

彰化縣 112 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選
作品說明書

作品編號：(由承辦單位編列)

組別：
 國小組 數學類
 國中組 自然、科技類
 人文社會類

作品名稱：校園資源自製染料敏化太陽能電池之探究

第一階段 研究訓練階段

一、 近二年學校獨立研究課程之規劃

(一)本校資優資源班獨立研究課程

1. 七、八年級時開設獨立研究課程讓資優生觀摩歷屆優秀作品學習各種研究方法，並透過閱讀、上網搜尋、和同學或老師討論…等方式聚焦找出個人感興趣的研究主題，並以組隊的形式進行研究。依據研究的領域邀請老師指導並加強研究架構的完整性，增進研究報告撰寫與發表能力。
2. 九年級時則以分享、傳承研究、參賽經驗給學弟妹為主。此外，輔導室每學期會規劃資優教育講座(數學、科學、語文)及創意課程以增進資優生的思維、創造能力。

二、本校獨立研究課程目標：

1. 培養學生探索的精神和思維之能力。
2. 培養學生解決問題、研究問題的能力。
3. 培養學生主動積極、自我負責的學習態度。

貳、學校如何提供該生獨立研究訓練

一、資優資源班的學生：

藉由獨立研究課程來訓練學生的研究能力，及情意課程來培養學生的表達與溝通能力。

二、非資優資源班的學生：

將有興趣的學生，引導適當的指導老師，指導老師利用課餘時間，團體討論尋求研究的主題及分工來進行研究課程，並指導學生撰寫研究內容與格式，學校會提供場地與相關的設備。

目錄

一、研究動機	3
二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表	3
(一)正式計畫	3
(二)研究問題	4
(三)工作進度表	4
三、彙整相關文獻	5
(一)染料敏化太陽能電池	5
(二)台科大創新教學獎 蔬果當染料太陽能電池輕鬆做	6
(三)火龍果製成太陽能電池 嘉大生研究登國際期刊	6
(四)文獻小結	6
四、資料分析	7
(一)材料準備	7
(二)實驗步驟	8
(三)實驗結果	10
五、研究結果與討論	12
(一)探討自製染料敏化太陽能電池在不同光源之發電效果	12
(二)探討自製染料敏化太陽能電池色素對發電效果之影響	12
(三)探討不同植物、相同器官的色素所製成的自製染料敏化太 陽能電池之發電效果是否不同	13
(四)探討同種植物、不同器官的色素所製成的自製染料敏化太 陽能電池之發電效果是否不同	13
六、評鑑與檢討	14
(一)問題與解決方法	14
(二)研究建議	14
七、參考資料	15

