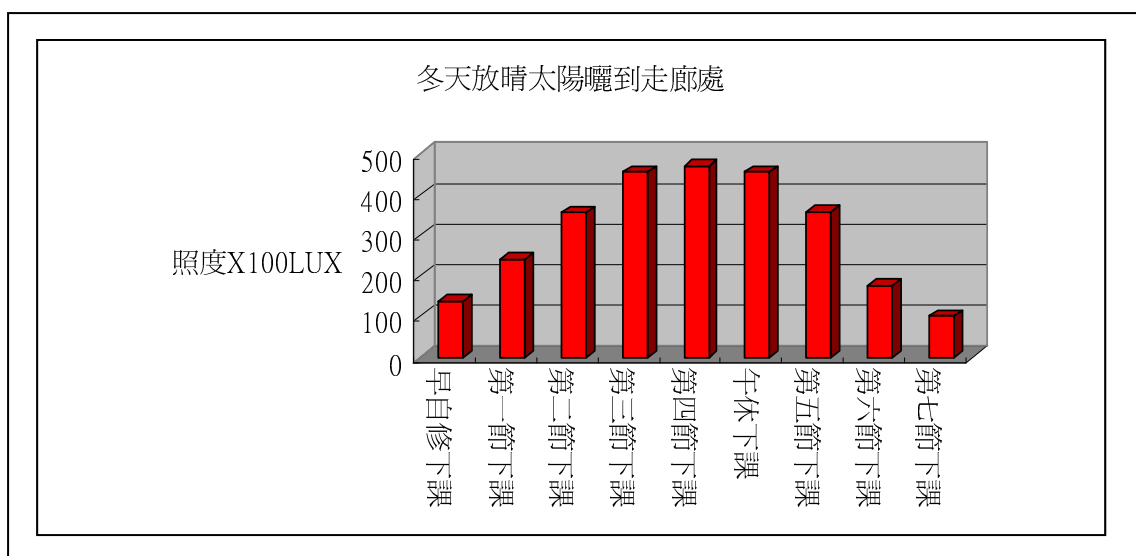
照 8 小時	一	二	三	四	五
黑材質	空白	黑色一般紙	黑色雲彩紙	黑色圖畫紙	黑色手抄紙
吸收總熱量(卡)	4000	4500	5500	5000	5000

【實驗(一) 結果】包不同黑色材料所以採用第三黑材質不錯，只是中午以後熱量又流失掉；所以尋找保溫的方法。

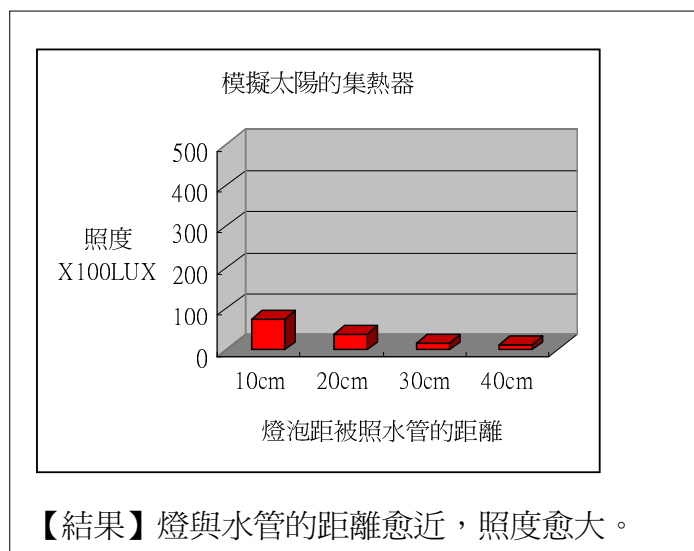


【實驗(二)紀錄表】冬天放晴時，測教室走廊太陽晒到之處的太陽照度與我們用 150W 燈上外罩貼鋁箔，當凹面鏡反射燈光為平行光，來模擬太陽光，測其照度與太陽光相比。

時刻		8:30	9:15-	10:25-	11:10-	12:05	13:10	14:05	15:00	15:55
照度 × 100LUX	1	137	242	357	454	470	455	357	177	105
	2	138	243	356	454	469	454	358	178	101
	3	138	243	356	454	468	453	357	179	100
平均		138	243	356	454	469	454	357	178	102
總平均=306										

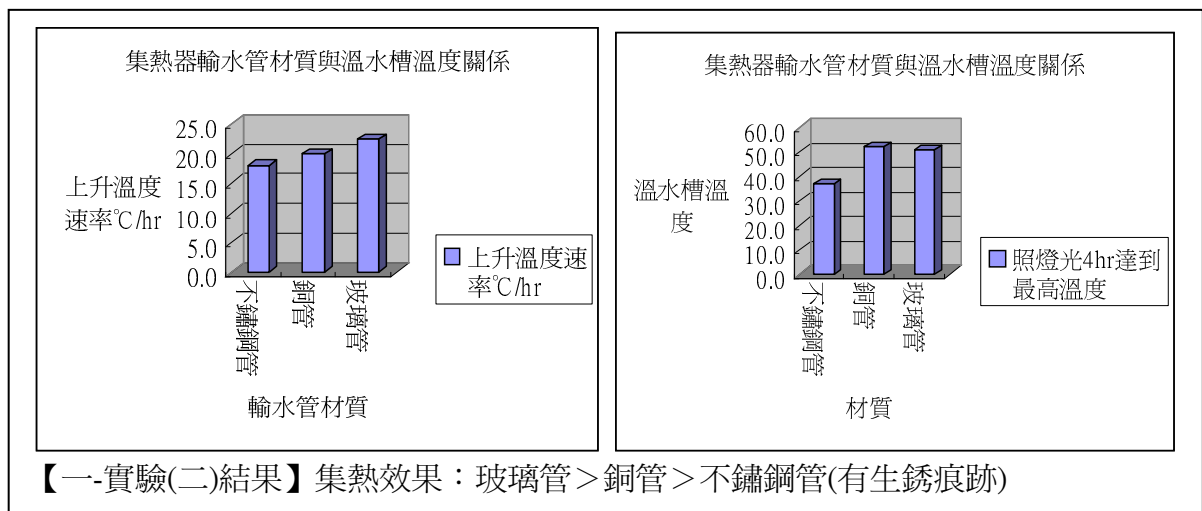


	燈炮與水管距離	10cm	20cm	30cm	40cm
照度×100LUX	3 次測量平均值	74	38	17	13
當天陰天中午時照度約 207×100LUX					



用 150W 燈泡上罩凹面鋁箔燈罩，反射出平行光模擬小太陽。

輸水管材質	不鏽鋼管	銅管	玻璃管
初溫℃	16.0	16.0	18.0
照第一小時末溫℃	34.0	30.0	40.5
上升溫度速率℃/hr	18.0	20.0	22.5
照燈光 4hr 達到最高溫度	37.0	52.0	51.0

