

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 物理科

030119

太陽-請賜我無窮的能量

學校名稱：金門縣立金沙國民中學

作者： 國三 陳孝淋 國三 何宗洋 國三 黃鼎鈞 國二 黃詩媛	指導老師： 楊玉林
---	------------------

關鍵詞：太陽能電池、照度

太陽，請賜我無窮的能量！

-----太陽能電池與照度之研究及應用

摘 要

太陽能電池是近年最『夯』的新興科技產業，太陽能的應用幾乎也漸漸普及到每個人的生活之中，舉凡太陽能車、太陽能熱水器、太陽能手機等，甚至在歐美已經將太陽能發電大範圍的推廣到一般家庭及工廠的供電系統。在全球一片節能減碳的呼聲中，各國無不致力於替代能源的開發，可以預見太陽能將是未來「綠色能源」的明日之星。就以金門而言，已有不在少數的家庭接受政府的補助在自己家中裝設太陽能熱水器，各級學校也都有太陽能的專案補助及增置太陽能教學區，可見政府推廣能源與環保教育的概念。我們利用市面上購得的簡易太陽能板，就我們覺得疑惑及感興趣的部分設計了一系列的實驗來比較，獲得粗淺的認識，並利用太陽能板的性質找出光電流與照度之關係。

壹、研究動機：

有一天，我的死黨小鈞拿了一支當下最炫的 Samsung 太陽能充電手機到學校來，引起班上同學一陣騷動！「真的讓太陽光曬一曬就可以充電嗎？」「充電的效果會跟一般的手機一樣好嗎？」「用日光燈的光也可以充電嗎？」大家圍成一團七嘴八舌，每個人都充滿了比平常多一百倍的好奇心互相討論著，不知不覺上課鐘聲已經響了好久…。放學後，我和小鈞決定找幾位同學一起去尋找答案，我們迫不及待的討論，想設計實驗來實地驗證，並且上網、問老師、上圖書館找書等，在尋找資料時，另外也發現一些有趣問題，例如：不同波長的色光對太陽能板的効果是否影響？只有考慮不同的溫度下太陽能板會有反應嗎？我們針對上述問題設計多項實驗，歡迎大家跟我們一起來探索。

貳、研究目的：

- 1.探討光照度與光電流之關係
- 2.探討不同光源與光電流之關係
- 3.探討太陽光板面積與光電流之關係
- 4.探討射光角度與光電流之關係
- 5.探討不同色光對太陽光板效能之關係
- 6.探討溫度對太陽光板效能之關係
- 7.利用太陽光板測量溶液濃度
- 8.利用太陽光板測量氣體濃度



參、研究器材：

太陽能板 (6.5×11cm)	單槍投影機	調光器	電子天平
200W 白熾燈	筆記型電腦	捲尺	數位式三用電表
日光燈	照度計	線香	保特瓶
LED 燈	鐵架、鐵夾	奶粉	酒精燈加熱組
額溫槍 (80℃)	量角器	氫氧化鈉	其他

肆、研究流程與方法：

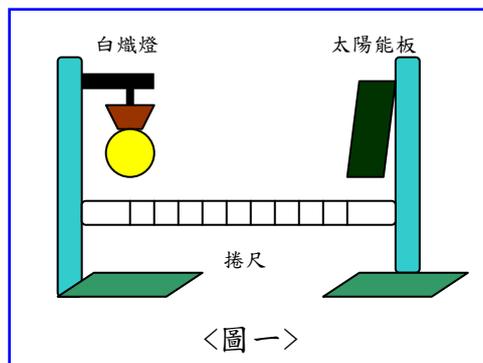
我們以市售小型太陽能板為素材，用高功率的白熾燈代替太陽光進行模擬實驗。並在白熾燈上串聯一調光器來控制光亮度，利用距離對亮度的遞減來測量亮度對太陽能板效率的影響；研究的重點分為：探討影響太陽能板發電的因素如亮度、照射面積、照射角度、光源種類、色光、溫度（非可見光），及利用遮光效應來尋找氣液體溶度與太陽能板光電流的關係，而間接測量其濃度。

一、探討光照度與光電流之關係

控制變因：白熾燈亮度、太陽能板面積、射角

操作變因：距離、光源種類

- 裝置如右<圖一>，將白熾燈、分別固定在鐵架上，並調整使兩邊高度一致，另外將捲尺對齊置於鐵架兩側。
- 利用調光器調整白熾燈於適當亮度，移動太陽能板使與白熾燈的距離為 10 公分，將太陽能板連接於數位式三用電表測量輸出電流，並用照度計測量此處之照度。
- 依序增加太陽能板使與白熾燈的距離為 20、30、40、50、60、70、80 公分，分別測量其照度與電流。
- 分別光源更換為日光燈及 LED 燈，重複實驗三次，計錄數據並畫出關係圖。



二、探討太陽光板面積與光電流之關係

控制變因：白熾燈亮度、距離、太陽能板斜角

操作變因：太陽能板面積

- 同 1.裝置同<圖一>，固定太陽能板使與白熾燈的距離為 30 公分。
- 利用不透光厚紙板遮住太陽能板的受光面，使照光面積為 5 平方公分，記錄太陽能板電流。
- 增加照光面積分別為 8、16、24、32、40、48、56、64、72 平方公分，重複以上實驗。