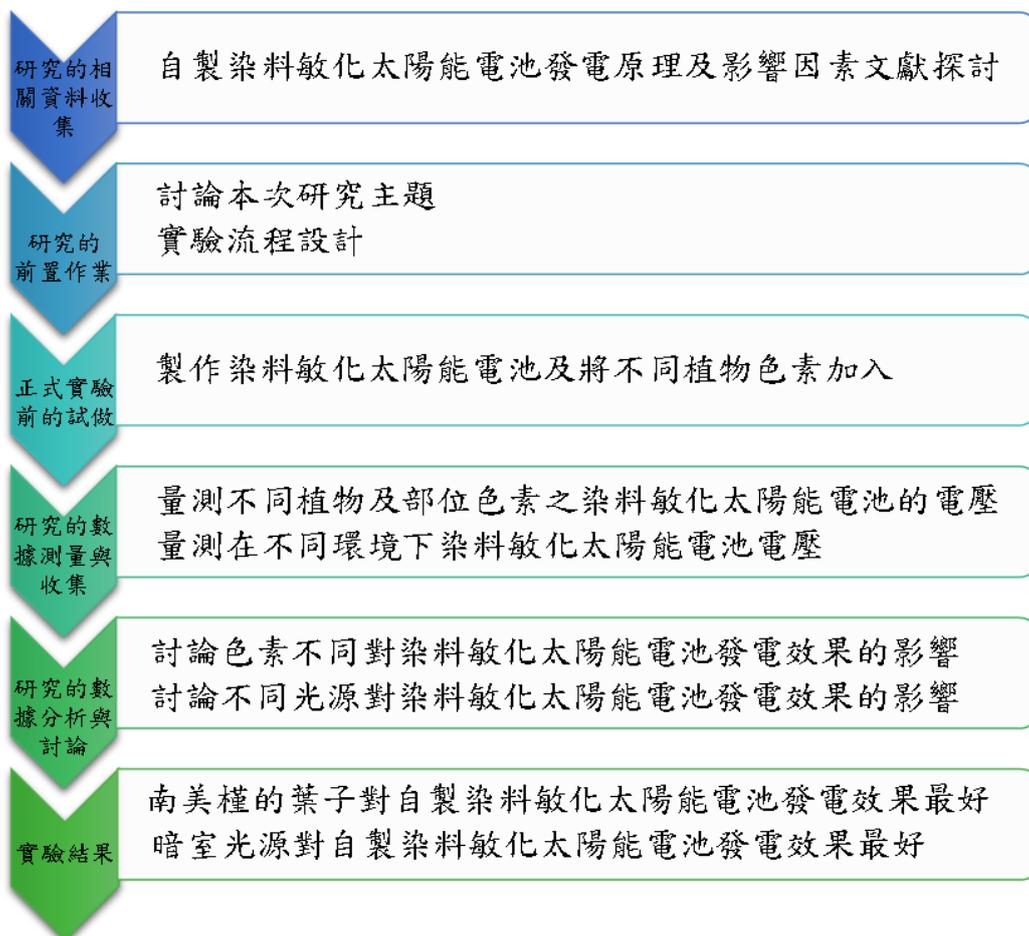
第二階段 獨立研究階段

一、研究動機

每當夏天走到戶外時，總會感受到強烈的日光照射在皮膚上，我們在想如果那麼多的能量不加以使用覺得很可惜，剛好近期台灣陷入缺電危機，並且民生及工業用電的電費持續調漲，我們何不自行製作太陽能板來收集太陽能。然而，在我們不斷的查詢資料發現，有一種自製太陽能板所需成本低，同時利用生活周遭的材料便可製作而成，經過更進一步的了解後發現這就是染料敏化太陽能電池，因此我們決定使用校園內固有材料來自製染料敏化太陽能電池，並研究使用何種材料及何種環境才會使染料敏化太陽能電池的發電效果更好。

二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

(一)正式計畫



(二)研究問題

1. 探討自製染料敏化太陽能電池在不同光源下的發電效果是否不同？
2. 探討自製染料敏化太陽能電池色素有無是否對發電效果產生影響？
3. 探討不同植物、相同器官的色素所製成的自製染料敏化太陽能電池之發電效果是否不同？
4. 探討同種植物、不同器官的色素所製成的自製染料敏化太陽能電池之發電效果是否不同？

3. 工作進度表

日期	8/2 至 8/6	8/9 至 8/13	8/16 至 8/20	8/23 至 8/27	8/30 至 9/3	9/6 至 9/10	9/13 至 9/17	9/20 至 9/24	9/27 至 10/1	10/4 至 10/8	10/11 至 10/15	10/18 至 10/22
工作內容												
確定研究主題												
文獻資料收集 與彙整												
擬定實驗步驟												
蒐集材料與 製作器材												
第一次實驗												
修正實驗步驟												
第二次實驗												
資料分析												
製作報告												

