

屏東縣第63屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：生活應用與學科(二)

組別：國中組

作品名稱：自製空氣清淨機的探究與改良

關鍵詞：空氣清淨機、空氣淨化、PM_{2.5}

編號：B7011

頁碼

摘要-----	p.2
壹、前言	
研究動機-----	p.3
研究目的-----	p.3
文獻回顧-----	p.4
貳、研究設備及器材-----	p.6
參、研究過程、方法結果-----	p.7
肆、討論-----	p.18
伍、結論-----	p.19
陸、過程回顧及未來展望-----	p.21
柒、參考資料及其他-----	p.21

摘要

空氣汙染的問題日漸嚴重，生活中舉目所見的汽機車都會產生PM_{2.5}及其他有害物質，所以我們設計了實驗一、二來比較物理淨化中靜電有無的差異，透過實驗三比較化學淨化中各光觸媒間轉化有害物質的能力差異，並將上述實驗結果做出我們的空氣清淨機，接著對其進行實用度的探討。

壹、前言

一、研究動機

自工業化以來人類文明社會享受到科技所帶來的諸多便利，然而科技世界的運作與維持卻免不了能源的消耗。隨著人口增加及產業發展，各式各樣的工廠、火力發電廠持續耗能与產能，並在這樣無盡的循環裡不斷排放廢氣。甚至連市井街頭，舉目所見的汽機車也都會產生PM_{2.5}，每天上下學無時無刻都吸入這些骯髒的空氣，不免誘發過敏使我們打噴嚏、流鼻水，長久下來也會傷害身心健康。

由於這些空汙的問題已影響到許多人的生活品質與國人健康，加上空氣清淨機的價格高昂，我們打算動手來製作一個空氣清淨機來維護我們周遭空氣的品質，並發現空氣淨化可以分為物理淨化、化學淨化以及生物淨化，因此我們開始設計一個自己的空氣清淨機並將內部分成二層，第一層是利用濾網來過濾生活中的灰塵、粉塵以及其他大顆粒物質(例如毛髮)，第二層則是利用光觸媒以及紫外線燈條轉化空氣中的PM_{2.5}、甲醛、PM₁₀或其他有害物質成為無害的水以達到空氣清淨機的效果。

二、研究目的與研究架構

- 1.比較上靜電有無，濾網的效果差異
- 2.探討濾網種類不同時(尼龍布、不織布、活性炭布料)效果的差異
- 3.探討當麵粉量增多時能擋下的粉塵是否會隨之增加
- 4.探討給予靜電秒數增加時擋下的粉塵是否隨之增加
- 5.探討單一濾網重複使用五次時過濾效果是否會隨使用次數遞減
- 6.探討當光觸媒不同時(二氧化鈦、二氧化錫、氧化鋅)效果的差異
- 7.探討當附著上光觸媒的重量增加時轉化後PM_{2.5}的數值是否會減少
- 8.自製的空氣清淨機使用後PM_{2.5}的數值是否能達到國家標準

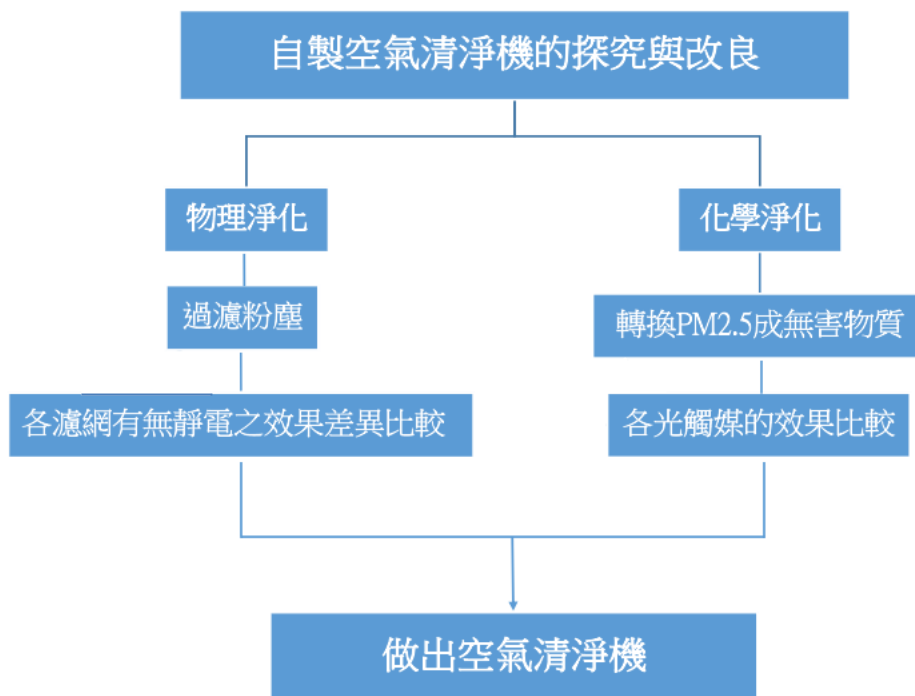


圖1、研究架構圖

三、相關原理和文獻資料

(一)空氣清淨機的基本構造

空氣清淨機可分成被動型與主動型，其中被動型透過吸入空氣並以濾網來過濾有害物質，並利用光觸媒之類的物質將PM_{2.5}、甲醛等有害物質轉換為無害的水或二氧化碳，而主動型則是釋放出離子與空氣中汙染物質吸附或破壞已達到空氣淨化的目的[1]。

空氣淨化方法分為物理方法和化學淨化，物理淨化又分為吸附性過濾—活性炭和機械性過濾—HEPA網和靜電吸附法；化學淨化又分為光催化法、甲醛清除劑和冷觸媒精華。我們將上述內容整理成表格，如下：

表1.空氣清淨方法優缺點

	優點	缺點
活性炭過濾	可以去除一些空氣中的異味、揮發性有機化合物 (VOC) 和化學物質。	過濾器壽命短，成本高且在去除某些類型的細菌方面可能效果不佳。
HEPA過濾	可捕獲小至 0.3 微米的顆粒，包括灰塵、花粉和煙霧。	會增加能源消耗，且價格昂貴且在去除異味、氣體或某些類型的揮發性有機化合物 (VOC) 方面可能效果不佳。

