

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030815

「果」然「罩」得住

學校名稱：高雄市立五福國民中學

作者： 國二 陳冠辰 國一 李翊逸 國一 謝東諭	指導老師： 陳佳琪 余尚芸
---	-----------------------------

關鍵詞：自製即時偵測儀器、果皮、PM2.5

摘要

生物吸附是利用某些死亡動植物體來鍵結、吸附的技術。其特點為來源取得容易、價錢低廉，而且吸附殘渣易經由焚化法妥善處置、減少廢棄物量。本實驗主要在探討烘乾後的果皮對吸附空氣中懸浮粒子的效果，結果發現：使用平板式衛生紙的果皮濾心效果較好。為了改善濾心保存問題我們以化學處理流程來改善，並進行材質鹼化等處理。除了對丙醛及乙醇有相當好的吸附效果外，以太白粉替代粉塵也能有良好效果，達到綠能、環保的效果。

我們自製儀器搭配Arduino裝置，能有效偵測並且吸附乙醇及丙醛氣體，最後建立一台即時偵測檢測儀器能吸附有害氣體的循環系統，800秒能有效吸附PM2.5濃度為 $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

壹、研究動機

環保署於105/11/30宣布空汙指標「PSI」及「PM2.5」，實施「AQI」空氣品質指標（Air Quality Index），新增橘色等級，並分成綠、黃、橘、紅、紫及褐紅色等六個等級。當指標達橘色以上時就需減少戶外活動及戴口罩。最近空氣中PM2.5濃度很高，出門時若不戴口罩對肺部健康造成很大的傷害。在家中若要使環境的空氣好一些，又得額外花錢買空氣清淨機…等。於是激起我們想為自己改善周遭環境的念頭，便開始從容易取得的物品著手。市面上有許多過濾效果不錯的口罩及空氣清淨劑，其主要成分為纖維素，因此，我們想利用臺灣常見水果，如橘子、柳丁、檸檬…等果皮自製空氣淨化濾心，探討是否能有效吸附空氣中的懸浮微粒及有害氣體，並配合自製簡易即時循環檢測儀器偵測，於是進行以下研究…

貳、研究目的

- 一、探討不同種類衛生紙對製作果皮濾心的影響
- 二、探討不同果皮濾心，其顆粒外觀及使用效果影響
- 三、探討不同果皮濾心烘乾後，吸附空氣中的懸浮粒子及有害氣體的效果
- 四、探討果皮濾心進行鹼化後，對吸附空氣中的懸浮粒子及有害氣體的效果
- 五、探討自製果皮濾心在不同條件下的最佳吸附情形
- 六、探討自製果皮濾心吸附乙醇及丙醛隨時間的變化關係
- 七、探討自製儀器配合Arduino裝置吸附乙醇及丙醛的情形
- 八、探討自製循環即時偵測儀器Arduino裝置吸附PM2.5的情形
- 九、探討利用自製循環即時偵測儀器+Arduino裝置，偵測果皮濾心濾心吸附PM2.5效果
- 十、探討自製循環即時偵測儀器Arduino裝置吸附PM2.5的情形

參、研究設備及器材

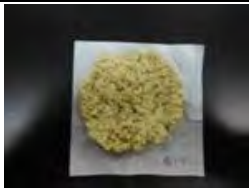



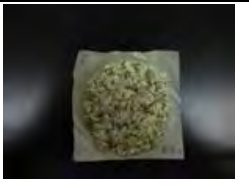
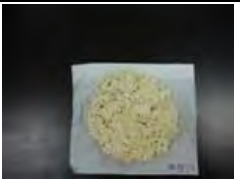
一、實驗器材與藥品：

燒杯	電子秤	量筒	玻棒	刮杓
篩子	培養皿	尺	照像機	溫度計
秤量紙	防潮箱	電風扇	微波爐	針筒
鑷子	研鉢及杵	刮杓	蒸發皿	烘箱
保鮮膜	熱水瓶	保鮮盒	打氣筒	滴定管
軟木塞	氣壓計	三通閥	玻璃瓶	分光光度計
抽取式衛生紙	滾筒式衛生紙	平板式衛生紙	自製吹粉塵的箱子	果汁機
氣體偵測器	三用電錶	電池	麵包板	Arduino

二、實驗藥品&水果：

橘子	柳丁（黃）	柳丁（綠）	檸檬	活性炭
95%乙醇溶液	太白粉	乾燥劑(Fe粉)	丙醛	凡士林
過錳酸鉀	氫氧化鈉			

三、自製濾心

橘子濾心	橘子濾心	橘子濾心
		
柳丁（黃）濾心	檸檬濾心	柳丁（綠）濾心
		

肆、實驗流程

實驗一：探討不同種類衛生紙對製作果皮濾心的影響



實驗二：探討不同果皮濾心，其顆粒外觀及使用效果影響



自製濾心不好好保存的話，很容易發霉，而且有可能成為昆蟲的食物，造成反效果。於是放置乾燥劑，並定期檢查。



實驗三：探討烘乾後的果皮對吸附空氣中懸浮粒子的效果



實驗四：探討烘乾後的果皮對吸附空氣中有害氣體的效果



實驗五：探討果皮濾心進行鹼化後，吸附空氣中的懸浮粒子及有害氣體效果



實驗六：探討果皮濾心吸附空氣中乙醇及丙醛隨時間變化情形



實驗七：探討自製偵測器對隨時間變化的吸附情形



實驗八：利用自製儀器裝置Arduino偵測器，檢測乙醇的吸附效果



實驗九：利用自製儀器配合+Arduino裝置，偵測果皮濾心吸附PM2.5效果



實驗十、探討自製循環即時偵測Arduino裝置吸附PM2.5的情形



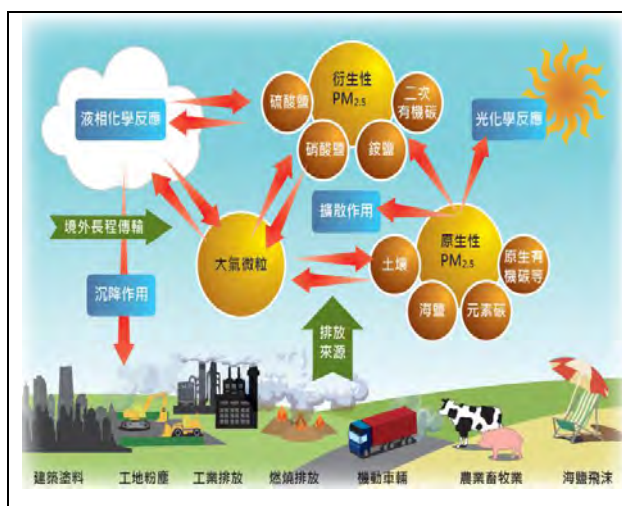
結論

伍、文獻探討

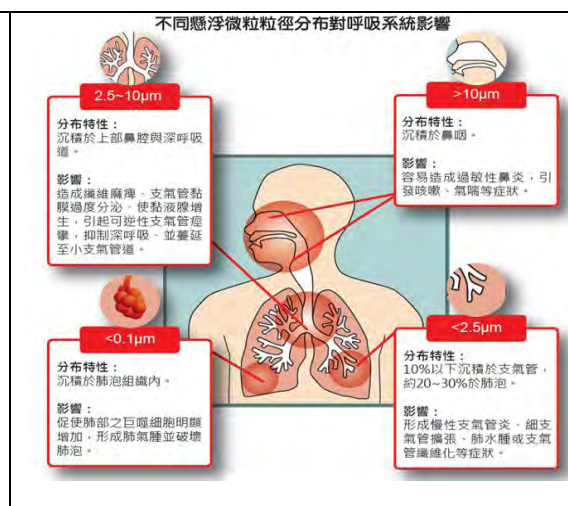
一、PM2.5(主要成分為硫酸鹽、硝酸鹽及銨鹽):