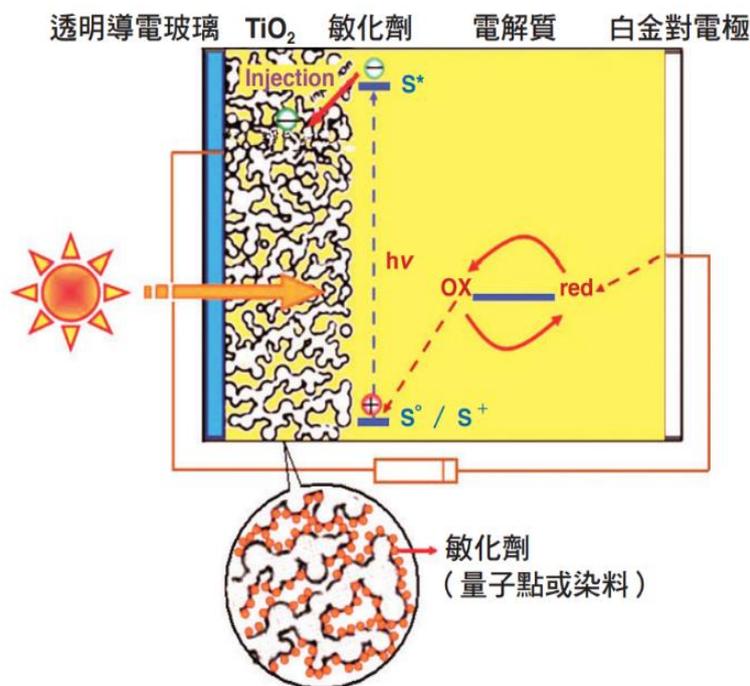
三、彙整相關文獻

(一) 染料敏化太陽能電池 (陳祉雲、李玉郎 2019)

染料敏化太陽能電池製造成本低、受日照角度與高溫環境影響小、具可透視性、可應用於以室內光源發電的產品等。

染料敏化太陽能電池的組成包含光電極 (工作電極)、電解質及對電極以下 3 個部分：1. 光電極的主要功能在吸光，包含透明導電基板、氧化物半導體及扮演吸光重要角色的染料。2. 對電極是在導電基板上沉積具催化性及高導電度的材料。3. 電解質包含氧化／還原對，作為光電極及對電極間電荷傳輸的媒介。

染料敏化太陽能電池的工作原理可分為以下 5 個步驟：1. 敏化劑接收入射光光子後，電子由基態躍遷至激發態。2. 敏化劑的激發電子與電洞分離後，注入二氧化鈦 (TiO_2) 導帶。3. 電子接著由 TiO_2 膜傳輸至外電路，驅動一負載作功，再傳到對電極。4. 氧化態電解質於對電極表面藉由其高催化活性，接收電子發生還原反應。5. 敏化劑電洞則回到基態，並被還原態電解質再生。



▲ 染料敏化太陽能電池結構的示意圖

(二)台科大創新教學獎 蔬果當染料太陽能電池輕鬆做

經過多年的實驗，發電效果最佳的是紫高麗菜、藍莓，綠紫色的植物效果都不錯。蕨類因為生長環境沒有陽光直接照射，需要強而有效率的葉綠素，實驗證明發電效果也不錯，反而是一般蔬菜發電效果較蕨類差。

(三)火龍果製成太陽能電池 嘉大生研究登國際期刊

使用藍莓、覆盆子、黑梅、石榴果、蔓越莓、火龍果等取得之天然染料，這些蔬果含有深色花青素，就可以作為替換材料，該研究即是以火龍果作為主要染料來源。

文獻小結

染料敏化太陽能電池是一種相對較新的太陽能轉換技術，它使用染料吸收光能，將其轉換為電流，透過文獻了解到染料的選擇對於提高太陽能電池的發電效果非常重要，故本研究針對校園內何種材料使用及處於何種環境才會使自製染料敏化太陽能電池的發電效果更好。