三、探討射光角度與光電流之關係

控制變因：光源亮度、距離

操作變因：太陽能板傾斜角度

- 裝置同<圖一>，太陽能板與燈源固定為 30 公分。
- 如右<圖二>，在太陽板後方中央線處黏貼一細吸管，取一竹籤恰能穿過吸管固定於鐵架上，並在太陽板軸上裝設一量角器，製成一可任意轉動角度的裝置。
- 依序增加太陽板角度，測量其產生的電流。



四、探討不同色光對太陽光板效能之關係

控制變因：光源亮度、太陽能板傾斜角度

操作變因：色光種類

- 裝置如右<圖三>，將單槍投影機連接電腦，利用繪圖軟體設定色光。



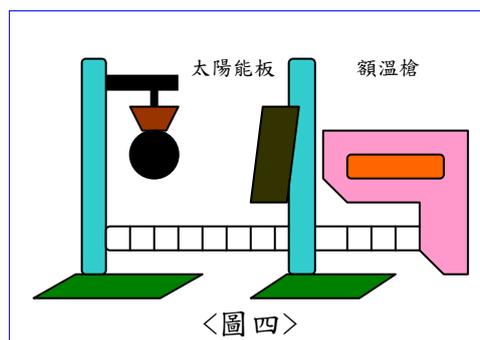
- B. 利用調整距離將照度固定為 300Lux 左右，讓色光垂直入射太陽能板，記錄電流。
 C. 同法依次改變色光顏色為紅、黃、綠、藍、紫、白，照度改為 500Lux、1000Lux 重複實驗。

五、探討溫度對太陽光板效能之關係

控制變因：太陽能板距離

操作變因：溫度

- A. 裝置如右<圖四>將太陽能板固定於 20 公分處，打開白熾燈發亮 3 分鐘後關閉，在與太陽能板同一位置架設額溫槍。
 B. 每 30 秒同時測量輻射溫度與輸出電流，共測量 3 分鐘。

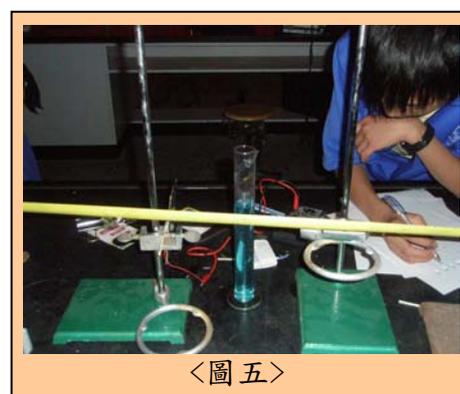


六、利用太陽光板測量溶液濃度

控制變因：光源亮度、距離

操作變因：溶液濃度

- A. 裝置同<圖一>光源改為 LED 燈，將太陽能板固定於 20 公分處。
 B. 配製 2% 的硫酸銅 100 毫升倒入 100 毫升的量筒中，將量筒置於燈源與太陽能板間 10 公分處，調整使光束穿透量筒射向太陽能板，記錄電流。
 C. 依次配製 4%、6%、8%、10%、12%、14%、16% 硫酸銅溶液，重複實驗。
 D. 將硫酸銅改為奶粉，重複實驗。



七、利用太陽光板測量氣體濃度

控制變因：光源亮度、距離

操作變因：氣體濃度

- A. 裝置同<六>。
 B. 取一完全透明之 2000 毫升保特瓶，點燃線香置入保特瓶中充煙 10 秒後鎖緊瓶蓋。
 C. 將保特瓶置於燈源與太陽能板間 10 公分處，使光束穿透保特瓶，記錄電流。
 D. 依次增加充煙時間為 20 秒、30 秒、40 秒、50 秒，重複實驗。

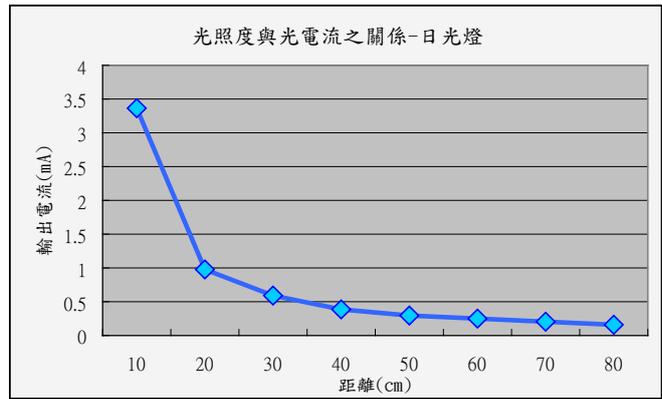
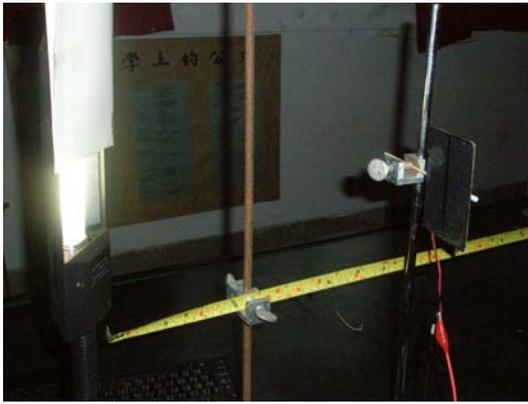