懸浮顆粒或稱懸浮粒子，泛指懸浮在空氣中的固體顆粒或液滴，顆粒微小肉眼難以辨識，但仍有尺度的差異。在環境科學中，人類活動造成的過量顆粒散布與懸浮為空氣污染的主要指標之一，但可能造成生物體不適或影響生態及能量圈循環範圍涵蓋尺度廣泛，從水霧、塵埃、花粉、皮屑、過敏源、霾；人為排放廢氣、灑布農藥、肥料、以及廢棄物如畜牧的糞便遇風揚塵等(圖1)，一直到前驅物在大氣環境中經過一連串極其複雜的化學變化與光化反應後形成硫酸鹽、硝酸鹽及銨鹽。

其中，直徑小於或等於10微米的懸浮粒子稱為可吸入懸浮粒子(PM10)；直徑小於或等於2.5微米的懸浮粒子稱為細懸浮粒子(PM2.5)，例如室內的二手菸霧。懸浮粒子能夠在大氣中停留很長時間，並可隨呼吸進入體內，積聚在氣管或肺中，影響身體健康(圖2)。



▲圖1 PM2.5生成與流動



▲圖2 不同懸浮微粒粒徑分布對呼吸系統的影響



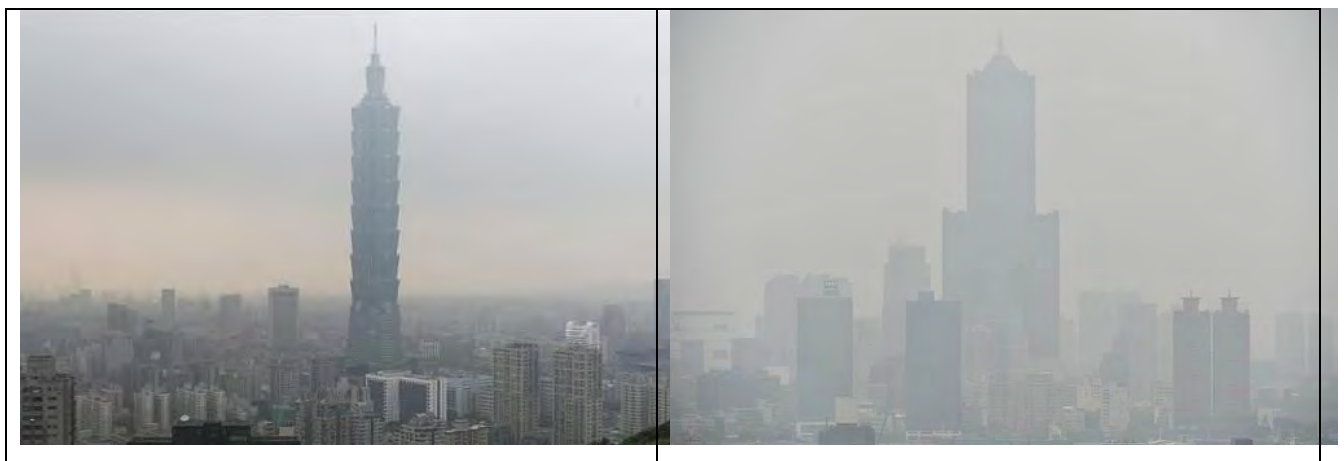
▲圖3 近年來空氣PM2.5濃度含量 (加入資料來源)

二、霾

霾（又稱灰霾、煙霧或霧霾，香港稱為煙霞）是一種由固體顆粒形成的空氣污染，其核心物質是空氣中懸浮的灰塵顆粒，氣象學上稱為氣膠顆粒。霾中含有數百種大氣化學顆粒物質，它們在人們毫無防範的時候侵入人體呼吸道和肺葉中，從而引起呼吸系統疾病、心血管系統疾病、血液系統、生殖系統等疾病，諸如咽喉炎、肺氣腫、哮喘、鼻炎、支氣管炎等炎症，長期處於這種環境還會誘發肺癌、心肌缺血及損傷；霧霾的危害如同吸菸。而霾也常常引發交通事故。霾的成因與逆溫層的出現有關。在一般情況，地面氣溫較半空為暖，因此空氣會上升並在半空散開。但若上升的暖空氣遇到逆溫層的出現時，空氣不能上升而造成累積，形成霾(圖4)。

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 _{2.5} 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	>71
敏感性族群 活動建議	正常戶外活動。			有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童感受到症狀時，應考慮減少體力消耗，特別是減少戶外活動。			1. 有心臟、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. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。		1. 有心臟、呼吸道及心血管的成人與孩童，以及老年人應避免體力消耗，特別是避免戶外活動。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	

▲圖4 PM2.5濃度指標對照表（加入資料來源）



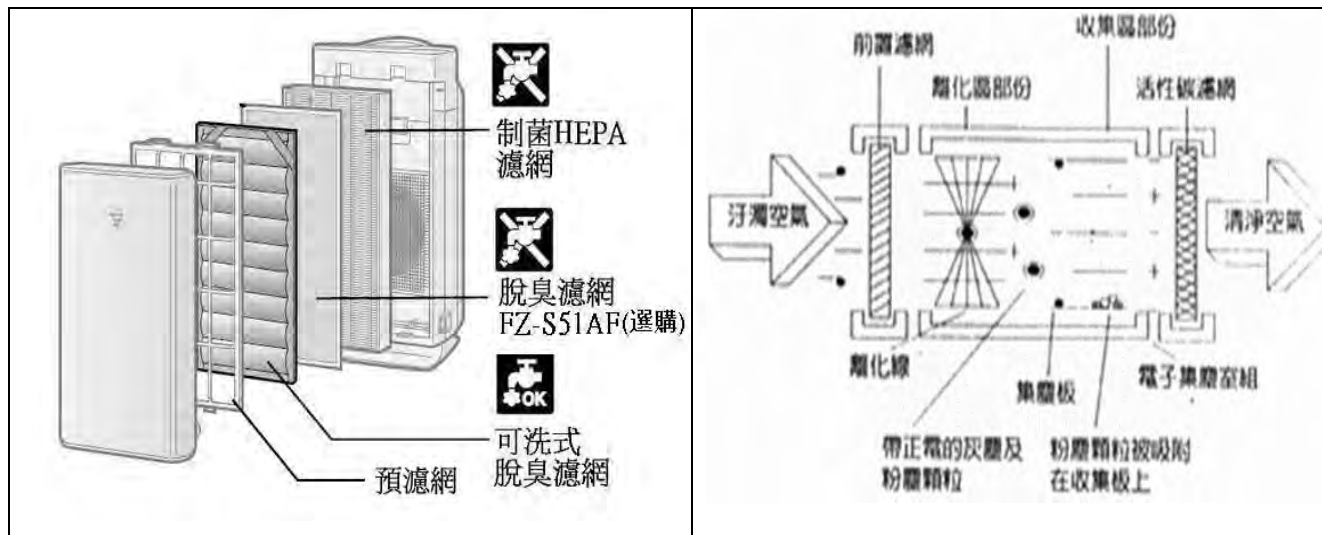
▲圖4-1 霾害帶來的景象(台北)

▲圖4-2 霾害帶來的景象(高雄)

三、常見需氣體淨化場所及裝置:

