

彰化縣 108 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選  
作品說明書（封面）

作品編號： (由承辦單位編列)

組別：  
 國小組                       數學類  
 國中組                         自然與生活科技類  
 人文社會類

作品名稱：十面「霾」伏.一網打盡

## 第一階段 研究訓練階段（由教師撰寫）

### 一、近二年學校獨立研究課程之規劃

（一）. 學習獨立研究概念與研究方法、練習研究方法與步驟、激盪有興趣之主題。

（二）. 著手進行獨立研究資料蒐集、整理、分析、統整與撰寫。

（三）. 文獻閱讀與報告。

（四）. 修改研究報告成果、PPT 製作、訓練口頭報告、省思與分享。

### 二、學校如何提供該生獨立研究訓練

（一）. 從解決問題概念切入，讓學生了解獨立研究的意義與目的，並了解研究方法與步驟，以備往後的研究所需。

（二）. 給予學生針對某研究的方法了解研究步驟。協助學生理解研究方法的運用，排除對繁瑣過程的恐懼。

（三）. 以討論的方式激盪學生有興趣的主題，並引導學生聚焦於可行方向，讓學生對廣泛的興趣聚焦於明確的主題。

（四）. 引導學生提出可討論的問題及欲達成的目的。讓學生針對感興趣的主題蒐集資料、整理資料、分析資料，對能統整相關的資訊，以符合研究目的與問題。

（五）. 研究內文進行撰寫。老師是提供協助的引導者，學生是整個研究的主角，給予學生對學習負責的機會。

（六）. 完成研究報告後，學生學習製作簡報 PPT，並學習如何對自己的研究報告做口頭報告，訓練口頭表達能力。

（七）. 最後，回顧獨立研究的過程，做省思與心得分享。

## 第二階段 獨立研究階段(由學生撰寫)

### 一. 研究動機

節能減碳和空汙問題是目前世界各國最迫切要解決的議題。近幾年，因為空氣中懸浮微粒大增，致使空氣品質急遽變差!有過敏性體質的人，復發的狀況越來越頻繁，因過敏性鼻炎和過敏性氣喘極為相似，很多人經常把氣喘當鼻炎醫治，導致治療無效，為了讓家長能正確瞭解病因，及統計受空汙而影響到呼吸道過敏的人數，政府透過學校做了〈學齡兒童氣喘篩檢〉。經篩檢後，又到醫院複診，才知道...原來，經常眼睛紅腫癢、呼吸不順暢是因為懸浮微粒所引起的輕微氣喘，而非過敏性鼻炎。醫生建議吃藥預防外，必須要由外至內做防護，出外戴口罩，屋內也要使用空氣濾淨器，才能更有效地避免身體不適。

空氣濾淨器需長時間使用，效果才會顯著。有鑒於政府在推動節能減碳，且碳排放量與空汙有直接關係。於是，我們決定自組一個以太陽能為主，臺電為輔的雙電源型空氣濾淨器。在有陽光時，由太陽能板直接提供電力給空氣濾淨器;沒太陽能時，只要利用 AC/DC 轉換器插座輸入電力，亦可驅動濾淨器。

### 二. 擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

#### (一). 擬定正式計畫



## (二). 擬定研究問題

1. 探討細懸浮物的大小區分
2. 探討細懸浮微粒的濃度指標及活動建議
3. 檢測常活動區域內的細懸浮微粒分佈狀況
4. 檢測生活常見物能否阻擋 PM2.5
5. 太陽能電池之探討及測試
6. 組裝太陽能空氣濾淨器
7. 評鑑與檢討

## (三). 擬定工作紀錄表

表 1. 擬定工作紀錄表

	六月			七月			八月		九月			
文獻探討	✓	✓	✓									
擬定問題		✓	✓	✓	✓							
記錄發現			✓	✓	✓	✓						
擬訂計畫				✓	✓	✓						
進行實驗				✓	✓	✓	✓	✓				
撰寫報告									✓	✓	✓	✓

## 三. 彙整相關文獻

PM2.5 依來源區分，包括自然界釋出與人為活動產出等二種。依性質則可區分為原生性和衍生性等二種。舉例來說，火山爆發、森林或草原火災、海洋飛沫，以及地殼岩石風化等都是自然界釋出來源。工業使用化石燃料、水泥製造的粉碎和研磨、工廠煙囪排放廢氣、家戶燃煤取暖或烹調烤肉、燃燒垃圾或稻草、拜香、吸菸、燃燒汽、柴油之汽機車排放廢氣、營造施工與道路揚塵等都是人為活動來源，而且人為活動是產生 PM2.5 的主要原因。直接從自然界釋出或直接由人為活動產生的 PM2.5 被稱為原生性 PM2.5。如果空氣中的原生性 PM2.5

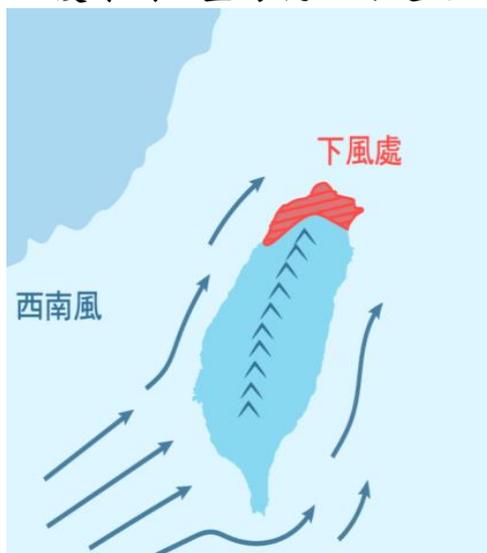
再受到其他因素，例如受日光照射發生化學反應(一般叫作光化學反應)，或者與液相水分子發生化學反應(一般叫作液相化學反應)，就會形成新化學物質，例如二氧化硫衍生為硫酸鹽，這一類 PM2.5 被稱為衍生性 PM2.5。衍生性 PM2.5 的成分通常含有化學反應後的物質，例如硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽。

中國大陸的沙塵暴中也有粒徑較小的 PM2.5，原生性或衍生性微粒均可能存在。大氣中的氣流可以將這些微粒傳送到較遠的地區，例如韓國、日本與臺灣，所以臺灣在 11 月-隔年 5 月即冬天季節)有大陸性冷高壓南下時，容易出現 PM2.5 濃度上升的情形(如表 2)，這是境外移入來源。夏季則盛行西南風(如圖 1)，所以中南部空氣普遍較良好(如圖 2)。

表 2. 2018 行政院環保署二林監測站 PM2.5 月平均值(原始值)

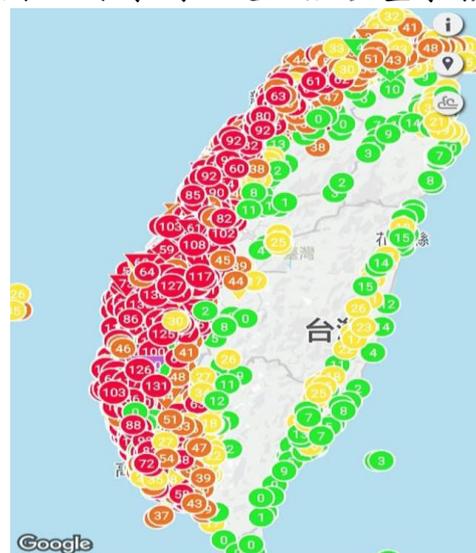
月份	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
均值	30	42	45	42	28	26	27	21	30	29	32	28

圖 1. 夏季時，臺灣氣流的走向



夏季空氣品質較良好

圖 2. 冬季時，受大陸沙塵暴影響



冬季空氣品質中南部較差

#### 四. 資料分析

##### (一). 研究器材:

圖 3. 研究器材之圖片及文字說明:

		
靜電棉、魔術毛巾、一般毛巾、外科口罩、PP 棉質濾心(1um 濾水心)		
電腦風扇(小 8038, 大 12038)、H12 醫用 HEPA 濾心、2 公升寶特瓶		
太陽能晶片(N 型指叉式)、2mm, 5mm 焊帶		
		