伍、結果與分析：

一、探討光照度與光電流之關係

A. 日光燈

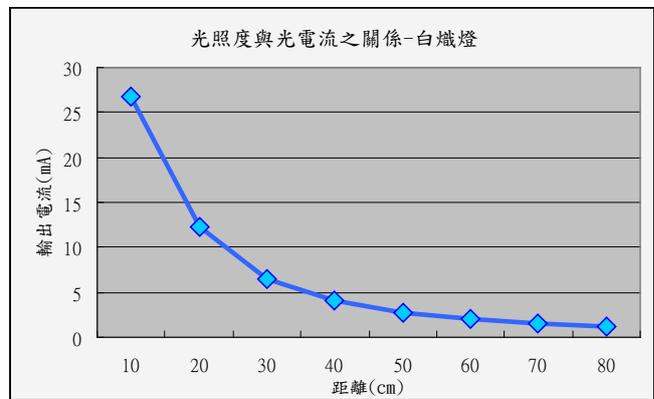
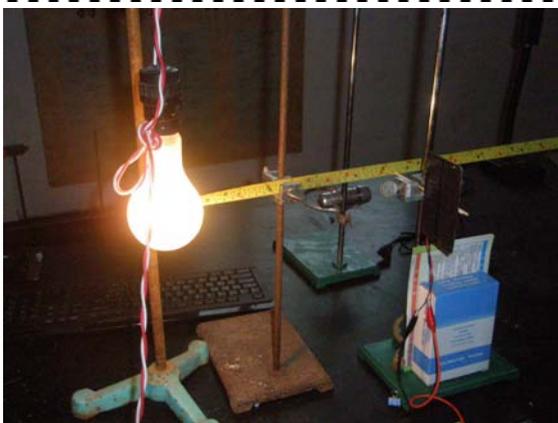
距離(cm)		10	20	30	40	50	60	70	80
照度(Lux)		6140	1860	862	476	308	210	162	125
輸出 電流	第一次	3.15	0.95	0.55	0.38	0.29	0.23	0.21	0.16
	第二次	3.40	1.00	0.60	0.41	0.30	0.26	0.20	0.18
	第三次	3.54	0.95	0.58	0.37	0.28	0.22	0.18	0.16
	平均	3.36	0.97	0.58	0.39	0.29	0.24	0.20	0.17



- 1.因我們採用的日光燈燈管稍長，故以一不透明厚紙板擋住一半左右的燈光。
- 2.由關係圖可看出當距離增加時，太陽能板的輸出電流急遽下降，距離 50 公分以後呈小幅慢慢變小，最後趨近於背景電流。

B.白熾燈

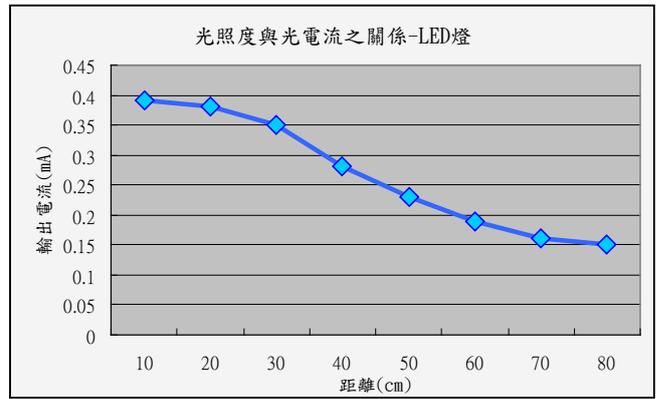
距離(cm)		10	20	30	40	50	60	70	80
照度(Lux)		4490	1670	893	541	360	290	234	179
輸出電流	第一次	26.4	12.7	6.46	3.95	2.80	2.05	1.60	1.28
	第二次	26.3	12.5	6.60	4.10	2.70	2.00	1.60	1.20
	第三次	27.6	11.6	6.30	4.00	2.70	2.00	1.60	1.30
	平均	26.8	12.3	6.45	4.02	2.73	2.02	1.60	1.26



- 1.由圖呈現的結果與日光燈相似，但下降的幅度較為和緩。
- 2.控制照度與日光燈相差不多的範圍之下，白熾燈的輸出電流遠大於日光燈，約為 8~12 倍之間。

C.LED 燈

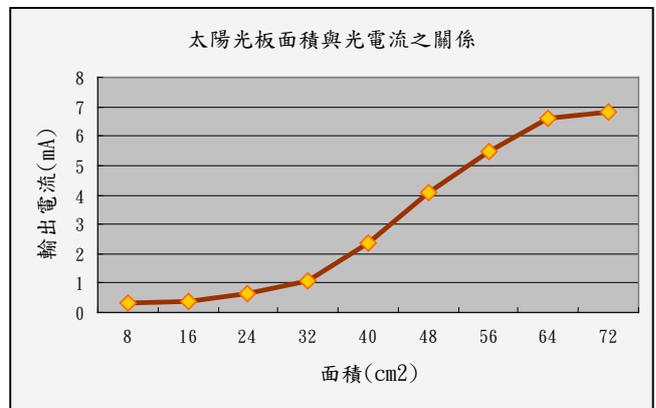
距離(cm)		10	20	30	40	50	60	70	80
照度(Lux)		4680	1780	806	452	293	193	125	102
輸出電流	第一次	0.38	0.41	0.36	0.29	0.24	0.20	0.16	0.14
	第二次	0.39	0.36	0.33	0.26	0.21	0.18	0.16	0.15
	第三次	0.40	0.37	0.35	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15
	平均	0.39	0.38	0.35	0.28	0.23	0.19	0.16	0.15