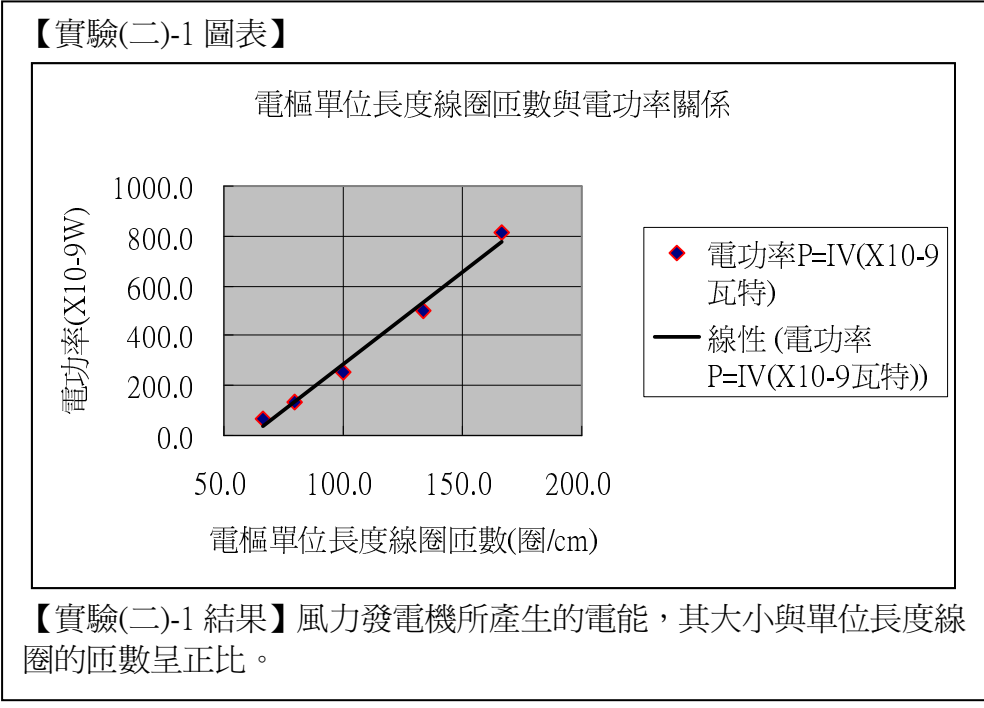


二、自組風力發電機

【實驗一結果】 電風吹時大、中、小風扇都可轉動，只大風扇可用三用電錶測出電流值。

實驗(二)-1 記錄表：

控制變因： 相同規格構造裝置		電樞左右 線圈長度 1.5cm	場磁鐵相 同	固定電風 扇強風下		
控制變因：電樞左右線圈繞圈數						
圈數		100	120	150	200	250
單位長度的圈數		66.7	80.0	100.0	133.3	166.7
電流強度 (μ A)	3 次測量平均	7.0	10.3	15.0	23.0	28.7
電壓(mV)	3 次測量平均	10.0	13.3	16.7	21.7	28.3
電功率 P=IV(X10 ⁻⁹ 瓦特)		70.0	137.8	250.0	498.3	812.2



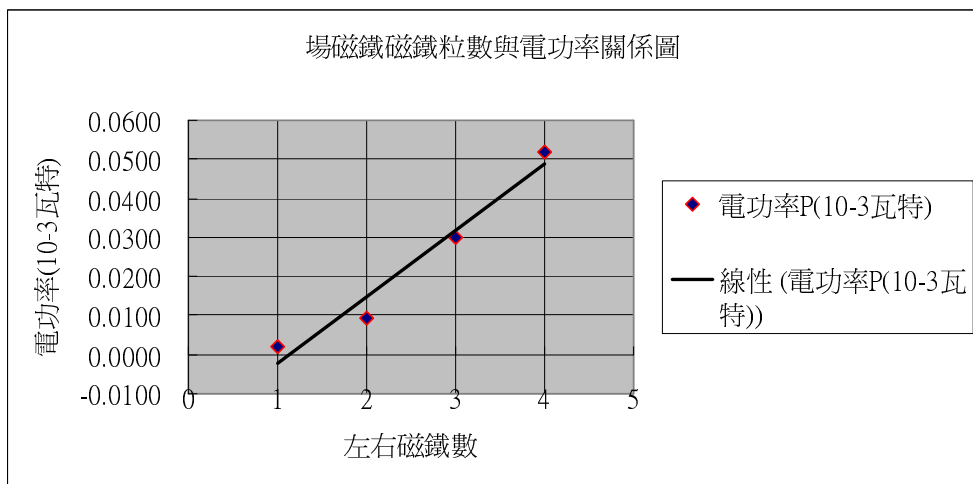
實驗(二)-2 記錄表：

控制變因：相同風速(相同轉速)、繞相同圈漆包線

操作變因：外加磁場變因

強速風	強力磁鐵數(左右各)	1	2	3	4
	電流強度 I(mA) 3 次測量平均值	0.107	0.233	0.500	0.650
	電壓(V 伏特) 3 次測量平均值	0.020	0.040	0.060	0.080
	電功率 P($\times 10^{-3}$ 瓦特)	0.0021	0.0093	0.0300	0.0520

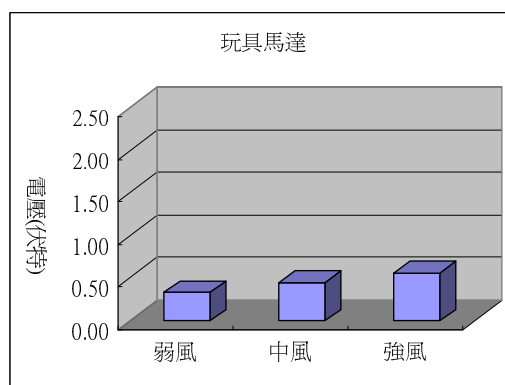
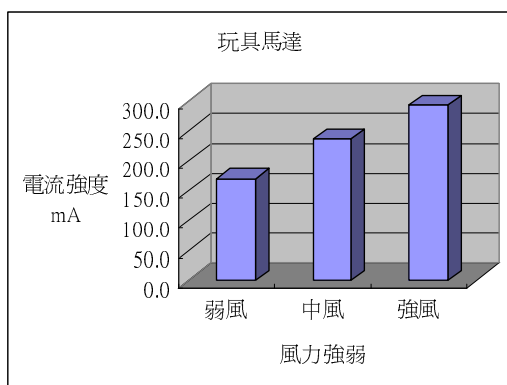
【實驗 (二)-2 圖表】



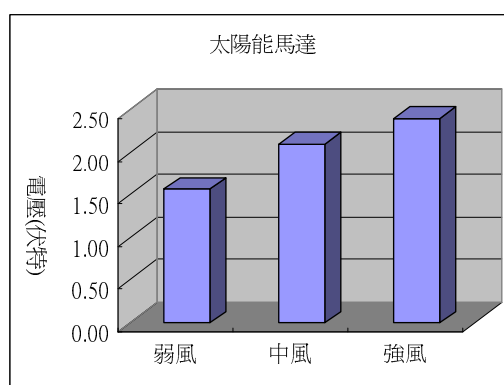
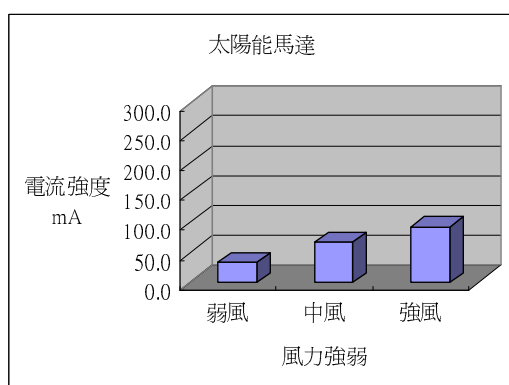
【實驗 (二)-2 結果】風力發電機所產生的電能，其大小與場磁場的磁場強度呈正比。

實驗(三)：測量市售玩具馬達與太陽能馬達，在相同風扇，轉動所產生電壓與電流強度。
記錄表 3：

玩具馬達	電風扇的強弱	弱風	中風	強風
電流強度(mA)	3 次測量平均值	170.0	236.7	293.3
玩具馬達	電風扇的強弱	弱風	中風	強風
電壓(V)	3 次測量平均值	0.333	0.450	0.557
電功率($\times 10^{-3}$ W)		56.67	106.50	163.29

