

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

第一名

081528

染出一片光明_染料敏化太陽能電池特性探討

學校名稱：臺北市北投區明德國民小學

作者：	指導老師：
小六 柯雨彤	楊世昌
小六 侯承睿	吳柏菱
小五 吳嘉毓	
小五 劉人鳳	

關鍵詞： 太陽能發電、二氧化鈦、花青素

摘 要

本研究是想要了解染料敏化太陽能電池的特性及構造，並且嘗試探討影響電池發電量的因素。研究發現，pH 3.5 水溶液最適合用來調配二氧化鈦懸浮液，以塗抹出均勻的薄膜，。我們也研究如何製作出均勻的膜及萃取出植物中的花青素，並探討了「膜厚度」、「浸泡時間」和「染料種類」對染料敏化太陽能電池發電量的影響。更試著用日常生活中常見材料來取代實驗所需要的醋酸、二氧化鈦和碘溶液，讓染料敏化太陽能電池更容易製作。

壹、研究動機

在自然和社會課中有提到地球主要能源－石化燃料正日漸枯竭，預估五十年內地球上的石油就會消耗殆盡，最近的新聞媒體也不斷報導石油價格不斷創新高的新聞，因此，尋找替代能源已是刻不容緩、亟需解決的問題。由於太陽能本身並不會造成任何污染，再加上它每天不斷地被傳送到地表，符合永續發展的需求，因此太陽能的應用，長期以來就是科學家非常重視的研究項目。在五年級康軒版第五冊「太陽觀測」介紹了太陽能的運用，第五冊第二單元「植物世界面面觀」課程中，提到植物的葉綠素會進行光合作用，由上網查詢的資料裡，介紹了各種不同的太陽能電池，其中的染料敏化太陽能電池，發電的方式就是和光合作用相似，都是利用植物染料來轉換太陽能成為其他形式能量，而且，這種太陽能電池和一般常見的太陽能電池有許多的不同，因此，為了進一步瞭解這種太陽能電池，和一般的太陽能電池在構造、特性及發電原理上有什麼不一樣，我們在老師的指導下，進行了一連串的實驗。

貳、研究目的

- 一、 探討如何製作出品質佳的染料敏化太陽能電池
- 二、 探討影響染料敏化太陽能電池發電的因素
- 三、 尋找日常生活中適合製作敏化太陽能電池的材料

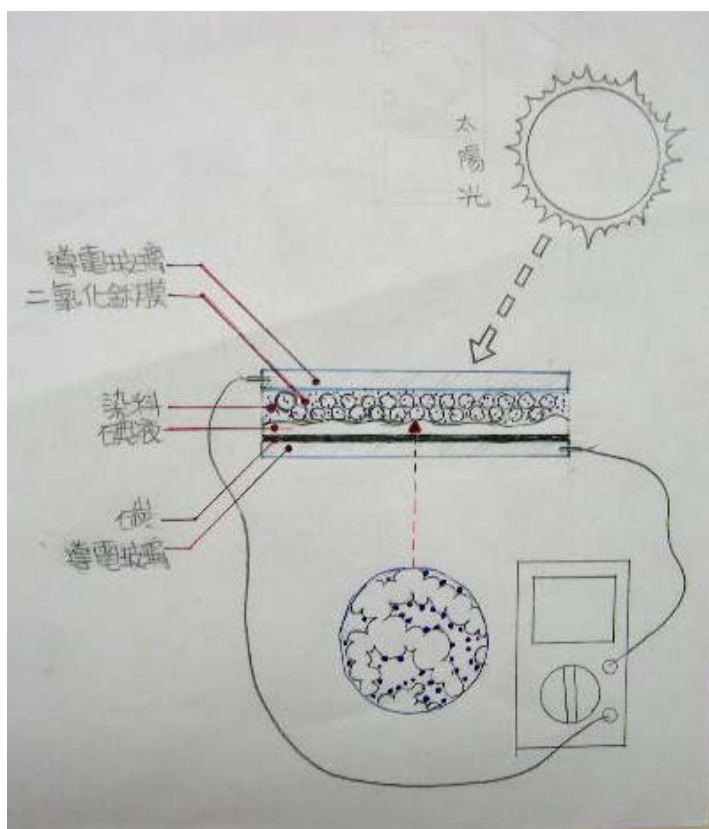
參、研究器材



導電玻璃、二氧化鈦、三用電表、鱷魚夾、計時器、500 W 太陽燈泡、自製照度測定箱、照度計、優碘、300 歐姆電阻、滴管、燒杯、量筒、酒精燈、石棉心網、保鮮膜、染料、玻棒、研磨棒、研鉢、酒精、微量天平、拭鏡紙、pH 酸鹼測定儀、醋酸、長尾夾、X-100 界面活性劑、紗布、手套、透明膠帶。

肆、文獻探討

太陽能電池有很多種，我們這次研究的染料敏化太陽能電池是屬於非晶矽的一種，染料敏化太陽能電池的構造如右圖，製作方法是將二氧化鈦懸浮液均勻的塗在導電玻璃上，再浸泡染料作為吸收光的物質，接著在另一片導電玻璃上塗上一層碳作為正極，再以三明治的方式，把兩片導電玻璃結合在一起，再從中間滴入碘液，最後放在光線照射下即可產生電流。它的發電原理是利用染料吸收太陽的可見光，然後將自己帶有的電子傳給二氧化鈦，二氧化鈦再傳給導電玻璃，導電玻璃經由外部迴路將電子傳到對電極－碳，最後經由碘液的氧化還原過程將電子傳遞回染料，形成一個循環。



伍、研究過程

步驟 1



用酒精清洗導電玻璃

步驟 4



利用微量天平秤取所需的二氧化鈦

步驟 2



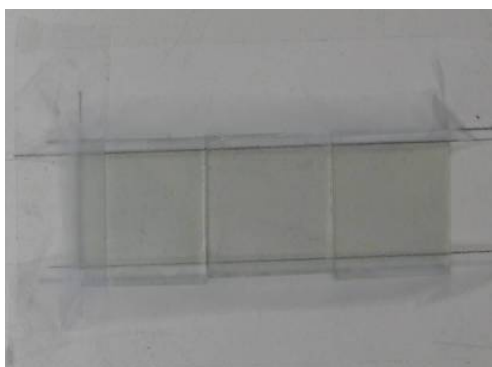
測量電阻，判斷玻璃導電的一面。

步驟 5



將 0.5 mL 醋酸加入 1 g 二氧化鈦粉末中，並用玻棒研磨，研磨均勻後再加 0.5 mL，總共加入 1.5 mL，並繼續研磨到粉末無塊狀為止。最後加入界面活性劑，並靜置 15 分鐘。

步驟 3



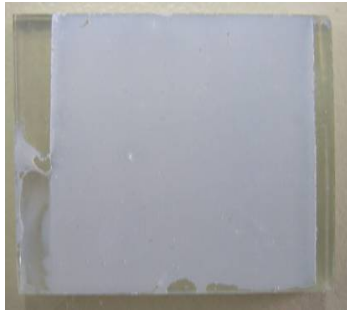
利用膠帶來固定導電玻璃

步驟 6



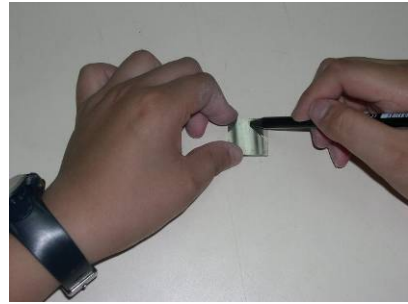
將研磨好的二氧化鈦，用玻棒均勻得塗抹在導電玻璃表面。

步驟 7



等二氧化鈦薄膜風乾，撕掉膠帶取出玻璃

步驟 10



在另一片導電玻璃上以鉛筆塗一層碳，製作電池正極。

步驟 8



將二氧化鈦膜用酒精燈加熱 15 分鐘

步驟 11



組裝電池，把塗有二氧化鈦膜的負極和塗有碳的正極面朝內貼合，並用鐵夾固定，再滴入碘/碘化鉀電解液。

步驟 9



測量二氧化鈦膜的厚薄，裝置為自行設計，在紙箱中間放隔板，內側貼上黑紙，最上層有一個可使光通過、直徑 5.5 公分的圓孔。在孔正下方 2.5cm×2.5 cm 的正方形區域，為放置導電玻璃之處，中間有一個 2 cm × 2 cm 的孔，可讓上方光線通過玻璃上塗抹的二氧化鈦薄膜，而最下層正下方放置一個照度計，可測量 500 W 太陽能燈，照射通過玻璃塗抹薄膜的透光度，由照度計數值，即可判斷薄膜厚度。