1. 我們使用自行車用照明之 LED 燈，光束較為集中，但照射面積較小無法涵蓋太陽能板全部面積，可能造成些許誤差。
2. 雖從各距離的照度來看與前二者均差不多，但太陽板的輸出電流遠比日光燈小。

二、探討太陽光板面積與光電流之關係 光源為白熾燈，距離固定為 30 公分

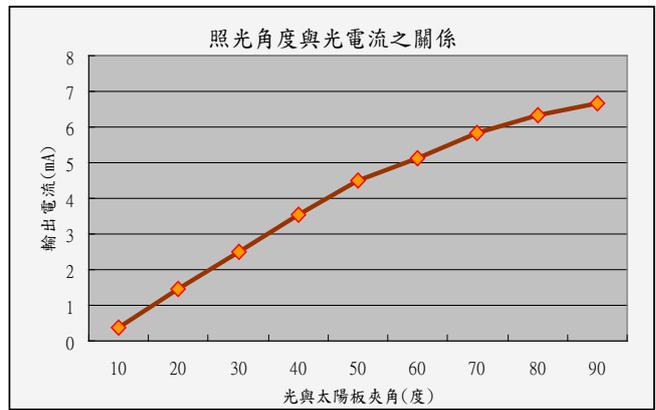
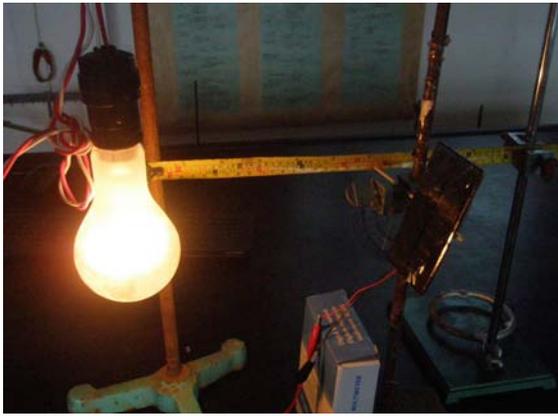
面積 (cm ²)		8	16	24	32	40	48	56	64	72
輸出電流	第一次	0.30	0.40	0.60	1.10	2.50	4.30	5.60	6.80	7.00
	第二次	0.30	0.40	0.70	1.10	2.30	4.10	5.60	6.50	6.70
	第三次	0.30	0.40	0.60	1.00	2.30	3.80	5.30	6.50	6.70
	平均	0.30	0.40	0.63	1.07	2.37	4.07	5.50	6.60	6.80



1. 實驗中以太陽能板原本具有的格線為依據，將面積分成 9 等分，每等分為 8 平方公分，以不透光的厚紙板依序遮蔽控制照光面積。
2. 由關係圖知面積與輸出電流並非線性之正比關係，兩端處呈現較小之變化。

三、探討照光角度與光電流之關係 光源為白熾燈，距離固定為 30 公分

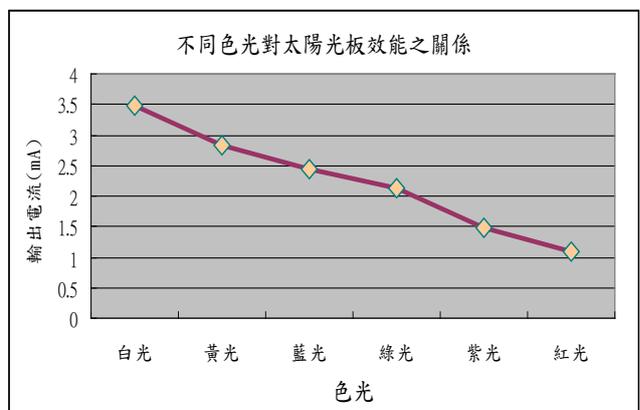
光與太陽板夾角		10	20	30	40	50	60	70	80	90
輸出電流	第一次	0.38	1.38	2.30	3.41	4.35	5.11	5.82	6.35	6.75
	第二次	0.48	1.52	2.61	3.68	4.61	5.06	5.80	6.28	6.57
	第三次	0.27	1.44	2.54	3.56	4.55	5.22	5.93	6.35	6.68
	平均	0.38	1.45	2.48	3.55	4.50	5.13	5.85	6.33	6.67



1. 為了較精準控制角度，我們在太陽能板背後中線處以膠帶貼一段細吸管，然後將吸管以竹籤穿過固定於鐵架上，沿竹籤垂直線上黏貼一量角器。
2. 由關係圖看出輸出電流大約與太陽能板角度呈正比關係，角度 10 度至 50 度間接近直線，50 度到 90 度間線形呈現趨緩走向。

四、探討不同色光對太陽光板效能之關係

色光		白光	黃光	藍光	綠光	紫光	紅光
輸出電流	300 Lux	2.18	1.45	1.30	0.89	0.66	0.60
	500 Lux	3.33	2.76	2.2	1.95	1.5	0.89
	1000 Lux	5.04	4.25	3.8	3.53	2.3	1.75
	平均	3.48	2.82	2.43	2.12	1.49	1.08