- (1)空氣淨化 (2)口罩 (3)濾毒罐 (4)化工品儲存排氣淨化 (5)汽車尾氣淨化
(6)PTA氧化裝置淨化氣體 (7)污水處理場排氣吸附 (8)空氣清淨機

四、空氣清淨機(圖5、圖6):



▲圖5 空氣濾清結構圖

▲圖6 空氣濾清如何過濾空氣圖

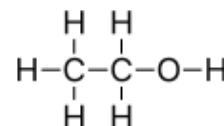
五、活性炭及CPZ濾網:

活性炭及CPZ濾網對於除臭及吸收有害氣體都有相當的效果，其中CPZ濾網除了有活性炭外還有沸石及過錳酸鉀，效果更好；但是要過濾懸浮微粒還是要使用HEPA等其他種類的濾網才行。優點是安全有效，缺點是更換成本高。

六、相關試劑

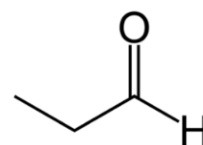
1.乙醇（結構簡式： $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ）

是醇類的一種，是酒的主要成份，俗稱酒精，有些地方俗稱火酒。化學結構通常縮寫為 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 或 EtOH ，Et代表乙基。乙醇易燃，是一常用的燃料、溶劑和消毒劑，也用於有機合成。工業酒精含有少量有毒性的甲醇。醫用酒精主要指體積濃度為75%左右（或質量濃度為70%）的乙醇，也包括醫學上使用廣泛的其他濃度酒精。



2.丙醛(化學式 $\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}$)

丙醛是三個碳的醛，分子式為 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ 。它是丙酮的同分異構體，室溫下為無色液體，略微帶有刺激性的水果氣味。分子量:58.0791 g/mol。熔點:-81 °C (192 K)，沸點:48 °C (321 K)。醛的性質大不相同，其具體性質取決於醛的分子大小。小分子的醛類大多易溶於水，如：甲醛、乙醛。揮發性醛大多具有刺激性氣味。工業中有兩種醛非常重要：甲醛和乙醛。它們有複雜的化學特性，因為兩者都具



有形成低聚物或多聚物的傾向。它們還可發生水合，形成偕二醇。多聚物與低聚物和其母體醛分子存在著化學平衡。本實驗主要因甲醛為「已知人類致癌物」，對人體有毒性，故改成丙醛。

陸、實驗步驟與結果

實驗一：探討不同種類衛生紙對製作果皮濾心的影響

一、紙的特性：

A、面紙

化妝及清潔用之薄紙，其原料多為漂白化學紙漿及螺縲紙漿，而加工成皺紋狀其特性為不易撕裂、富柔軟性、不易起毛、具耐濕性，且不可含有可遷移性螢光劑。以100%漂白化學漿製造，不加膠，但加不脫粉劑，吸水性佳。單層或多層，基重約在12~15克/平方公尺，所添加化學藥品，需符合衛生法令之規定。供擦拭人體用。

B、餐巾紙

用餐時代替餐巾所用之紙張，一般為100%原生化學紙漿或摻用部份原生機械木漿，同樣不得含有可轉移性之螢光劑。以100%紙漿或經脫墨之漂白再生紙漿或摻用部份原生機械漿抄製起縐而不加膠，吸水性良好之紙，常經壓花，截切成不同尺寸之矩形，單、雙或三層相疊。供餐桌上使用。

C、廚房紙巾

使用漂白化學紙漿添加濕強劑製成有皺紋之紙張，供替代手巾於廚房擦拭用。總基重約在30克/平方公尺以上，不加膠，加有濕強劑，吸水性佳，供廚房用。

D、擦拭紙巾

配料不限漂白漿及脫墨漂白漿，不加膠，加有濕強劑，吸水性佳，亦有加除塵劑者，基重約在45克/平方公尺以上，供擦手用或為抹布之替代品。

E、吸水紙









以100%漂白紙漿或摻以脫墨漂白漿抄製，不加膠，吸水性佳，可供衛生棉吸收層之用。

二、實驗步驟：

- 1.將水(200 mL)及衛生紙(平板式、抽取式、滾筒式各5張)放入果汁機攪拌30秒。
- 2.再將橘子果皮(25 g)放入，再攪拌1分鐘。
- 3.倒入篩網先初步將水濾乾。

4. 放到培養皿定型。
5. 用微波爐將其完全烘乾（5到10分鐘）。

三、實驗結果：

成品橘子			
	平板式	滾筒式	抽取式
編號1			
重量(g)	1.930 g	3.105 g	2.280 g
編號2			
重量(g)	3.290 g	3.885 g	1.760 g
編號3			
重量(g)	2.240 g		2.630 g

▲圖7 各種果皮成品圖

四、結果討論：

1. 加入平板式衛生紙做出來的橘子果皮瀘心效果較其他紙類佳，乾燥後易定型不易分散且外觀較均勻，每張橘子皮果瀘心不論製作重量大小，都能穩定成形。
2. 加入滾筒式衛生紙所做出來的橘子果皮瀘心，其體積相較其他紙張的橘子皮瀘心小，而表面顏色較深，較不均勻，乾燥後會有分散且破損的情形。
3. 加入抽取式衛生紙做出來的橘子果皮瀘心表面不易定型，果皮在乾燥時，衛生紙比較容易沉澱，有厚薄不均的情形，且在烘烤乾燥後，比其他紙類容易焦掉，表面顏色較深。

實驗二：探討不同果皮濾心，其顆粒外觀及使用效果影響

Part1









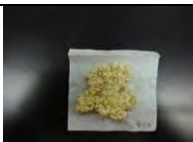
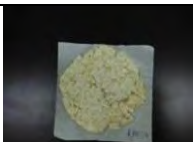
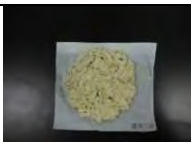

一、實驗步驟：

- 1.將水(200 mL)及衛生紙(平板式5張)放入果汁機攪拌30秒。
- 2.再將果皮(25 g)放入，再攪拌1分鐘。
- 3.倒入篩網先初步將水濾乾。
- 4.放到培養皿定型。
- 5.用微波爐將其完全烘乾（5到10分鐘）

二、實驗結果：

表1 不同果皮製作濾心

	橘子	柳丁（黃）	柳丁（綠）	檸檬
水量（mL）	200	200	200	200
衛生紙(張(重量))	5(1.650 g)	5(1.650 g)	5(1.650 g)	5(1.650 g)
果皮重量（g）	25	25	25	25

成品				
	橘子	柳丁（黃）	柳丁（綠）	檸檬
編號1				
重量(g)	1.930	3.870	4.030	4.060
編號2				
重量(g)	3.290	2.285	2.400	2.060
編號3				
重量(g)	2.240	2.700	1.950	2.200

▲圖8 各種果皮成品圖

三、結果討論：





- 1.如果同時將衛生紙與果皮一同放入果汁機攪拌，即使長時間也無法讓果皮與紙張攪拌均勻，烘乾後，常會發現上半部較多果皮，而下半部較多衛生紙。
- 2.檸檬皮做成的濾心容易散開、顆粒也比較大。
- 3.柳丁皮做成的濾心顆粒比較小，較細緻。
- 4.加入的紙類數量過少，會導致果皮過薄，不易拿取，容易破掉。
- 5.為了改善在製作濾心時果皮及紙張分佈不均的情形，除了要改善攪拌時間長短及攪拌方式外，也為了有效定型果皮濾心的形狀(方便後面實驗進行檢測)，我們進行果皮濾心製作改進實驗(part2)。









Part2(延續實驗)