步驟 12



將完成的染料敏化太陽能電池，放置於 500W 太陽燈光下照射，並利用三用電表測量電壓、電流。

陸、 研究結果

實驗一 探討不同酸鹼性水溶液對製備作二氧化鈦薄膜的影響

(一) 步驟：利用前面敘述的標準流程，分別以同樣體積的酸、中及鹼性水溶液，加入二氧化鈦粉末中研磨，並塗抹在導電玻璃上。

(二) 結果：

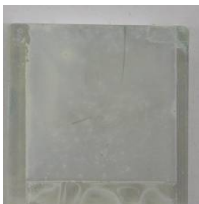
水溶液性質 過程比較	酸性水溶液	中性水溶液	鹼性水溶液
研磨過程	很平順。	類似黏土，且分散成塊狀。	阻力很大、像是在磨乾掉的沙土。
懸浮液特徵	 均勻的懸浮液。	 較黏稠、像牙膏狀。	 水分極少、像乾的黏土
玻璃上TiO ₂ 膜的 均勻度 平滑度	 形成一層半透明、平滑的膜。	 不均勻，膜較厚、粗糙，且呈現半透明。	 不均勻，二氧化鈦膜很厚、粗糙，且不透明。
加熱過程中膜的 變化情形	由白轉棕，再轉回白色。	與酸性溶液相同。	與酸性溶液相同，但過程中膜及玻璃有破裂情形。
加熱後 二氧化鈦薄膜 特徵	 半透明的薄膜。	 半透明、粗糙的薄膜。	 不透明、不均勻且粗糙的薄膜。

(三) 發現：只有加入酸性水溶液來研磨二氧化鈦，才可形成非常均勻的懸浮液，並在導電玻璃上製作出均勻度一致的二氧化鈦薄膜。

實驗二 探討酸性水溶液對製備二氧化鈦薄膜的影響

(一) 步驟：將醋酸溶液加水稀釋，調配出 pH 3.1、 3.3、 3.5、 3.7 及 3.9 五種不同酸性溶液，並分別加入二氧化鈦粉末製備懸浮液。

(二) 結果：

水溶液 pH 值 過程 比較	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9
研磨過程	很平順	很平順	很平順	阻力較大	阻力很大
懸浮液特徵	 很均勻但懸浮液很稀。	 與 pH 3.1 相似，但較濃稠。	 很均勻且較濃稠。	 很均勻且更濃稠，像牙膏。	 水分很少，看似塊狀黏土。
塗抹過程	很好塗。	很好塗抹。	很好塗抹。	不會往中間集中。	很難塗抹。
二氧化鈦 薄膜相片					
薄膜厚薄 (透光度) 均勻度	183Lux 最薄，但中間較厚。	170Lux 第二薄，有些不均勻。	160Lux 第三薄，比較均勻。	142Lux 較厚，但較不均勻。	140Lux 最厚，也很不均勻，還有很多顆粒。

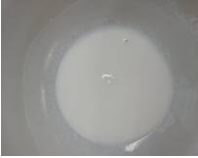
(三) 發現：由上面實驗結果，我們發現隨著 pH 值的上升，二氧化鈦膜會越來越厚，而當二氧化鈦懸浮液太濃稠，塗抹會變的不均勻，且會有顆粒；相反的，若是太稀，流動性變大，塗抹後液體會部份區域集中，造成厚薄不一。

實驗三 探討日常生活中常見酸性水溶液對製備二氧化鈦薄膜的影響

(一) 步驟：由實驗二的結果顯示以 pH 3.5 製備懸浮液的效果最好，因此，酸性溶液以水稀釋成 pH 3.5 後再進行實驗。(鳳梨醋本身 pH 3.7，所以直接用原汁進行實驗)

(二) 結果：

水溶液 種類 過程 比較	糯米醋	檸檬汁	梅子醋	陳年米醋	高粱醋
研磨過程					
懸浮液 特徵	很順暢。	很順暢	好磨且集中。	很順暢	很順暢
塗抹過程 順暢度	很好塗，但太厚。	很好塗，但無法集中。	很稀、好塗且順暢。	很稀且順暢，	很稀，很好塗。
二氧化鈦 薄膜					
透光度 (膜的厚薄)	57 Lux	149 Lux	67 Lux	58 Lux	153 Lux
薄膜品質	膜會破裂，不均勻並內縮。	厚薄不均。	厚且均勻	厚但有顆粒。	無法形成完整的膜

水溶液 種類 過程 比較	紅醋	蘋果醋	鳳梨醋	蔓越莓醋	烏醋
					
研磨過程	好磨且順暢。	好磨且順暢。	阻力較大。	阻力很大	阻力較大。
懸浮液 特徵	 濃稠且集中	 均勻懸浮液	 沒有水分	 像黏土，沒有水分。	 像黏土，水分少。
塗抹過程 順暢度	順暢且好塗。	順暢且好抹。	無法塗抹平整。	很乾、難塗抹。	很乾、難塗抹。
二氧化鈦 薄膜					
透光度 (膜的厚薄)	55 Lux	105 Lux	71 Lux	39 Lux	76 Lux
薄膜品質	均勻且厚。	均勻且薄。	膜不完整	厚薄不均	膜不完整

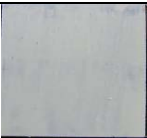
(三) 發現：日常生活中容易取得的酸性溶液有很多，根據上面結果，雖然將水溶液調配成 pH 3.5 來進行實驗，但結果差異很大，若想做較薄的二氧化鈦膜，可用蘋果醋，因它好磨、好塗且膜均勻，而若想用較厚的二氧化鈦膜，可用紅醋，它雖厚，但仍然好塗抹且膜均勻。

實驗四 探討最佳的二氧化鈦膜製備方式

(一) 步驟：用膠帶將玻璃固定於桌面，在中間留 2 cm 寬區域，用以塗抹二氧化鈦懸浮液。共八個人重複相同操作，以排除個人操作造成的影響。等膜乾了後，利用目測觀方法，觀察各片玻璃上二氧化鈦膜均勻度。

方法一	方法二	方法三	方法四	方法五
使用一片玻璃。	使用兩片玻璃，塗抹上方玻璃	使用三片玻璃，只取中間玻璃	使用四片玻璃，取中間兩片玻璃	使用五片玻璃，取中間三片玻璃
				

(二) 結果：

塗抹	方法一	方法二	方法三	方法四	方法五
塗抹過程	懸浮液會往中間聚集，不容易塗抹均勻。	不容易塗抹均勻，膜厚薄也較不均勻。	很好塗抹且膜比較均勻。	很好塗抹，而且比較容易抹得均勻。	和方法四一樣。
塗抹成果					
薄膜品質					
					