四、資料分析

(一)材料準備

表 4-1 實驗器材表

			
(a) 碘液	(b) 醋酸	(c) 導電玻璃 5*5cm	(d) 三用電表
			
(e) 奈米級 二氧化鈦	(f) 石蠟膜	(g) 膠帶	(h) 電子秤
			
(i) 玻璃棒		(j) 鑷子	
			
(k) 培養皿	(l) 燒杯	(m) 陶瓷纖維網	(n) 本生燈
			
(o) 銅片	(p) 三腳架	(q) 蠟燭	(r) 長尾夾

(二)實驗步驟

1. 以三用電表檢測出導電玻璃的導電面，
如圖 4-2-1。

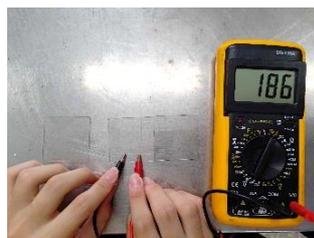


圖 4-2-1

2. 將 2.5 公克的醋酸溶液與 2.5 公克二氧化鈦粉末均勻混合。

3. 將膠帶貼在導電玻璃的兩側，並固定在桌面，接著利用玻璃棒將步驟 2 的混合液體均勻塗在導電玻璃的導電面，乾燥之後再重複一次，圖 4-2-2。



圖 4-2-2

4. 將待測花瓣或葉片以清水加熱煮沸 20 分鐘萃取其色素(此為天然染料)，如圖 4-2-3



圖 4-2-3

5. 將步驟 3 的導電玻璃放入步驟 4 的天然染料中，浸泡 10 分鐘(此為正極)，如圖 4-2-4。



6. 將正極導電面朝上平置於桌面，滴上含有碘電解質的碘液，如圖 4-2-5。



圖 4-2-5

7. 將兩片銅片置於三腳架上方，將另一導電玻璃放上，以鑷子夾取一燃燒的蠟燭燒烤其導電面，使碳粒附著在導電玻璃上(此為負極)，如圖 4-2-6。



圖 4-2-6

8. 將石臘膜剪成口字型，約與導電玻璃大小相同，以隔開正負極。
9. 將步驟 8 的石臘膜放置於正極導電面上，再將負極導電面向下交錯相疊。

7

10. 以長尾夾將兩片導電玻璃固定，此為自製染料敏化電池成品，如圖 4-2-7。



圖 4-2-7

11. 以三用電表測量其正負極的電壓並記錄之。



圖 4-2-8

12. 檢測其在暗室中的發電效果，同步驟 11 並將太陽能電池置於盒中同時用重物壓緊盒子，再測量其電壓並記錄之。



圖 4-2-9

五、實驗結果

(一)實驗一：自製染料敏化太陽能電池在不同光源的發電效果。

以南美槿的葉作為染料，自製染料敏化太陽能電池，發現在日光燈環境下可測得發電電壓為 0.64 伏特，暗室環境下測得發電電壓為 0.66 伏特，在陽光下測得發電電壓為 0.61 伏特。

染料成分	發電電壓(單位：伏特)		
	日光燈下	暗室中	太陽下
南美槿的葉	0.64	0.66	0.61

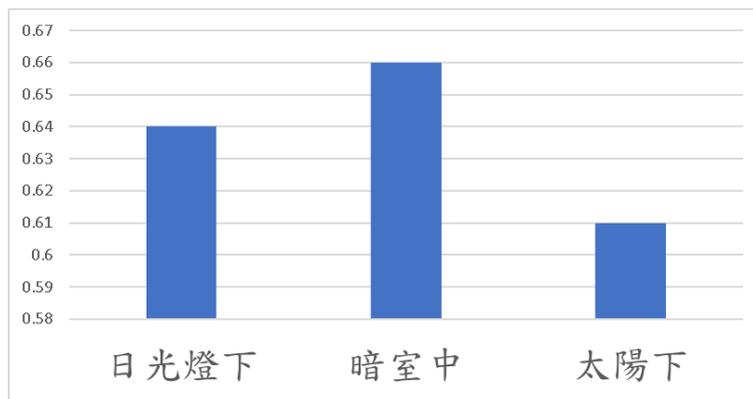


圖 5-1-1

(二)實驗二：自製染料敏化太陽能電池之色素有無是否對發電效果產生影響

以純水為染劑，作為無色素代表，發現在日光燈下，可測得發電電壓為 0.04 伏特；以南美槿的葉作為色素，自製染料敏化太陽能電池，發現在日光燈環境下可測得發電電壓為 0.62 伏特。

染料成分	發電電壓 (單位：伏特)
	日光燈下
純水	0.04
南美槿的葉	0.62

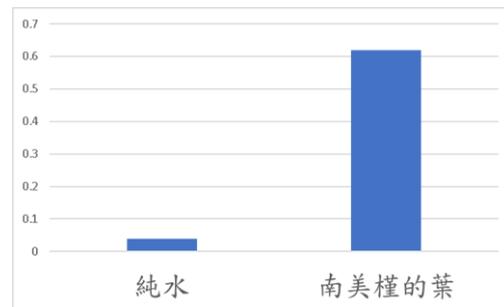


圖 5-1-2

(三)實驗三：以不同植物，相同器官製成的色素對染料敏化太陽能電池的發電效果之影響，以仙丹花、南美槿、風鈴木的葉為例

以仙丹花的葉作為染料，自製染料敏化太陽能電池，發現在室內可測得發電電壓為 0.02 伏特；以南美槿的葉作為染料，可測得發電電壓為 0.61 伏特；以風鈴木的葉作為染料，可測得發電電壓為 0.05 伏特。