一、實驗步驟：

- 1.將水(200 mL)及衛生紙(平板式5張)放入果汁機攪拌30秒(先把紙和水打均勻)。
- 2.再將果皮(25 g)放入，再攪拌1分鐘。
- 3.倒入篩網先初步將水濾乾(如果太乾的話很容易散開)。
- 4.放到培養皿定型(需鋪秤量紙，為了方便將濾心分離)。
- 5.培養皿定型，用重物將多餘的水分壓出來(烘乾後比較不會散開)。
- 6.用微波爐將其完全烘乾（5到10分鐘）。

二、實驗結果：

成品(剛開始的改良版)				
	橘子	柳丁(黃)	柳丁(綠)	檸檬
編號1				
重量(g)	1.930 g	3.870 g	4.030 g	4.060 g

編號2				
重量(g)	3.290 g	2.285 g	2.400 g	2.060 g
編號3				
重量(g)	2.240 g	2.700 g	1.950 g	2.200 g

▲圖9 各種果皮成品圖

三、結果討論：

改良前：果皮濾心大多鬆散，不易成型。

改良後：以200克水、25克果皮及5張衛生紙做出的濾心較堅固。

- 1.果皮濾心在改良前大多鬆散，分佈不均且不易成型；而改良後，除了濾心較堅固外，且表面平整，分佈均勻，在乾燥烘烤後，除不易烤焦外，也容易定型。
- 2.由上圖得知，檸檬皮做成的濾心顆粒較其他果皮大，濾心很容易就散開。因此為了有效改善此現象，我們利用重物及模具進行定型，再烘乾，即可得到較佳的果皮濾心。
- 3.柳丁皮做成的濾心顆粒比較小，較均勻。推測可能是因為柳丁皮的顆粒較易打散，較能夠與紙張混合，顏色也較均勻。

發現問題：

- 1.如果濾心不好好保存的話，很容易發霉，而且有可能成為昆蟲的食物，並造成反效果。
 - 2.如果是要過濾水的話，應該是無法達成。
- ⇒為了長時間保存烘乾後的果皮濾心，我們以防潮箱(一般的密封盒+鐵粉+防腐劑)進行保存。

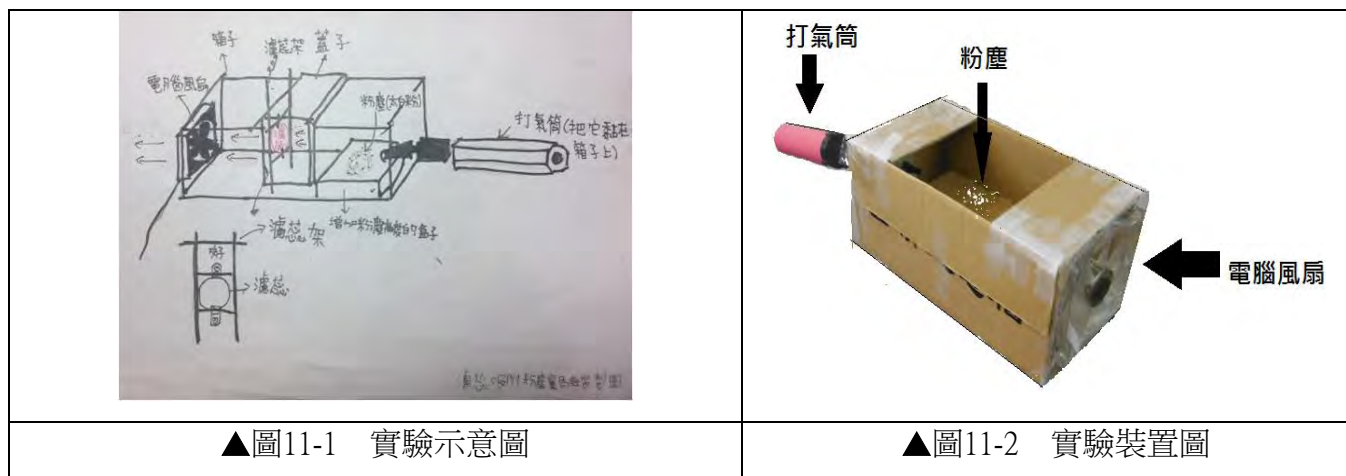
解決問題：

- 1.果皮濾心放入防潮箱保存前，先利用不織布包覆後，置於乾燥箱乾燥1天，除去水分。
- 2.果皮濾心放在防潮箱(密封盒+鐵粉+防腐劑)，經6個月(10月~3月)時間，由上圖可知並沒有發霉現象，其外觀維持堅固未變形。
- 3.橘子1及檸檬2主要為不同的烘烤時間的果皮，在防潮箱內其外觀結構也並無任何差異。



▲圖10 在乾燥劑及保鮮盒中經6個月後的自製果皮外觀

實驗三：探討烘乾後的果皮對吸附空氣中的懸浮粒子的效果



▲圖11-1 實驗示意圖

▲圖11-2 實驗裝置圖

一、實驗步驟：

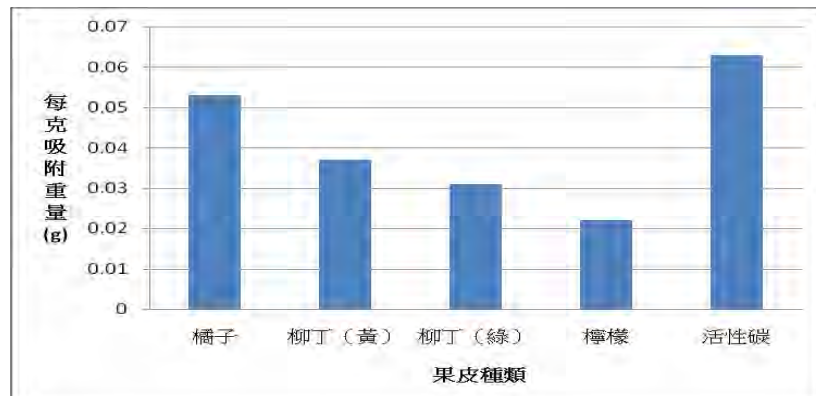
- 1.先烘乾果皮濾心。
- 2.再將果皮濾心放入紙箱內。
- 3.架好粉塵(100 g)及電風扇。
- 4.打開電腦風扇並開始實驗。
- 5.準備一幫浦，並將太白粉全部吹向黃柳丁濾心。
- 6.取下濾心，秤其前後重量變化，得到之數據即為粉塵附著量。
- 7.把黃柳丁濾心換成其餘三種水果及活性碳，重複步驟1到6，即可測得不同環保濾心材質所吸附的粉塵重量。

二、實驗結果：

表2 不同果皮對於粉塵的吸附效果

成品					
	橘子	柳丁(黃)	柳丁(綠)	檸檬	活性碳
1號吸附粉塵	0.101	0.061	0.067	0.058	0.133
重量(g)	1.930	1.870	2.030	2.060	2.000
2號吸附粉塵	0.121	0.086	0.071	0.042	0.118
重量(g)	2.290	2.285	2.400	2.060	2.000
3號吸附粉塵	0.121	0.067	0.057	0.037	0.128
重量(g)	2.240	1.700	1.950	2.200	2.000

成品					
吸附重量/g	橘子	柳丁（黃）	柳丁（綠）	檸檬	活性炭
1號吸附粉塵	0.052	0.032	0.033	0.028	0.067
2號吸附粉塵	0.053	0.038	0.030	0.020	0.059
3號吸附粉塵	0.054	0.039	0.029	0.017	0.064
平均	0.053	0.036	0.031	0.022	0.063