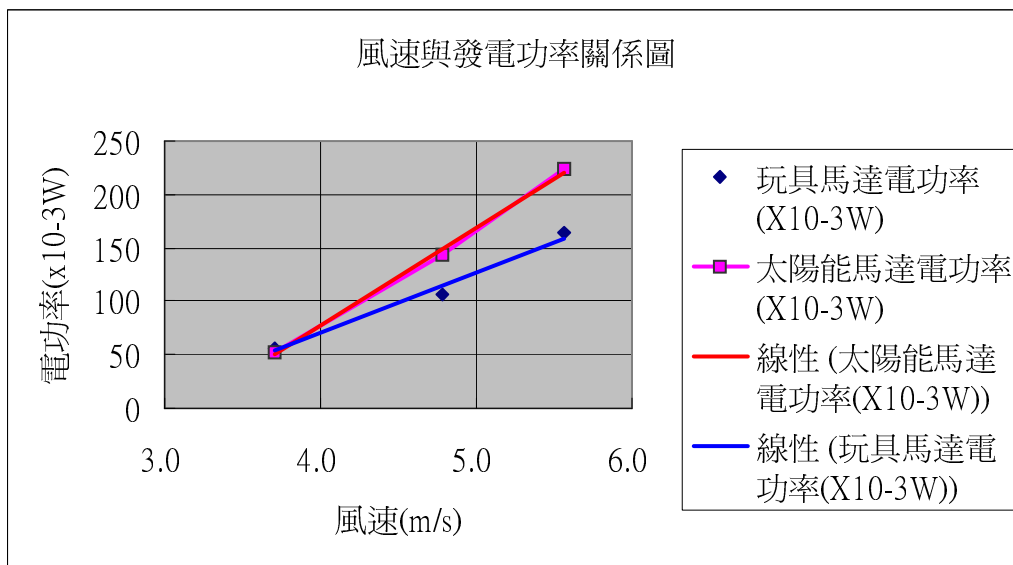


太陽能馬達	電風扇的強弱	弱風	中風	強風
電流強度(mA)	3 次測量平均值	33.3	68.3	93.3
太陽能馬達	電風扇的強弱	弱風	中風	強風
電壓(V)	3 次測量平均值	1.6	2.1	2.4
電功率($\times 10^{-3}W$)		52.2	143.5	224.0



風速計 ANEMOMETER	電風扇的強弱	弱風	中風	強風
m/s	第 1 次	3.7	4.6	5.7
	第 2 次	3.6	4.9	5.6
	第 3 次	3.8	4.7	5.5
	平均值	3.7	4.7	5.6

【二-實驗(三)-圖表】



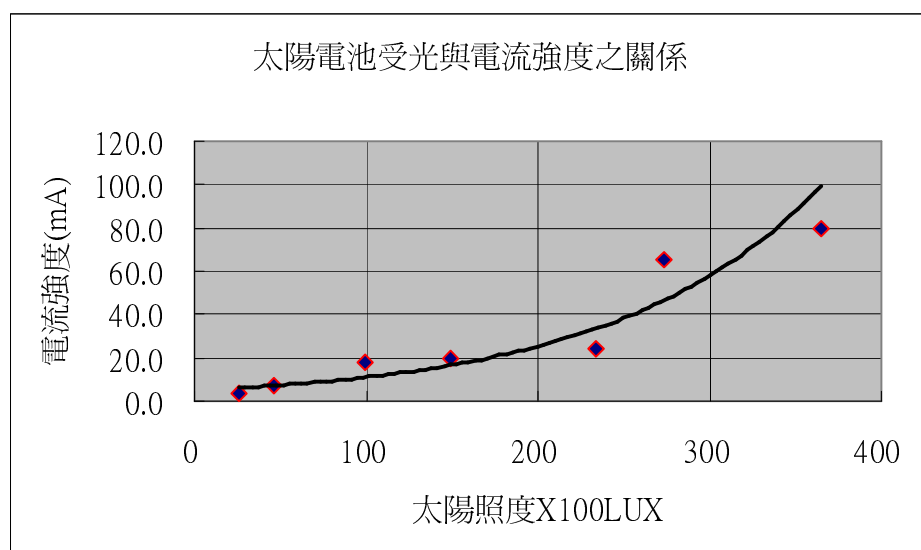
- 【二-實驗(三)-結果】
- 1.風速愈大產生電功率愈愈大。
 - 2.電功率：太陽能馬達 > 玩具馬達

實驗(四)紀錄表：

太陽電池	單片	串聯 4 片	串聯 4+1 片
測量電壓(伏特)	0.60	2.20	2.52

天氣：多雲		9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
照度 x100LUX	3 次測 量平均	149	234	99	273	365	46	26
串接 5 片電流 強度(mA)	3 次測 量平均	20	24	18	65	80	7	4

二-實驗(四)圖表：串聯 5 片太陽電池



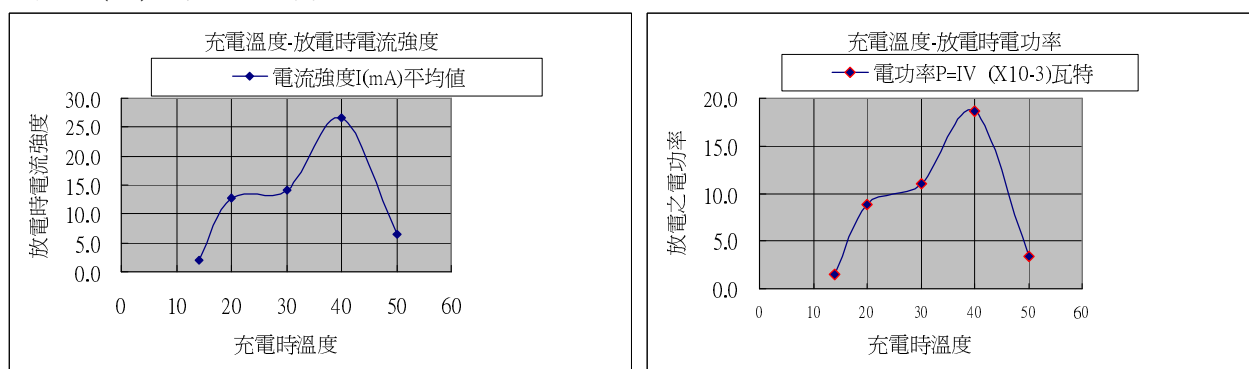
- 【實驗(四)結果】
- 1.日照愈大，太陽電池產生電流愈大。
 - 2.串聯 4-5 片太陽電池，電壓達 2.20-2.52 伏特。

三、電解水與氫氧燃料電池：

實驗(一)-記錄表

當燃料電池-放電	溫度 $^{\circ}\text{C}$	14	20	30	40	50
電流強度 I(mA)	6 次測量 平均值	2.0	12.8	14.2	26.7	6.5
電壓 V	6 次測量 平均值	0.8	0.7	0.8	0.7	0.5
電功率 $P=IV$ ($\times 10^{-3}$) 瓦特		1.6	8.9	11.0	18.7	3.5