	不均勻且有顆粒	不均勻且有顆粒	較均勻且顆粒少	較均勻且顆粒少	較均勻且顆粒少

(三) 發現：1. 經過大家討論後，如果只要選擇一片，以【方法三】最為恰當。因為多餘的懸浮液不會聚集在中間玻璃上，因此較能夠塗抹出均勻的二氧化鈦薄膜。

2. 如果要一次塗抹多片玻璃，我們認為方法四比較適用。因為長度適當，而且二氧化鈦懸浮液塗抹後會均勻分散，所以二氧化鈦膜厚薄較一致。

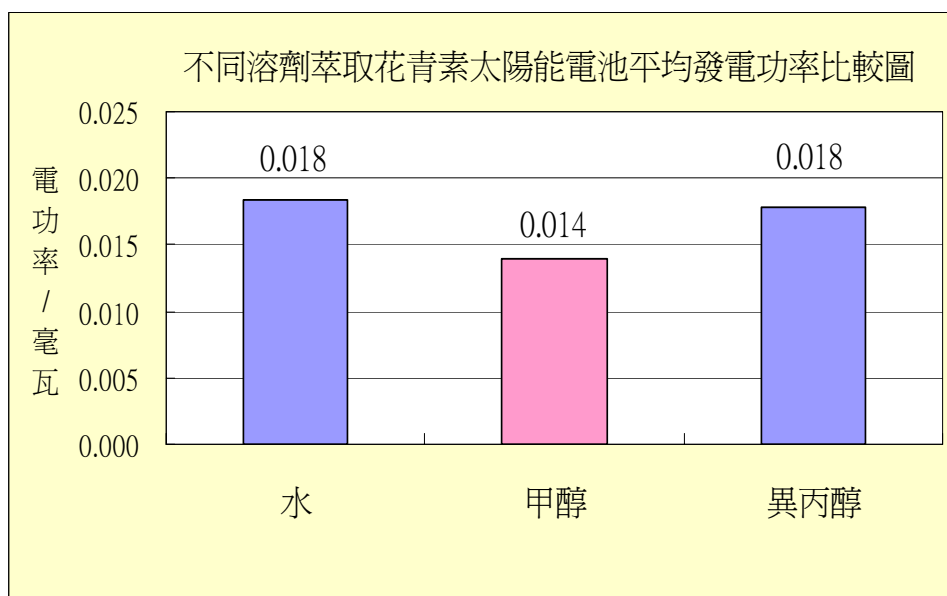
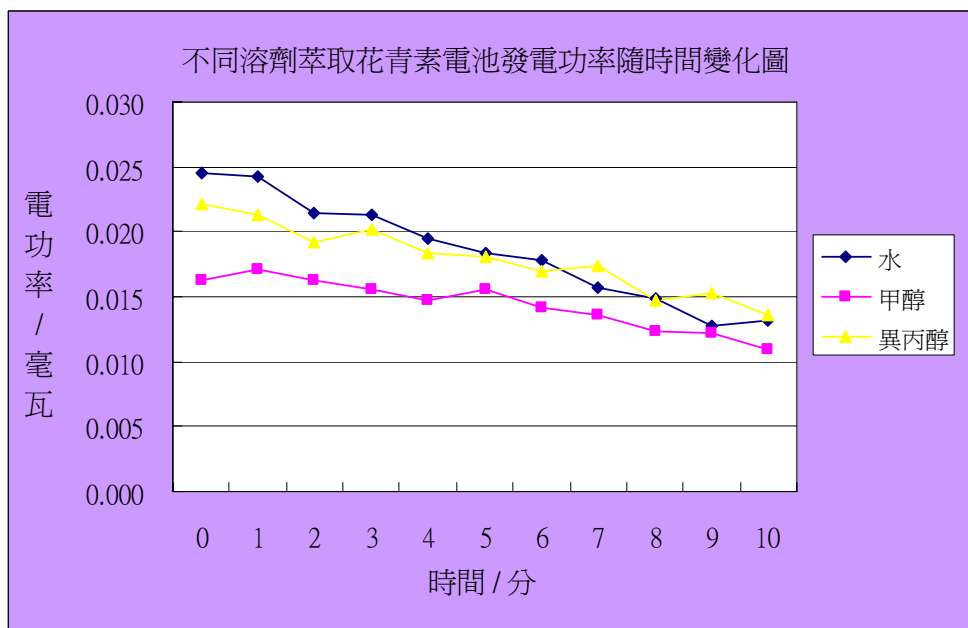
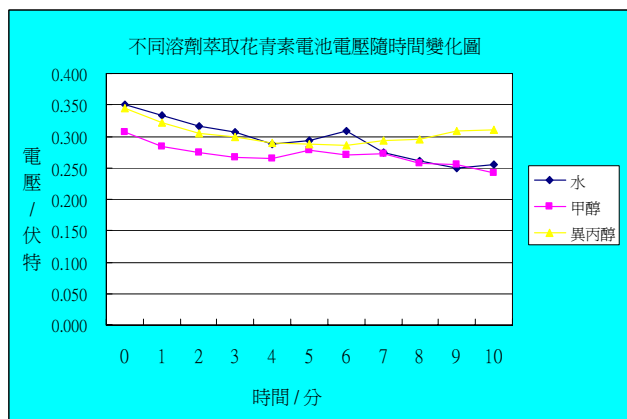
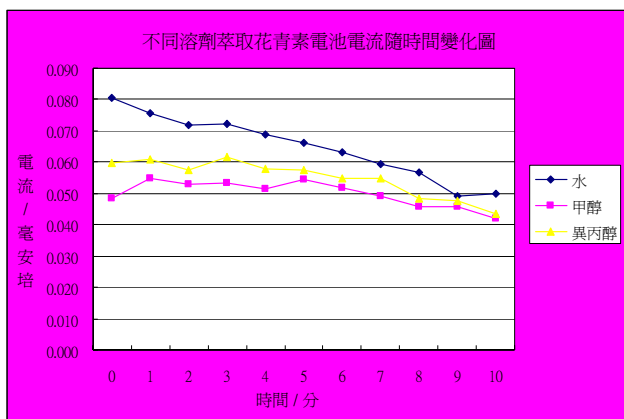
實驗五 探討利用不同溶劑萃取出的花青素對太陽能電池發電量的影響

(一) 步驟：將紫色高麗菜汁分別用水、甲醇和異丙醇三種溶劑，以重量比 1:1 方式加入紫色高麗菜中萃取出花青素，並將塗抹有二氧化鈦膜的導電玻璃浸泡在染料中，製作成敏化太陽能電池，製作成太陽能電池後測量發電情形。

(二) 結果：

時間單位：分；電流單位：毫安培；電壓單位：伏特；電功率單位：毫瓦

種類 發電量 時間 / 分	水			甲 醇			異 丙 醇		
									
	電流	電壓	電功率	電流	電壓	電功率	電流	電壓	電功率
開 始	0.081	0.351	0.024	0.048	0.307	0.016	0.060	0.344	0.022
1	0.076	0.333	0.024	0.055	0.283	0.017	0.061	0.321	0.021
2	0.072	0.317	0.021	0.053	0.274	0.016	0.058	0.204	0.012
3	0.072	0.307	0.021	0.053	0.266	0.016	0.062	0.298	0.020
4	0.069	0.287	0.020	0.051	0.265	0.015	0.058	0.289	0.018
5	0.066	0.294	0.018	0.054	0.277	0.016	0.058	0.287	0.018
6	0.063	0.308	0.018	0.052	0.270	0.014	0.055	0.286	0.017
7	0.059	0.275	0.016	0.049	0.273	0.014	0.055	0.294	0.017
8	0.057	0.261	0.015	0.046	0.258	0.012	0.048	0.294	0.015
9	0.049	0.250	0.013	0.046	0.256	0.012	0.048	0.309	0.015
10	0.050	0.255	0.013	0.042	0.242	0.011	0.043	0.311	0.014
平均	0.065	0.294	0.018	0.050	0.270	0.014	0.055	0.294	0.017



(三) 發現：我們發現利用異丙醇所溶出花青素染料，製作的太陽能電池發電量跟使用水當溶劑差不多，都比用甲醇當做溶劑的效果還來的好，但是水容易取得，不用花錢，因此，後續實驗我們都是使用水為溶劑來萃取植物花青素。