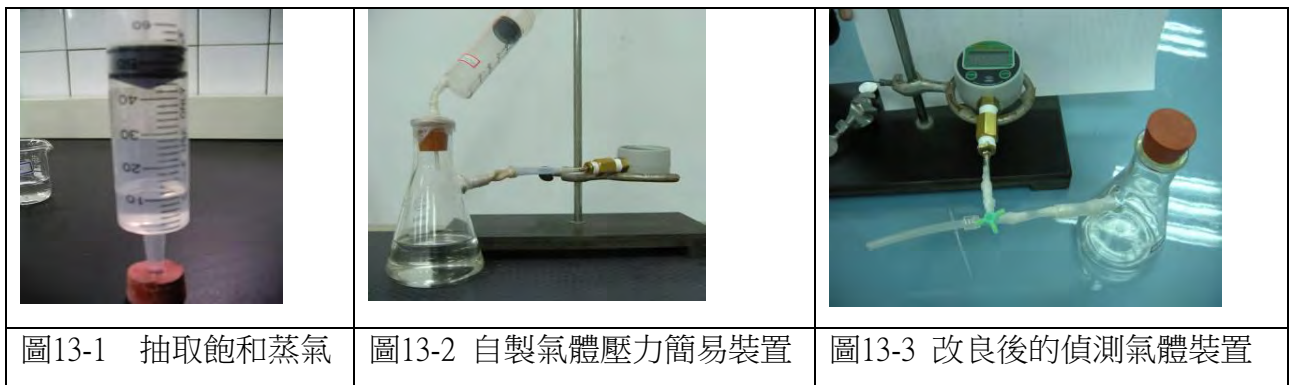


▲圖12 不同果皮對於粉塵的吸附效果

三、結果討論：

- 1.為了有效吸附粉塵，我們製作紙箱通風口，後方裝置電腦風扇，前方利用一幫浦，前方將太白粉向後吹送，並設計讓太白粉的重量前後減輕差異最小的裝置大小。
- 2.實驗前先計算未放置濾心前，所減少的重量並於實驗中予以扣除，以減少誤差。
- 3.經實驗結果發現，在吸附粉塵時效果：橘子皮>柳丁(黃)> 柳丁(綠)>檸檬，相較於活性炭口罩效果較差

實驗四：探討烘乾後的果皮濾心對吸附空氣中的有害氣體的效果



一、實驗步驟：

- 1.使用實驗所製成的果皮濾心，並修剪成1克。
- 2.準備1個小針筒，吸入10毫升的乙醇，待飽和後，移入自製氣體壓力簡易裝置，並偵測到數值一段時間不再改變為止。
- 3.待平衡後，在150毫升的燒杯倒入50毫升的蒸餾水，將吸收乙醇的果皮泡進去，計時30分鐘，並用石臘膜封口。
- 4.30分鐘後，用網過濾果皮，將剩下的溶液取10毫升倒入錐形瓶，並加入10毫升、濃度0.02 M的硫酸（ H_2SO_4 ）。
- 5.使用濃度0.02 M的過錳酸鉀（ $KMnO_4$ ）溶液做滴定。
- 6.把果皮換濾心成其餘濾心及活性碳，重複步驟 1 到 5，即可測得不同種類之濾心所吸附的乙醇量。
- 7.將乙醇換成丙醛，並重複步驟 1 到 6，即可測得不同種類之濾心所吸附的丙醛量。

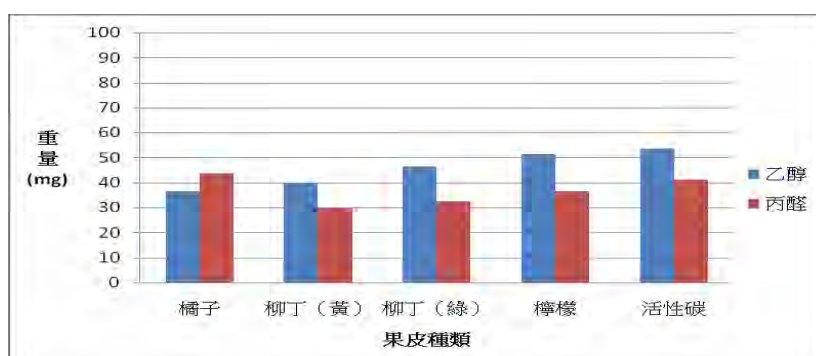


圖14 各種濾心

二、實驗結果：

表3 不同果皮對於乙醇及丙醛的吸附效果

重量 (毫克)	橘子	柳丁(黃)	柳丁(綠)	檸檬	活性碳
乙醇	36.64	39.64	46.48	51.49	53.6
丙醛	43.8	29.8	32.5	36.5	41.2



▲圖15 不同果皮對於乙醇及丙醛的吸附效果

三、結果討論：

- 1.為了比較各種果皮濾心及活性碳口罩對有機物質的吸附效果，我們選用比較容易偵測的乙醇及丙醛(取代有毒的甲醛) 來進行吸附，再利用簡易的滴定法來比較吸附效果。
- 2.吸附結果乙醇為：活性碳>檸檬> 柳丁(綠)>柳丁(黃)>橘子皮，
丙醛為：橘子皮>活性碳>檸檬> 柳丁(綠)>柳丁(黃)。
- 3.我們發現橘子皮及檸檬對於粉塵或是乙醇及丙醛有較佳的吸附效果，因此我們以這個種果皮進行以下的實驗。

實驗五：探討果皮濾心進行乾燥及鹼化後，吸附空氣中的懸浮粒子及有害氣體的效果

一、實驗步驟：

(一)鹼化：

- 1.分別橘皮和檸檬皮放入90°C的熱水中，煮90分鐘。
- 2.將煮完後的果皮取出，分別泡入1 M的氫氧化鈉 (NaOH) 中，隔1天後取出。



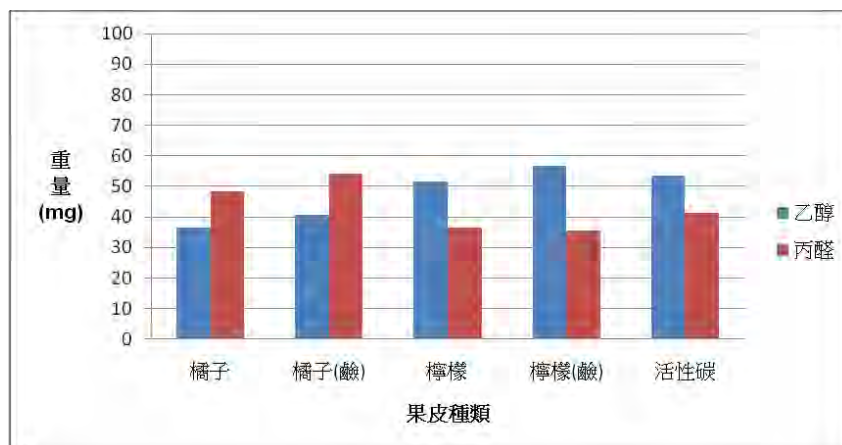
(二)測量：

- 1.使用實驗所製成的果皮濾心，並修剪成1克。
- 2.待容器中乙醇蒸氣在果皮進行吸附平衡後，於150毫升的燒杯倒入50毫升的蒸餾水，將吸收乙醇的果皮泡進去，計時30分鐘，並用石臘膜封口。
- 3.將上述溶液取10毫升倒入錐形瓶，並加入10毫升、濃度0.02 M的硫酸 (H₂SO₄)。
- 4.使用濃度0.02 M的過錳酸鉀 (KMnO₄) 溶液做滴定。
- 5.把果皮換濾心成其餘濾心及活性炭，重複步驟1到5，即可測得不同種類之濾心所吸附的乙醇量。
- 6.將乙醇換成丙醛，並重複步驟1到4，即可測得不同種類之濾心所吸附的丙醛量。