護貝膜、護貝機、四角網狀垃圾桶、熱熔槍、pwm 調速器、活頁		
照度計、網路監視器、透明壓克力		
		
小型切割鑽孔機、電熱絲線、焊錫、剪刀、壓克力刀、烙鐵、大紙箱		

##### (二). 探討細懸浮微粒的大小區分

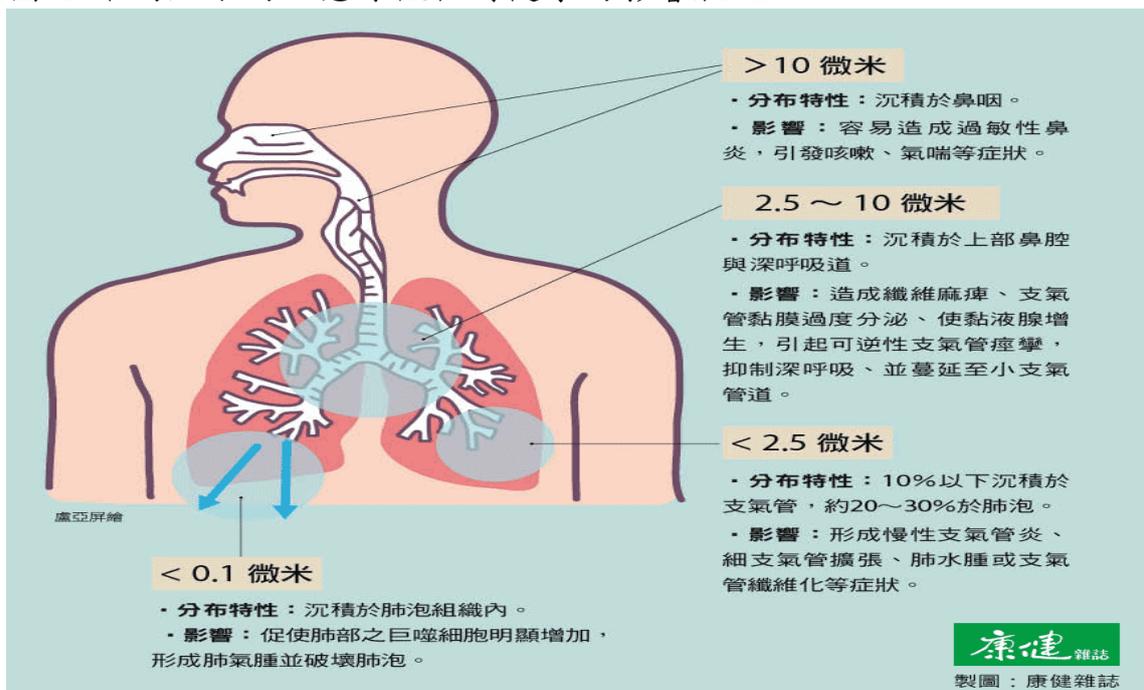
空氣中存在許多污染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(Suspended Particulate Matter; 簡稱 PM)。懸浮微粒有大小不同的粒子直徑(簡稱粒徑)，而且通常用微米( $1/10^6$  公尺即萬分之一公分，英文單位縮寫為  $\mu\text{m}$ )，作為粒徑大小單位。粒徑小於  $10\mu\text{m}$  的微粒被稱為  $\text{PM}_{10}$ ；當粒徑小於或等於  $2.5\mu\text{m}$  就是一般常說的〈細懸浮微粒〉，簡稱  $\text{PM}_{2.5}$ 。空氣中  $\text{PM}_{2.5}$  的濃度單位以微克/立方公尺

( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )表示之。細懸浮微粒的直徑非常微細，容易隨著人體的呼吸而被吸入呼吸道，甚至可穿透肺泡，並進入血管中隨著血液循環全身，而對人體的健康直接產生影響。

表 3. 細懸浮微粒的顆粒大小區分

粒徑( $\mu\text{m}$ )	粒徑大小區分
<100	稱作總懸浮微粒(Total Suspended Particulate ;TSP)，例如：海灘沙粒，可懸浮於空氣中。
<10	稱作懸浮微粒(PM10)，大約是沙子直徑的 1/10，容易通過鼻腔之鼻毛，到達喉嚨。
2.5-10	稱作細懸浮微粒(PM2.5-10)，約頭髮直徑的 1/8-1/20 大小，可以被吸入，且附著在人體的呼吸道及肺部。
<2.5	稱作細懸浮微粒(PM2.5)，比頭髮直徑 1/28 還小，可以穿透肺泡，進入血管隨著血液循環全身。

圖 4. 不同大小的細懸浮微粒對健康的影響狀況



圖片來源:康健雜誌

### (三). 探討細懸浮微粒的濃度指標及活動建議

表 4. 細懸浮微粒的濃度指標(分十級)及活動建議

指標等級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分類	低	低	低	中	中	中	高	高	高	非常高
PM <sub>2.5</sub> 濃度(微米)	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	>71
一般民眾活動建議	正常戶外活動			正常戶外活動			任何人如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。			任何人如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，特別應減少戶外活動。
敏感族群活動建議	正常戶外活動			心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童感受到癥狀時，應考慮減少體力消耗，特別是減少戶外活動。			1.心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2.老年人應減少體力消耗。 3.患有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。			1. 心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，以及老人應避免體力消耗，特別是避免戶外活動。 2. 患有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。

資料來源:行政院環保署空氣品質監測網

說明: 透過 行政院環保署空氣品質監測網 所提供的細懸浮微粒指標，我們可以在從事戶外活動前先知道室外 PM<sub>2.5</sub> 的含量，並做好事先防護措施。

#### (四). 檢測常活動區域內的細懸浮微粒分佈狀況

##### 1. 居住場所以外:

透過對經常活動的場所做 PM2.5 的檢測，瞭解周遭懸浮物的分佈概況，並配合當日 環保署空氣品質監測網 所提供的細懸浮微粒指標，在前往活動時，易過敏者可事先做好防護措施。

作法:在檢測前，先拿著空氣質量檢測儀前往設於距離最近的彰化縣萬合國小學區內的二林空氣品質監測站做儀器比對，再前往經常活動的區域做 PM2.5 濃度檢測，取用檢測後之平均值。

檢測日期:國曆 8/3(農曆 7/3)星期六

圖說:



圖 5.到監測站比對 PM2.5 值



圖 6.操場司令台 PM2.5 值量測



圖 7.記錄廟宇裡金爐旁 PM2.5 值



圖 8. 家中廚房炒菜時 PM2.5 值



圖 9.記錄廟宇內主桌處 PM2.5 值



圖 10.學校大門

## 2. 居住場所內

一般有關空汙的探討與檢測都是以戶外場所為主，比較少人會質疑住家內的空氣品質。所以，大多數人覺得：當環保署空氣品質監測網所提供的細懸浮微粒指標偏高時，只要待在家裡關閉門窗，就可以避免PM2.5的迫害，但真的是這樣嗎？家裡PM2.5的最主要來源，不外乎就是炒菜時的油煙、抽菸、燒香、金紙、打掃的揚塵...等。於是，我們對室內、外所衍生出來的PM2.5做檢測及記錄。

### (五). 檢測生活常見物能否過濾PM2.5

操作方法：使用大型紙箱，剪出汙染源進入口與觀察口，貼上透明板做觀察，點燃線香從汙染源進入口送入，紙箱內放入循環扇、過濾器材、及空氣品質檢測儀。當內部汙染源PM2.5值達到最大值999時，即刻取出線香，開啟循環風扇將被污染的空氣吸入裝有過濾器材的寶特瓶模擬器過濾，進行實驗記錄10分鐘。模擬過濾器材使用2公升寶特瓶，將前後剪開，一端置入風扇，另一端置入濾淨材料。濾淨材料有：靜電棉、魔術毛巾、一般毛巾、外科口罩、PP棉質濾心(濾水用)。最後完成DIY太陽能空氣濾淨器，一併做測試及記錄。  
檢測流程圖說：