染料成分	發電電壓 (單位：伏特)
	日光燈下
仙丹花的葉	0.02
南美槿的葉	0.61
風鈴木的葉	0.05

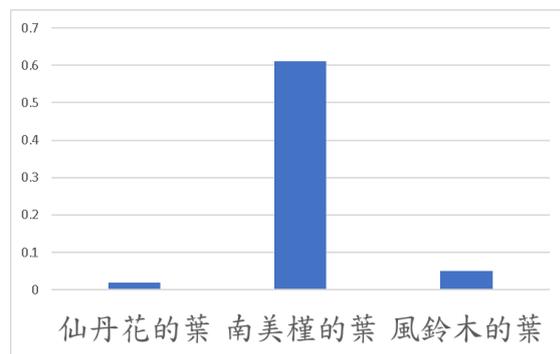


圖 5-1-3

(四)實驗四：同種植物，不同器官製成的色素對染料敏化太陽能電池的發電效果之影響

以南美槿的葉作為染料，自製染料敏化太陽能電池，發現在日光燈環境下可測得發電電壓為 0.65 伏特。以南美槿的花可測得發電電壓為 0.06 伏特。

染料成分	發電電壓 (單位：伏特)
	日光燈下
南美槿的葉	0.65
南美槿的花	0.06

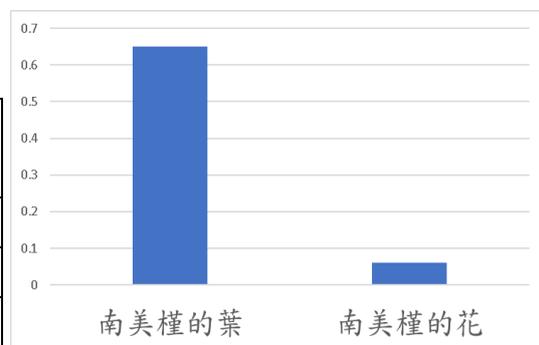


圖 5-1-4

五、研究結果與討論

(一)探討自製染料敏化太陽能電池在不同光源下發電效果之影響。

1. 研究結果

我們利用南美槿葉色素自製染料敏化太陽能電池，並在暗室、日光燈、太陽等不同光源下進行發電，研究結果發現自製染料敏化太陽能電池的的發電效果在暗室中發電效果最好，日光燈下次之，太陽下最差。

2. 研究討論

原本認為一般的太陽能板都在太陽底下進行發電，所以預期的結果是太陽下最好、日光燈次之，暗室最差，但實際的結果跟預期的完全不同，是暗室中>日光燈下>太陽下，我們認為後面再查了資料發現染料敏化太陽能電池，目前主要應用於室內弱光跟半戶外。而在室內弱光的條件之下，染敏電池的光電轉換效率高，我們的研究也支持這點。

(二)探討自製染料敏化太陽能電池色素有無對發電效果之影響。

1. 研究結果

我們利用水以及南美槿葉色素分別自製染料敏化太陽能電池，並在日光燈進行發電，發現染料敏化太陽能電池的發電效果，南美槿的葉和純水發電效率不同，南美槿葉色素比沒有色素的水發電效果好。

2. 研究討論

因為在看了其他的文獻後，認為有色素是對太陽能電池是有幫助的，而本研究結果也同樣支持這個論點。

(三)探討不同植物、相同器官的色素所製成的自製染料敏化太陽能電池之發電效果是否不同。

1. 研究結果

同樣是葉子，我們利用南美槿葉、風鈴木葉及仙丹花葉製作色素。並分別製作染料敏化太陽能電池，並在日光燈下進行發電，發現在相同光源下，南美槿葉色素製作的染料敏化太陽能電池的發電效果最好，風鈴木葉次之，仙丹花葉效果最差。

2. 研究討論：

在一開始我們預期的結果是葉子顏色較淺的南美槿發電效果會較差，而顏色較相近的仙丹花和風鈴木發電效果會差不多，可結果和我們預期的想法不同，反而是南美槿和風鈴木的效果差不多，仙丹花的效果卻最差，我們認為雖然葉子都有葉綠素，但每種植物的葉子所含葉綠素的比例不同，吸收光的能力也會不同，導致發電效果有差異。