二、實驗結果：

表3 不同果皮對於乙醇及丙醛的吸附效果

重量 (毫克)	橘子皮	橘子皮(鹼)	檸檬皮	檸檬皮(鹼)	活性碳
乙醇	36.64	40.67	51.49	56.67	53.6
丙醛	48.3	54.3	36.5	35.6	41.2



▲圖18 不同果皮對於乙醇及丙醛的吸附效果

三、結果討論：

- 1.實驗結果得知，果皮在碳化及鹼化後，其對有害氣體的吸附效果明顯增加，其中乙醇的吸附效果：檸檬皮(鹼)>活性碳>檸檬皮>橘子(鹼)皮>橘子皮，可知，檸檬的吸附效果較佳，且鹼化後的效果最好。
- 2.丙醛的吸附效果：橘子皮(鹼)>橘子皮>活性碳>檸檬(鹼)皮 >檸檬皮，可知，橘子的吸附效果較佳，也是鹼化後的效果最好。
- 3.鹼化後果皮表皮較不平整，其顏色較為均勻，有部分果皮成分會溶至果皮內部的纖維，造成果皮顏色的變化。
- 4.鹼化後的果皮濾心對於有機氣體有顯著的吸附效果。

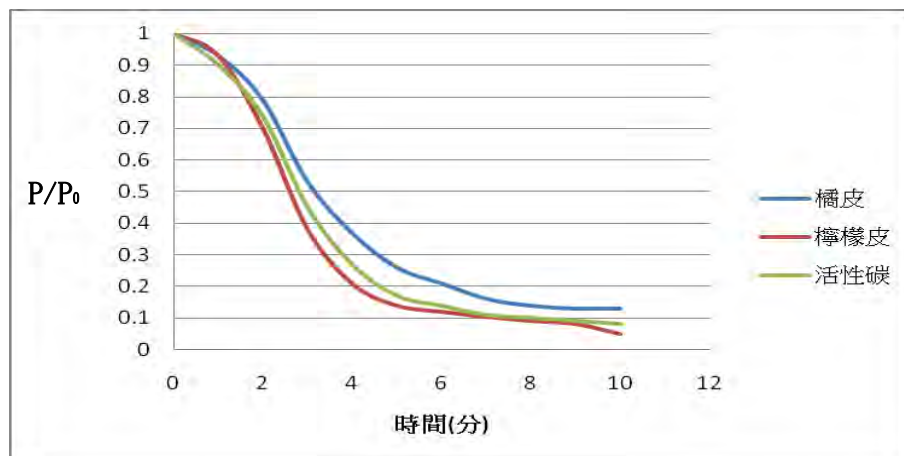
實驗六：探討果皮濾心，其吸附空氣中乙醇及丙醛隨時間變化情形

目的：測量自製果皮濾心在不同吸附時間下，並用滴定法求出丙醛及乙醇隨時間的吸附效果。

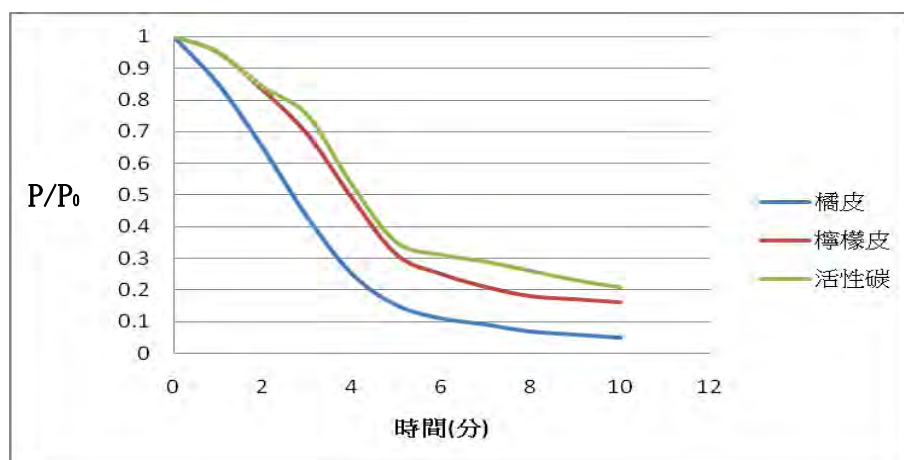
一、實驗步驟：

- 1.使用實驗所製成的果皮濾心，並修剪成1克。
- 2.將果皮待乙醇蒸氣的容器中，分別吸附1、2、3、4...，直至不再吸附為止。
- 3.在不同吸附時間的果皮，分別放入50毫升的蒸餾水，並用石臘膜封口。
- 4.待30分鐘後，將上述溶液取10毫升倒入錐形瓶，並加入10毫升、濃度0.02 M的硫酸(H_2SO_4)。
- 5.使用濃度0.02 M的過錳酸鉀($KMnO_4$)溶液做滴定。
- 6.將乙醇換成丙醛，並重複步驟 1 到5，即可測得不同種類之濾心所吸附的丙醛量。

二、實驗結果：



▲圖19 乙醇濃度隨時間變化情形



▲圖20 丙醛濃度隨時間變化情形

三、實驗討論：

- 1.由實驗可知，在約6分鐘左右可以達到吸附平衡。
- 2.本實驗每1分鐘需取出溶液進行滴定較不方便，因此我們自製的一個簡易偵測儀器，以便在吸附過程中可以立即偵測的系統。