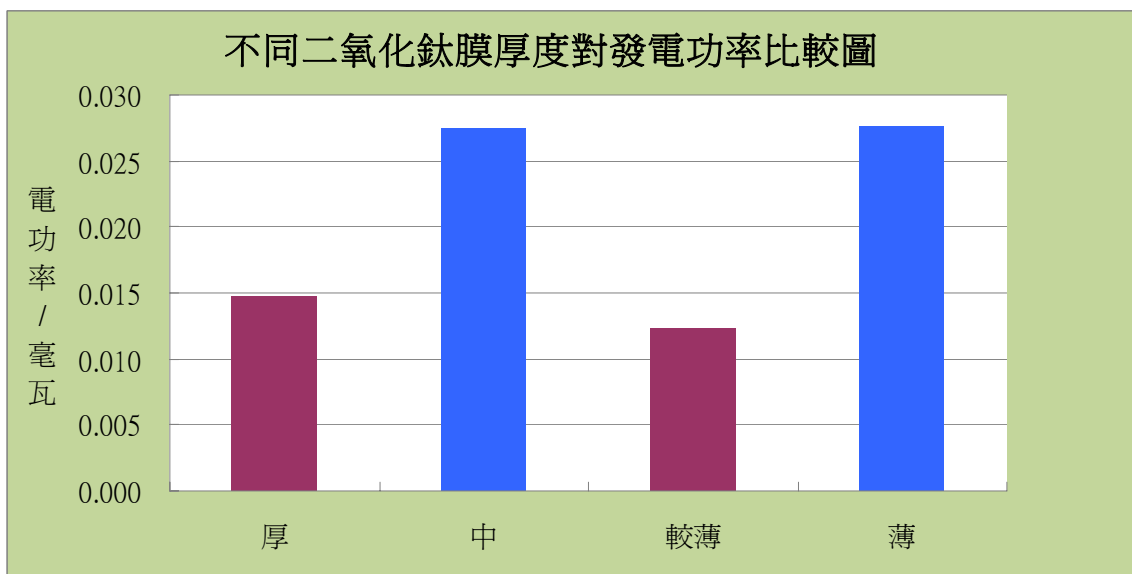
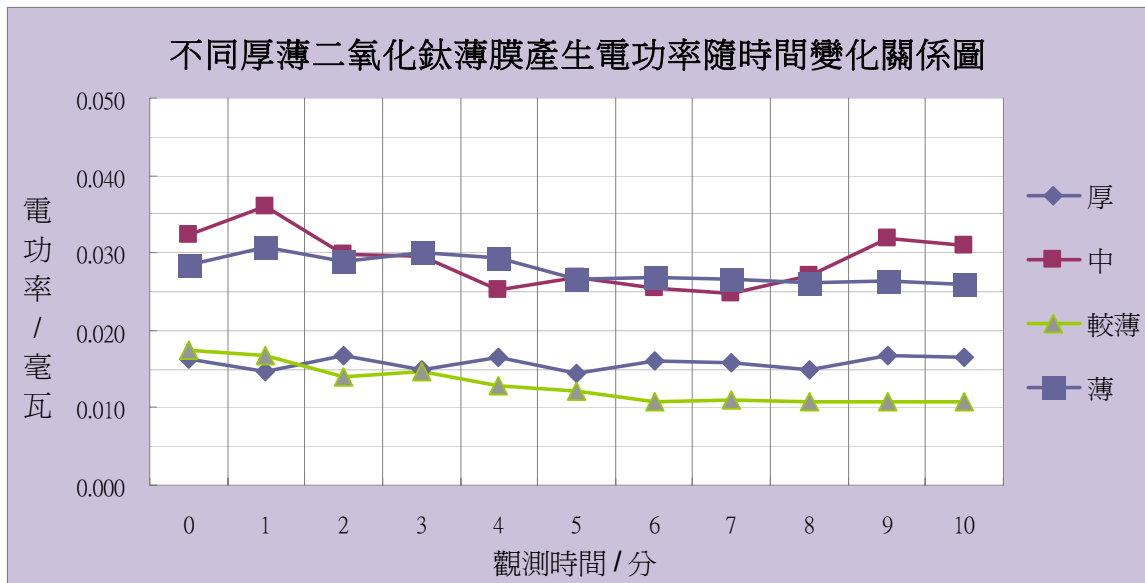
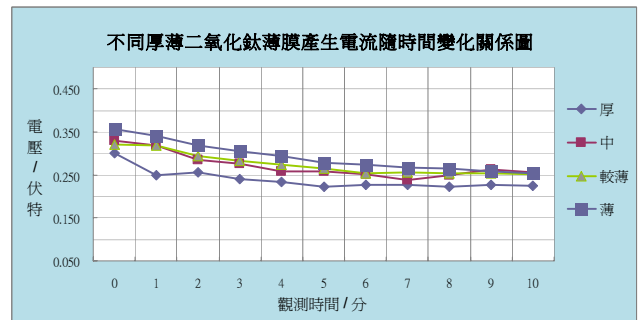
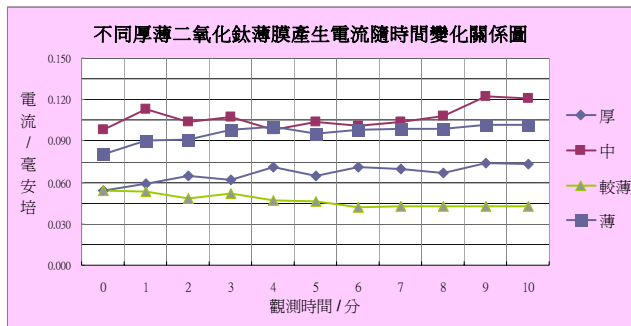
實驗六 探討二氧化鈦薄膜厚度對製備染料敏化太陽能電池的影響

(一) 步驟：將塗抹二氧化鈦的玻璃，放入自製薄膜厚度測定箱，比較照度計的數值，數字越大表示二氧化鈦膜越薄，數值越小則相反。利用這個方法，可分辨出薄膜的厚度。

(二) 結果：

時間單位：分；電流單位 毫安培； 電壓單位：伏特；電功率單位： 毫瓦

發 電 量 時 間	薄 磨 厚 度	厚			中			較薄			薄		
		310 lux			650 lux			1175 lux			1745 lux		
													
													
		電流	電壓	電量	電流	電壓	電量	電流	電壓	電量	電流	電壓	電量
0	0.054	0.300	0.016	0.098	0.329	0.032	0.054	0.321	0.017	0.080	0.356	0.028	
1	0.059	0.250	0.015	0.113	0.318	0.036	0.053	0.318	0.017	0.090	0.341	0.031	
2	0.065	0.257	0.017	0.104	0.286	0.030	0.048	0.293	0.014	0.091	0.318	0.029	
3	0.062	0.240	0.015	0.107	0.276	0.030	0.052	0.282	0.015	0.098	0.306	0.030	
4	0.071	0.234	0.017	0.098	0.258	0.025	0.047	0.273	0.013	0.100	0.293	0.029	
5	0.065	0.222	0.014	0.104	0.259	0.027	0.046	0.265	0.012	0.095	0.279	0.027	
6	0.071	0.227	0.016	0.101	0.251	0.025	0.042	0.254	0.011	0.098	0.274	0.027	
7	0.070	0.227	0.016	0.104	0.239	0.025	0.043	0.255	0.011	0.099	0.268	0.027	
8	0.067	0.222	0.015	0.108	0.250	0.027	0.043	0.253	0.011	0.099	0.264	0.026	
9	0.074	0.227	0.017	0.122	0.262	0.032	0.043	0.253	0.011	0.102	0.258	0.026	
10	0.073	0.225	0.016	0.121	0.255	0.031	0.043	0.252	0.011	0.102	0.253	0.026	
平均	0.066	0.239	0.016	0.107	0.271	0.029	0.047	0.274	0.013	0.096	0.292	0.028	