三實驗(一)圖表-當燃料電池-放電

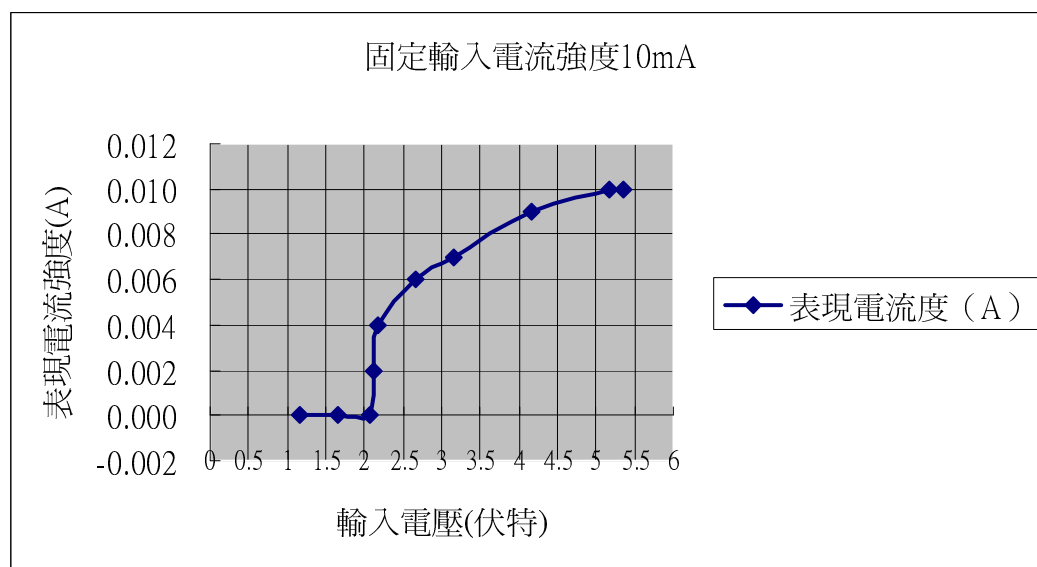


【實驗(一)結果】電解水溫度 40°C 時，造成最佳放電電功率。

【實驗(二)-1 記錄表】

輸入電壓 (V)	1.16	1.66	2.06	2.12	2.16	2.66	3.16	4.16	5.16	5.36
表現電流強度 (A)	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.006	0.007	0.009	0.010	0.010
是否有氣體產生	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

三實驗(二)-1 圖表



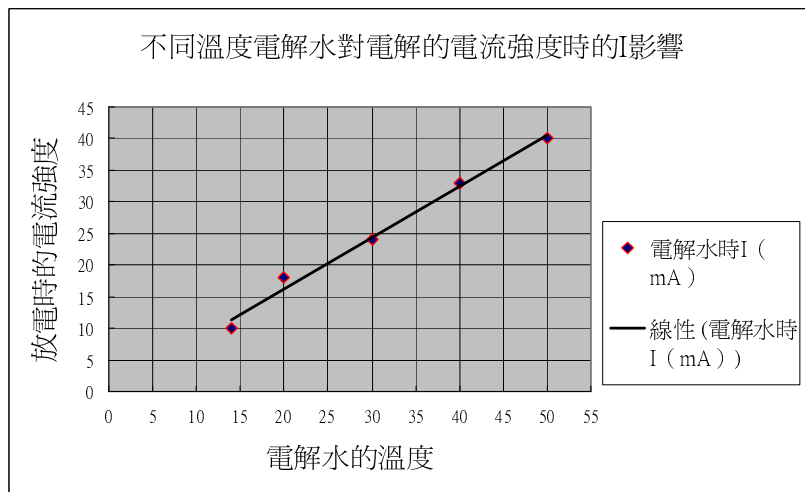
【實驗(二)-1 結果】電解 2.5MNaOH 水溶液，在 10mA 輸入電壓至少 2.12V 才可產生氣體。

【實驗(二)-2 記錄表】

固定輸入電壓=2.16V 電壓電解水時

溫度 (°C)	14.0	20.0	30.0	40.0	50.0
電解水時 I (mA)	10.0	20.0	24.0	33.0	40.0

三實驗(二)-2 圖表 (1) -固定輸入電壓=2.16V 電壓電解水時

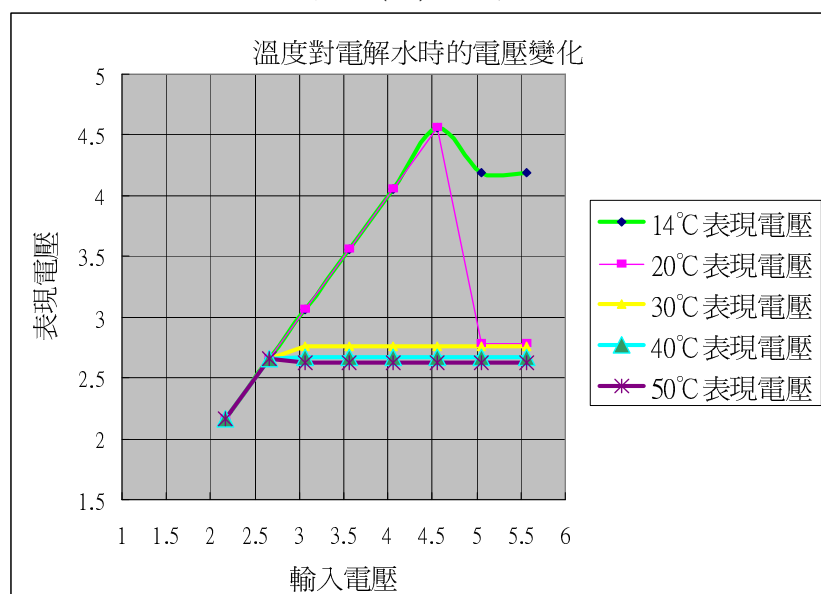


【實驗(二)-2 結果】溫度提高，電解水電流強度愈大，愈易電解水。

實驗(二)- 3 紀錄表

不同溫度電解水									
	輸入電壓 V_0	2.16	2.66	3.06	3.56	4.06	4.56	5.06	5.56
電解水表現電壓	14°C	2.16	2.66	3.06	3.56	4.06	4.56	4.19	4.19
	20°C	2.16	2.66	3.06	3.56	4.06	4.56	2.78	2.78
	30°C	2.16	2.66	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
	40°C	2.16	2.66	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
	50°C	2.16	2.66	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63

實驗(二)-3 圖表

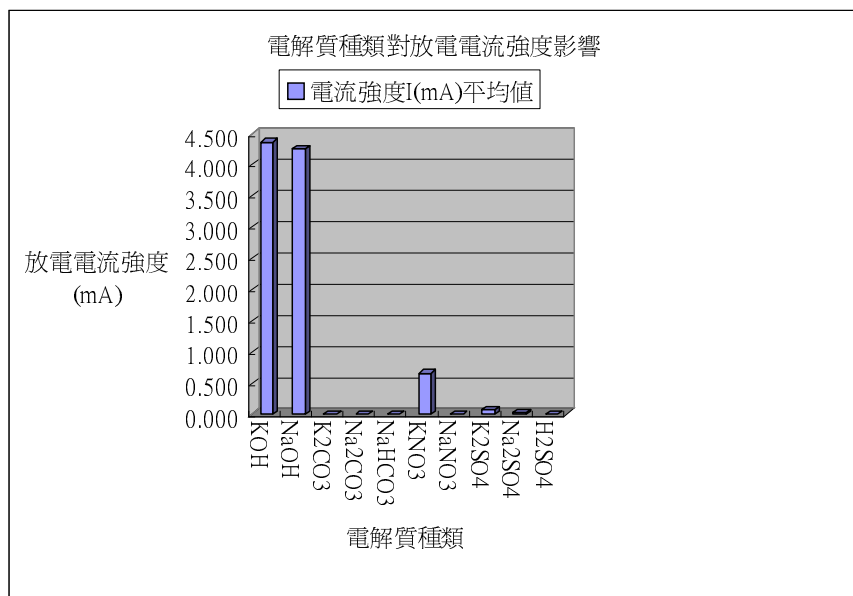


【實驗二-3 結果】電解水時溫度 30-50°C，所需電壓值下降較多。

【實驗(三)-記錄表】

放電	電解質	KOH	NaOH	KNO ₃	Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃	KNO ₃	NaNO ₃	K ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄
電流強度 I(mA)	6 次測量平均值	4.36	4.25	0.66	0.01	0.01	0.66	0.01	0.08	0.03	0.01
電壓 V	6 次測量平均值	0.47	0.53	0.66	0.22	0.23	0.15	0.12	0.32	0.22	0.28
電功率 P=IV (X10 ⁻³) 瓦特		2.036	2.230	0.437	0.002	0.003	0.001	0.001	0.024	0.006	0.003