實驗七：探討自製偵測器隨時間吸附的變化情形

一、實驗步驟：

- 1.利用玻璃器材(密封罐)、乙醇偵測器、三通閥、電池座、麵包板、電線夾、三用電表組成一個簡易的乙醇偵測系統。

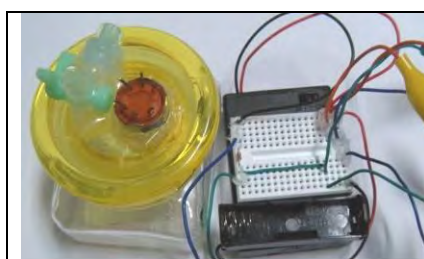


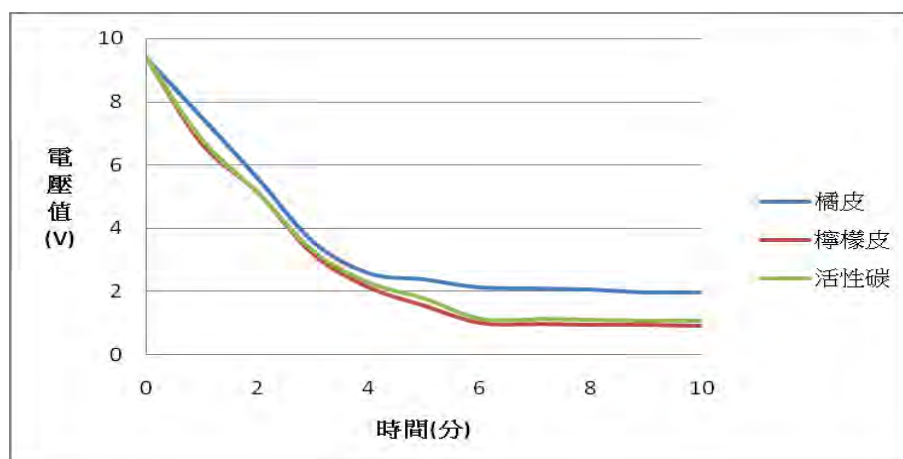
圖21自製偵測乙醇濃度裝置



圖22利用三用電錶進行數據偵測

2. 使用實驗所製成的果皮濾心，並修剪成1克，並將果皮待乙醇蒸氣的容器中，分別每1分鐘偵測1次，直至數字不再改變為止

二、實驗結果：

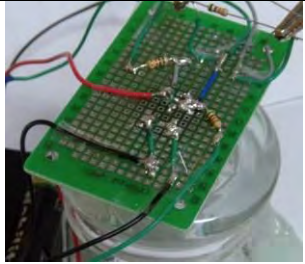


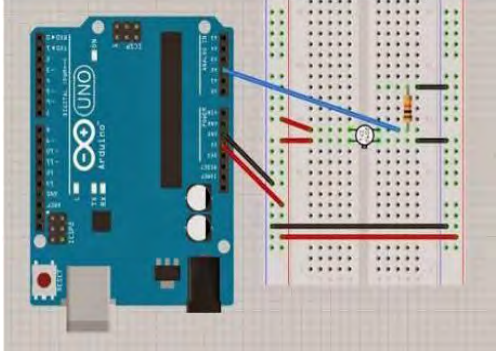



▲圖23 乙醇濃度隨時間變化情形

三、實驗討論：

- 1.為了有密閉效果，利用密封罐作為我們吸附的裝置儀器，以打洞機打了上方(放置偵測器)及側邊的(打入蒸氣的三通閥)洞，如上圖所示。
- 2.由於不同氣體所需要的偵測器不同，=發現Arduino裝置中有許多偵測器可以和我們的裝置結合，因此改用Arduino裝置進行偵測。

實驗八：利用自製儀器裝置+Arduino偵測器，探討對乙醇的的吸附效果

		
圖24 可替換氣體偵測器 電路板的密封罐	圖25 乙醇偵測器	圖26 PM2.5G3感測器圖
		
圖27 Arduino示意圖	圖28 Arduino電路圖	

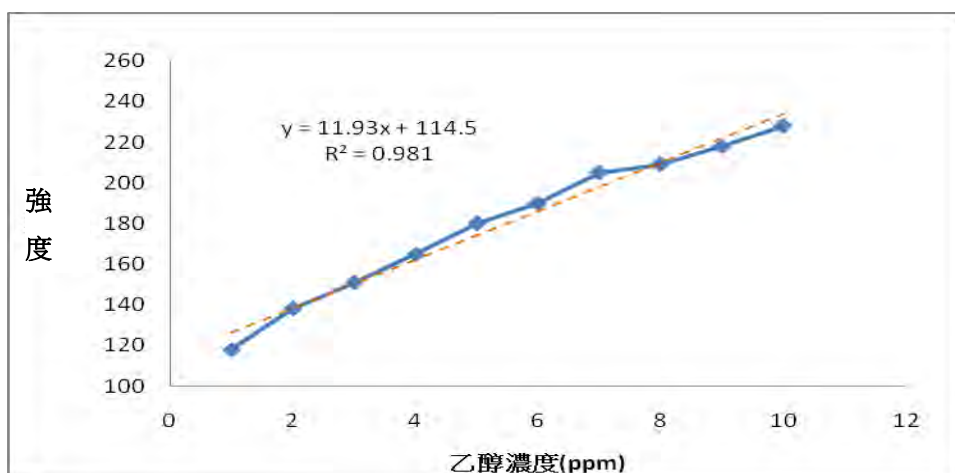
一、實驗步驟：

- 1.利用玻璃器材(密封罐)、各種偵測器、Arduino裝置(含各種線路)一套、三通閥、電池座、麵包板、電線夾、數位顯示器組成一個簡易的乙醇偵測系統。
- 2.利用將吸附劑放置於填充管中。並將氣體依一定速度打入裝置中，並進行偵測。
- 3.利用實驗六的方法，進行乙醇的偵測，當數值經過30秒不再跳動則表示吸附平衡。

二、實驗結果：

表4 乙醇不同濃度(ppm)下的檢量線

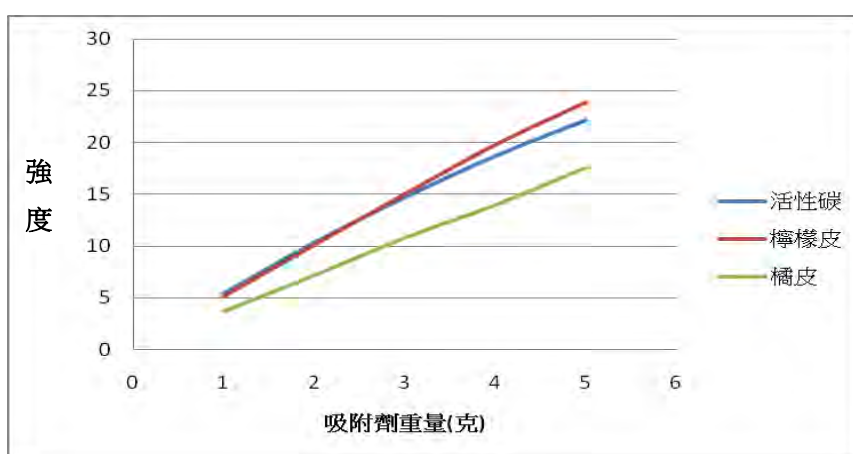
乙醇濃度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
數值	118	138	151	165	180	190	205	209	218	228



▲圖29 乙醇不同濃度下的檢量線

表5 乙醇有不同重量的吸附劑下的吸附情形

吸附劑(mg)	0.1克	0.2克	0.3克	0.4克	0.5克
活性碳	5.36	10.27	14.67	18.67	22.14
檸檬皮	5.15	10.11	15.02	19.78	23.87
橘子皮	3.66	7.12	10.75	13.92	17.52



▲圖30 不同重量的吸附劑對於濾心的吸附效果

三、實驗討論：

1. 由實驗知，在Arduino偵測器下，乙醇的濃度與偵測數值關係為： $[偵測數值] = 11.93 * [乙醇濃度ppm] + 114.5$ ，其相關係數為 $R^2 = 0.981$ 。
2. 本吸附劑在Arduino偵測器下，隨著吸附劑增加，其吸收量也呈線性關係。
3. 吸附乙醇效果以檸檬皮最佳，平均每克可以吸附49.86 mg，而橘子皮次之，平均每克可以吸附35.57 mg。
4. 由於Arduino偵測器可以偵測許多氣體濃度，未來可以進行其他氣體的偵測。

實驗九：利用自製儀器配合+Arduino裝置，偵測果皮瀘心吸附PM2.5效果

一、實驗步驟：

1. 利用自製儀器，分別到不同的地點進行PM2.5濃度的偵測。
2. 我們自製打氣裝置，在密閉狀態下，分別在5、10、15…分鐘等時間後，進行偵測，直到濃度不再變化為此。

表6 利用自製儀器偵測果皮瀘心吸附PM2.5的地點

		
圖 31 實驗室走廊	圖 32 往返車輛經過的橋下	圖 33 公園停車場
		
圖 34 偵測儀器裝置	圖 35 電腦所產生的偵測數據	

二、實驗結果：

偵測的地點	走廊	橋下	停車場
通過濾心前PM2.5濃度	21.81	42.71	27.60
抽氣5分鐘後PM2.5濃度	18.15	33.27	23.17
抽氣10分鐘後PM2.5濃度	17.72	31.46	21.02
抽氣15分鐘後PM2.5濃度	17.64	31.28	20.64
吸附比例(%)	19.1%	26.8%	25.2%

