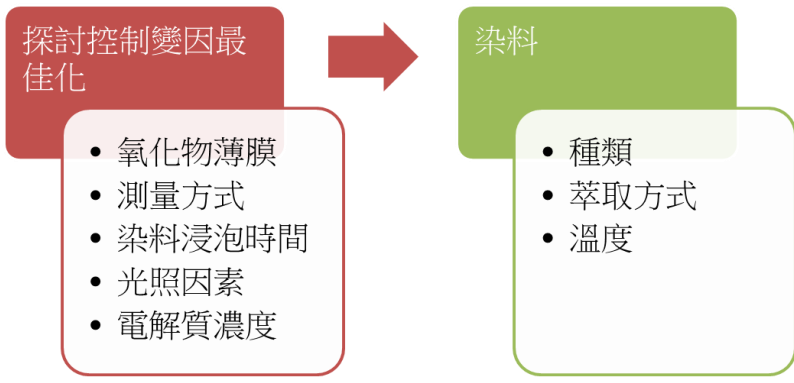


2023 年【科學探究競賽－這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：蔬果電池 DIY
一、摘要
有鑑於未來能源不足，再生能源是現在常見的課題，對於地處南台灣的我們而言，太陽能就是個很棒的再生能源，所以當染料電池與電子產品產生連結，就能充分運用生活環境中的光能，減少電力的耗用，使能源的使用盡可能不浪費，我們的實驗便以此為目標希望觀察與探討染料敏化太陽能電池的優化與拓展應用。
二、探究題目與動機
高一的時候物理第六章學習到量子現象時老師提到光電效應，當時就對於光能如何可以轉換為電能極有興趣，想自己嘗試利用化學方法製作一塊太陽能板，因此一開始訂定主題時原本預計是想做矽晶原料太陽能板，但由於發現實驗步驟過於繁複以及成本過高，加上發現製作過程汙染的原料過多，於是我們想到可以利用高一化學第五章氧化還原反應的方式自製染料敏化太陽能板，它的優點就在於簡易的製作過程以及低成本製作，只需要萃取日常生活中就能取得的蔬果，就能當作染料激發出電子，對於高中生的我們是最適合的入門處。
三、探究目的與假設
<ol style="list-style-type: none">1. 探討電池測量方式對於其測量結果的影響2. 探討電解質對於其電壓及電流影響3. 染料浸泡時間長短對於其電壓及電流影響4. 植物與酒精比例對於其電壓及電流影響5. 探討染料溫度對於其電壓及電流影響
四、探究方法與驗證步驟
在製作的過程中我們發現氧化物薄膜的製備與染料是主要成功的要件，而且為了讓後續的實驗條件固定控制變因以利做進一步的探討，我們先進行包含氧化物薄膜與測量方式的比較，還有光照因素與染料浸泡時間的探討，還有電解質的濃度比例因素，並進一步在後續實驗控制變因下，主要討論染料的成分與溫度對於發電效果的影響，流程圖如圖一所示。



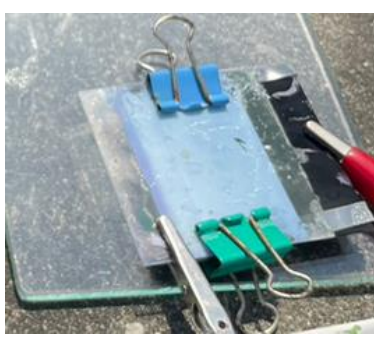
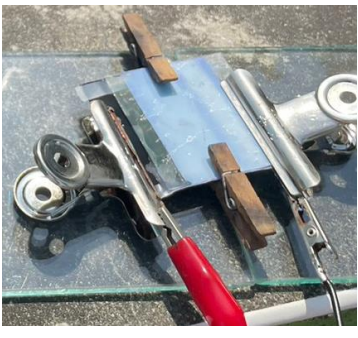
圖一：探究過程示意圖。

步驟一：探討控制變因最佳化(紫高麗菜汁為樣本)