靜電吸附法	使用電荷來吸引和捕獲空氣中的顆粒，例如灰塵、過敏原和污染物。	會產生少量臭氧，可能會加重某些人的哮喘症狀。此外，靜電空氣淨化器在捕獲超細顆粒方面效果有限。
光催化法 (PCO)	低能耗且可以連續運行，可以針對多種污染物(例如:細菌、異味)來進行淨化。	催化劑會隨著時間的流逝而逐漸降低原本的功能，需要頻繁地更換。
甲醛清除劑	可有效去除甲醛且易於使用，成本也較低。	效果有限且只是短期解決方案。
冷觸媒精華	無毒、無腐蝕性、不燃燒，反應生成物為水和二氧化碳，不產生二次污染。	有效性有限且成本昂貴，且實驗數據較少。

上述幾種種淨化法各有優缺，要看使用的目的而選擇用的方式[2]。

(二)PM_{2.5}之介紹

漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱之為懸浮微粒，若粒徑大小 ≤ 2.5 微米的懸浮微粒，稱為細懸浮微粒，也就是PM_{2.5}，單位為微克/立方公尺($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。PM_{2.5}直徑不到一根頭髮粗細的1/28，可穿透肺泡並直接進入血管經血液循環進入全身。這些微粒來源各式各樣，包括工業污染、交通排放、火力發電廠排放、農業灰塵和天然灰塵等。在秋冬季節，由於西伯利亞高壓產生的東北季風使得中國境內的PM_{2.5}也跟著進入台灣，於是台灣的PM_{2.5}的濃度也隨之上升。因為PM_{2.5}易附著於戴奧辛、重金屬等有害物質，所以長期吸入可能引起過敏、肺癌、心血管疾病等疾病。暴露在高濃度PM_{2.5}的環境之下，會提高呼吸道疾病和死亡風險，故對人體及生態的造成的引響是不能忽視的[3, 4]。

空氣品質不佳的來源主要為人類行為造成之影響，來源可分為原生性及衍生性，原生性主要為自然產生及人為製造，衍生性為原生性微粒經由氣體-微粒化學作用或其他化學反應產生。主要成分為硝酸根(氮氧化物)污染物之增加，主要來源為工業、電廠及車輛排放，而車輛排放對近地表氮氧化物貢獻度較高。境外移入造成之空氣污染主要為硫酸根(硫氧化物)污染物之增加[5]。

(三)光觸媒的介紹

光觸媒主要利用二氧化鈦(TiO₂)當催化劑，經過紫外線照射後，光觸媒會把光能轉為化學能促進有機物分解並能還原分解空氣中的甲醛、苯類、氨等鍵結能力降解成對人體無害的小分子及空氣和微粒中的臭味進而達到去污、除臭等功效，表面的細菌等會被破壞變成對

人體無害的CO₂和H₂O，是一種能增加反應速率，而本身並無明顯消耗或改變的物質。不過他無法過濾灰塵且光觸媒在接觸到有機物後淨化需要時間為數秒到數十秒 [2]。常見的光觸媒有很多，其中又以二氧化鈦具有的物理與化學性質穩定且價格低廉等許多優點，在光觸媒中最廣泛使用[6]。

光觸媒在清潔生產應用上十分廣泛，如：光觸媒可把二氧化碳還原成燃料，且其對生成的甲醇、乙醇、甲烷可作為能源使用且二氧化碳還原成碳，沉積在觸媒表面上，燃燒以後，可以使觸媒再生，也可以回收燃燒，所產生的熱亦能當做能源；光觸媒也可利用太陽能分解水產生氫，此作法成本低，且氫氣燃燒之後可還原成水，是個十分乾能源；光觸媒廢水處理，其較難處理有機氯化物，用光觸媒處理可處理一些較難分解性化學物質，且不會有污泥產生，但可能不適合使用於大量廢水的處理等等[6]。

貳、研究設備及器材

實驗一、二之所需材料:壓克力板、熱熔膠槍、雷射切割機、線鋸、尼龍布、不織布、活性炭布料、麵粉、膠帶、吹風機、電子天平、抹布、塑膠盒、三用電表、靜電棒。

實驗三之所需材料: 壓克力板、熱熔膠槍、雷射切割機、二氧化鈦、二氧化錫、氧化鋅、酒精、燒杯、毛筆、紙板、電腦風扇、空氣品質檢測器、線香、打火機、紫外線燈條。

實驗四之所需材料: 壓克力板、熱熔膠槍、雷射切割機、不織布、空氣品質檢測器、紫外線燈條、靜電棒、光觸媒

表2、各實驗所需材料與器材

	所需材料	所需器材
實驗一、二	壓克力板、尼龍布、不織布、活性炭布料、麵粉、膠帶、抹布、塑膠盒	熱熔膠槍、雷射切割機、線鋸、吹風機、電子天平、三用電、靜電棒
實驗三	壓克力板、二氧化鈦、二氧化錫、氧化鋅、酒精、燒杯、毛筆、紙板、線香、打火機、紫外線燈條	熱熔膠槍、雷射切割機電腦風扇、空氣品質檢測器(Andino)
實驗四	壓克力板、紫外線燈條、光觸媒	熱熔膠槍、雷射切割機、不織布、空氣品質檢測器、靜電棒

參、研究過程、方法與結果

實驗一、探究未上靜電的濾網和不同克數麵粉的過濾效果

一、模型準備

步驟 1：利用Autolaser做出雷切圖，再將其上傳至雷切機對壓克力板進行切割

步驟 2：分別將一塊壓克力板(126mm× 126mm×3mm)在中心利用線鋸作一個 10cm×10cm 的正方形，以及在另一塊壓克力板上(126mm× 126mm×3mm)於中心一半徑為2cm 的正圓