(三) 發現：由上面數據可知，膜厚度對染料太陽能電池的影響無規律性，較厚的膜並不會產生更多的電，而薄的膜表現也沒有較差。

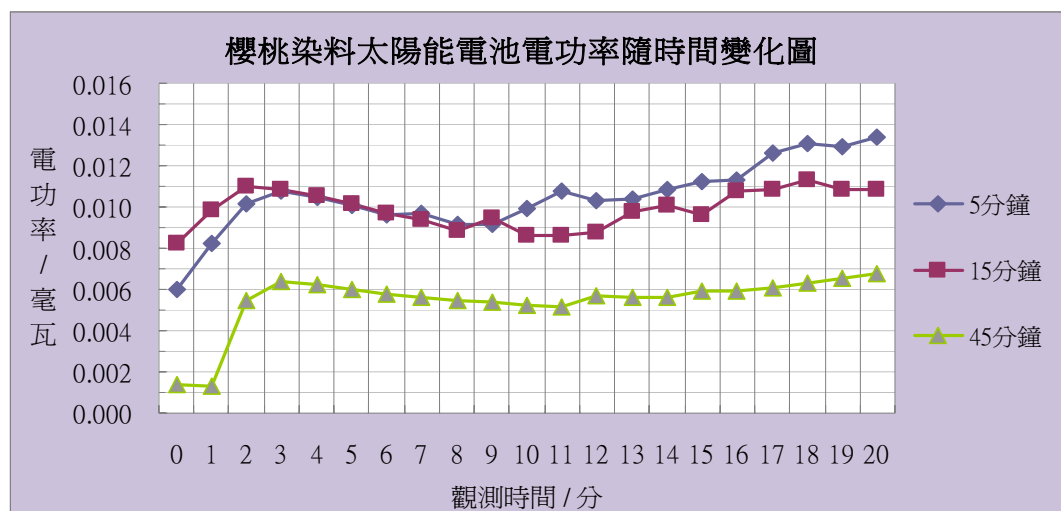
實驗七 探討浸泡染料的時間對製備染料敏化太陽能電池的影響

(一) 步驟：準備三片二氧化鈦膜厚薄一致的導電玻璃，分別浸泡在染料裡 5、15、45 分鐘，染色後取出玻璃，組裝電池並測量電池的發電情形。

(二) 結果：1. 櫻桃染料實驗紀錄

時間單位：分；電流單位：毫安培；電壓單位：伏特；電功率單位：毫瓦

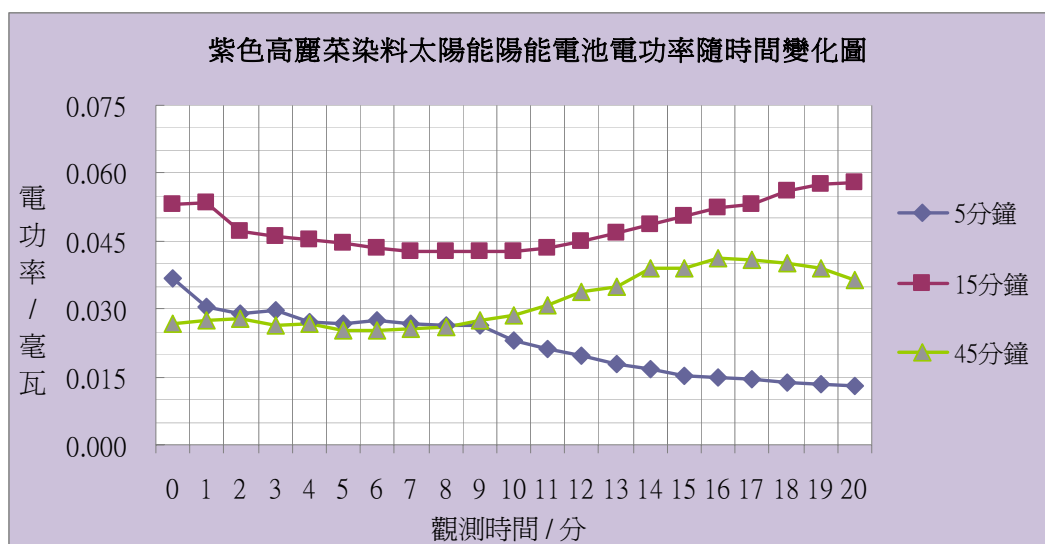
浸泡時間 發電時間 測量時間	5 分鐘			15 分鐘			45 分鐘		
									
	電流	電壓	電功率	電流	電壓	電功率	電流	電壓	電功率
0	0.027	0.221	0.006	0.029	0.284	0.008	0.006	0.232	0.001
1	0.037	0.222	0.008	0.036	0.273	0.010	0.006	0.212	0.001
2	0.046	0.220	0.010	0.042	0.261	0.011	0.026	0.210	0.005
3	0.050	0.216	0.011	0.044	0.247	0.011	0.031	0.205	0.006
4	0.050	0.209	0.010	0.045	0.234	0.011	0.031	0.200	0.006
5	0.049	0.205	0.010	0.045	0.225	0.010	0.031	0.193	0.006
6	0.047	0.204	0.010	0.045	0.216	0.010	0.031	0.187	0.006
7	0.048	0.202	0.010	0.045	0.208	0.009	0.031	0.182	0.006
8	0.045	0.204	0.009	0.044	0.201	0.009	0.031	0.177	0.005
9	0.045	0.203	0.009	0.047	0.201	0.009	0.031	0.173	0.005
10	0.047	0.211	0.010	0.044	0.195	0.009	0.031	0.169	0.005
11	0.048	0.225	0.011	0.045	0.192	0.009	0.031	0.167	0.005
12	0.047	0.220	0.010	0.046	0.191	0.009	0.034	0.167	0.006
13	0.047	0.221	0.010	0.050	0.195	0.010	0.034	0.166	0.006
14	0.047	0.230	0.011	0.051	0.197	0.010	0.034	0.165	0.006
15	0.048	0.234	0.011	0.050	0.192	0.010	0.036	0.165	0.006
16	0.048	0.236	0.011	0.054	0.199	0.011	0.036	0.164	0.006
17	0.052	0.243	0.013	0.054	0.201	0.011	0.037	0.164	0.006
18	0.052	0.251	0.013	0.055	0.206	0.011	0.038	0.165	0.006
19	0.051	0.254	0.013	0.053	0.205	0.011	0.039	0.167	0.007
20	0.052	0.257	0.013	0.052	0.209	0.011	0.04	0.169	0.007
平均	0.049	0.234	0.011	0.049	0.227	0.010	0.032	0.190	0.006



2. 紫色高麗菜實驗紀錄

時間單位：分；電流單位：毫安培；電壓單位：伏特；電功率單位：毫瓦。

浸泡時間 容電量 時間	5 分鐘			15 分鐘			45 分鐘		
									
	電流	電壓	電功率	電流	電壓	電功率	電流	電壓	電功率
0	0.097	0.380	0.037	0.133	0.398	0.053	0.082	0.328	0.027
1	0.087	0.352	0.031	0.141	0.379	0.053	0.088	0.313	0.028
2	0.084	0.344	0.029	0.139	0.340	0.047	0.093	0.299	0.028
3	0.086	0.347	0.030	0.139	0.332	0.046	0.094	0.282	0.027
4	0.081	0.335	0.027	0.141	0.32	0.045	0.097	0.274	0.027
5	0.080	0.335	0.027	0.142	0.315	0.045	0.094	0.267	0.025
6	0.081	0.341	0.028	0.142	0.306	0.043	0.095	0.265	0.025
7	0.079	0.339	0.027	0.142	0.300	0.043	0.096	0.265	0.025
8	0.079	0.336	0.027	0.142	0.300	0.043	0.098	0.265	0.026
9	0.080	0.329	0.026	0.143	0.298	0.043	0.102	0.269	0.027
10	0.072	0.318	0.023	0.144	0.297	0.043	0.106	0.270	0.029
11	0.068	0.309	0.021	0.145	0.299	0.043	0.111	0.278	0.031
12	0.066	0.297	0.020	0.148	0.304	0.045	0.117	0.288	0.034
13	0.062	0.287	0.018	0.152	0.308	0.047	0.120	0.291	0.035
14	0.060	0.280	0.017	0.157	0.310	0.049	0.131	0.298	0.039
15	0.055	0.275	0.015	0.162	0.311	0.050	0.132	0.296	0.039
16	0.055	0.272	0.015	0.167	0.314	0.052	0.138	0.298	0.041
17	0.054	0.265	0.014	0.170	0.313	0.053	0.136	0.3	0.041
18	0.052	0.262	0.014	0.178	0.314	0.056	0.135	0.298	0.040
19	0.050	0.264	0.013	0.183	0.314	0.057	0.131	0.298	0.039
20	0.051	0.257	0.013	0.184	0.314	0.058	0.126	0.289	0.036
平均	0.070	0.311	0.022	0.152	0.318	0.048	0.111	0.287	0.032



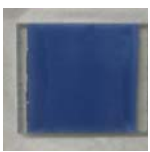
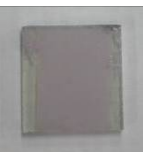
(三) 發現：綜合兩次結果，浸泡時間以 15 分鐘發電效果最好，浸泡最久的 45 分鐘並不會比較好，而泡最短的 5 分鐘最差。

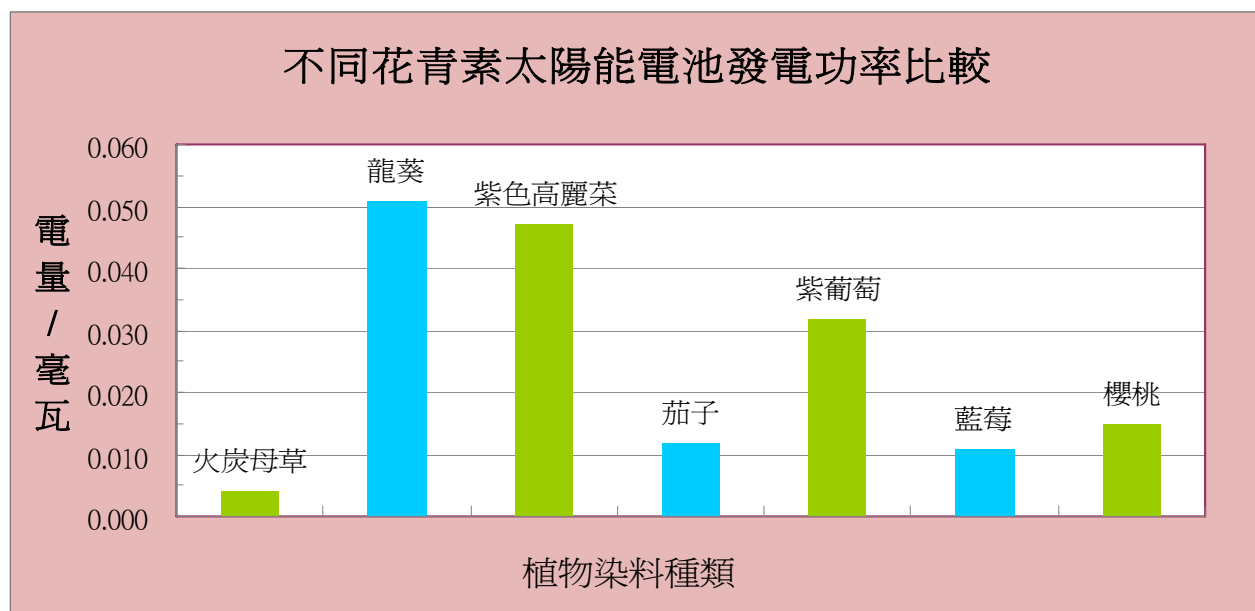
(四) 討論：我們發現染料太陽能電池的發電會隨時間有一些變化，測量開始 5 分鐘後趨於穩定，但過 10 分鐘之後又有了變化，這可能和太陽能電池溫度上升有關，我們目前還不清楚真正原因。