(一)實驗一：測量方式對發電功率的影響

為了測得電壓與電流，我們嘗試三種不同的方法觀察是否影響發電功率。第一種是用探針測量，第二種則在探針上夾鱷魚夾，第三種使用銅片及金屬夾增加接觸面積，下列表格為優缺點分析與實驗結果，最後發現鱷魚夾為最方便及最具效能之測量方法，因此我們便以固定的測量方式進行後續實驗。

表一：不同測量方法對於測得電功率結果比較。(紫高麗菜染料電池)

測量方式	探針	鱷魚夾	金屬夾
圖示說明	不易固定、 測量結果常 跳動	 測量結果穩定、容易操作	 測量結果穩定、但效果沒有 比用鱷魚夾好
電壓	0.24V	0.45V	0.17V
電流	0.06A	0.23A	0.16A

(二)實驗二：浸泡時間長短對結果之影響

在染料製備好之後將電極浸泡的時間對於發電效果的影響，我們經過實際測量的結果如下表所示，發現浸泡時間經過一天便有較大的變化，一個小時時間太短，效果很不好，但為求實驗效率，雖然兩天比一天效果更好，但變化不大，因此固定染料製作好都浸泡一天才進行後續測量。

表二：浸泡時間與發電效能結果比較。(紫高麗菜汁)

浸泡時間	1 小時	1 天	2 天
電壓(V)	0.14	0.43	0.45
電流(mA)	0.14	0.16	0.18
電功率($\times 10^{-2}$ mW)	1.96	6.88	8.10

(三)實驗三：光照的方式對發電功率的影響

我們曾經測試過手電筒、雷射筆、日光燈、以及太陽光，雷射筆只有單一頻率的光，還是太陽光可以涵蓋更大範圍的可見光波段，產生電功率效果最為顯著。

表三：光照種類與發電效能結果比較。(紫高麗菜染料電池)

光照方式	太陽光	日光燈	雷射筆	手電筒
電壓(V)	0.43	0.11	無	無
電流(mA)	0.16	0.06	無	無
電功率($\times 10^{-2}$ mW)	6.88	0.66	0	0

(四)實驗四：電解質對發電功率之影響

在染料敏化太陽能電池的結構中，電解質的作用是把電子由對電極傳至光電極，以還原光電極上被氧化的染料分子，因此想探討其濃度對於產生電能的影響，發現並非濃度愈高效果愈好，而是 1:1 的比例最適中效果最好。

表四：電解質濃度對發電效果之影響比較。(紫高麗菜染料電池)

(氧化物 1M 濃度醋酸與二氧化鈦比例=18ml : 3g)(浸泡一天後在室外進行測量)

碘化鉀(g):水(g)	1:1	2:1	1:2
電壓(V)	0.45	0.21	0.15
電流(mA)	0.23	0.13	0.11
電功率($\times 10^{-2}$ mW)	10.35	2.73	1.65

步驟二：染料製備對發電功率的影響

(一)實驗五：植物種類對於發電功率的影響

由於一般所常用的紫高麗菜含有豐富的花青素，顏色偏深，因此我們嘗試採用類似偏深色的植物作為染料製備的成分，還有校園中可採集到的月桃葉對比，利用萃取方式製作出染料進行實驗。由下列結果可知紫高麗菜效果最佳，其次是茄子。

表五：不同染料太陽能板發電效果比較。

(氧化物 1M 濃度醋酸與二氧化鈦比例=18ml：3g)(浸泡一天後在室外進行測量)

植物名	洛神花	茄子	菠菜	月桃	紫高麗菜
電壓(V)	0.21	0.35	0.14	0.15	0.43
電流(mA)	0.17	0.33	0.07	0.23	0.35
電功率($\times 10^{-2}$ mW)	3.57	11.55	0.98	3.45	15.05

(二)實驗六：萃取過程酒精比例對於產生電功率影響

當我們確認紫色高麗菜為實驗效果最佳後，便開始嘗試利用酒精與紫色高麗菜不同的比例觀察對於萃取效果與發電功率的影響，發現提高紫高麗菜比例濃度愈大愈能夠產生較大的功率。

表六：不同酒精比例萃取染料方法對太陽能板發電效果比較。

(氧化物 1M 濃度醋酸與二氧化鈦比例=18ml：3g)(浸泡一天後在室外進行測量)