步驟 3：將各壓克力板如圖2以熱熔膠槍固定

步驟 4：以瓦楞紙在吹風機無法吹到麵粉的地方做斜坡或擋板(如圖2)，再以熱熔膠槍補強

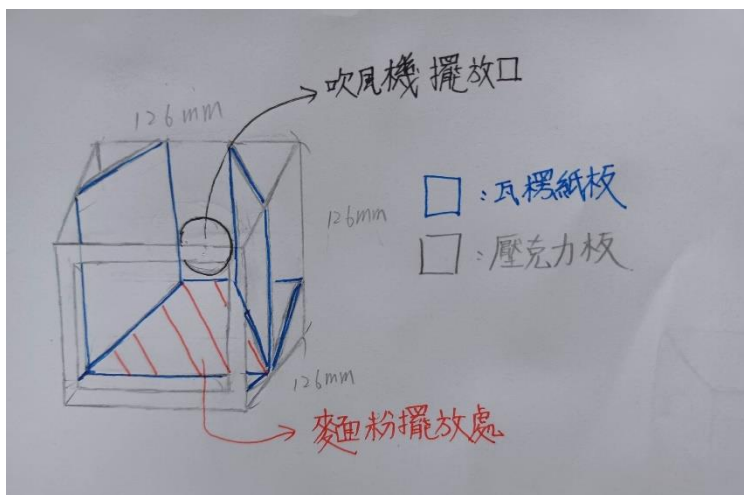


圖2、實驗一、二模型設計圖

二、正式實驗

步驟 1：將濾網(尼龍布、活性炭布料、不織布)放在中心有正方形的壓克力板上，並以膠帶固定以防止粉塵由縫隙中流出，接著測量場所原重量

步驟 2：用電子天平秤量出3g/4g/5g的麵粉，再將其放在斜坡上

步驟 3：將抹布加水放在塑膠盒上，並將其放在抹布前，接著開啟吹風機揚起粉塵

步驟 4：利用電子天平測量過濾後場所之重量並與原重量比較，計算出一共擋下多少粉塵並求其平均(四捨五入至小數第二位)

步驟 5：重複步驟1到步驟4五遍，分析其重複使用的可行性(三重複)

三、實驗結果資料

我們原本構想用馬達黏接塑膠片來揚起麵粉來模擬粉塵飛揚之狀況，但有許多麵粉卡在角落且無法有效的將麵粉揚起，讓風扇吸入使風扇的轉速變慢，期效不佳。於是我們改用吹風機來進行後續實驗，實驗結果如下：

(一) 尼龍布濾網使用次數與麵粉克數之關聯

表3.尼龍布濾網使用次數與麵粉克數關聯

次數	麵粉克數			
	擋下麵粉	3g麵粉	4g麵粉	5g麵粉
第1次		0.57g	0.65g	0.90g
第2次		0.49g	0.51g	0.77g
第3次		0.36g	0.52g	0.65g
第4次		0.39g	0.46g	0.53g
第5次		0.28g	0.34g	0.45g
平均		0.41g	0.48g	0.66g

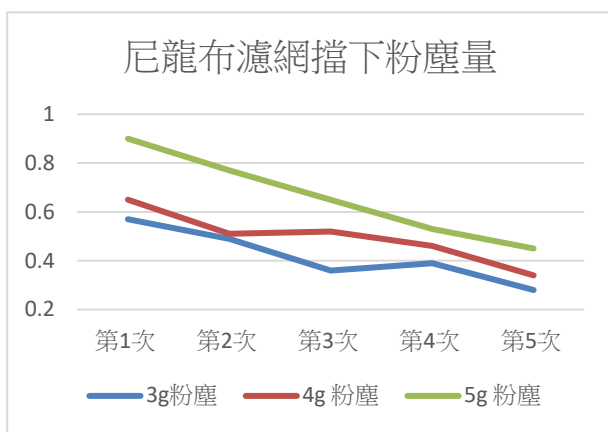


圖3、尼龍布濾網擋下的粉塵量折線圖

(二) 不織布濾網使用次數與麵粉克數之關聯

表4.不織布濾網使用次數與麵粉克數關聯

次數	麵粉克數			
	擋下麵粉	3g麵粉	4g麵粉	5g麵粉
第1次		1.86g	2.28g	2.76g
第2次		1.73g	2.16g	2.63g
第3次		1.67g	2.06g	2.43g
第4次		1.56g	1.87g	2.31g
第5次		1.44g	1.69g	2.26g
平均		1.65g	2.01g	2.47g

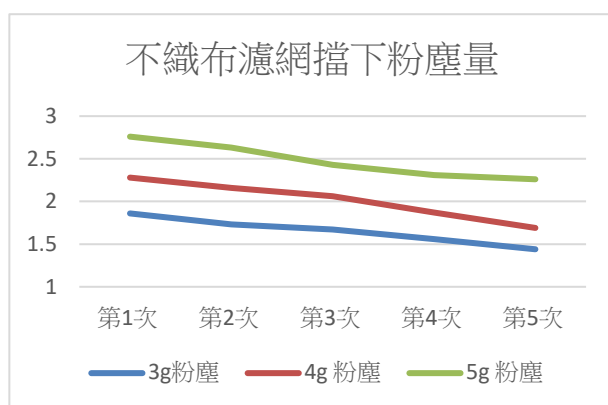


圖4、不織布濾網擋下的粉塵量折線圖

(三) 活性炭濾網使用次數與麵粉克數之關聯

表5.活性炭濾網使用次數與麵粉克數關聯

次數	麵粉克數			
	擋下麵粉	3g麵粉	4g麵粉	5g麵粉
第1次		1.23g	2.34g	3.36g
第2次		1.31g	2.12g	3.12g
第3次		1.09g	1.93g	3.08g
第4次		0.93g	1.71g	2.81g
第5次		0.78g	1.65g	2.72g
平均		1.06g	1.94g	3.01g

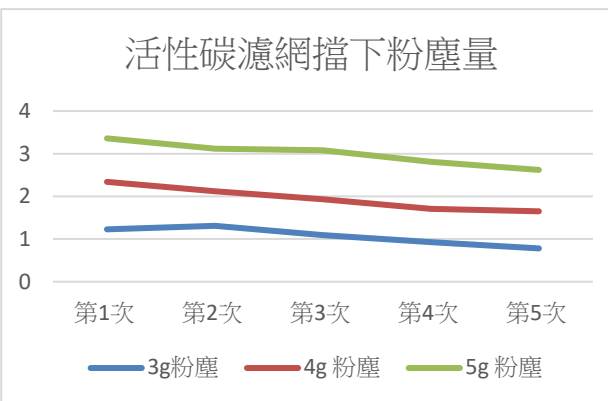


圖5、活性炭濾網擋下的粉塵量折線圖

實驗結果分析

1. 根據上述實驗結果可以得知當麵粉量增加時能擋下的粉塵量也會隨之增加，因此我們推測若空氣中的粉塵增加，則濾網可過濾的粉塵量也會增加。
2. 根據上述實驗結果可以得知不論使用何種材質擋下麵粉克數隨濾網使用次數遞減，且當麵粉克數增加時重複五次後擋下麵粉克數的差異也隨之增加，其中使用3g麵粉時已使用尼龍布重複五次後第一次和平均值相差最少(和平均相差0.16g)與不織布(和平均相差0.21g)和活性碳(和平均相差0.17g)相較重複性較佳推測是因為每使用一次濾網，上頭會殘留些許麵粉濾網能擋住的麵粉的面積減少，導致不論使用何種材質擋下麵粉克數隨濾網使用次數遞減。
3. 根據上述實驗結果使用3g麵粉時，以不織布濾網的效果為最佳(平均擋下1.65克麵粉)和活性碳濾網(平均擋下1.06g)以及尼龍布濾網的效果(平均擋下0.41g麵粉)相差甚遠，推測不織布的孔隙大小小於活性碳的，活性碳的孔隙小於尼龍布的
4. 雖根據實驗結果來說尼龍布的重複性較不織布和活性碳佳，但由於在使用3g麵粉中平均能擋下的粉塵量過少(只有0.41g)，不如不織布和活性碳布料重複使用5次時，可過濾掉的量，所以在沒有靜電時以不織布的過濾效果為最佳。