圖 11.紙箱剪洞（當模擬空間）



圖 12. 寶特瓶模擬器與風扇固定



圖 13.紙箱內測試時位置概況



圖 14.測試一般外科口罩



圖 15.測試家中毛巾



圖 16.污染源線香放入口



圖 17.將箱內污染至 PM 值為 999



圖 18. H12 濾心，測試值快速達 0

## (六). 太陽能電池之探討及測試

### 1. 太陽能電池之供電探討

說明:太陽能電池其發電原理是將太陽光照射在太陽能電池上,使太陽能電池吸收太陽光能,透過晶片的p-型半導體及n-型半導體,使其產生電子(負極-)及電洞(正極+),同時分離電子與電洞而形成電壓降產生電流,再經由導線傳輸供給負載。

(1)太陽能電池發電原理:

## 太陽能電池發電原理

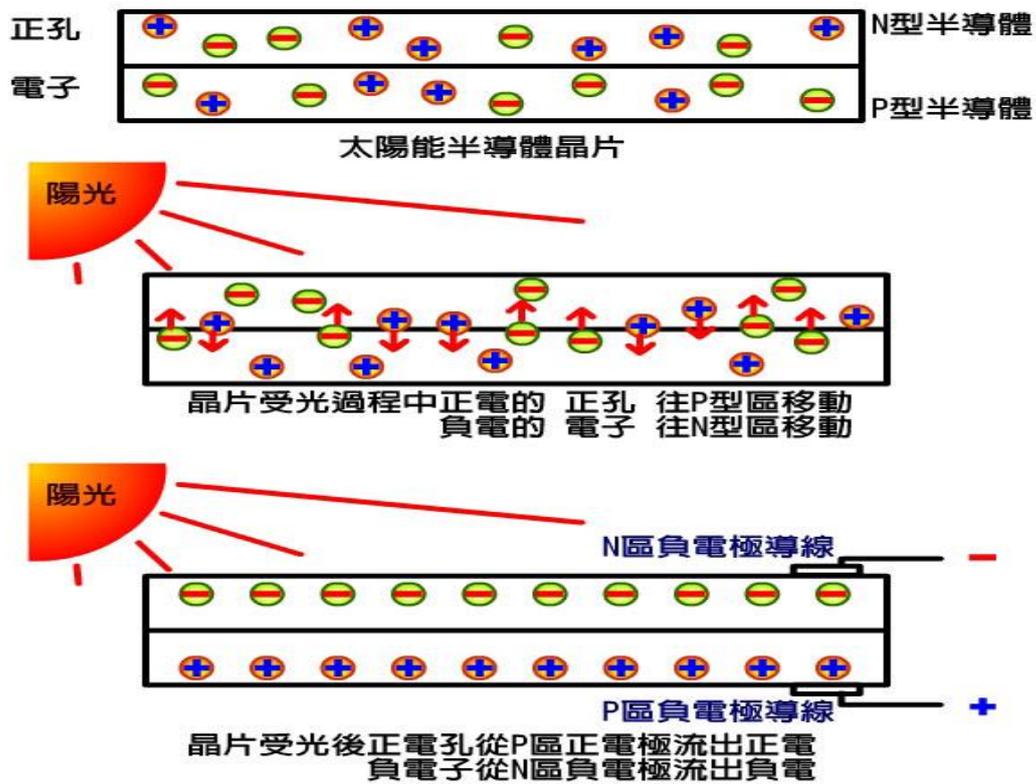


圖 19. 太陽能電池發電原理示意圖

### (2) 太陽光波長示意圖

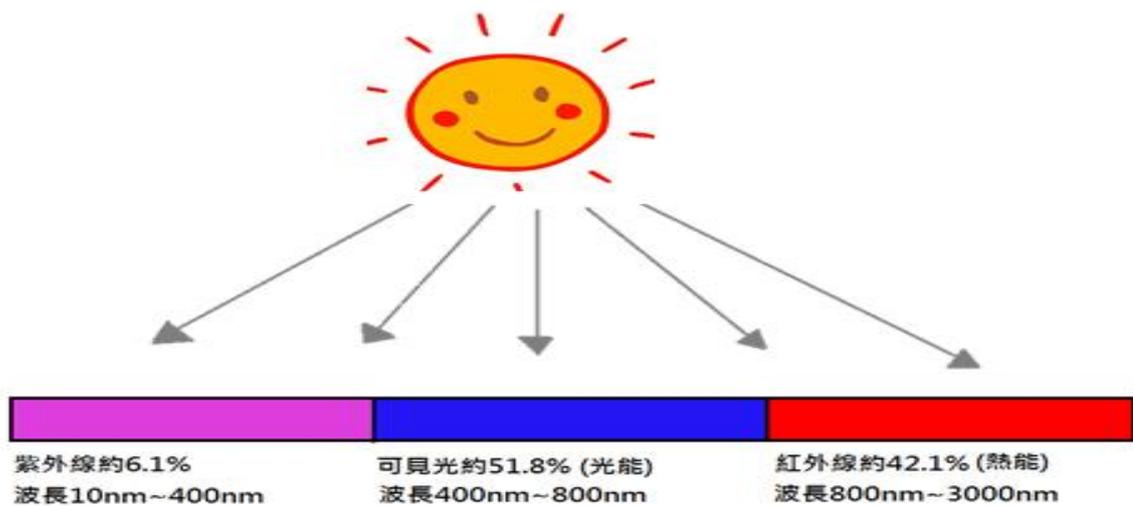


圖 20. 太陽光波長示意圖

## 2. 太陽能電池之測試組裝

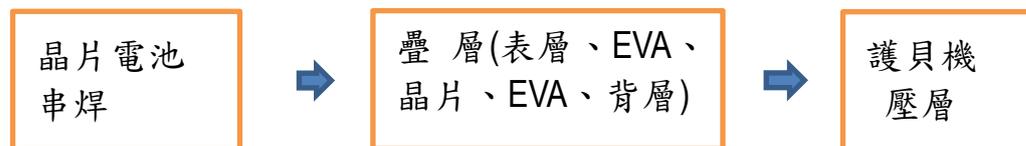
說明:彙整文獻後得知，太陽能晶片有：單晶矽、多晶矽、薄膜式、非晶矽(鎵)等。

探討整合文獻後發現，**太陽能板是以 PET 聚脂薄膜做絕緣材料，EVA 當粘接劑**，經探討文獻及搜尋相關材料後，我們發現:其材質竟**與護貝膜材質相同(PET)**，我們就嘗試使用護貝膜來快速封裝指叉式太陽能晶片。

表 5. 正常太陽能模組封裝流程:



表 6. 自組太陽能模組封裝流程:(疊層使用護貝膜，護貝機做壓層)



### (1) 太陽能板串接測試、發電量與照度及傾角關係記錄圖說:

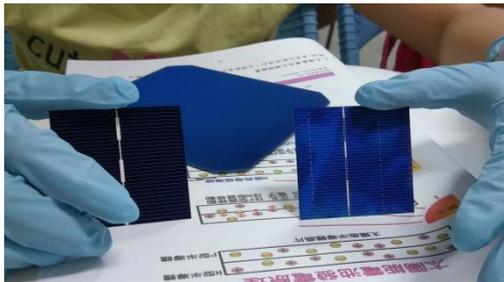


圖 21. 認識各種太陽能電池晶片



圖 22. 採串聯方式焊接晶片



圖 23. 依序測試電流、電壓並記錄



圖 24. 封裝前做最後測試及檢查



圖 25.使用護貝膜封裝太陽能板



圖 26.完成後測試室內照度量



圖 27.發電量與照度的關係測量

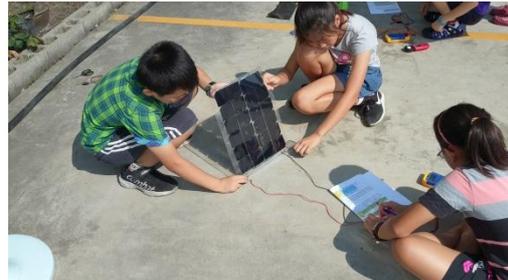


圖 28.發電量與傾角的關係測量

### (七). 組裝太陽能 PM2.5 空氣濾淨器及測試

說明：

拘於想製作一個輕巧且由綠能作為主要電力，臺電當備用電源的空氣濾淨器，白天透過太陽能提供電力運轉，夜晚沒有陽光的時候，可利用小型變壓器由臺電來供電使用(12V、1A)。

#### 1. DIY 組裝空氣濾淨器圖說: (請參考第 15 頁文字說明)



圖 29.