三【實驗(三)-1 圖表】

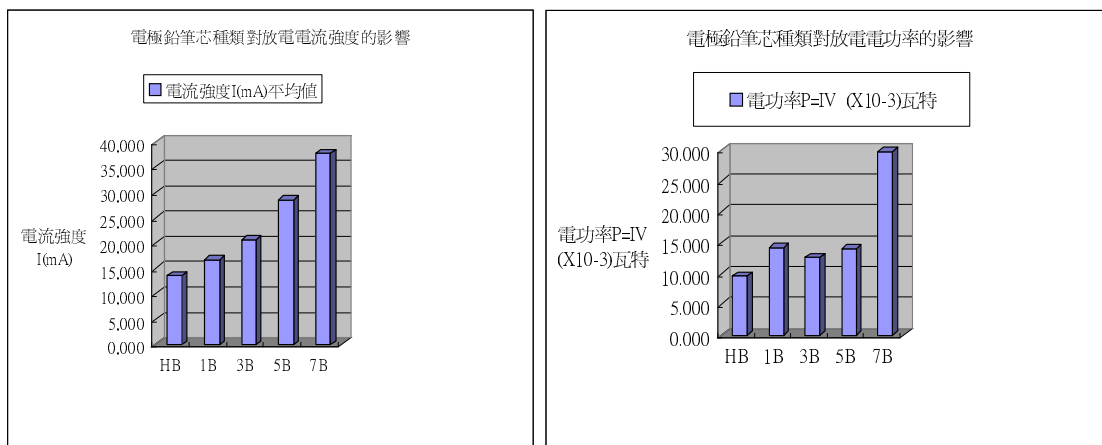


三【實驗(三)-1 結果】：2.5M 濃度電解質以 NaOH > KOH»» KNO₃

【實驗(四)記錄表】

當燃料電池-放電	淬火 3 次鉛筆芯	HB	1B	3B	5B	7B
電流強度 I(mA)	6 次測量平均值	13.70	16.75	20.67	28.58	37.67
電壓 V	6 次測量平均值	0.70	0.85	0.61	0.49	0.79
電功率 P=IV (X10 ⁻³) 瓦特		9.59	14.24	12.57	14.05	29.82

三【實驗(四)圖表】



【實驗(四)-結果】1.鉛筆芯(事前經淬火 3 次處理)

當電極放電時電流大小 7B > 5B > 3B > 1B > HB

2.放電電功率卻以 7B 最佳，其餘遠小於 7B。

【三-實驗(五)記錄表】

實驗(五)-1 記錄表

Pt 電極-放電	NaOH 濃度(M)	1.25	3.75	5	8.75
電流強度 I(mA)	6 次測量平均值	0.027	0.045	0.010	0.015
電壓 V(伏特)	6 次測量平均值	0.32	0.20	0.31	0.35
電功率 $P=IV$ ($\times 10^{-3}$) 瓦特		0.008	0.009	0.003	0.005

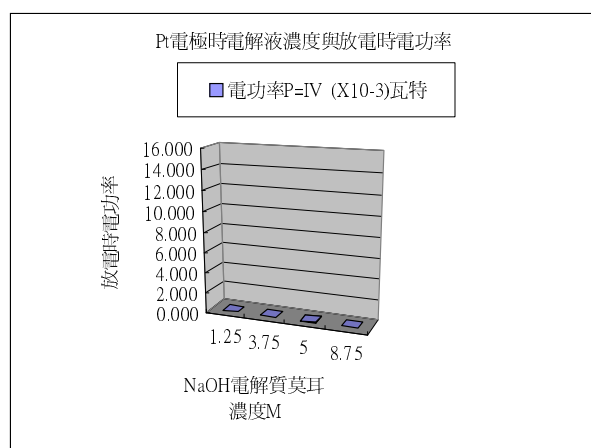
實驗(五)-2 記錄表

5B 鉛筆芯 其放電	NaOH 濃度(M)	1.25	2.5	3.75	5	8.75
電流強度 I(mA)	6 次測量平均值	8.73	19.50	13.67	16.00	18.92
電壓 V (伏特)	6 次測量平均值	0.79	0.72	0.95	0.58	0.68
電功率 $P=IV$ ($\times 10^{-3}$) 瓦特		6.86	14.04	13.01	9.25	12.77

實驗(五)-3 記錄表

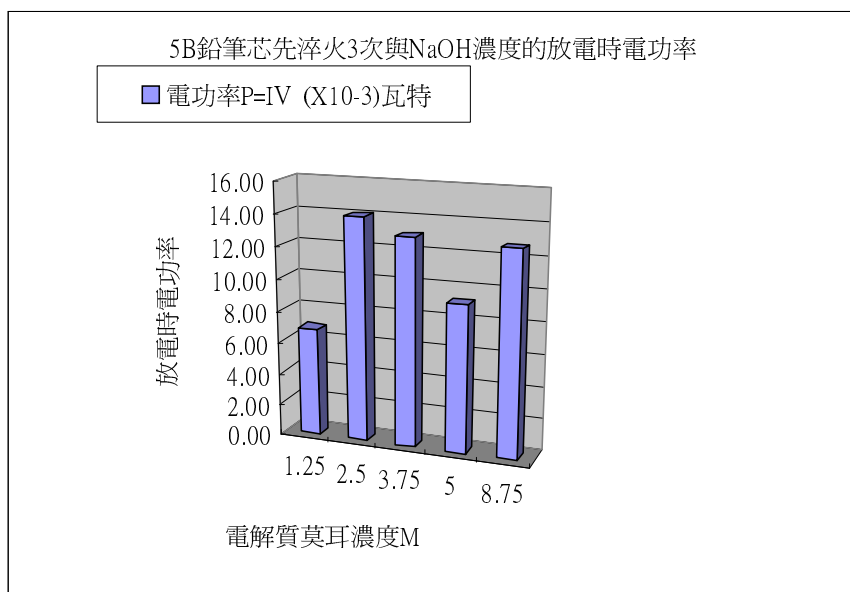
7B 淬火 1 次其放電	KOH 濃度(M)	1.25	2.5	3.75	5	8.75
電流強度 I(mA)	6 次測量平均值	6.50	7.75	8.25	7.92	9.17
電壓 V (伏特)	6 次測量平均值	0.59	0.68	0.68	0.80	0.57
電功率 $P=IV$ ($\times 10^{-3}$) 瓦特		3.95	5.36	5.58	5.81	6.14