實驗二、探究有上靜電的濾網和靜電棒開啟不同秒數的過濾效果

一、前置實驗

1. 實驗步驟

步驟 1：取出靜電棒中的電池並利用三用電表測量其電壓

步驟 2：開啟靜電棒15秒重複30次(5秒×5次×3重複 + 10秒×5次×3重複 + 15秒×5次×3重複，共15秒×10次×3重複)，每5次測量一次電壓並記錄實驗結果

2. 實驗結果資料

表6.靜電棒使用次數與電池電壓減少的關聯

	電壓
0次	3.00V
5次	2.99V
10次	2.97V
15次	2.96V
20次	2.95V
25次	2.94V
30次	2.93V

實驗結果分析

由右圖數據可知，靜電棒使用30次後，電池電壓與一開始未測試的相比，電壓變化不大且我們發現電池經休息一陣子之後，伏特量逐漸會恢復。所以我們推測在進行正式實驗時，靜電棒在開始使用到最後一次使用每秒給予的靜電量並無太大差距。

二、正式實驗

步驟 1：將濾網(尼龍布、活性碳布料、不織布)放在中心有正方形的壓克力板上，並以膠帶固定以防止粉塵由縫隙中流出(實驗模型同實驗一)，接著測量場所的原重量

步驟 2：利用電子天平取3g的麵粉，並將其放在斜坡上

步驟 3：開啟靜電棒，並於濾網上不斷來回移動持續5/10/15秒，並以三用電表檢測上頭是否含有靜電

步驟 4：將抹布加水放在塑膠盒上，並將其放在抹布前，接著

開啟吹風機揚起粉塵，並利用電子天平測量實驗後的場所重量與原重量比較，計算出一共擋下多少粉塵，並求其平均(四捨五入至小數第二位)

步驟 5：重複步驟1到步驟4五遍，分析其重複使用的可行性(三重複)



圖6、上靜電過程

三、實驗結果資料

(一)尼龍布靜電濾網使用次數與麵粉克數之關聯

表7. 尼龍布靜電濾網使用次數與麵粉克數關聯

次數	靜電秒數		
	5秒	10秒	15秒
第1次	1.22g	1.00g	1.31g
第2次	1.09g	0.73g	1.11g
第3次	0.92g	0.65g	1.09g
第4次	0.83g	0.53g	0.89g
第5次	0.73g	0.68g	0.67g
平均	0.95g	0.71g	1.01g

尼龍布靜電濾網擋下粉塵量

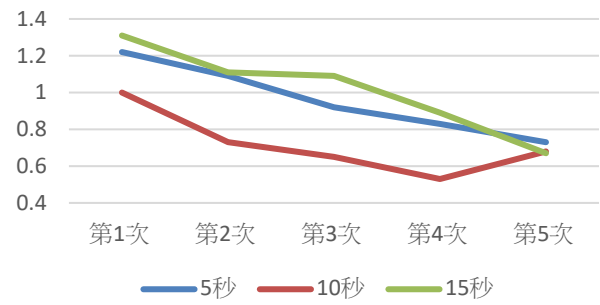


圖7、尼龍布靜電濾網擋下粉塵量之折線圖

(二)不織布靜電濾網使用次數與麵粉克數之關聯

表8. 不織布靜電濾網使用次數與麵粉克數關聯

次數	靜電秒數		
	5秒	10秒	15秒
第1次	2.09g	2.61g	2.24g
第2次	1.87g	2.54g	1.95g
第3次	1.76g	2.39g	1.88g
第4次	1.65g	2.12g	1.70g
第5次	1.44g	1.95g	1.58g
平均	1.76g	2.32g	1.87g

不織布靜電濾網擋下粉塵量

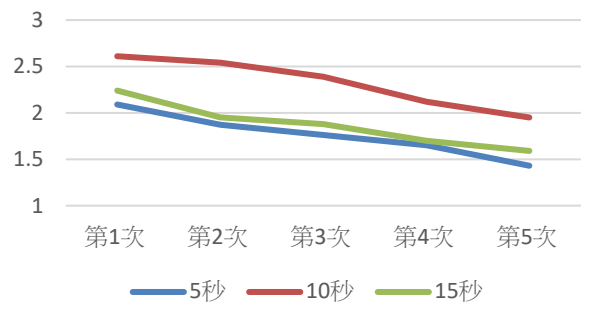


圖8、不織布靜電濾網擋下粉塵量之折線圖

(三)活性炭靜電濾網使用次數與麵粉克數之關聯

表9. 活性炭靜電濾網使用次數與麵粉克數關聯

次數	靜電秒數		
	5秒	10秒	15秒
第1次	2.28g	2.39g	2.23g
第2次	2.11g	2.26g	2.10g
第3次	1.95g	2.11g	1.97g
第4次	1.86g	2.00g	1.85g
第5次	1.60g	1.87g	1.78g
平均	1.96g	2.11g	1.98g