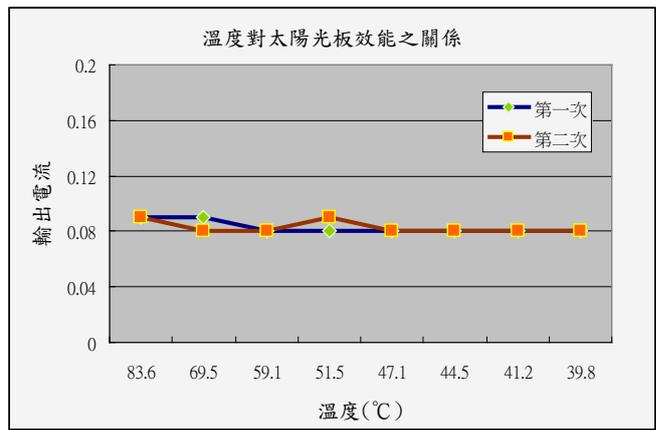


1. 實驗中以電腦連接手提式單槍投影機，以繪圖軟體設定色光範圍與亮度，再輔以照度計利用調整距離遠近控制使色光的亮度一定。
2. 由結果顯示，輸出電流關係為：白光 > 黃光 > 藍光 > 綠光 > 紫光 > 紅光。

五、探討溫度對太陽光板效能之關係

太陽板固定於 20 公分處

第一次	溫度	83.6	69.5	59.1	51.5	47.1	44.5	41.2	39.8
	輸出電流	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
第二次	溫度	82.4	71.5	60.5	53.8	50.4	46.2	43.2	40.9
	輸出電流	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08

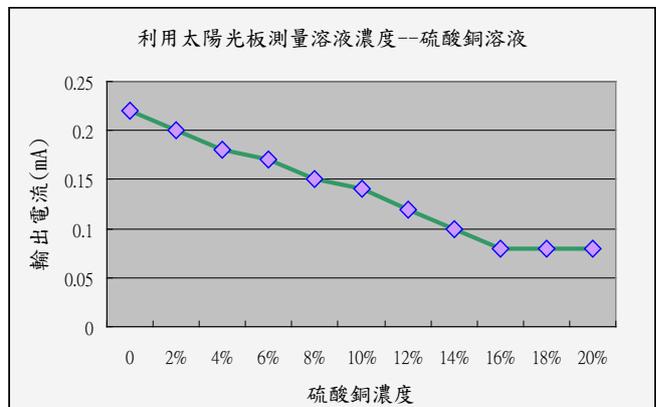


- 1.我們所使用的額溫槍測溫範圍最高可設定到 85°C，可利用它很方便的測量輻射溫度。
- 2.由兩次實驗發現，太陽能板對不同溫度的輻射熱幾乎無作用。

六、利用太陽光板測量溶液濃度

A. 硫酸銅溶液

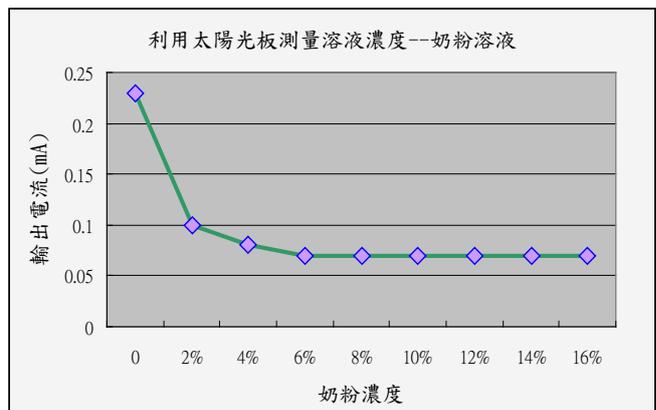
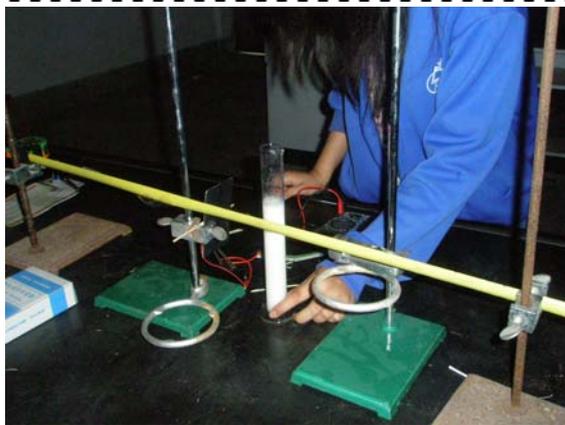
硫酸銅濃度		0	2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%
輸出電流	第一次	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.08	0.08	0.08
	第二次	0.22	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08
	第三次	0.22	0.19	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.08	0.08	0.08
	平均	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.12	0.10	0.08	0.08	0.08