三【實驗(五)-1 圖表】Pt 當電極



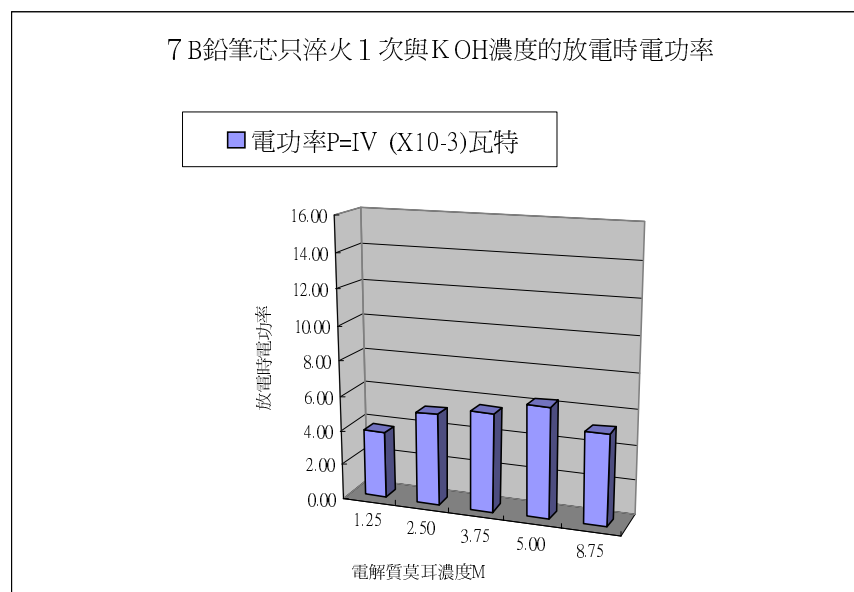
【實驗(五)-1 結果】改變濃度，Pt 電極的放電功率仍太差。

三【實驗(五)-2 圖表】5B 鉛筆芯當電極



【實驗(五)-2 結果】5B 鉛筆芯(事前經淬火 3 次處理)電極放電功率比 Pt 電極好；NaOH 濃度以 2.5M 較佳。

三【實驗(五)-3 圖表】7B 鉛筆芯當電極

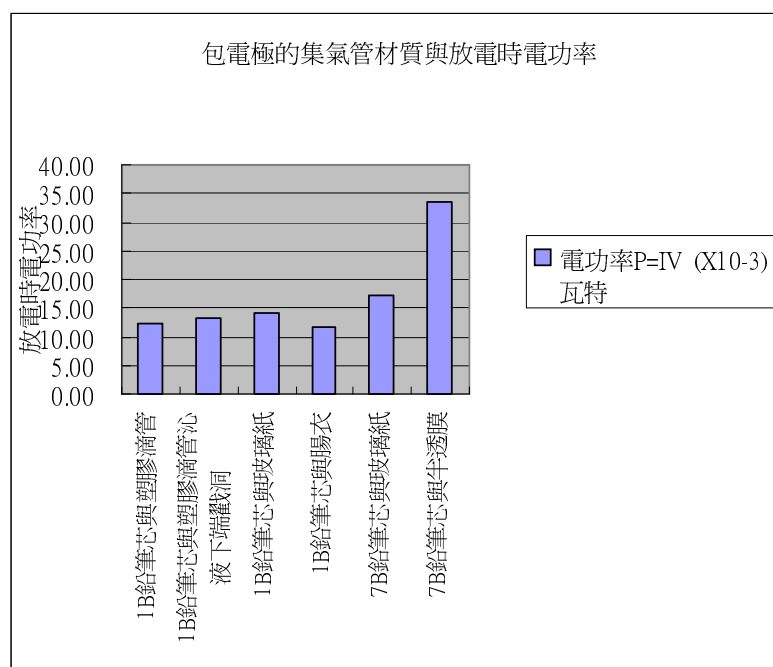


【實驗(五)-3 結果】7B 鉛筆芯(事前經淬火 1 次處理)電極，電解質 KOH 濃度以 5.0M 較佳。

【三實驗(六)記錄表】

操縱變因：	包電極的集氣管材質	1B 鉛筆芯與塑膠滴管	1B 鉛筆芯與塑膠滴管 沁液下端戳洞	1B 鉛筆芯與玻璃紙	1B 鉛筆芯與腸衣	7B 鉛筆芯與玻璃紙	7B 鉛筆芯與半透膜
放電							
電流強度 I(mA)	6 次測量平均值	16.67	19.92	16.75	20.42	31.67	53.00
電壓 V	6 次測量平均值	0.74	0.66	0.85	0.57	0.54	0.63
電功率 P=IV (X10 ⁻³) 瓦特		12.31	13.21	14.24	11.67	17.15	33.57

【實驗(六)-6 圖表】

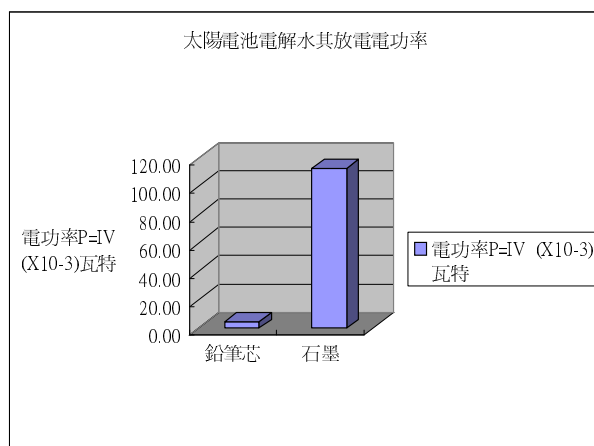


【實驗(六)結果】半透膜>玻璃紙>戳洞塑膠管>塑膠管>腸衣(被溶破)

四、將太陽電池當電源，將保特瓶「燃料電池」放在太陽熱溫水槽中長時間電解水後

電極	7B 鉛筆芯	石墨
放電電流強度 I(mA) 6 次測量平均值	4.367	136.667
電壓 V(伏特) 6 次測量平均值	1.04	0.83
電功率 P=IV (X10 ⁻³) 瓦特	4.56	112.75

四、實驗(一)圖

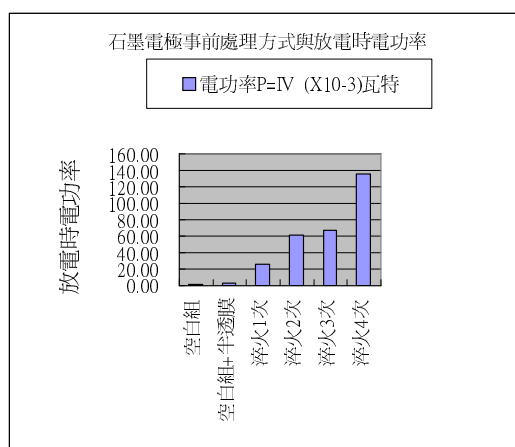


【四、結果】太陽電池日照電解水，電解中途鉛筆芯斷 2 處，改由石墨棒重作沒發生斷裂。兩者電解液都變棕色。

【四-實驗(二)紀錄表】

操縱變因：	石墨電極的事前處理	空白組	空白組+半透膜	淬火 1 次	淬火 2 次	淬火 3 次	淬火 4 次
放電							
電流強度 $I(\text{mA})$	6 次測量平均值	8.33	8.68	46.17	81.67	81.67	173.33
電壓 V	6 次測量平均值	0.17	0.38	0.57	0.75	0.82	0.78
電功率 $P=IV$ ($\times 10^{-3}$) 瓦特		1.39	3.26	26.16	61.25	66.69	135.78