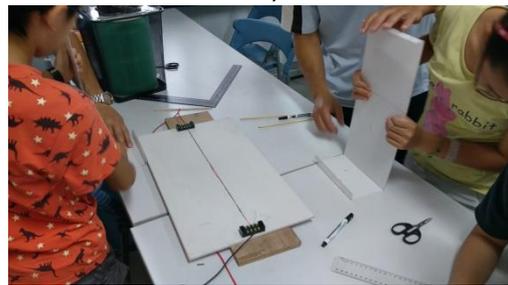


圖 30.



圖 31.



圖 32.



圖 33.

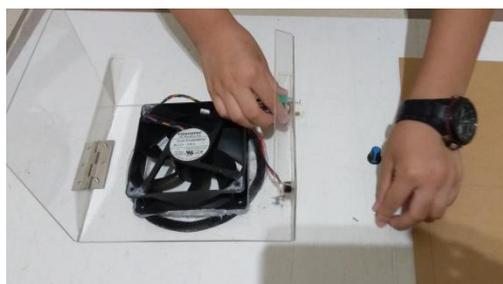


圖 34.



圖 35.



圖 36.



圖 37.



圖 38.



圖 39.



圖 40.

## 2.文字說明:

圖 29: 將電熱絲固定於防火板上，經一端輸入直流 12V 電源，使電熱絲加熱至火紅。

圖 30: 利用通電後電熱絲所產生的熱，使壓克力板在加熱點軟化，並迅速折出口字型，因壓克力板散熱後即定型，可作為空氣濾淨器的直流風扇出口固定座。

圖 31-32: 在口字型的風扇出口固定座上描畫出適合濾材貼防漏氣泡棉膠範圍及固定直流風扇的邊，並貼上泡棉膠。

圖 33: 把壓克力板用小型砂輪機延著圖 32 所描畫的風扇固定座邊線，切割出一個可固定風扇，並用來供風扇吸風的過濾孔。再者，於固定座的前方切割出兩個小圓孔，用來固定電源輸入端及風速調節開關。

圖 34: 把風扇對準空氣過濾孔，並用熱熔膠及快乾固定。再將風扇的電線接至風扇固定座前方的電源輸入端及風速調節開關。

圖 35: 將用來做為濾材底座的紙簍，使用合頁與圖 29-34 所完成的口字型風扇座做固定。

圖 36: 在口字型風扇座上鎖幾根 I 字型壓克力條，防止物品掉入風扇內。濾心置入濾材底座的紙簍內，即完成了直流風扇空氣濾淨器。

圖 37-38: 在一約長 5.2 公尺、寬 5.8 公尺、高 2.5 公尺的房間內，使用 1 根線香模擬家中污染情形，並記錄 12 分鐘。12 分鐘後再開啟太陽能 PM2.5 空氣濾淨器，監測濾淨效果 30 分鐘，每 5 分鐘記錄 1 次，為避免觀察數據時進出實驗室，而影響 PM2.5 濃度的準確性，遂使用雲端系統監看實驗室內數值變化。

圖 39-40: 利用指叉式太陽能板供電給空氣濾淨器，因太陽能板是屬於直接發電，且是直流電，所以，太陽能供電給 12V 直流風扇的空氣濾淨器時，不必經過電源轉換，不會有電能轉換耗損，具備雙電源供應的太陽能空氣濾淨器，即可在家裡的陽臺進行光伏(光→電)轉換運作。

## 五. 探究結果與討論

### (一). 檢測經常活動區域內的細懸浮微粒分佈狀況

#### 1. 居住場所內

表 7. 實測一週室內、外空氣品質比較(單位:ug/m<sup>3</sup>) 時間 A. m6-7

日期	7/3	7/4	7/5	7/6(六)	7/7	7/8	7/9
客廳	10	9	14	8	23	15	17
廚房	13	15	14	8	28	20	19
屋外	10	5	10	12	17	13	24
小時 濃度	8	6	13	7	16	13	12
天氣 型態	雨 無風	雨 無風	多雲 微風	陰轉雨 、微風	晴 無風	晴 無風	陰轉陣 雨、無 風

經我們於早晨 6-7 點間所做的一週記錄及觀察，我們發現:(1)廚房不管有沒有烹調過，經過一整晚的 PM2.5 沉降後，所測得的 PM2.5 濃度為 廚房>客廳>屋外。(2)因細懸浮微粒中的硝酸根及硫酸根...等受到濕式除塵的影響，所以在連續降雨的天氣下，測試到的 PM2.5 濃度值普遍較低。在陰天或晴天突然降起雨時，戶外測到的細懸浮微粒濃度則明顯高於室內，特別是 7/9 早晨 6 點 10 分左右，降了一陣約 1 分鐘的即時大雨，雨後 6 點 30 分時，我們測得 PM2.5 濃度高達 24，是行政院環保署空氣品質監測網發布值的兩倍。因行政院的小時濃度是整點公告，經過討論後，應該是因為連續兩日大晴天、氣溫高，即時雨下的時間短，且又急又大，正如教室打掃，灑水時用奔跑的，且水拿得高、灑得又用力，非但沒減少懸浮物，還造成嚴重的揚塵現象所致。所以，細懸浮微粒根本來不及被沉降，即時雨就停，反倒使得空氣品質更差。(3)打開窗戶且屋外有較明顯的微風在流動時，客廳及廚房的細懸浮微粒的濃度較相近，因風流動時擴散效果所致。(4)一週的測試後，我們清楚的瞭解:室內的空氣因為流動性較不佳，也

沒有濕式除塵，加上傢俱多，而 PM2.5 有吸附性，導致室內 PM2.5 濃度常高於戶外的天數多。

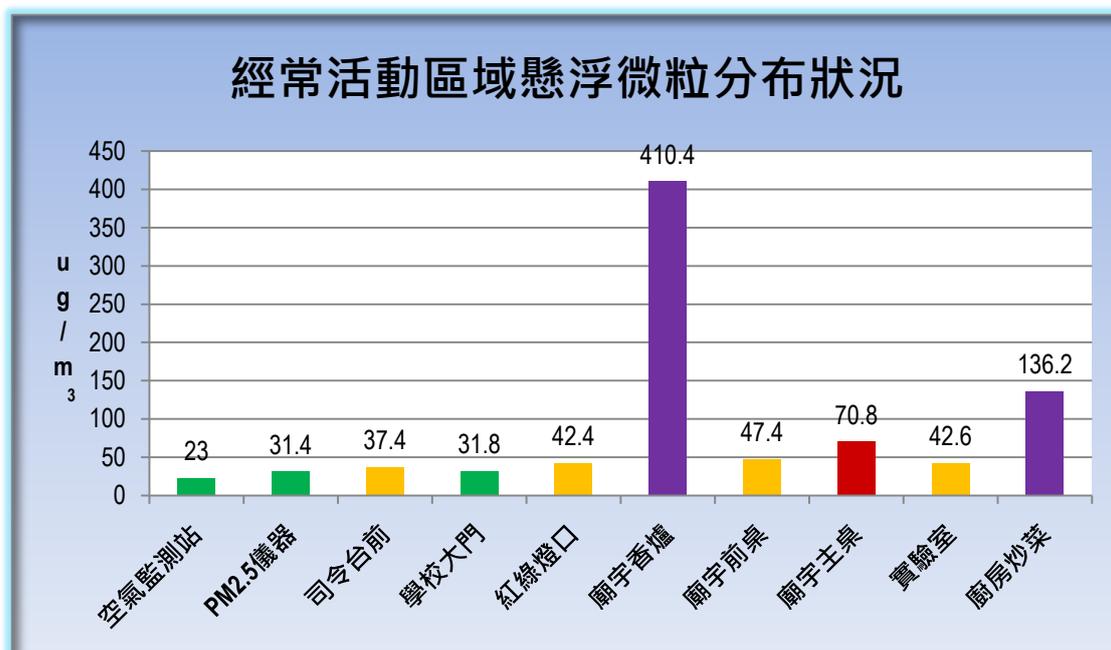
風速和濕度是影響細懸浮微粒的兩大因素。流動的風可將空氣中的 PM2.5 濃度藉由擴散而降低，但過快的風速也會造成揚塵現象，提升 PM2.5 濃度。濕式除塵是利用細懸浮微粒中的硝酸根和硫酸根可作為水氣的凝結核和溶解於水的原理，隨著雨水沉降至地面，以達到降低 PM2.5 濃度。但過大且短暫的雨勢，恐怕還沒達到濕式除塵效果，就先造成大量揚塵，同樣會致使 PM2.5 濃度飆升。