- 1.由關係圖觀察可知當硫酸銅濃度愈大時，太陽能板輸出的電流逐漸減小。
- 2.當濃度超過 16%以上，則輸出電流趨於背景電流，不再變化。

B. 奶粉溶液

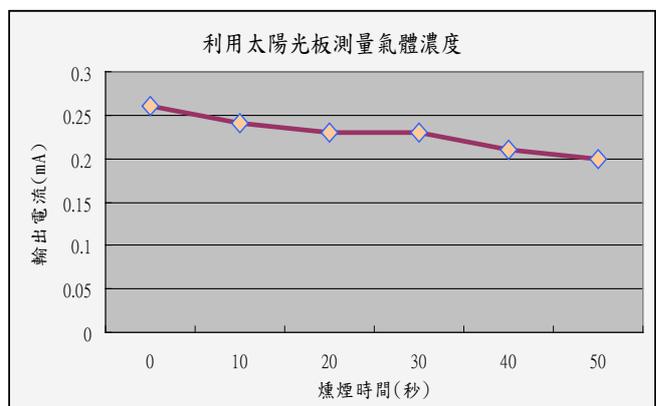
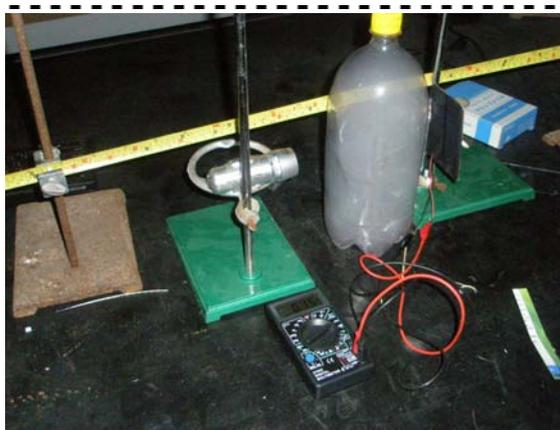
奶粉濃度		0	2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%
輸出電流	第一次	0.23	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	第二次	0.22	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	第三次	0.23	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	平均	0.23	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07



- 1.當奶粉濃度稍微增加時，太陽能板的輸出電流急遽下降。
- 2.在 6%以後太陽能板幾乎無法產生電流。

七、利用太陽光板測量氣體濃度

燻煙時間(秒)		0	10	20	30	40	50
輸出電流	第一次	0.27	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20
	第二次	0.26	0.24	0.23	0.23	0.21	0.21
	第三次	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20
	平均	0.26	0.24	0.23	0.23	0.21	0.20



- 1.當對保特瓶中燻煙時，時間愈長可直接觀察出煙的濃度愈大。
- 2.由圖形的趨勢可知，煙霧的濃度愈大輸出電流大致呈現穩定下降的現象，與實驗(六)比較，氣體煙的透光效果較溶液為佳，輸出電流也遠大於硫酸銅與奶粉溶液。

陸、討論：

- 一、在我們確定實驗的方向後，從規劃實驗方式到實地進行，才發現許多執行時遇到的問題，為了克服這些困難，我們便從生活經驗中尋找解決的方法，列舉如下：
 - (1) 在做硫酸銅溶液的透光率實驗時，常溫下硫酸銅的溶解速率相當慢，於是我們就想到八年級下學期課本中學到的方法，一面攪拌一面以酒精燈加熱，果然節省很多的時間。
 - (2) 為了能隨意控制白熾燈的亮度，我們在線路上串聯一個調光器，其效果就如同學生讀書用的檯燈，轉動旋鈕即可調整亮度。

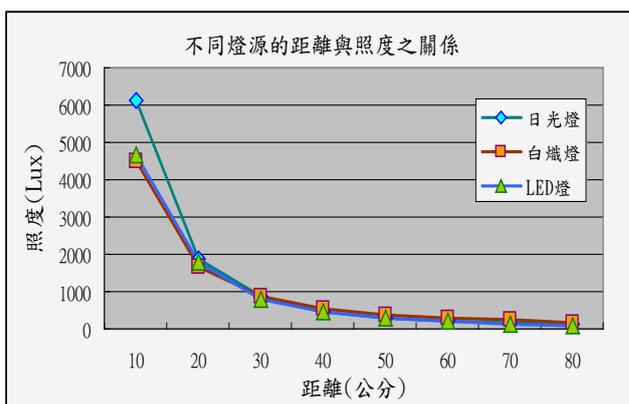
(3) 在進行〈實驗四〉探討不同色光對太陽光板效能之關係時，原本我們想到的方法是以玻璃色紙包覆燈源，但是此方法缺點很多，包括無法控制色光的純度與亮度等變因而使實驗本質失去意義，後來我們想到利用電腦與單槍投影機，許多繪圖軟體都可以直接設定色光相(RGB)與亮度(HSB)，達到我們想要的控制變因的目的。



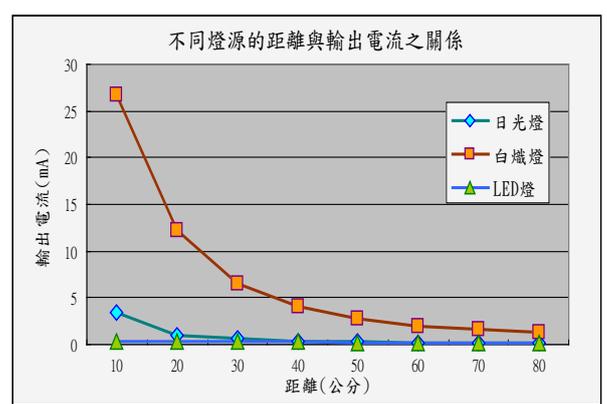
(4) 在進行〈實驗三〉探討照光角度與光電流之關係中，為了能準確的控制太陽能板的傾斜角度，我們在太陽能板背面沿水平中心線上黏貼一細吸管，穿過固定於鐵架上的竹籤後便能任意的轉動角度，另外在竹籤的鉛直線上將量角器對準並以膠帶固定，即可直接觀察角度，方便操作且提升準確度。