【四-實驗(二)-1-(1)圖】



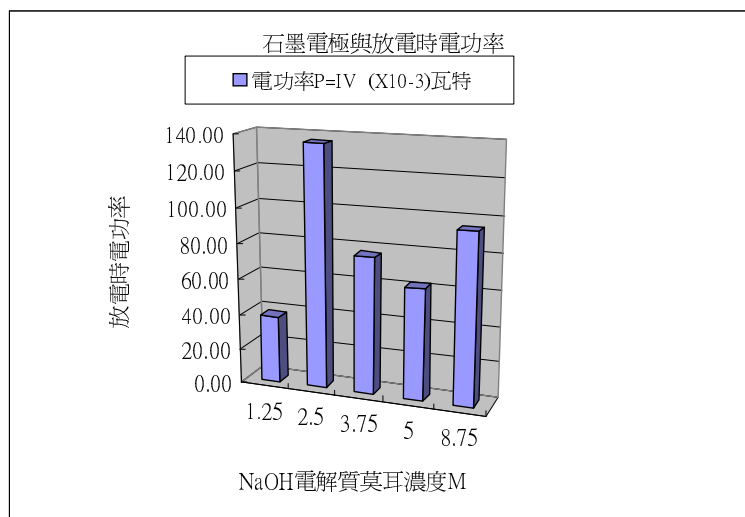
【四-實驗(二)結果】在相同 2.5MNaOH、時間、電壓、電流強度下電解水後放電電功率，經淬火 4 次>3 次 $\geq$ 2 次>1 次>0 次

【四-實驗(二)-1-(2)紀錄表】

石墨棒經 淬火其放 電	NaOH 濃度(M)	1.25	2.5	3.75	5	8.75
電流強度 I(mA)	6 次測量平均	78.42	173.33	140.00	125.00	133.33
電壓 V (伏特)	6 次測量平均	0.48	0.78	0.55	0.50	0.72
電功率 $P=IV$ ($\times 10^{-3}$) 瓦特		37.90	135.78	77.00	62.50	95.56

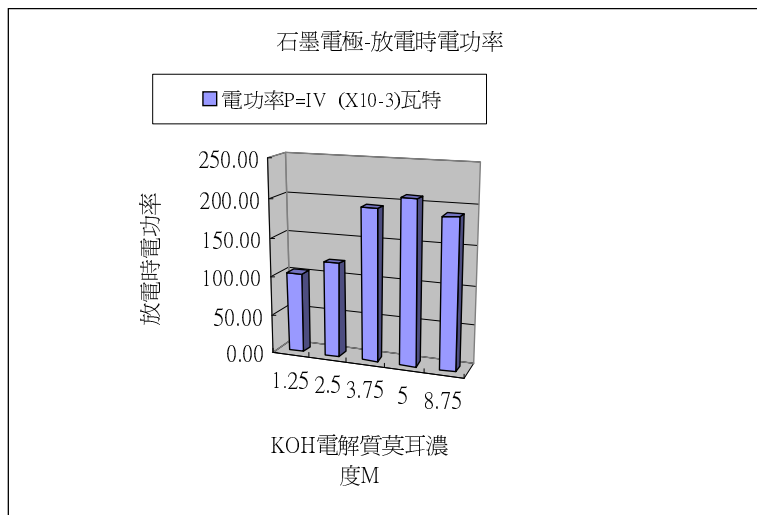
石墨棒經 淬火其放 電	KOH 濃度(M)	1.25	2.5	3.75	5	8.75
電流強度 I(mA)	6 次測量平均	143.33	151.67	223.33	236.67	211.67
電壓 V (伏特)	6 次測量平均	0.72	0.85	0.87	0.88	0.90
電功率 $P=IV$ ($\times 10^{-3}$) 瓦特		102.72	121.33	193.56	209.06	190.50

【四-實驗(二)-1-(2)圖表】經淬火處理石墨當電極



【四-實驗(二)-1-(2)結果】經淬火處理石墨當電極, ; NaOH 濃度以 2.5M 較佳。

【四-實驗(二)-1-(2)表】經淬火處理石墨當電極



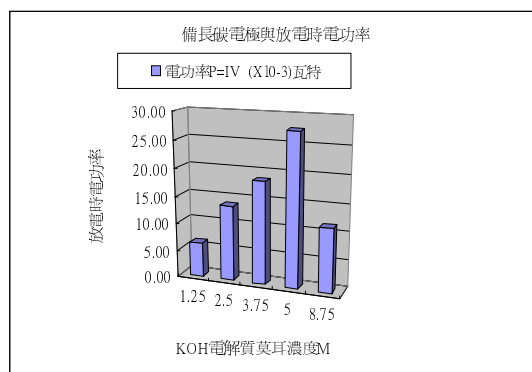
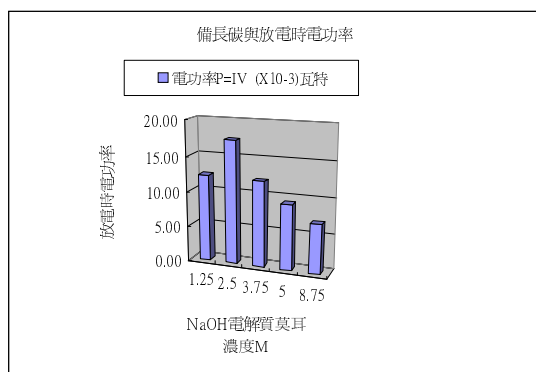
【四-實驗(二)-1-(2)結果】經淬火處理石墨當電極，KOH 濃度以 5.0M 較佳。

【四-實驗(二)-2 紀錄表】

備長碳	NaOH 濃度(M)	1.25	2.5	3.75	5	8.75
電流強度 I(mA)	6 次測量平均值	21.50	28.50	21.67	19.83	17.83
電壓 V (伏特)	6 次測量平均值	0.58	0.61	0.56	0.47	0.39
電功率 P=IV (X10 ⁻³)瓦特		12.36	17.43	12.10	9.26	6.98

備長碳	KOH 濃度(M)	1.25	2.5	3.75	5	8.75
電流強度 I(mA)	6 次測量平均值	12.25	21.75	28.42	41.00	29.50
電壓 V (伏特)	6 次測量平均值	0.51	0.63	0.66	0.67	0.39
電功率 P=IV (X10 ⁻³)瓦特		6.23	13.70	18.71	27.61	11.55

【四-實驗(二)-1-(2)表】備長碳當電極



【結果】備長碳當電極時，NaOH 濃度以 2.5M 較佳，KOH 濃度以 5.0M 較佳。

【整理結果】

一、	自製太陽集熱溫水槽
	【實驗(一)：】包黑紙以雲彩紙吸熱較好，其被撕開時呈現較多纖毛狀。 裝置有反射鋁箔盤+公仔玻璃反射鏡+外包 PE 保鮮膜，保溫較好。 【實驗(二)】放晴照度以 11:00-13:00 較強，150W 燈光與受熱水管距離愈 燈光與水管愈近照度愈強，但仍不如陰天中午日照強。 一樣裹黑毛線輸水管集熱效果：玻璃管＞銅管＞不鏽鋼管（有生鏽痕跡）
二、	太陽能電源
	【實驗(一)：】相同磁鐵、2 個半集電環、電刷、線圈組合下，電風吹時 大、中、小風扇都可轉動，只有大風扇可用三用電錶測出電流值。 【實驗(二)-1】 風力發電機所產生的電能，其大小與單位長度線圈的匝數成正比。 【實驗(二)-2】 風力發電機所產生的電能，其大小與場磁場的磁場強度成正比。 【實驗(三)】1.風速愈大產生電功率愈大。 2.提供電源的電功率：太陽能馬達＞玩具馬達 【實驗(四)】1. 串聯 4-5 片太陽電池，電壓達 2.20-2.52 伏特，可電解水。 2. 日照愈大，太陽電池產生電流愈大。
三	自製保特瓶燃料電池
	【實驗(一)】電解水溫度 40℃時，造成較佳放電電功率。 【實驗(二) -1】電解 2.5MNaOH, 40℃水溶液，在 10mA 輸入電壓至少 2.12V 才可產生氣體。 【實驗(二)-2】溫度提高，電解水電流強度愈大，愈易電解水。 【實驗(二)-3】電解水時溫度 30-50℃，需電壓值下降較多。 【實驗(三)】本燃料電池以 NaOH、KOH 電解質最有利於放電電功率。 【實驗(四)】1.鉛筆芯當電極放電時電流大小 7B＞5B＞3B＞1B＞HB 2.放電電功率卻以 7B 最佳，其餘遠小於 7B。 【實驗(五)】鉛筆芯電極放電功率比 Pt 電極好； NaOH 濃度以 2.5M 較佳，KOH 濃度以 5.0M 較佳。 (溶液是新鮮配製後冷到 40℃) 【實驗(六)】集氣管：半透膜＞玻璃紙＞戳洞塑膠管＞塑膠管＞腸衣
四	結合一到三的裝置
	【實驗(一)】天氣晴朗時，照度計找向太陽最好角度，太陽電池與集 熱器正向太陽，經 4 小時電解中，7B 鉛筆芯不知何時斷裂，改 由石墨棒替代重作。 【實驗(二)-1-(1)】事前淬火石墨棒電極愈多次， 愈能提高燃料電池放電電功率。 【實驗(二)-1-(2)】石墨棒當電極， NaOH 濃度以 2.5M 較佳，KOH 濃度以 5.0M 較佳。 (溶液是新鮮配製後冷到 40℃)