## 2. . 居住場所外

表 8. 檢測經常活動區域內的細懸浮微粒分佈狀況紀錄表(單位:ug/m<sup>3</sup>)

目/時間項	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	平均值	汙染等級
空氣監測站值(小時)	23	23	23	23	23	23	低
操場司令台	39	37	36	37	38	37.4	中
學校大門	34	35	32	28	30	31.8	低
紅綠燈口	40	43	44	42	43	42.4	中
廟宇香爐	431	251	248	505	617	410.4	非常高
廟宇內前桌	46	44	48	50	49	47.4	中
廟宇內主桌	61	68	77	75	73	70.8	高
實驗室內	45	42	42	43	41	42.6	中
廚房(炒菜中，開抽油煙機)	83	58	370	170	143	136.2	非常高

圖 41. 檢測經常活動區域內的細懸浮微粒分佈狀況柱狀圖



(1)透過探訪二林空氣品質監測站，我們發現它位於田野間，國曆 7/3 預先檢測時，各區域數據與監測站發布的小時濃度幾乎相近。國曆 8/3 星期六為農曆 7/3，我們再次探訪檢測時，發現 7 月份天氣晴朗多日又遇週末，各地均有普渡活動，以致於各個經常活動區域的 PM2.5 濃度均遠高過監測站所發布的小時濃度。(2)我們瞭解了空氣品質監測網會由監測站提供數值，在整點發布 PM2.5 的小時濃度；而 **PM2.5 的移動平均值計算方式為： $0.5 \times \text{前 12 小時平均} + 0.5 \times \text{前 4 小時平均}$  (前 4 小時 2 筆有效，前 12 小時 6 筆有效)**。(3)雖然是農曆 7 月，到廟宇內祈福的人比較少，但僅三支香香爐旁的 PM2.5 值仍居活動區域之首，甚至平均值高過其它室外區域約 10 倍之多。(4)廚房炒菜時，就算開排油機，在大火炒菜過程中，PM2.5 濃度竟還能高達  $370 \text{ug/m}^3$ 。(5)一直以為實驗室有冷氣濾網在過濾空氣，PM2.5 濃度會比室外好，沒想到...因為人多、空氣又不流通，以至於 PM2.5 濃度竟和多車的紅綠燈口差不多，有時甚至更高。

總結 PM2.5 測量結果，得知：燃燒物質(燒香、烹調...等人為活動)確實是造成 PM2.5 濃度飆升的主因。

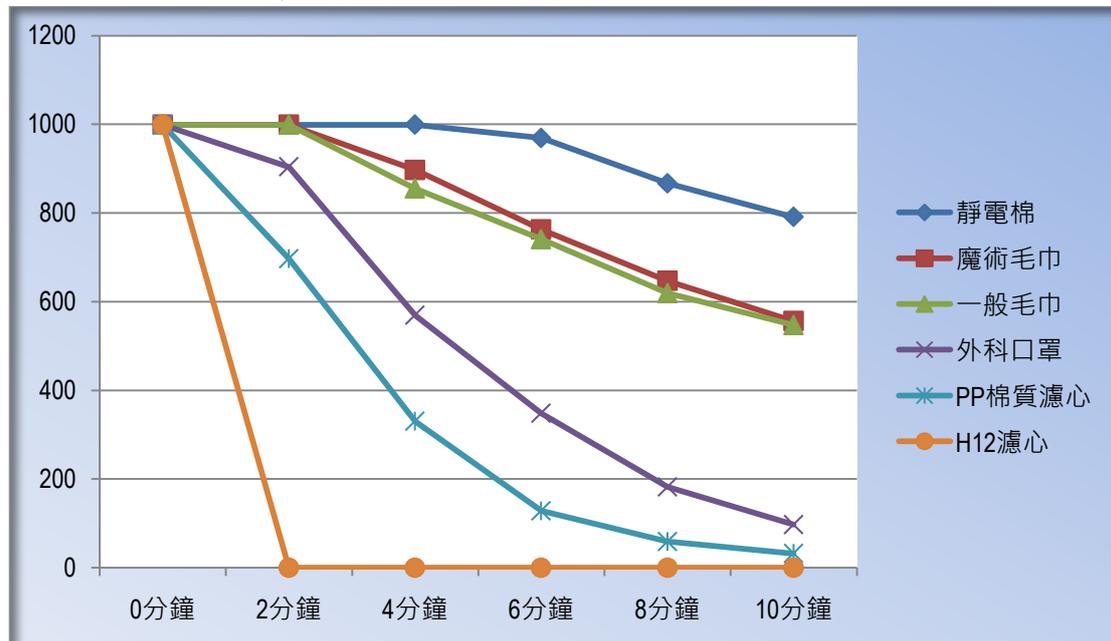
## (二). 檢測生活常見物能否阻擋 PM2.5

實驗記錄:

表 9. 檢測生活常見物能否阻擋 PM2.5 紀錄表

項目/時間	0 分鐘	2 分鐘	4 分鐘	6 分鐘	8 分鐘	10 分鐘
靜電棉	999	999	999	969	867	791
魔術毛巾	999	999	897	763	647	556
一般毛巾	999	999	855	741	619	547
外科口罩	999	904	569	348	182	97
PP 棉質濾心	999	697	330	128	59	32
H12 濾心	999	0	0	0	0	0

圖 42. 檢測生活常見物能否阻擋 PM2.5 曲線圖



我們測試生活中常見的物品，作為挑選空氣濾淨器濾心的參考依據。

紀錄發現:

(1) 常被大型機械拿來做濾網的靜電棉，其濾淨效果居然是測試物品中最差的。

- (2)一般商店賣的外科口罩，在測試中可看出其濾淨效果不錯，證實空氣品質不好時，若戴外科口罩外出是真的對防治 PM2.5 有幫助的。
- (3)之前，總聽到有人在宣傳〈火災時要用濕毛巾摀住口鼻，以防吸入性嗆傷〉；最近，卻有消防人員宣傳〈濕毛巾對嗆傷的預防是沒什麼幫助的，反而在找毛巾的過程會拖延到逃難時間〉。我們針對毛巾做了測試，其過濾 PM2.5 的效果並不是很顯著。
- (4)綜合五種濾材測試後，發現濾水器的 PP 棉質濾心的濾淨效果，在第 10 分鐘即可達到 32，即 PM2.5 濃度低等級。最終我們決定以濾心為濾材，並採購濾淨效果更加的醫療級 H12 濾心使用。
- (5). 我們採購醫療級的 H12 濾心當做 DIY 太陽能空氣濾淨器的濾材，並做測試。經模擬箱實際測試後，在約第 50 秒時，模擬箱內的 PM2.5 濃度即顯示為 0，濾淨效果相當佳且快速。