活性炭靜電濾網擋下粉塵量

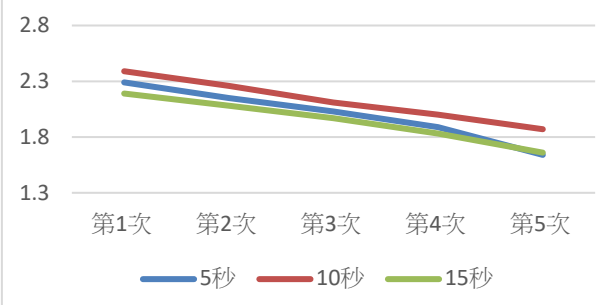


圖9、活性炭靜電濾網擋下粉塵量之折線圖

實驗結果分析

- 1.根據上述實驗結果當靜電棒開啟時間增加時能擋下的粉塵量並不會隨之增加，其中根據可以得知給予尼龍布靜電15秒時效果最佳，而不織布和活性炭布料則是給予10秒靜電時效果最佳，推測是因為尼龍布材質是聚酯纖維，容易吸收靜電棒所給予的靜電。但我們用的不織布和活性炭布料材質皆為聚丙烯(PP)製作，我們推測鍍上10秒的靜電中，布料所能夠吸收的靜電量以達到最大。所以在鍍上15秒的靜電時，布料所能吸收的靜電量達到飽和，使得之後鍍上的靜電較難被布料吸收，導致布料所能過濾掉的粉塵量降低，但也因為布料上所含的靜電大部分都處在飽和狀態，使得布料過濾的粉塵量與其他時間相比較為穩定。
- 2.根據上述實驗結果可以得知不論使用何種材質給予靜電後擋下的粉塵克數隨濾網使用次數遞減，且其中以給予活性炭靜電15秒時，重複五次後與平均相差最少(和平均相差0.25g)遠遠小於給予不織布15秒靜電重複五次後與平均的差(0.37g)，推測是因為每使用一次濾網，上頭會殘留些許麵粉濾網能擋住的麵粉的面積減少，導致不論使用何種材質擋下麵粉克數隨濾網使用次數遞減
- 3.根據上述實驗結果當給予10秒靜電時不織布濾網的效果為最佳(平均擋下2.32克麵粉)和當給予尼龍布濾網10秒靜電時的效果(擋下0.71g麵粉)相差甚遠
- 4.雖根據實驗結果來說給予活性炭15秒時的重複性較不織布和活性炭佳，但由於其在給予靜電後能擋下的粉塵量過少(1.98g)，所以在給予靜電時以不織布的過濾效果為最佳，且給予靜電秒數最佳為10秒

實驗一、二結果總分析

- 1.在實驗一中當麵粉量增加時能擋下的粉塵量也會隨之增加
- 2.在實驗二中當靜電棒開啟時間增加時能擋下的粉塵量並不會隨之增加
- 3.尼龍布重複性不論有無靜電時皆為最佳推測是因為每使用一次濾網，上頭會殘留些許麵粉濾網能擋住的麵粉的面積減少，導致不論使用何種材質擋下麵粉克數隨濾網使用次數遞減

4.在物理淨化中以給予靜電時效果皆優於未給靜電，其中給予10秒靜電時不織布濾網的效果為最佳(平均擋下2.32克麵粉)，而未給予靜電的尼龍布濾網的效果(平均擋下0.41g麵粉)則最差，二者相差甚大

實驗三、不同光觸媒與不同光觸媒板數量對PM_{2.5}數值的影響

一、模型準備

步驟 1：利用Autolaser做出雷切圖，再將其上傳至雷切機對壓克力板進行切割

步驟 2：將各壓克力板和電腦風扇如圖10以熱熔膠槍固定

步驟 3：剪下瓦楞紙板，將其利用熱熔膠槍固定在光觸媒板的預定位置上

步驟 4：將紫外光燈條以S型固定在壓克力板上

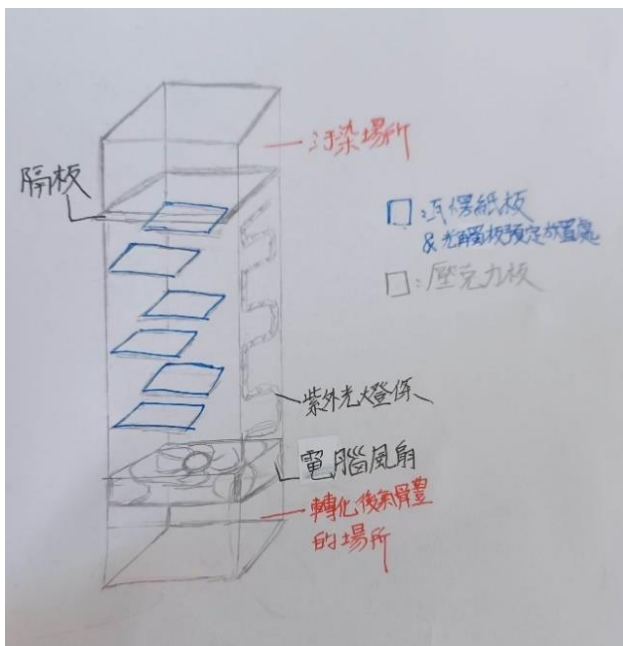


圖10、實驗三、四模型設計圖

二、空氣檢測器製作步驟

1.製作步驟

步驟 1:將排線接上空氣檢測器

步驟 2:把感測器的TXD腳位接上arduino Uno3腳位

步驟 3: 把感測器的RXD腳位接上arduino Uno2腳位，如圖11

步驟 4:將感測器的正負極接到arduiion Uno上

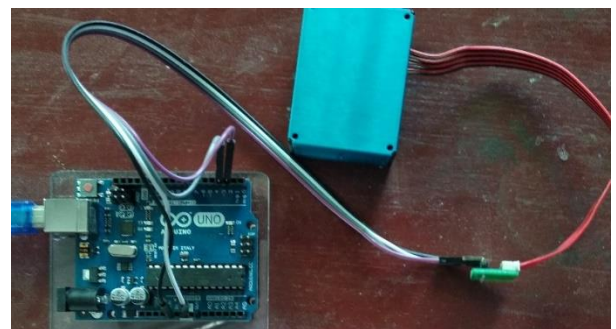


圖11、空氣檢測器

步驟 5:使用mblock撰寫程式，上傳到晶片上即可開始使用。

2.程式示意圖:



圖11、arduino Uno程式



圖12、Panda程式

顯示:



圖13、實際顯示之畫面

三、實驗步驟

步驟 1：將6/12/18g的光觸媒(二氧化鈦、二氧化錫、氧化鋅)與酒精混合，塗抹在板子上。

步驟 2：等待酒精蒸發後如圖放入2/3/6塊光觸媒板(擺放模式如圖14)，並打開光源。

步驟 3：放下隔板並燃燒10秒線香於圖10中的汙染場所。

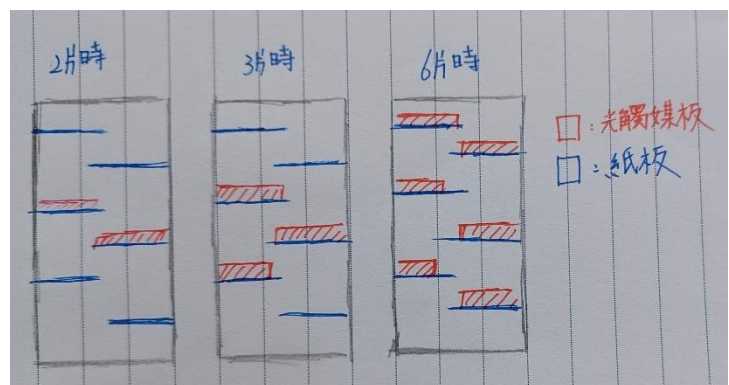


圖14、光觸媒板擺放模式

步驟 4：開啟風扇，待10秒後利用自製空氣品質檢測器記錄轉化後PM_{2.5}之數值，並求其平均

(四捨五入)。

步驟 5：重複步驟1到步驟4(三重複)。

四、實驗結果資料

(一)使用二氧化鈦克數與使用片數的關聯

表9.使用二氧化鈦克數與使用片數的關聯

片數 光觸媒重	2片	3片	6片	平均
6g	2081	2229	1970	2093.33
12g	1989	1223	1098	1436.67
18g	2519	2531	2237	2429

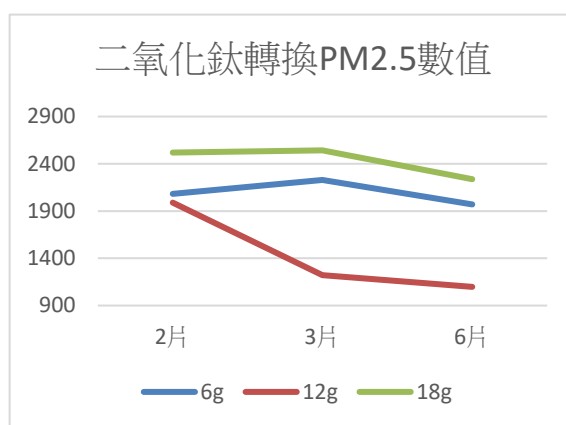


圖15、二氧化鈦轉換PM_{2.5}數值之折線圖

(二)使用二氧化錫克數與使用片數的關聯

表10.使用二氧化錫克數與使用片數的關聯

片數 光觸媒重	2片	3片	6片	平均
6g	1573	2235	2501	2103
12g	1625	2538	2374	2179
18g	2420	2090	1619	2043

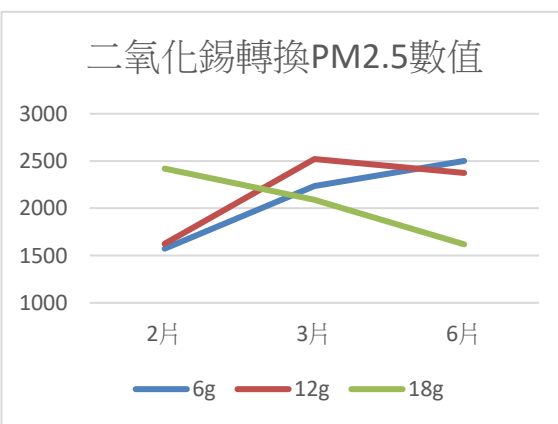


圖16、二氧化錫轉換PM_{2.5}數值之折線圖

(三)使用氧化鋅克數與使用片數的關聯

表11.使用氧化鋅克數與使用片數的關聯

片數 光觸媒重	2片	3片	6片	平均
6g	2041	2120	1431	1864
12g	2164	1993	1850	2002.33
18g	2086	2013	1851	1983.33

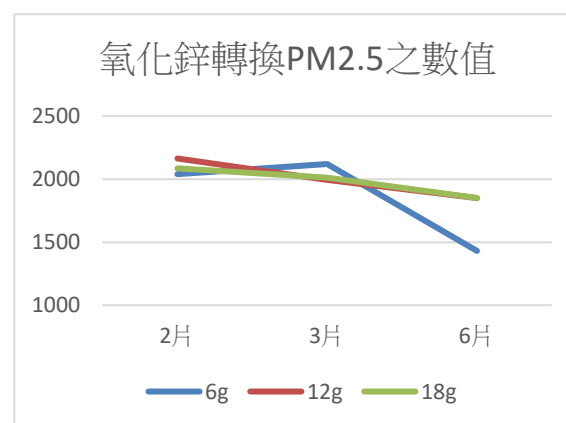


圖17、氧化鋅轉換PM_{2.5}之數值折線圖

實驗結果分析

1. 根據以上實驗，光觸媒的量增加，光觸媒所能過濾的量並不會隨之增加。推測是因為光觸媒是催化對人體有害的物質(如:PM_{2.5})分解成對人體無害之物質，而實驗過程時，每次皆是以平均塗抹的方式塗，所造成接觸於有害物質之表面積無法下降太多，所過濾的PM_{2.5}的量也無法有效的提升，導致實驗數據相差不大。
2. 不論是使用何種光觸媒當其重量為12g時效果為最佳，若以使用12g時來比較三者光觸媒的效果，由上述實驗結果可以得出二氧化鈦的效果 > 氧化鋅的 > 二氧化錫的。
3. 在化學淨化中以使用12g二氧化鈦，分散成6片時的效果為最佳(轉化後數值為1098ug/m³) 和使用12g二氧化錫，分散成3片時的效果(轉化後數值為2538ug/m³)相差甚大。
4. 在此實驗中，我們所檢測出來之數值皆是在光觸媒只照光10~20秒之時間，因為若是無法在短時間內照光來快速進行反應，則會浪費許多時間和能源來進行轉化。

實驗四、自製空氣清淨機的實用度探討

一、實驗步驟

步驟 1：將實驗一、二與實驗三的結果分析，得出物理淨化中給予10秒靜電時不織布濾網的效果為最佳和化學淨化中使用12g二氧化鈦，並將其分散在六片壓克力板上時的效果最佳，並將此組合設計於自製的空氣清淨機上。