實驗八 探討不同花青素對染料敏化太陽能電池發電的影響

(一) 步驟：準備七種果實或葉子顏色較深的植物，加入水萃取出植物的花青素，其餘步驟參考前面實驗。

(二) 結果：單位：毫瓦

植物名稱	火炭母草果實	龍葵果實	紫色高麗菜	茄子	藍莓	葡萄	櫻桃
薄膜染色情形							
汁液顏色							
平均發電功率	0.004	0.051	0.047	0.012	0.011	0.032	0.015



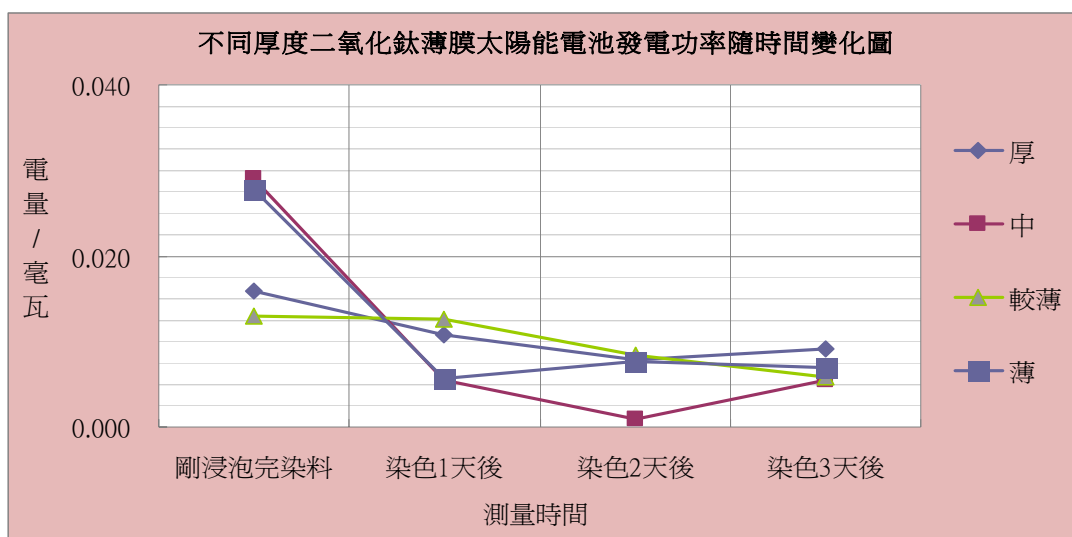
(三) 發現：由上面的比較圖可知，浸泡龍葵、紫色高麗菜和葡萄花青素的太陽能電池，所的發電量較多，尤其是龍葵和紫色高麗菜二者，明顯較其他植物為佳。

實驗九、探討花青素是否會被空氣氧化而影響效能

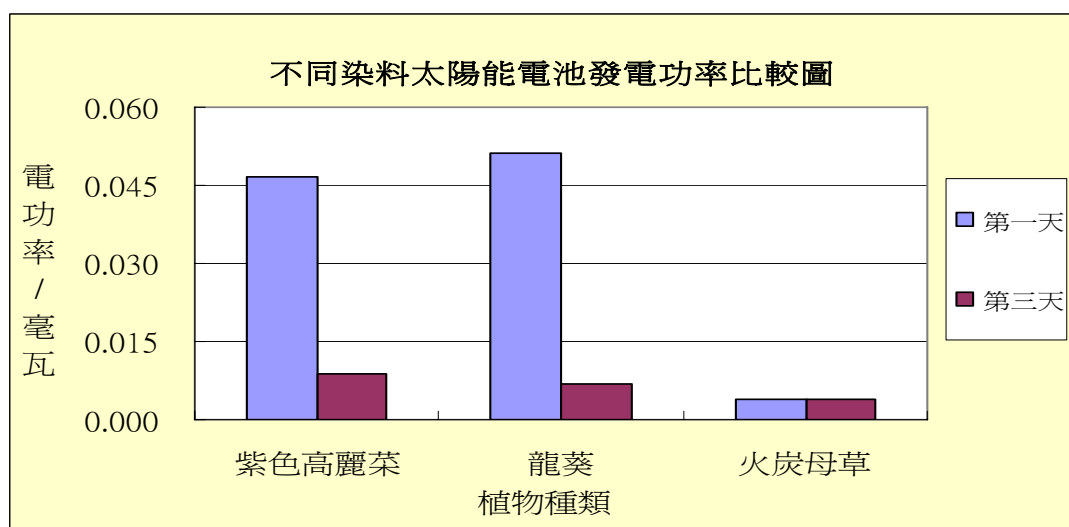
(一) 步驟：將製作好的染料敏化太陽能電池，每天連續測量電池的發電量。

(二) 結果：1：紫色高麗菜染料太陽能電池發電功率隨時間變化圖〈單位：毫瓦〉

發電 日期 功率 薄膜厚度	第一天	第二天	第三天	第四天
厚	0.016	0.011	0.008	0.009
中	0.029	0.006	0.001	0.005
較薄	0.013	0.013	0.008	0.006
薄	0.028	0.006	0.008	0.007



2：三種不同染料太陽能電池隨時間變化

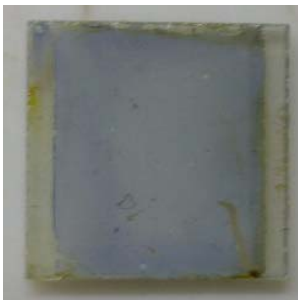
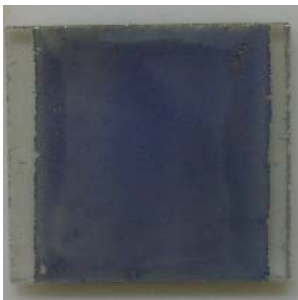


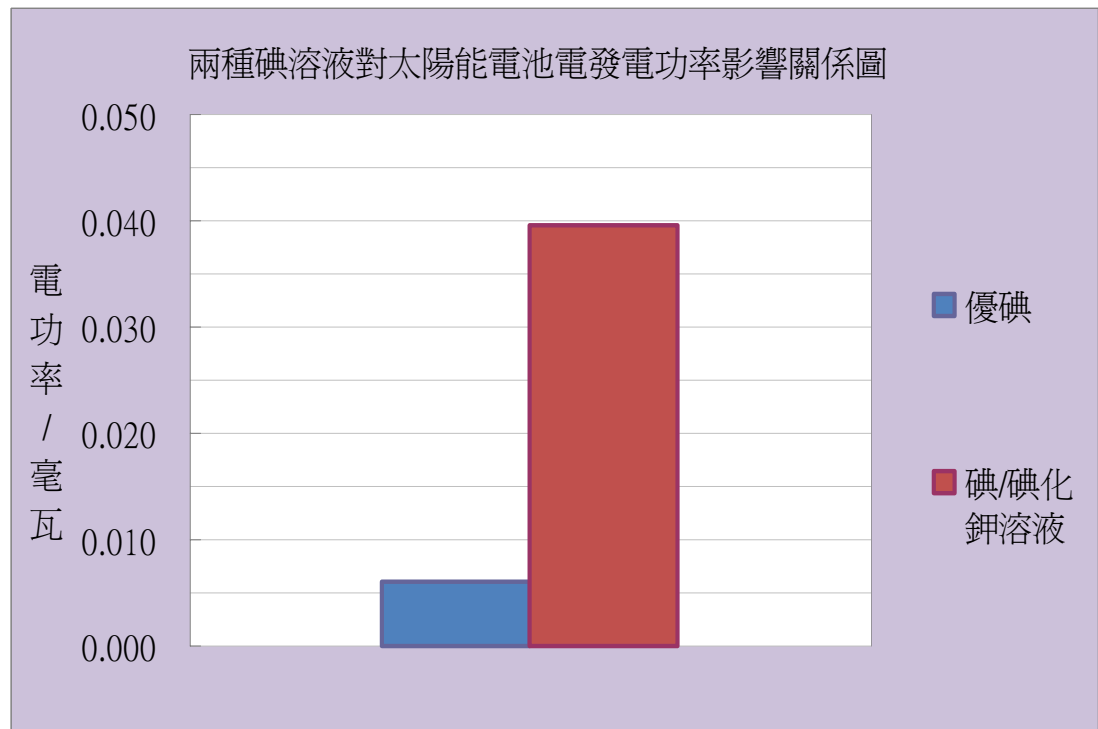
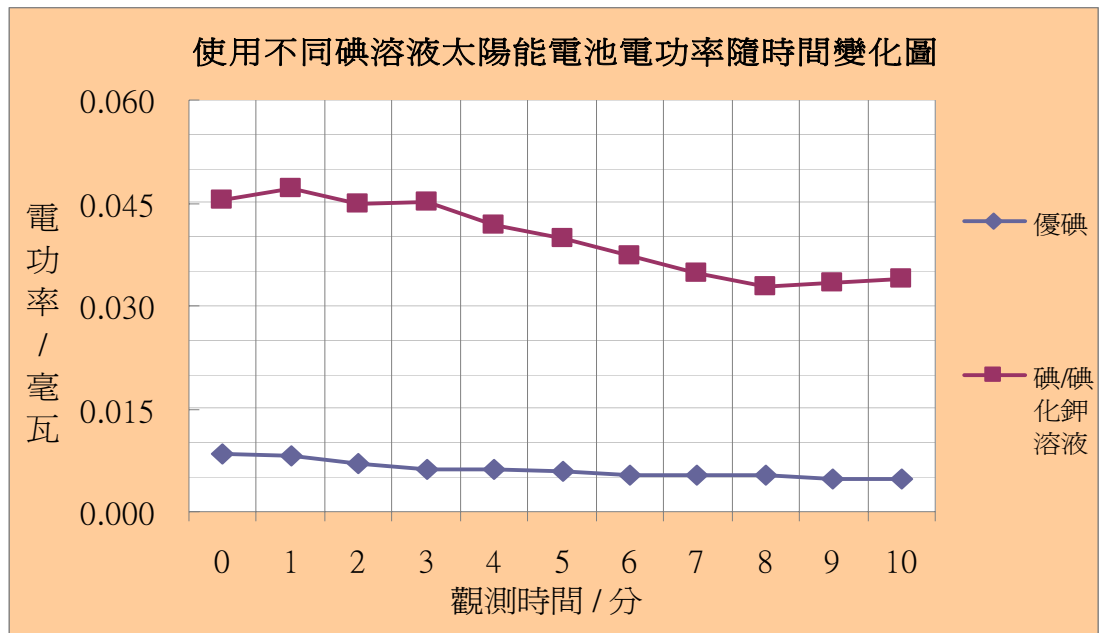
(三) 發現：由上面的圖表可以知道，不論是不同薄膜或是浸泡不同染料的太陽能電池，二氧化鈦薄膜上吸附的染料都有被破壞現象，電池的發電功率也下降了許多。