(5) 於〈實驗五〉探討溫度對太陽光板效能之實驗中，為了測量燈泡的輻射溫度我們嘗試了多種方法，包含直接以溫度計測量、耳溫槍等都無法達成效果而放棄，最後我們向學校保健室借來額溫槍，閱讀使用說明書後發現它的測溫範圍最高可設定到 85°C，正好符合我們的需要，而且易操作並可測量瞬間溫度。

二、〈實驗一〉中，我們利用調光器控制白熾燈的亮度使其與日光燈及 LED 燈大約一致(如下圖七)，由圖可知三者的照度均與距離大約呈反比之關係。同時我們使用三種不同燈源進行太陽能板效能的比較，結果可由如下〈圖八〉看出：白熾燈光的效能遠比其他二者為佳，從輸出電流比較發現白熾燈的效能約為日光燈的 8~12 倍，LED 燈的 8~68 倍。雖



〈圖七〉

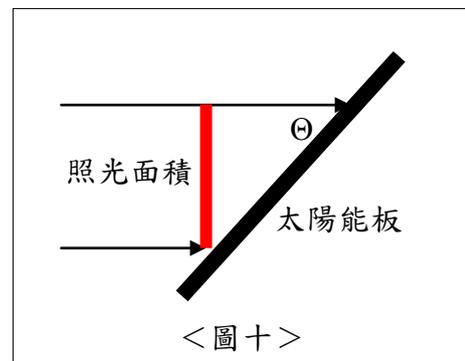
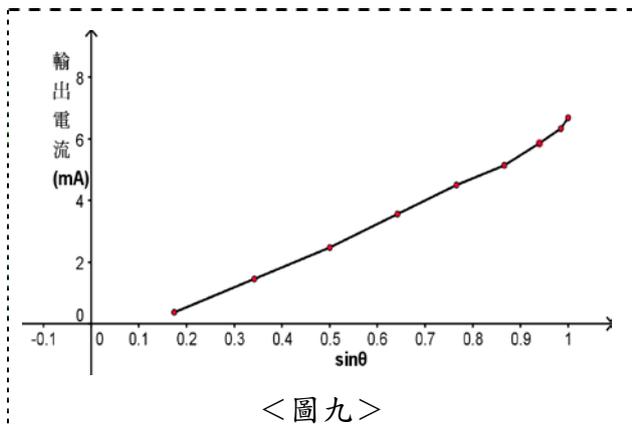


〈圖八〉

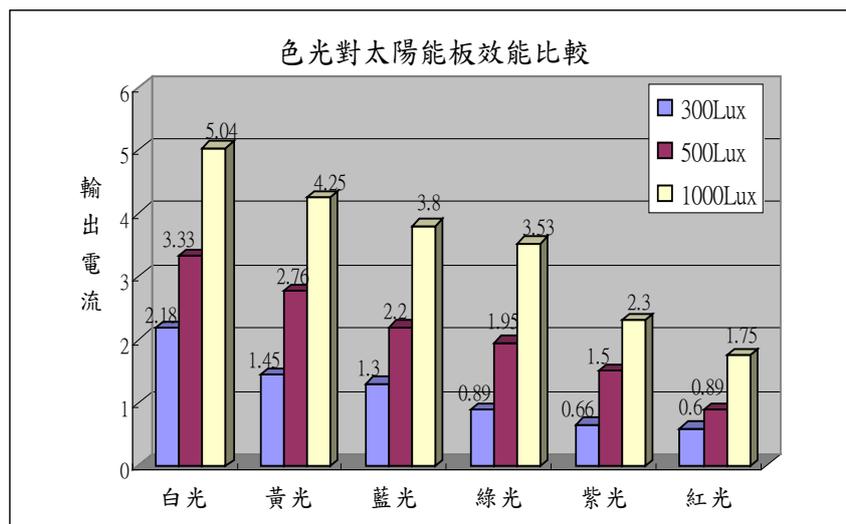
然我們將照度控制到大約相同，但它們轉換回電能時卻相差如此之大；反過來講，依據能量守恆的概念，在產生一樣照度的條件下，可證明 LED 燈與日光燈較白熾燈應也可達此同樣比率的省電程度。

三、〈實驗二〉探討太陽光板面積與光電流之關係，我們發現所得出照光面積與輸出電流的結果並非如預測的正比直線圖形，而是在開始與後段兩部分呈現效率緩慢的走勢，中間部分效果則較為顯著，可見我們所使用的太陽能板並非質地非常平均的分布，中間部分的效能比兩端佳。另外一種可能，在距較近的情況下，太陽能板的中間部分光線為垂直入射，而兩端較遠處則斜射角度變大，於是產生的光電效能就較差。

四、〈實驗三〉探討照光角度與光電流之關係，所得出的圖形大約呈現一次正比的直線關係，若以理論推測，輸出電流應與有效照光面積成正比，但有效照光面積非與角度 Θ 成正比，而是與角度的正弦值($\sin\Theta$)成正比（如下圖十，故以各角度取正弦值再與輸出電流作圖，結果如下〈圖九〉，則可看出其圖形趨近於正相關之線性關係。



五、〈實驗四〉探討不同色光對太陽光板之效能，我們選定紅、黃、綠、藍、紫、白六種色光進行比較，實驗中利用調整距離使各色光的照度相同，分別設定三種不同照度觀察輸出電流。結果發現對太陽能板的效能以白光最佳，紅色光最差（如下圖十一）。