步驟 2：將其放於一密閉空間，如

圖18，並持續燒線香二分鐘使其內部充滿PM_{2.5}。

步驟 3：利用自製空氣檢測器測量每五分鐘內部PM_{2.5}並每五分鐘記錄一次PM_{2.5}的數值化，共重複6次。



圖18、空氣清淨機與密閉容器

二、實驗結果資料

0分鐘	5分鐘	10分鐘	15分鐘	20分鐘	25分鐘	30分鐘
2473	2246	1496	902	446	225	36

表12.使用數值與PM_{2.5}數值的變化

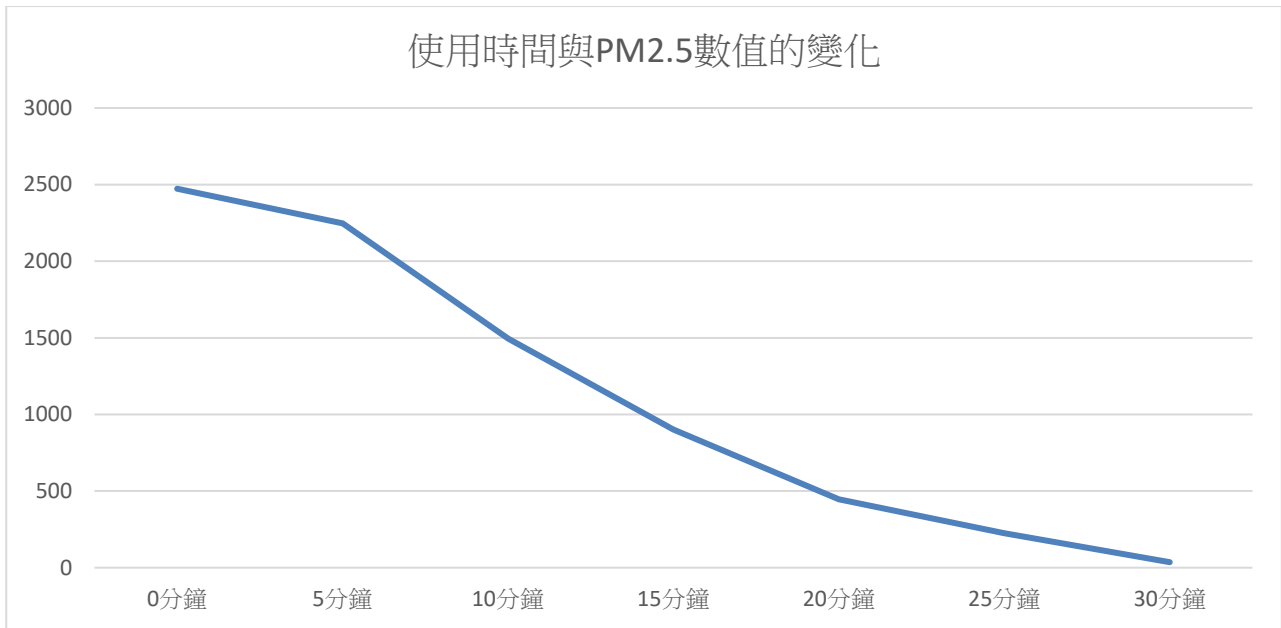


圖18、使用時間與PM_{2.5}數值之變化折線圖

實驗結果分析

- 1.根據上述實驗結果一開始0~5分鐘時以及最後20~25分鐘時，下降的趨勢並不明顯，但在0~10分鐘時數值大幅度下降，從2246ug/m³~1496ug/m³，相差了750ug/m³，推測可能是因為光觸媒照射紫外線時，需耗費一些時間吸收紫外線所給予的能量，所以只剩部分光觸媒能轉化PM_{2.5}，因而導致轉化效果較差。而在5~20分鐘時，由於光觸媒已經差不多吸收完全紫外線所給予的能量，所以轉化效果最好。而在之後的時間，由於PM_{2.5}濃度降低，每次PM_{2.5}所碰到光觸媒模板的數量減少，因而導致轉化PM_{2.5}的數量也隨之減少，使得轉化效果變差。因此我們也能因此推論，若初始的PM_{2.5}數值增加使實驗繼續下去，則之後的PM_{2.5}轉化效果也會隨之降低。
- 2.根據上述實驗結果可以得知隨著使用時間的增加數值從PM_{2.5}原先的2473ug/m³至使用30分鐘時的36ug/m³，數值大幅下降，證明此空氣清淨機確實能有效過濾空氣中有害物質。

肆、討論

一、針對實驗一、二，我們討論如下:

- (一)不論濾網更換成何種材質，當麵粉量從3g增加至4g或5g時能擋下的粉塵量也都會隨之增加，因此我們推測若空氣中的粉塵增加，則濾網可過濾的粉塵量也會增加。
- (二)不論濾網更換成何種材質，擋下麵粉克數隨著濾網使用次數遞減，且在實驗一中第一次實驗擋下的麵粉量與平均的差到實驗二中明顯上升，推測當能過濾掉的粉塵量增加時每使用一次濾網，上頭會殘留的粉塵量就會增加，濾網能擋住的麵粉的面積即減少，導致不論使用何種材質擋下麵粉克數隨濾網使用次數遞減，又因為靜電使能擋下的粉塵量增加，導致重複性降低。
- (三)在實驗一使用3g的麵粉中以尼龍布的重複性最佳，但在實驗二中已給15秒的活性炭重複性較佳。
- (四)在物理淨化中以給予靜電時效果皆優於未給靜電，其中給予10秒靜電時不織布濾網的效果為最佳(擋下2.32克麵粉)，而未上靜電尼龍布濾網的效果(擋下0.41g麵粉)則最差，即使是以未上靜電的不織布(平均擋下1.65g)與其比較，二者仍相差甚大。

二、針對實驗三，我們討論如下:

- (一)光觸媒的量增加，光觸媒所能轉化的量並不會隨之增加，可以得知若光觸媒的使用重量和面積一同增加則轉化的量才隨之增加，不論是量或是接觸表面積必須同時擁有。
- (二)轉化PM_{2.5}之效果:二氧化鈦 > 氧化鋅 > 二氧化錫。
- (三)在化學淨化中以使用12g二氧化鈦，分散成6片時的效果為最佳。
- (四)在此實驗中，我們使用線香來製造PM_{2.5}及有害物質，而線香燃燒會產生丙烯、苯、甲苯、二甲苯、甲醛、丙酮、氯甲烷、一氧化碳、二氧化碳等，而二氧化鈦可將此有害物質進行轉化產生對人體無害之物質。

三、針對實驗四，我們討論如下:

- (一)當光觸媒照射紫外線時需耗費一些時間吸收紫外線所給予的能量，所以只剩部分光觸媒能轉化PM_{2.5}，因而導致轉化效果較差。而在5~20分鐘時，由於光觸媒已經差不多吸收完全紫外線所給予的能量，所以轉化效果最好。而在之後的時間，由於PM_{2.5}濃度降低，每次PM_{2.5}所碰到光觸媒模板的量減少，因而導致轉化PM_{2.5}的數量也隨之減少，使得轉化效果變差。因此我們也能推論，若初始的PM_{2.5}數值增加使實驗繼續下去，則之後的PM_{2.5}轉化效果也會隨之降低，但仍可證明此空氣清淨機有轉化空氣中有害物質之能力。

伍、結論

- (一) 當麵粉量增加時能擋下的粉塵量也會隨之增加，其中以使用3g麵粉時已使用尼龍布重複五次後第一次和平均值相差最少，得知在未給予靜電的前提下尼龍布重複性最佳。
- (二) 在使用3g麵粉且未給予靜電時，以不織布濾網的效果為最佳，其次為活性碳，最後為尼龍布。
- (三) 綜合(一)、(二)點，尼龍布的重複性較不織布和活性碳佳，但由於平均能擋下的粉塵量較不織布來說過少所以在沒有靜電時以不織布的過濾效果為最佳。
- (四) 當靜電棒開啟時間增加時能擋下的粉塵量並不會隨之增加，其中以給予活性碳靜電15秒時，重複五次後與平均相差最少，可以得之在給予靜電後活性碳布料的重複性較佳。
- (五) 當給予不織布濾網10秒的靜電，其效果為最佳，其次為活性碳，最後為尼龍布。
- (六) 綜合(四)、(五)點，給予靜電後活性碳布料的重複性較佳其，但在給予靜電後能擋下的粉塵量相較給予不織布10秒靜電的效果過少所以在給予靜電時以不織布的過濾效果為最佳，且給予靜電秒數最佳為10秒。
- (七) 綜合(一)~(六)點，得知在物理淨化中以給予靜電時效果皆優於未給靜電，其中給予10秒靜電時不織布濾網的效果為最佳。
- (八) 光觸媒的量增加，光觸媒所能過濾的量並不會隨之增加，不論是使用重量或是接觸表面積必須同時擁有才能使轉化效果進一步增加。
- (九) 不論是使用何種光觸媒當其重量為12g時效果為最佳，若以使用12g時來比較三者光觸媒的效果，由上述實驗結果可以得出二氧化鈦的效果 > 氧化鋅的 > 二氧化錫的，其中在化學淨化中以使用12g二氧化鈦，分散成6片時的效果為最佳。
- (十) 當光觸媒照射紫外線時需耗費一些時間吸收紫外線所給予的能量，所以只剩部分光觸媒能轉化PM_{2.5}，因而導致轉化效果較差。而在5~20分鐘時，由於光觸媒已經差不多吸收完全紫外線所給予的能量，所以轉化效果最好。而在之後的時間，由於PM_{2.5}濃度降低，每次PM_{2.5}所碰到光觸媒模板的量減少，因而導致轉化PM_{2.5}的數量也隨之減少，使得轉化效果變差。因此我們也能推論，若初始的PM_{2.5}數值增加使實驗繼續下去，則之後的PM_{2.5}轉化效果也會隨之降低。
- (十一) 此空氣清淨機確實能有效過濾空氣中有害物質。

陸、過程回顧及未來展望

一、過程回顧

(一) 探究過程遭遇的問題

1. 原先我們使用模型黏著劑來固定個壓克力板，但因為黏著力太差且所需等待時間過久所以我們改用熱溶膠槍。
2. 我們原本構想用馬達黏接塑膠片來揚起麵粉來模擬粉塵飛揚之狀況，但有許多麵粉卡在角落，期效不佳。於是我們改用吹風機來進行後續實驗。
3. 在最初我們使用粉筆灰來產生粉塵，但由於書寫黑板浪費太多時間且顆粒大小不太一致，所以我們才改用現成的麵粉。
4. 舊版偵測器的程式一直出問題，無法順利偵測PM_{2.5}濃度，因此在請教老師後改使用另一種偵測器，程式打寫方面也從Arduino IDE變成mblock。
5. 在實驗三中原先在燃燒線香後要測量員場所PM_{2.5}的數值，但由於我們只有一顆檢測器，且在偵測器從污染場所改換至轉化後氣體的長所時，過程不論是在打開哪個場所時皆會造成測得數值的不準確。因此我們將偵測器只改放於轉化後的場所，而固定實驗時，於污染場線香燃燒的時間，使得每次實驗污染場的PM_{2.5}濃度固定，以利於之後實驗。

二、未來展望

- (一) 目前能研究的項目有限，希望未來不論是濾網材質或是光觸媒種類都能做延伸的研究。
- (二) 希望未來能對每種濾網材質上頭保有靜電的時間或是改變紫外光燈調提供的能量這兩方面進行研究。
- (三) 希望可以找出能最大化利用紫外線能量的光觸媒。
- (四) 希望未來能有更多時間將光觸媒板的擺放方式做更進一步的探討，或許這也會影響最終實驗結果。

柒、參考資料及其他

1、大人物：【資訊圖表】面對空汙積極出招，空氣清淨機技術怎麼看！

<https://www.damanwoo.com/node/90927>

2、空氣淨化是物理淨化好還是化學淨化好

<https://www.inhistory.cc/a/202102/81787.html>

3、PM2.5是什麼？

https://www.ptepb.gov.tw/News_Content.aspx?n=718A4BD53437A014&sms=29841AE05DB47DEF&s=68C1422CF4E98D1D

4、PM2.5對我們健康有什麼危害？

https://www.ptepb.gov.tw/News_Content.aspx?n=718A4BD53437A014&sms=29841AE05DB47DEF&s=D812E11F0D2BFBD3

5、中華民國第 57 屆中小學科學展覽會：處處「霾」伏-探討模擬PM2.5擴散及改善之研究

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-032921.pdf?994>

6、淺談光觸媒技術於清潔生產之應用

<https://proj.ftis.org.tw/eta/epaper/PDF/ti066-2.pdf>

7、中華民國國家標準CNS：空氣清淨機試驗法(Testing method for air cleaner)

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.iatepe.org.tw/upload/20190610-1.pdf&ved=2ahUKEwjL1trV_7T9AhVGNt4KHc_1B_UQFn0ECCEQAQ&usg=AOvVaw3sHhdKvNCEi6TaYw_1GWIM