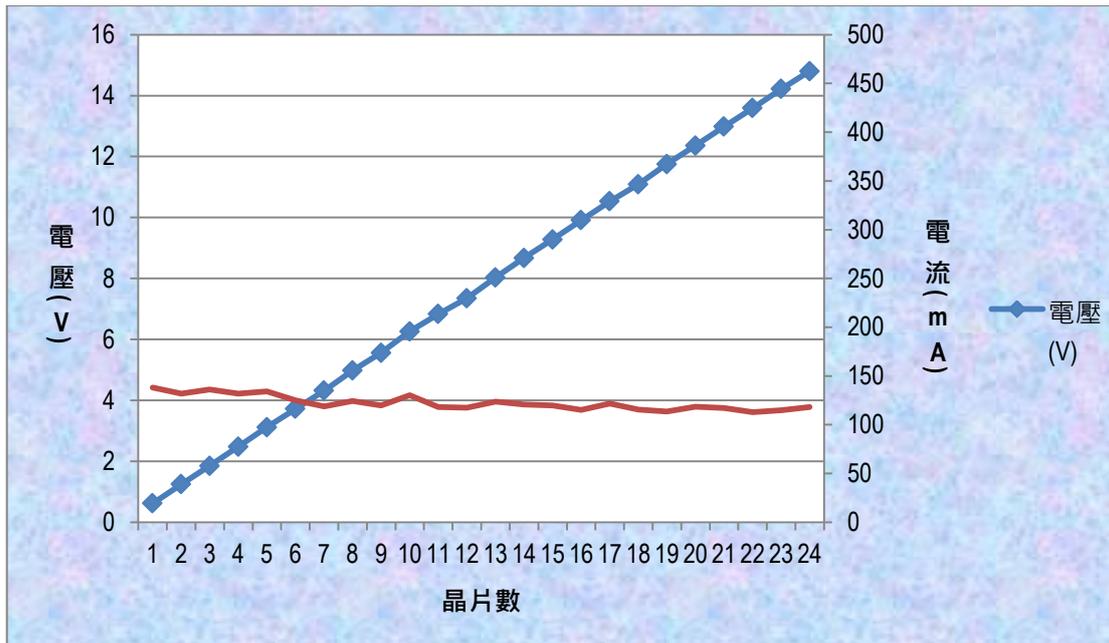
### (三). 太陽能電池之探討及測試

#### (1) 組裝太陽能板之串接測試

表 10. 組裝太陽能板串接測試紀錄表：

晶片數	電壓 (V)	電流 (mA)	晶片數	電壓 (V)	電流 (mA)	晶片數	電壓 (V)	電流 (mA)
1	0.62	138.0	9	5.56	119.8	17	10.53	121.6
2	1.25	131.8	10	6.26	130.2	18	11.09	115.4
3	1.85	136.2	11	6.83	118.1	19	11.75	113.7
4	2.48	132.0	12	7.35	117.5	20	12.36	118.5
5	3.12	134.2	13	8.03	123.6	21	12.98	117.3
6	3.72	125.1	14	8.67	120.8	22	13.59	112.9
7	4.32	118.8	15	9.28	119.8	23	14.22	114.8
8	4.98	124.5	16	9.91	115.2	24	14.80	118.1

圖 43. 組裝太陽能板串接測試曲線圖：



由測試結果得知：

指叉式太陽能板是採串聯焊接，故電壓隨著晶片數穩定遞增，電流則沒隨著串接晶片數而遞增。因：總串聯電壓  $V=V_1+V_2+V_3+V_n$ ，總串聯電流  $I=I_1=I_2=I_3=I_n$ ；換言之，總並聯電壓  $V=V_1=V_2=V_3=V_n$ ，總並聯電流  $I=I_1+I_2+I_3+I_n$ 。所以，當不用三用電表測試電流和電壓的話，而是採用伏特計測電壓時，則伏特計需與電路並聯測試，因並聯總電壓與各支電壓相等；用安培計測電流時，則安培計需與電路串聯測試，因串聯總電流與各支電流相等。

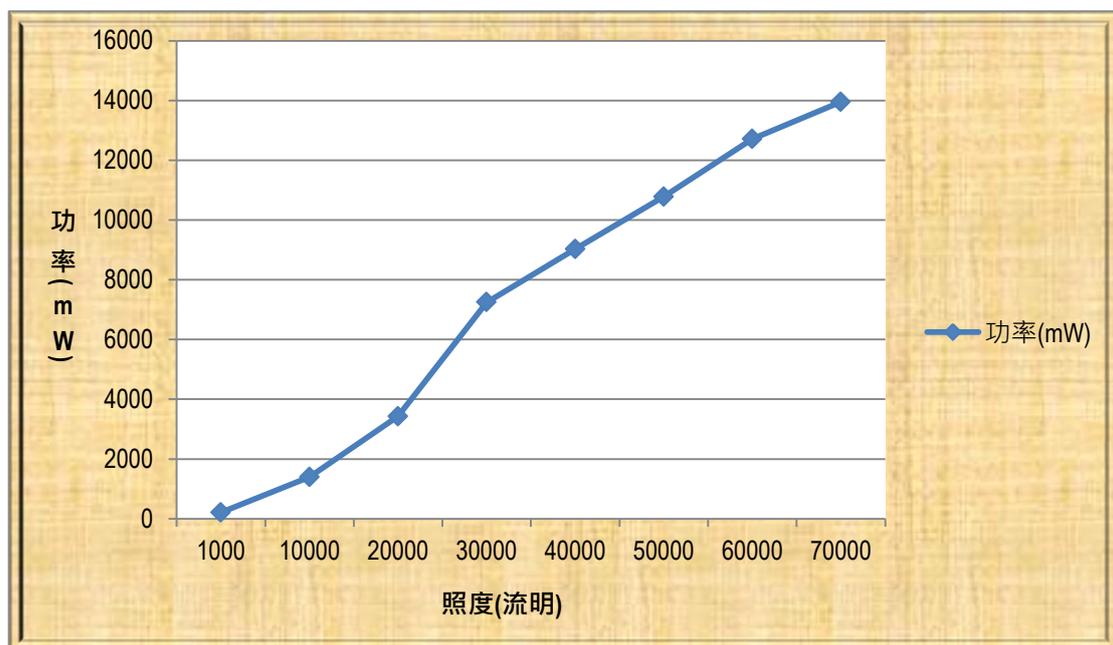
(2) 測試太陽能板的發電量與照度關係：

表 11. 測試太陽能板的發電量與照度關係紀錄表(平放地面)

照度(Lux)	電壓(V)	電流(mA)	功率(mW)
1000	12.50	16.80	210.00
10000	14.10	98.80	1393.08
20000	14.90	230.00	3427.00

30000	15.10	480.00	7248.00
40000	15.30	590.00	9027.00
50000	15.40	700.00	10780.00
60000	15.50	820.00	12710.00
70000	15.50	900.00	13950.00

圖 44. 測試太陽能板的發電量與照度關係之曲線圖



太陽能板背面標示:最佳發電溫度為攝氏 25 度。完成指叉式太陽能板後，測試結果得知:發電功率與照度呈正比關係，但並非絕對的直線遞增。綜合探討文獻得知:太陽能板的發電原理是應用光的照度，而非靠熱度發電。

我們使用三用電表測試電壓、電流，因其無法直接測功率，故功率之換算取自於相關公式:功率  $P = \text{電壓}(V) * \text{電流}(I)$ ，功率單位為瓦特(W)，電壓單位為伏特(V)，電流單位為安培(A)。

(3)測試太陽能板的發電量與傾角關係：

表 12. 測試太陽能板的發電量與傾角關係紀錄表

早上 09:30 分測量值

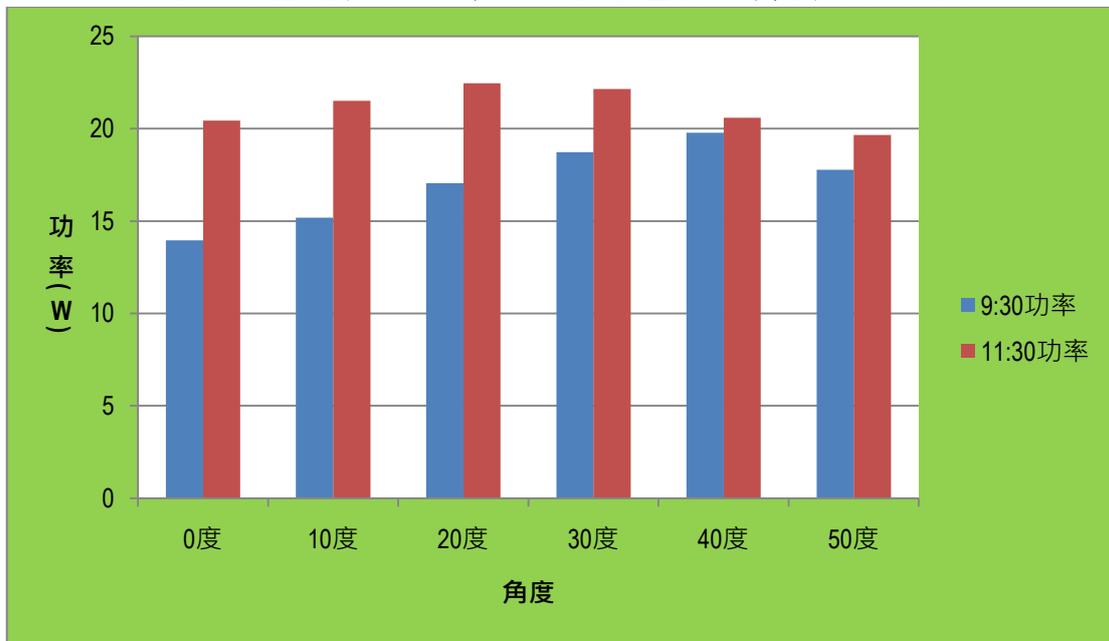
傾角度數(與地面)	0 度	10 度	20 度	30 度	40 度	50 度
電壓(V)	15.5	15.5	15.5	15.6	15.7	15.6
電流(A)	0.90	0.98	1.10	1.20	1.26	1.14
功率(W)	13.95	15.19	17.05	18.72	19.78	17.78