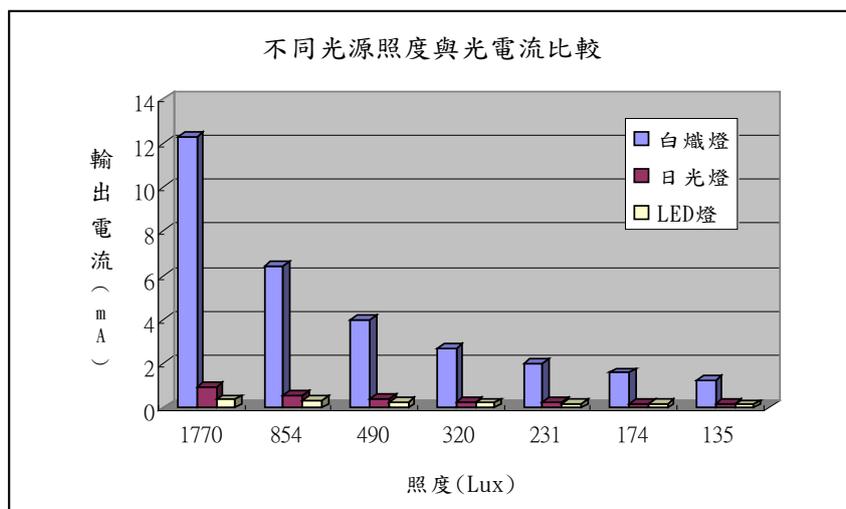
〈圖十一〉

六、〈實驗六、七〉我們利用透光率對太陽能板的光效應來測量溶液與氣體濃度，原本我們認為太陽能板可取代類似光敏電阻的功能，但由實驗結果發現此法有一些限制，可歸納以下幾點說明：

- (1) 以圖形的關係比較，硫酸銅溶液較能看出規律性，可由光電流找出透光率的關係，再對應到其濃度大小。奶粉溶液的透光效果則較差，在6%以上的濃度電流已看不出變化。氣體煙霧隨著濃度變大，可觀察到輸出電流呈現微小變化，但因我們所使用的安培計精密度不夠，不能測量較小的電流而導致無法鑑別其變化的規律性，甚為可惜。
- (2) 此法僅限於有顏色的溶液，無法用於透明的溶液與氣體。
- (3) 因測量工具的靈度不高，此法僅限於測量低濃度範圍的氣、液體，且效果不一。
- (4) 除非在完全無光的環境，否則測量時必須考慮到背景電流的因素干擾，造成測量困難度增加。

七、我們原本有一構想，希望能利用太陽能板來測量照度，但由實驗結果卻發現照度與太陽能

板的輸出電流並無直接關係。如下〈圖十二〉所示，若在差不多大小的照度下可發現白熾燈的輸出電流遠大於他二者，而太陽能板的輸出電流代表能量，此能量由光能轉換而來。若依能量守恆來看，可以說明產生同樣照度的條件下，白熾燈浪費的電能最大。



〈圖十二〉

八、現在太陽能電池約有數種不同種類，我們實驗所使用的由外形判斷應屬於單結晶矽太陽能電池（SINGLECRYSTAL），是二氧化矽製成的兩片薄半導體所組成，太陽能電池的發電能源來自於光的波長，太陽光是一種全域波長，而白熾燈的波長與日光燈的波長不同，太陽能電池以陽光或白熾燈之波長為較適用，但因實驗控制變因之需求我們選用白熾燈來進行。

柒、結論：

- 一、光源相同時，距離愈遠，照度愈小，太陽能板產生的電流也愈小；光源不同時，當照度相同時，太陽能板產生的電流以白熾燈最大，日光燈次之，LED 燈最小。太陽能板輸出電流與照度無關。
- 二、太陽能板受光面積愈大，輸出電流也愈大，但實際測量卻非直線的正比關係，兩端的效能較中間部分差。
- 三、太陽能板與照光方向垂直時，輸出電流最大，當角度變大或變小時，輸出電流亦漸漸變小。輸出電流大約與夾角的正弦值成正比。
- 四、相同的燈源，控制相同的照度下，太陽能板的輸出電流關係為：
白光 > 黃光 > 藍光 > 綠光 > 紫光 > 紅光
- 五、太陽能板對不同溫度（40°C~85°C）的輻射熱幾乎無作用。
- 六、使用太陽能板的光效應來測量濃度的效果可歸納如下表：

待測物	太陽能板變化	優缺點	評價
硫酸銅溶液	顯著且規律	可測量範圍較廣，準確性較高；高濃度無法測量。	★★★★★
奶粉溶液	不規律	因奶粉透光效果差，幾乎無法測量。	★
氣體煙霧	稍呈規律但不顯著	可作為粗略測量的用途，若提升精密度，可推廣作為測量霧氣濃度之工具。	★★
★★★★★：佳 ★★★★：良好 ★★★：尚可 ★：不良			

捌、參考資料：

1. 太陽能發電原理與應用 馮堃生/主編 五南書局
2. 能與能源 吳誠二 著 幼獅文化事業公司印行
3. 國中自然與生活科技康軒版第五冊
4. 維基百科<http://zh.wikipedia.org/w/index.php>
5. 師大物理系 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/index.php>
6. 奇摩知識<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1305092213804>

【評語】 030119

- 1.本作品研究太陽電池對不同入射光源，光入射角度，液體等對電池效率之影響，對太陽電池之認識具教育意義。
- 2.作品研究的內容，多是太陽電池的已知特性，對科學研究的未知探討較缺乏，創新性稍不足。