(四)探討同種植物、不同器官的色素所製成的自製染料敏化太陽能電池之發電效果是否不同

1. 研究結果

我們利用南美槿葉與花製作色素，並分別製作染料敏化太陽能電池，在日光燈下進行發電，發現相同光源下，以南美槿的葉作為色素製作的染料敏化太陽能電池的發電效果優於花的色素。

2. 研究討論

一開始預期的結果是花優於葉，因為我們參考的影片裡所使用的色素原料也是花，使用花而不是葉，讓我們覺得有它的原因，然而實驗結果卻與預期相反，後續我們認為是因為葉子的葉綠素可以吸收較多光子，所以能有較佳的發電效果。

六、評鑑與檢討

(一)問題與解決方法

1. **遇到問題**：在進行實驗步驟七，取一燃燒的蠟燭燒烤其導電面時，原本只用鑷子夾住導電玻璃燒烤其導電面，發現附在導電玻璃上的碳粒分布不均勻。

解決方法：燃燒的蠟燭燒烤其導電面時，改用銅片和三角架架著固定住導電玻璃，並均勻移動蠟燭燒烤其導電面，以確保碳粒分布均勻。

2. **遇到問題**：在進行實驗步驟三，利用玻璃棒將實驗步驟 2 的二氧化鈦與醋酸之混合液體均勻塗在導電玻璃的導電面時，待風乾後，發現溶液不均勻附著在導電玻璃，甚至有部分區域在泡過色素萃取液後剝落情形。

解決方法：改良原實驗步驟三，在風乾後的導電玻璃上再多塗一層二氧化鈦與醋酸之混合液體，增加其厚度，使其平均分布於導電玻璃中。

(二)研究檢討與未來展望

1. 本研究色素萃取技術採用水煮法，過程中發現色素萃取品質不穩定，因此花費許多時間讓色素品質一致，故可進一步研究如乙醇浸漬法等其他色素萃取法，是否提升色素萃取效果，並對自製染料敏化太陽能電池的發電效率之影響為何？
2. 本研究採用的 5*5*1.1cm 的導電玻璃自製染料敏化太陽能電池，如採用相同製程，使用不同規格的導電玻璃，對發電效果的影響為何？
3. 本研究希冀以校園內可取得的材料進行太陽能板設計，本次考量時間因素，僅探討南美槿、風鈴木及仙丹花三種植物及校內環境之影響，可再深入探討校內其他植物之色素是否可獲得最佳的發電效果。

七、參考資料

陳祉雲, & 李玉郎. (2019). 染料敏化太陽能電池. 科學發展期刊, 564, 32-37.

<https://ejournal.stpi.narl.org.tw/sd/download?source=10812-06.pdf&v1Id=81c00b94ab824d3f8bae19957ea839e0&nd=1&ds=1>

「台科大創新教學獎 蔬果當染料 太陽能電池輕鬆做」媒體報導。
(秘書室) - 國立臺灣科技大學

https://www.ntust.edu.tw/p/404-1000-21235.php?Lang=zh-tw&fbclid=IwAR3w3eAXhgWrf3UHotqob_qmFtLxgKSKivPEI2GsE1CADTs q2fRoYBuWLSE

自製太陽能板 - 柯博文老師

<http://www.powenko.com/wordpress/%E8%87%AA%E8%A3%BD%E5%A4%A%E9%99%BD%E8%83%BD%E6%9D%BF/?fbclid=IwAR0rxflpemqjAusjnVrLpY0x21WESNwedtBznwLiFSiY0U7wig8Wjh66prU>

2016 中科實中-染敏電池介紹

<https://www.youtube.com/watch?v=RG09FjB6xms>

火龍果製成太陽能電池 嘉大生研究登國際期刊

<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2715620>

大一普化實驗：染料敏化太陽能電池製作

<https://jfsblog.com/blog/post/37433272>

不同的二氧化鈦電極結構應用於染料敏化太陽能電池之研究

<https://www.tiri.narl.org.tw/Files/Doc/Publication/InstTdy/157/01570730.pdf>