實驗十 探討日常生活中常用碘液對染料敏化太陽能電池發電的影響

(一) 步驟：參考先前實驗，以紫色高麗菜為染料，但是分別用不同碘/碘化鉀溶液和生活中使用的優碘進行測試。。

(二) 結果：時間單位：分； 電功率單位：毫瓦

碘溶液 種類 測量 時間	優碘	碘/碘化鉀溶液
		
	電功率	電功率
0	0.008	0.045
1	0.008	0.047
2	0.007	0.045
3	0.006	0.045
4	0.006	0.042
5	0.006	0.040
6	0.005	0.037
7	0.005	0.035
8	0.005	0.033
9	0.005	0.033
10	0.005	0.034
平均	0.006	0.040



(三) 發現：由結果可知，使用碘/碘化鉀電解液的電池，產生的電明顯優於使用優碘的電池。

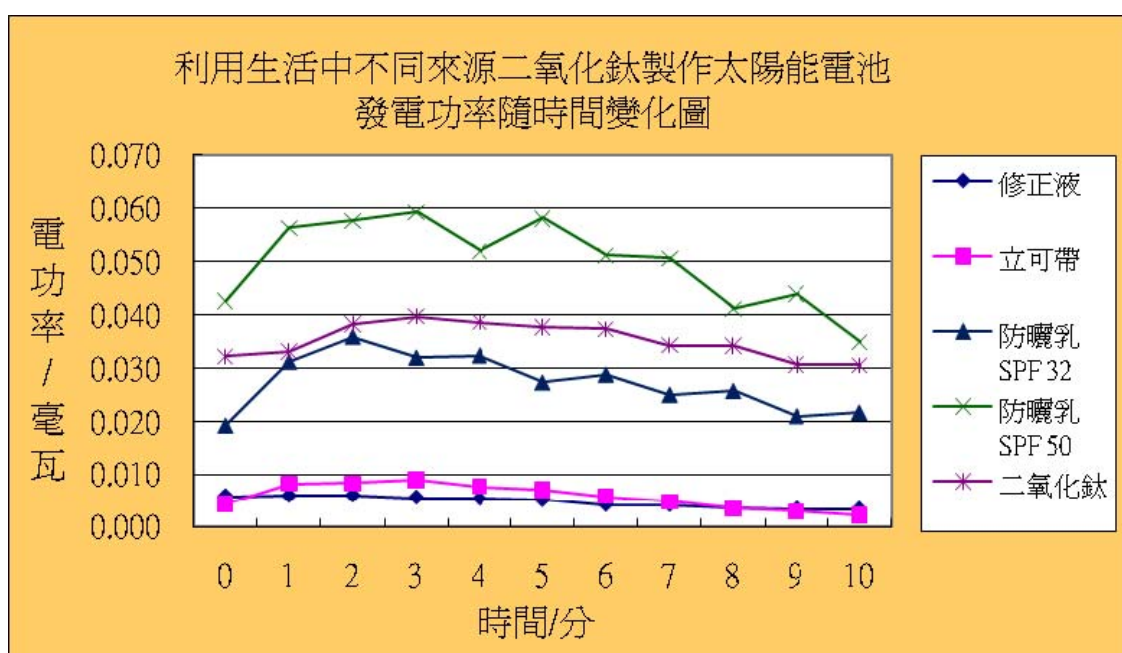
(四) 討論：我們發現使用優碘的太陽能電池，測試過程中電解液很快就乾掉了，，比較表格中兩張相片，使用優碘的電池，膜上面花青素也有被破壞現象，所以發電量並不大。

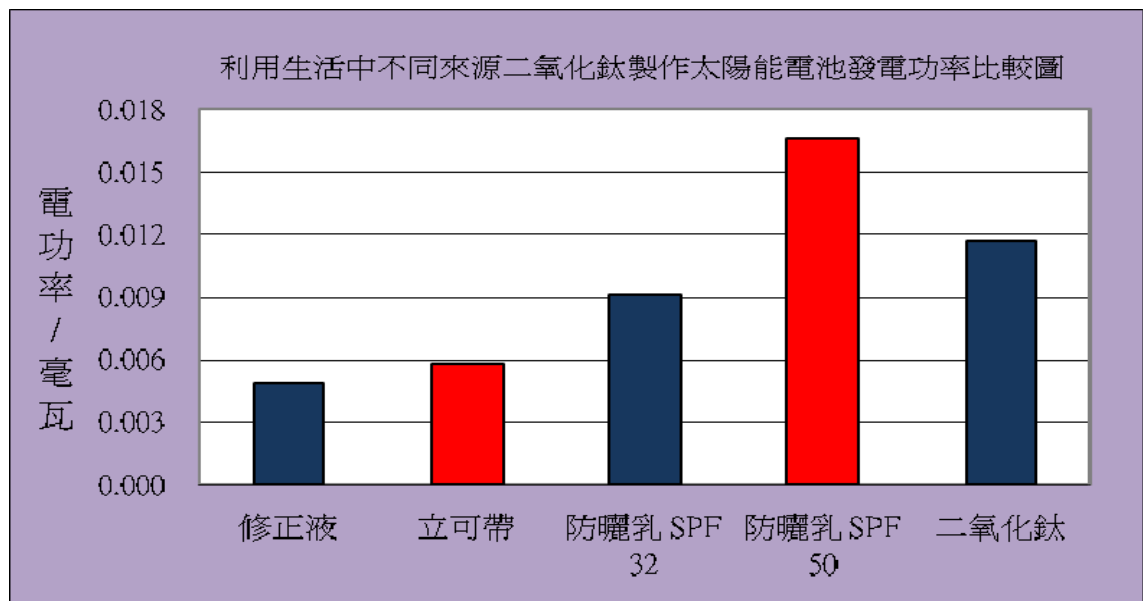
實驗十一 尋找日常生活中二氧化鈦的替代物品

(一) 步驟：將日常生活中含有二氧化鈦的四種物品和純的二氧化鈦分別塗抹在導電玻璃上，並組裝成電池測量其發電情形。

(二) 結果：時間單位：分；電功率單位：毫瓦。

來 源 時 間 發 電 功 率 / 分	二氧化鈦	修正液	立可帶	防曬乳 (SPF32)	防曬乳 (SPF50)
					
開始	0.051	0.031	0.023	0.022	0.037
1	0.054	0.032	0.031	0.036	0.047
2	0.063	0.033	0.032	0.040	0.048
3	0.066	0.033	0.034	0.037	0.048
4	0.065	0.032	0.029	0.037	0.043
5	0.063	0.031	0.027	0.032	0.046
6	0.062	0.026	0.022	0.034	0.042
7	0.058	0.028	0.021	0.030	0.042
8	0.058	0.025	0.017	0.031	0.035
9	0.053	0.024	0.015	0.027	0.037
10	0.052	0.023	0.013	0.028	0.031
平均	0.091	0.012	0.015	0.034	0.054