紫高麗菜:酒精	10:30	15:30	20:30	25:30
電壓(V)	0.25	0.27	0.30	0.31
電流(mA)	0.07	0.11	0.34	0.50
電功率($\times 10^{-2}$ mW)	1.75	2.97	10.20	15.50

(三)實驗七：探討紫高麗菜汁染料溫度對於其電壓及電流影響

由於溫度一般對於化學成分的溶解度與反應速率有一定的影響，也可能影響附著在導電玻璃上的效果，因此嘗試從溫度的角度觀察結果。控制變因均設定氧化物 1M 濃度醋酸與二氧化鈦比例=18ml：3g 並且浸泡一天後在室外進行測量。結果發現都以在室溫 25°C情況下產生電功率最大，反而溫度增加到 65°C效果變差。

表七-1：萃取染料時的溫度對結果之影響

萃取時的溫度	65°C	25°C	5°C
電壓(V)	0.32	0.40	0.33
電流(mA)	0.06	0.19	0.20
電功率($\times 10^{-2}$ mW)	1.92	7.60	6.60

表七-2：導電玻璃浸泡染料溫度對結果之影響

浸泡時的溫度	65°C	25°C	5°C
電壓(V)	0.02	0.36	0.17
電流(mA)	0.01	0.24	0.08
電 功 率 ($\times 10^{-2}$ mW)	0.02	8.64	1.36

五、結論與生活應用

1. 從實驗二結果來看，浸泡時間越長，結果越好，是由於浸泡時間越長，染料附著在二氧化鈦的數量越多，而 1 天與 2 天的實驗數據差不多，我們認為是因為附著程度已達到飽和。
2. 從實驗三探討光照的方式對發電功率的影響結果，我們發現太陽光效果為最好，而前文說的在弱光效果佳，是在串聯及並聯的情況下，效果才會較為顯著。
3. 在實驗四電解質對於發電功率之影響結果可以得知，1:1 效果為三組之中最好的，我們推測是由於電解質濃度太高時會產生「逆流」的現象，在染敏太陽能電池中，若是電解液太靠近二氧化鈦，二氧化鈦上應該跑向對電極的電子，有可能會「逆流」跑向電解液，造成電荷再結合，就像是形成逆電流一樣，浪費能量，並讓電流、電壓下降、降低光電轉換效率。而 1:2 的濃度對於氧化還原又可能不夠用，因此效果不比 1:1 好。
4. 在實驗五探討不同植物對於發電功率效果影響中我們發現紫高麗菜的效果最好，推測是由於它富含花青素，比茄子以及洛神花等植物所含的要多，由於花青素的抗氧化能力很好，所以花青素可以用來氧化還原，因此花青素越多氧化還原的能力越強。
5. 從實驗七探討染料溫度對於產生電功率影響結果我們發現，萃取溫度到達 65 度染料做出來的效果最差，是由於花青素在 40 度時會遭到破壞，而 5 度的效果不及 25 度，可能是由於低於化學反應溫度一般的條件所致。

6. 從實驗六探討萃取過程植物與酒精比例對於其電功率影響的實驗結果我們發現，濃度越高，效果越好，我們認為從植物中萃取出來的染料會隨著濃度變高而跟著變多，因此當導電玻璃浸泡在溶液中時，染料附著在二氧化鈦上可能性也較高。

經歷過許多探索我們發現如何利用生活中的蔬果做出太陽能板，並且找出最佳化的條件，由於敏化染料電池在室內也能有不錯的效果，倘若因此在室內的設備也能安裝上敏化染料電池，能避免不必要的電池浪費，例如遙控器、手錶或計算機，而且白天時不只室外，室內也能發電，不啻為節能減碳的一大福音。

參考資料

- 1.陳祉雲, & 李玉郎. (2019). 染料敏化太陽能電池. 科學發展, 564, 32~37.
- 2.吳仁彰 教授. 太陽能電池-染料敏化太陽能電池(Dye Sensitized Solar Cell;DSSC)介紹.
靜宜大學應用化學系
- 3.泛科學—染料敏化太陽能電池的再突破——專訪中興化學系教授葉鎮宇
<https://pansci.asia/archives/318317>