表 13. 測試太陽能板的發電量與傾角關係紀錄表

早上 11:30 分測量值

傾角度數(與地面)	0 度	10 度	20 度	30 度	40 度	50 度
電壓(V)	15.6	15.7	15.7	15.7	15.6	15.6
電流(A)	1.31	1.37	1.43	1.41	1.32	1.26
功率(W)	20.44	21.51	22.45	22.14	20.59	19.66

圖 45. 測試太陽能板在不同時間的發電量與傾角關係柱狀圖



討論:當光與太陽能板呈垂直照射時，發電量最佳。因臺灣位於北緯 23.5 度線，我們在 9 點半時測試，最佳發電角度為  $40^{\circ} > 30^{\circ} > 50^{\circ} >$

20° > 10° > 0°。在 11 點半測試，則最佳發電角度為 20° > 30° > 10° > 40° > 0° > 50°。太陽光採直線前進，隨著太陽的移動與太陽能板間的夾角也會不斷改變，最佳發電角度也會跟著改變。

透過比較不同時間之太陽能最佳發電量與傾斜角度關係，我們印證了：太陽能板與光照角度呈垂直時，發電量最佳。且臺灣確實位於北緯 23.5 度，故中午時最佳發電量是落在傾斜角度 20-30 度之間，而非 0 度（因為，太陽位置非在正中央，是略偏南 23.5 度處）。

#### (四). 組裝太陽能空氣濾淨器

表 14. 用 1 根線香模擬家中房間污染情形 12 分鐘

汙染情形	2 分鐘	4 分鐘	6 分鐘	8 分鐘	10 分鐘	12 分鐘
房間內	61	85	97	113	111	135

表 15. 雲端系統監看空氣濾淨器運作 30 分鐘

濾淨效果	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘
房間內	114	96	85	63	55	48

圖 45. 用 1 根線香模擬家中房間污染情形 12 分鐘柱狀圖

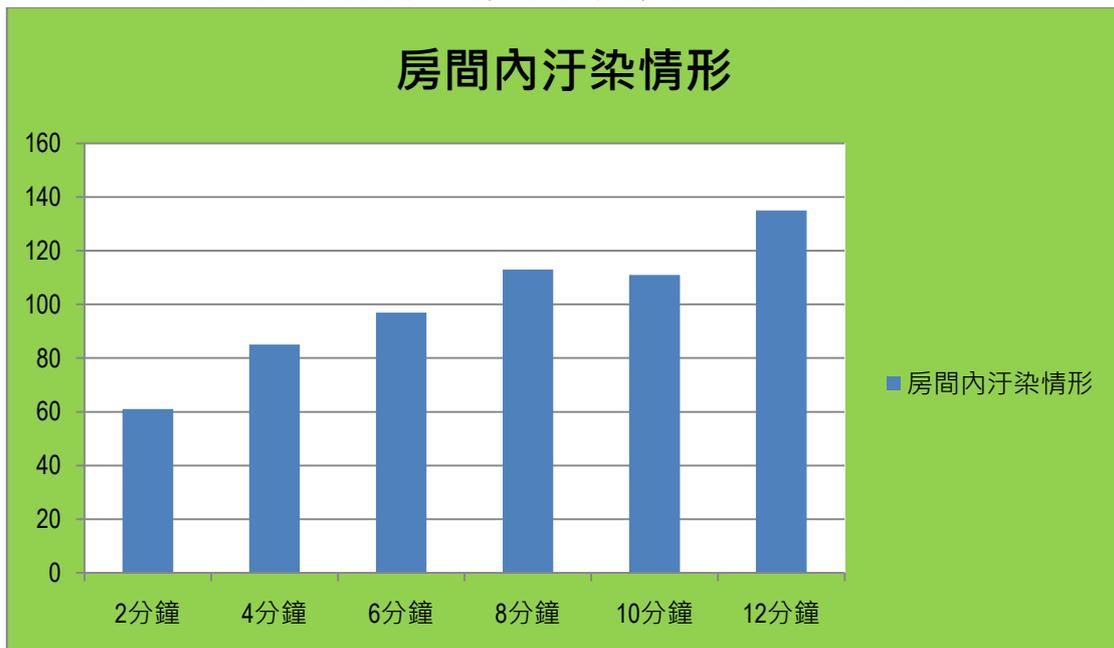
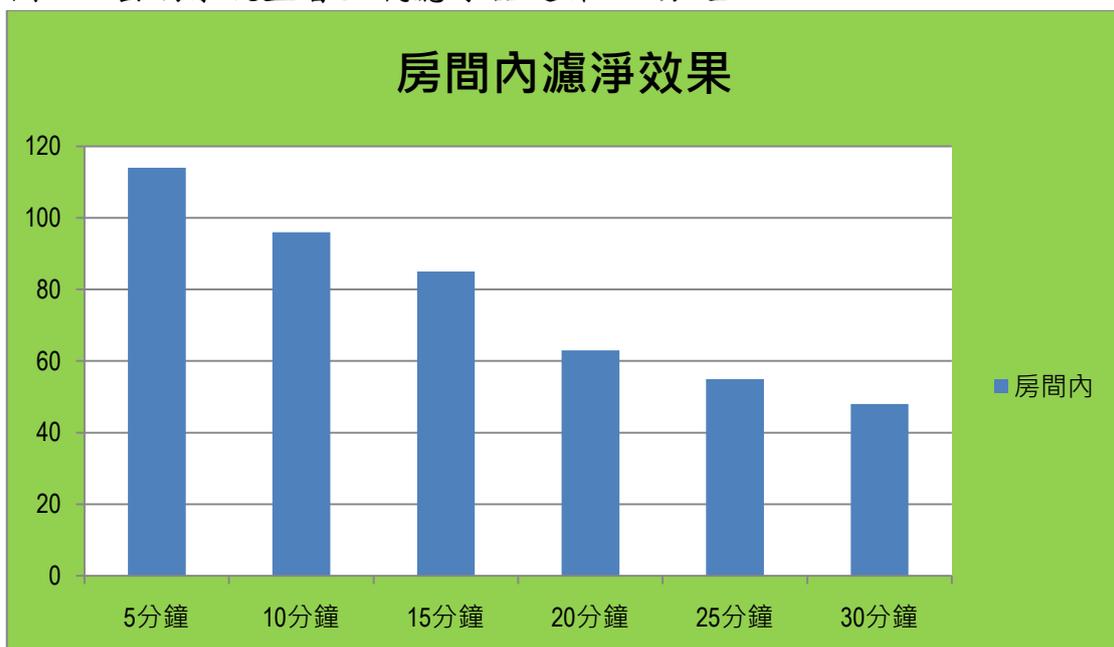


圖 46. 雲端系統監看空氣濾淨器運作 30 分鐘



由測試結果得知:僅焚燒 1 支香就足以讓一間長 5.2 公尺、寬 5.8 公尺、高 2.5 公尺的房間,在 12 分鐘內 PM2.5 濃度由  $61\mu\text{g}/\text{m}^3$  漲至  $135\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,足足提升了 2.21 倍。難怪,政府會推廣〈減少焚燒香、金紙,多一分健康〉的活動。