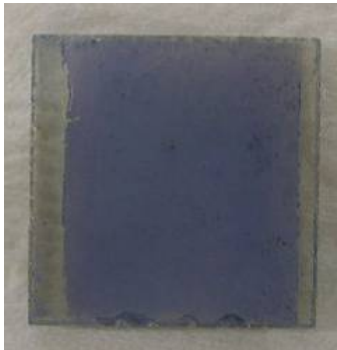
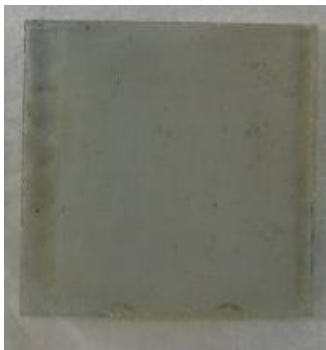


(三) 發現： 我們發現使用 SPF50 防曬乳製作出的太陽能電池發電量最好，比利用純二氧化鈦製作出的電池還好，而其他物品的發電效果都比只使用二氧化鈦來的差，結果顯示,可以使用高係數防曬乳取代實驗用二氧化鈦製作太陽能電池。

柒、討論

- 一、 pH 3-4 的酸性溶液，尤其是 pH 3.5 的水溶液，可將二氧化鈦顆粒均勻分散，形成了好懸浮液，這有助於製作出均勻二氧化鈦薄膜。這也可減少薄膜加熱後裂開的機會，甚至連帶使導致導電玻璃因受熱不均而破裂的情形。
- 二、 在利用生活中常見酸性溶液，來製作二氧化鈦懸浮液時，雖然我們都把溶液控制為 pH 3.5，但結果還是有蠻大差異。造成懸浮液不均勻的都是顏色較深的溶液，這應該和溶液本身含有許多其他物質有關，因此，我們推薦使用本身顏色較淺的溶液，來取代實驗用醋酸。
- 三、 我們發現如果要把二氧化鈦膜塗抹均勻，必須注意下列幾點：
 - （一）固定玻璃時，玻璃之間要盡量密合。
 - （二）用滴管吸二氧化鈦時不要放太快，以免產生泡泡。
 - （三）滴在玻璃上的二氧化鈦懸浮液份量不要太多，而且最好把預定的份量分散在各片玻璃上。
 - （四）來回塗抹不要超過三次，且速度不能太快。
 - （五）玻棒收尾時，由上往下較不會留下痕跡。
 - （六）發現塗抹不均勻，要用甲醇擦拭或清洗二氧化鈦懸浮液，以免再滴入二氧化鈦後會暈開。
- 四、 異丙醇是一種常用於食品及工業上的溶劑，我們的實驗結果顯示，以異丙醇溶解出的花青素並沒有比使用水為溶劑來的多。異丙醇常用於製作精油之用，所以我們認為它應該可以從植物中溶出更多的花青素，分析萃取後的汁液發現，用異丙醇的萃取液所得到汁液最多，雖然它能將許多植物中的成分溶解出來，但是用來使敏化太陽能電池發電的物質並未明顯增加，所以發電量沒有比使用當溶劑水來得好。
- 五、 浸泡染料 15 分鐘的染料太陽能電池較好，可能是因為只浸泡 5 分鐘時間太短，染料吸附的較少，或是染料尚未與二氧化鈦緊密結合，而 45 分鐘浸泡時間雖長，但效果並沒有比較好。

- 六、 我們由染色後的照片可知，膜厚度和吸附染料的多寡的確有關。膜越厚所吸附的染料越多，玻璃的顏色也就較深；而膜越薄染料就會吸附的越少，顏色也就會較淺。但是為何產生的電不一定較多呢？可能是因為二氧化鈦膜太厚了，所以阻礙染料吸收太陽光，導致它的發電量會變小，而「薄」的發電量沒有比「中」的來的好，但比「厚」的好，我們覺得雖然膜很薄太陽光照的進去，但是膜比較薄，所以吸到的染料也減少，因此影響了發電量。
- 七、 我們研究發現，利用台灣本土植物裡所含的花青素所製作的太陽能電池表現並沒有比國外植物的差，甚至還比較好。我們建議染料可以使用紫色高麗菜，因為來源取得容易，價錢也不高，而校園常見植物龍葵也很好，但是它的果實很小，且一年的結果期不長，因此，我們建議用紫色高麗菜會是較好的選擇。
- 八、 SPF50 和 SPF32 的防曬乳雖然都有含有二氧化鈦，但實驗發現使用防曬係數較高(SPF50)的防曬乳製作的電池發的電量比較好，經過我們檢視包裝上的成分說明後，知道高係數防曬乳的二氧化鈦含量是 8.125%，氧化鋅的含量是 9.23%，而低係數防曬乳(SPF32)的二氧化鈦含量是 2.53%，氧化鋅的含量是 6.54%，所以高係數防曬乳發電量較高應該是因乳液中所含的二氧化鈦成分較高的緣故。
- 九、 染料的氧化除了造成發電量降低外，二氧化鈦膜的顏色也有明顯變化，剛浸泡完染料的膜顏色很鮮豔，但一天後顏色幾乎就褪掉了。如何防止二氧化鈦膜上染料被破壞呢，經過我們查詢資料和實際驗證後發現，把染色後的玻璃放入深色盒子內並低溫保存，可以讓染料不被氧化（結果請參考下表）。

玻璃放入深色盒子中，放入冰箱保持低溫保存。	玻璃放入透明盒子後，置放於室溫環境保存。
	

捌、 結論

經過這段時間的實驗，我們除了學習到許多關於染料敏化太陽能電池的特性與構造的知識外，也了解做科學研究的辛苦。特別是在研究過程中，我們有了許多困擾，如：我們雖然知道水溶液 pH 3~4 較好，但不知在 pH 3~4 中的哪一個 pH 值最好，除了這些，我們還碰到了許多困難，因此，我們把解決方法列出來，再加以整理成以下結論：

- 一、 我們發現酸性的水溶液最適合用來加入二氧化鈦中,尤其是 pH 3.5 的水溶液，可形成很均勻懸浮液。
- 二、 我們發現用日常生活中常見的酸性水溶液中，蘋果醋和紅醋都很適合用來研磨二氧化鈦。
- 三、 我們發現用連續三片玻璃排列一直線，但只取中間的一片的塗抹方式，可以塗抹出品質最穩定的薄膜。
- 四、 我們發現薄膜厚度不可太厚，以厚度「中」所發的電量最大。
- 五、 使用水和異丙醇都可以溶解出較多的花青素。
- 六、 我們發現浸泡染料 15 分鐘的導電玻璃效果最好。
- 七、 我們發現發電效果整體來講，表現最好的是紫色高麗菜花青素。
- 八、 我們發現被二氧化鈦薄膜吸附的染料，會隨著時間而被破壞，不用時可將玻璃放置在裝有酸性溶液的不透明容器中。
- 九、 生活中殺菌的碘液，並不適合用在染料太陽能電池中。
- 十、 高係數防曬乳可取代實驗用二氧化鈦粉末，用來製作染料敏化太陽能電池。

玖、 參考資料

1. 藤嶋昭、橋本和仁、渡部俊也著。吳紀聖譯。2006 年 5 月。圖解光觸媒。世貿出版有限公司。
2. 牛頓開發教科書股份有限公司。
3. 刁維光。染料敏化太陽能電池。國立台東大學。取自：
http://www0.nttu.edu.tw/cse/2007meeting/gsag/handout/02_.pdf
4. 何國川。開發奈米級TiO₂晶體染料敏化太陽能電池之最佳製程與研究。國立台灣大學。取自：<http://www.che.ntu.edu.tw/lab/kcho/D2.htm>
5. 生化實驗群。生物教學資源。取自:biofish.ncc.to/tealab_biochemidtry.htm
6. 羅幼旭實驗室。國立東華大學化學系。取自：
http://www.nanoedu.ndhu.edu.tw/labtext/94_Lo_DSSC.pdf
7. 胡焯淳、林自奮、李璿、張凱萍。(2007)。綠色科學之教學活動設計-自製染料敏化太陽能電池，p.73。屏東教大科學教育(25卷)。取自：
<http://www.npue.edu.tw/academic/grad-ms/science/magazine/contents/>
8. 郭怡君。染料敏化太陽能電池 製程省十倍。自由電子報。(2006年11月3日) 取自：
<http://www.libertytimes.com.tw/2006/new/nov/3/today-life8.htm>

【評語】 081528

1. 是目前最熱門的研究題材。
2. 實驗過程記錄詳實，器材取得性也較高，學生表達能力佳，參與度高。