【實驗(二)-2】備長碳當電極，

NaOH 濃度以 2.5M 較佳，KOH 濃度以 5.0M 較佳。

(溶液是石墨棒當電極使用過冷到室溫後再熱到 40℃)

柒、討論：

爲了提高「保特瓶燃料電池」之效率而藉太陽熱來提高反應速率，太陽能電池提供電能所產生氫氣與氧氣，欲保留氫氣與氧氣來提高放電電功率，於是做一些實驗探討：

一、

- (一) 太陽集熱器，中午吸收熱最好。改在室內用 150W 燈炮模擬太陽光做實驗以便宜容易控制變因。
- (二) 黑色有毛細纖維質吸熱較佳，連想用黑毛線纏水管來吸收輻射熱；用保鮮膜、塑膠袋封住大保利綸盒具有溫室效應；但盒外水管若以白布包覆，溫水槽上下保利綸盒接縫洞也塞緊白布，防止熱量散失。

二、

- (一) 依電磁感應，線圈內磁場發生變化，線圈有感應電流產生，將買來電動機改換成電風扇吹所產生感應電流與電壓都太小不足以電解水，而購買太陽能馬達在電風扇中度風吹動下，電壓 > 2.10 伏特可電解水、強風時有 2.40V、93.3mA。如能利用槓桿原理，加尾桿使風扇會朝向來風與裝置轉動承軸將會更好。
- (二) 購買太陽電池需串聯 4-5 片達 2.20~2.52V 即可電解水；日照愈大，太陽電池產生電流愈大。

三、

- (一) 保特瓶燃料電池以鉛筆芯、石墨或備長碳當電極都是以 NaOH 濃度 2.5M 較佳，KOH 濃度 5.0M 較佳。
- (二) 電解 2.5MNaOH 水溶液，在 10mA 輸入電壓至少 2.12V 才可產生氣體；溫度提高，電解水電流強度增加，電量($Q=It$)愈多電解水就容易愈多。
- (三) 7B 鉛筆含石墨比 5B 多，5B 淬火 3 次，放電電功率卻比 7B 淬火 1 次好，推知淬火提高導電性，用砂紙旋轉磨出凹凸表面，使電解水產生氫氣與氧氣有貯藏之處，結果放電效率比 Pt 絲電極強；含石墨成份愈多，放電時電流強度愈大，唯獨 7B 電功率較高，推想是與電極孔隙貯藏氣體較多有關。
- (四) 鉛筆芯因氧化腐蝕或鉛筆芯石墨不夠或不均勻而易斷，改用石墨棒不易斷放電又好是因度高；鉛筆芯、石墨當電極電解溶液都溶出焦褐色物質，改備長碳當電極，電解溶液也溶解出棕色和黑色微粒。

捌、結論：

影響「保特瓶燃料電池」放電電功率有電解質種類、電解質水溶液濃度、電極、集氣管、溫度、電源大小、電解時間。目前找出較佳組合是 5.0M 的 KOH 電解質水溶液、至少經 3 次淬火的石墨電極、電極有半透膜的集氣管所做成保特瓶「燃料電池」。

一、太陽電池或風力發電機來電解水，這些電源電流強度十分小，將電解水裝置放入太陽熱溫水槽，提高電解水來強化保特瓶燃料電池之電功率。

1. 用保特瓶、保麗龍等隔熱材料自製收集太陽熱的省能源溫水裝置；每經熱量計算： $H=M*1*(T-T_0)$ ，了解黑紙纖維質易吸收輻射、白布不易散熱、熱玻璃管也不易將熱傳導出去；利用熱對流使溫水槽熱起來。

2.朝向太陽的鋁箔凹面鏡，反射太陽平行光會聚在焦點處水管，使水溫提得更高。

二、風力發電機所產生的電能，其大小與風速驅使電樞轉動速度、場磁場的磁場強度、單位長度線圈的匝數皆成正比；風扇也是一變因。

三、燃料電池原理：1.水電解—陽極 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

陰極 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

2.氫氧燃料電池—陽極 $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

陰極 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

太陽能電池受日照影響，日照變弱電流強度即變小，靠太陽熱提高電解速率，但溫度不能太高，太高使吸附在電極表面的氫氣、氧氣逸去；我們太陽集熱溫水槽剛好配保特瓶「燃料電池」最佳溫度；尋找電極材料能多儲住氣體是未來深入探討方向。

四、天氣不是天天放晴，有季風時能利用風力發電開闢另一電源電解水，夢想未來能設計自動控制隨天氣切換。

玖、參考資料及其他

- 1.牛頓雜誌社企劃製作，探索能源，初版，台北市，牛頓出版社，106-113 頁，1984。
- 2.喬琪娜·安德魯斯，100 創意科學實驗，第一版，台北市，天下遠見出版社，8-9 頁，2007。
- 3.柯淑玲、梁景雅、鍾孟達、林育駐、黃榮昌老師(壽山國中)，中華民國中小學科學展覽第 21 屆至 30 屆優勝作品專輯國中祖化學科合訂本，初版，臺北市，國立台灣科學教育館編印，200-210 頁，民國 84 年。
- 4.南一自然科編輯群，自然與生活科技 第 6 冊，修訂二版，台南市，南一出版社，28-35 頁，41-48 頁，2007。
- 5.陳竹亭教授主編，高級中學化學（上冊），B 版一刷，臺北縣，泰宇出版股份有限公司，38-39 頁，民國 94 年。
- 6.陳竹亭教授主編，高級中學化學（下冊），B 版一刷，臺北縣，泰宇出版股份有限公司，15 頁，民國 94 年。
- 7.翰林自然科編輯群，自然與生活科技第 3 冊，修訂二版，台南市，翰林出版社，95 頁、114-116 頁、127-132 頁，民國 96 年。
- 8.翰林自然科編輯群，自然與生活科技第 4 冊，修訂二版，台南市，翰林出版社，98-101 頁、105 頁，民國 96 年
- 9.瀧川洋二、山村紳一郎編著、王蘊潔譯，66 個挑戰創意的科學實驗，初版，台北縣新店市，世茂出版社，98-99 頁、156-159 頁，2003。

【評語】 031626

1. 將國中課程之熱學及動力發電、太陽能發電等概念實際應用並製作出具有能量轉換功能的模型，相當具有創意。
2. 模型中氫氣與氧氣的分離方式可修改成以”半透膜”等材質，或許可以有更好的效果。