在 PM2.5 濃度達非常高等級( $135\mu\text{g}/\text{m}^3$ )的房間內,透過我們 DIY

的空氣濾淨器只需要 30 分鐘，就可將 PM2.5 濃度降至中等級 (48ug/m<sup>3</sup>)，減少了約 64.4%。證明了：我們自製的醫療用空氣濾淨器確實能有效且快速地改善空氣品質，使長時間留在室內的易過敏族群或老人能呼吸到真正清新的空氣。

## 六. 評鑑與檢討

### (一). 討論:

1. 太陽能板的發電量會受到光的照度、角度與受熱溫度所影響。光採直線前進，當光與太陽能板呈垂直照射時，發電量最佳。就臺灣而言，位於地球北緯 23.5 度，赤道是在臺灣的南邊，所以，太陽能板向南傾斜 23.5 度，照射角度最佳，發電量可達最大值。

太陽能板標示：最佳發電溫度為攝氏 25 度。臺灣屬亞熱帶國家，日照時間長，但在太陽光的輻射下，熱能傳導到太陽能晶片後，會使晶片溫度逐漸升高，而引起熱衰退現象，導致太陽能板的發電量降低。透過熱衰退情形，得知：太陽能的發電原理是利用太陽的光照度而非熱度。

2. 風速和濕度會影響 PM2.5 濃度。所以，就風速而言，通風效果較良好的地方，有助於風的流動，可以將細懸浮微粒透過風流動時的擴散效果，降低 PM2.5 濃度。就濕度而言，PM2.5 中的硫酸根、硝酸根、各種有機酸和醣類等，可作為水氣的凝結核或溶解到雨水中，而降低 PM2.5 的質量和濃度。但以上兩種降低 PM2.5 濃度的方法，較適用於開放式空間。我們曾想過，把一個小型保特瓶的瓶蓋挖一個小孔，將棉繩一頭綁在濾心上，另一頭由瓶蓋的小孔投入清水瓶內，想藉由毛细現象不斷將水擴散至濾心上，可讓濾心維持微濕狀態。透過風扇吸和吹的動作，及調整棉繩粗細，即可控制室內濕度，同時使用濕度和濾心濾淨效果，為室內做空氣濾淨，但居於家裡 3C 電器怕受潮，遂放棄。

3. 製作U型風扇固定座時，壓克力板材質相當堅韌，無法隨意折成想要的形狀，基於它遇熱就會軟化，冷卻即定型的特性，我們使用導電後電熱絲所產生的高溫，同時在要折曲的位置上約加熱3秒，再隨即移開，如此反覆4-5次後，就如願地塑造出口字型。

4. 在實驗空氣濾淨器濾材時，因打開紙箱和實驗房間會使內、外空氣流通而影響數據，一度不知道如何觀察數據，後來，實驗房間我們想到可使用WIFI分享器配合雲端監看系統與手機連線，既不會影響數據，又可輕鬆觀測到數據；紙箱，則採挖空後用透明板填補的方式，再由透明處觀察。

5. 據統計，現代人處於室內之時間達70-90%，遠高於室外活動時間，而兒童及年長者等易感染族群處於室內環境時間更長。因此，人們對於來自室外的細懸浮微粒之曝露，有很大一部分是發生在室內環境。所以，要避免PM2.5危害身體健康，必須從戶外做到室內，使長時間停留在室內的所有人，都能呼吸到清新的空氣，才能確實保有健康的身体。

## (二). 結論:

1. 風速和濕度是影響PM2.5濃度的兩大主因。流動的風可藉由擴散效果使PM2.5濃度降低，但也會造成揚塵；PM2.5中的硫酸根、硝酸根、各種有機酸和醣類等，可作為水氣的凝結核或溶解到雨水中沉降，透過增加空氣濕度，就可以降低PM2.5濃度。

2. 太陽能的發電原理是利用太陽的光照度而非熱度。其發電量會隨著照度增加而遞增。

3. 當光與太陽能板呈垂直照射時，發電量最佳。隨著太陽的移動與太陽能板間的夾角也會不斷改變，最佳發電角度亦會跟著改變。透過比較不同時間之太陽能最佳發電量與傾斜角度關係，我們印證了：太陽能板與光照角度呈垂直時，發電量最佳。且臺灣確實位於北緯23.5度，故中午時最佳發電量是落在傾斜角度20-30度之間，而非0度（因為，太陽位置非在正中央，是略偏南23.5度處）。

4. 太陽能板是以 PET 聚脂薄膜做絕緣材料，EVA 當粘接劑，其材質與護貝膜材質相同，我們嘗試使用護貝膜來快速封裝，既省時、輕薄、低耗材、回收也簡便。
5. 太陽能兩用空氣濾淨器經實際運作 30 分鐘，就可將大房間內 PM2.5 濃度由非常高等級(135ug/m<sup>3</sup>)，降至中等級(48ug/m<sup>3</sup>)，足足減少了約 64.4%。
6. 燃燒物質(燒香、烹調...等人為活動)確實是造成 PM2.5 濃度飆升的主因。不少人認為:室內空氣會優於戶外，其實通風不良的室內，只要有烹調食物、抽菸或焚燒...等，都會使室內 PM2.5 濃度遠高於擴散效果良好的戶外。透過太陽能兩用型空氣濾淨器的使用，可利用再生能源達到節能減碳，也可隨時切換成臺電備用，既改善了室內空氣品質，當然就能避免空汙危害人體健康。

## 七. 參考資料

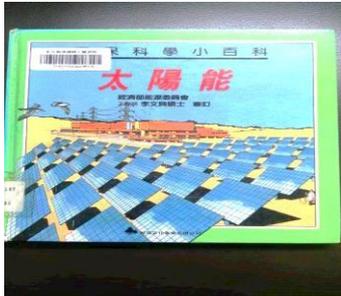
### (一)相關課程參考

1. 翰林出版 自然與生活科技 3 下 單元 3 空氣和風
2. 翰林出版 自然與生活科技 4 上 單元 3 運輸工具與能源
3. 翰林出版 自然與生活科技 4 上 單元 4 電和生活
4. 翰林出版 自然與生活科技 4 下 單元 4 奇妙的光世界
5. 翰林出版 自然與生活科技 4 下 單元 3 水的奇妙現象
6. 翰林出版 自然與生活科技 5 上 單元 1 觀測太陽

## (二)書籍參考

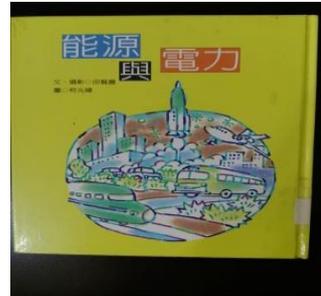
1. 書名:太陽能

作者:M. SPENCE



2. 書名:能源與電力

作者:邱賢農



3. 書名:生活科技大透視

作者:喬艾爾.樂伯姆

客萊蒙.樂博姆

譯者:蔡心儀



## (三)參考網頁

1. 行政院環保署空氣品質監測網

<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/fpmi.aspx>

2. 臺南市政府環境保護局 <http://web.tainan.gov.tw>

3. 良醫健康網 蔡宗翰 <https://health.businessweekly.com.tw>

4. 太陽能板背板 綠能趨勢網

<http://m.energtrend.com.tw/knowledge/20130903-6714.html>

5. 護貝膠膜材質老化分析及移除可行性研究 博碩士論文行動網 黃旭巧 <http://ndltd.ncl.edu.tw>

6. 第三章溫室氣體及懸浮微粒

<http://gis.geo.ncu.edu.tw/gis/globalc/CHAP0306.htm>

7. 太陽能模組/電池製成介紹

[http://www.tsecpv.com/zh-tw/solar\\_knowledge/index/zero\\_house\\_02](http://www.tsecpv.com/zh-tw/solar_knowledge/index/zero_house_02)

8. 家具膜,太陽能背板膜,玻璃鋼瓦膜,PET 熱收縮膜應用

原文網址：<https://kknews.cc/finance/ren45xo.html>

9. 唐從聖 太陽能介紹

[https://www.youtube.com/watch?v=CnoJD\\_ztrGE&list=PL57DA773B4E026F3E&index=7](https://www.youtube.com/watch?v=CnoJD_ztrGE&list=PL57DA773B4E026F3E&index=7)