三、實驗討論：

- 1.由資料顯示，PM2.5的濃度在 $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下，為較佳的濃度在 $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上時，為紫爆程度。
- 2.利用自製儀器，將自製果皮濾心剪成小片約0.2克，放置儀器通風入口處，並利用抽氣馬達平均1 mL/s的速度抽取氣體進行氣體循環。結果顯示，其吸附在10-15分鐘後趨緩，其吸附比例約23.7%

空氣品質指數級別 (狀況) 及表示顏色	PM2.5顆粒，24小時平均值 (微克/米 ³)
一級 (優)	0-11
二級 (良)	12-23
三級 (輕度污染)	24-35
四級 (中度污染)	36-41
五級 (重度污染)	42-47
六級 (嚴重污染)	48-53
	54-58
	59-64
	65-70
	≥ 71

實驗十、探討自製循環即時偵測Arduino裝置對吸附PM2.5的情形

目的：為了有效偵測濾心吸收的成效，我們建立第二代自製循環即時偵測Arduino裝置，讓外部偵測器，當一偵測到濃度後，立即可以打開風扇抽氣，讓氣體通過濾心，進入內部偵測器，並計算差值。

當差值為零時，即代表濾心失效，則立即更換濾心。

一、實驗步驟：

- 1.建立內外容器，並加裝PM2.5感測器。
- 2.建立兩個PM2.5感測器的誤差值，並用線路修正呈同一數據。
- 3.到高雄市某區空氣盒子的監測站，利用手機APP觀察其數據。並與自製儀器的偵測數據對照，並做修正。
- 4.建立內外偵測裝置，並加裝風扇抽氣，確保內外容分開為獨立系統。

5. 進行偵測及比較。



圖36 空氣盒子

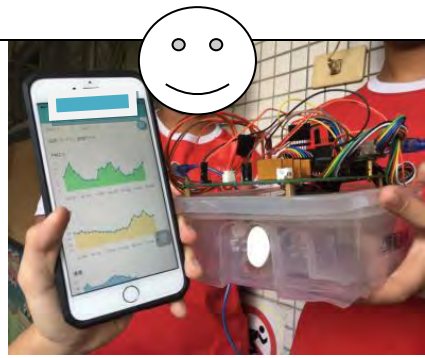


圖37 立即觀測空氣盒子線上數據

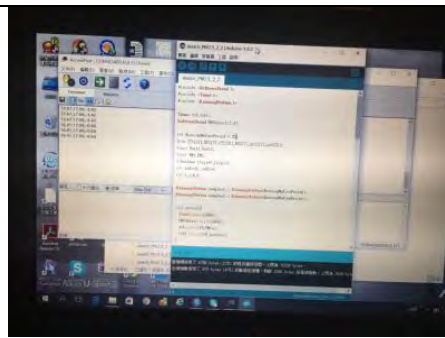


圖38 儀器偵測數據



圖39 進行線部修正數據

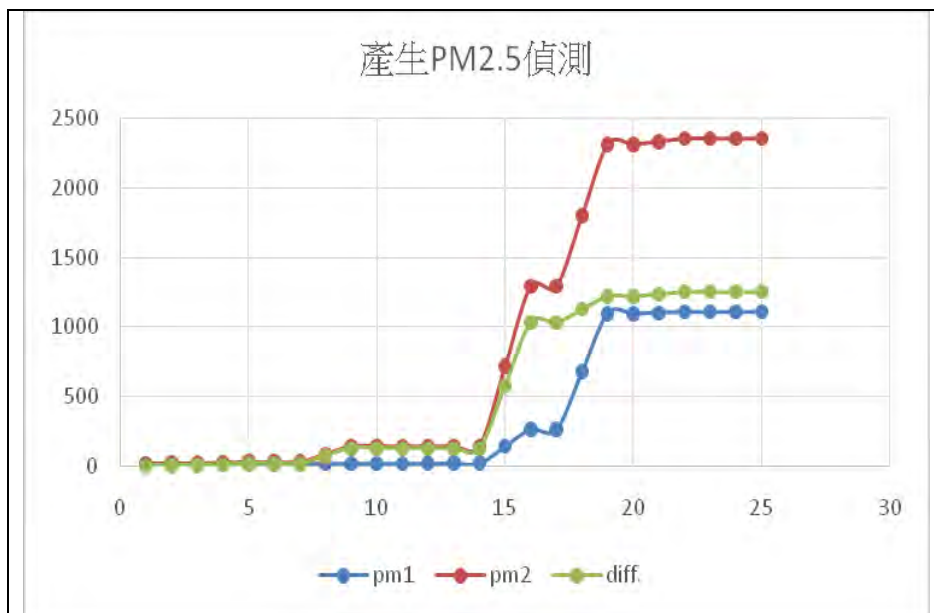
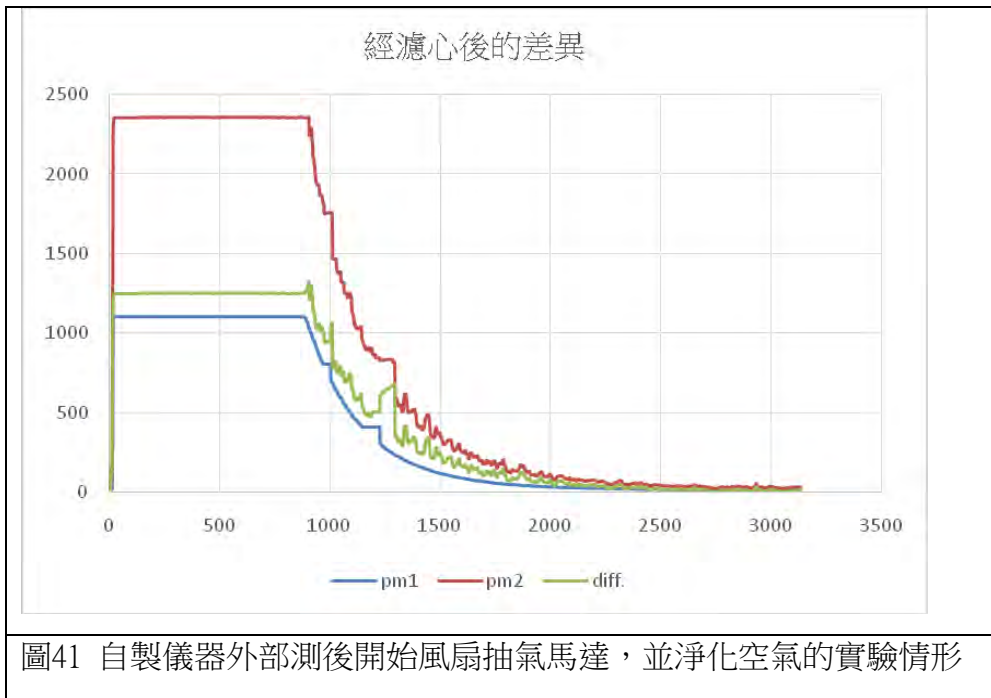


圖40 自製儀器加入線香後的實驗情形



二、實驗結果：

(一)粉塵檢視與過濾設備

本研究為確認並比較各種濾心過濾PM2.5粉塵的效果，設計裝置一組測試設備，如圖所示，其內容包括一內一外兩個測試盒，各別裝置一個夏普GP2Y1051AU0F PM2.5傳感器，如圖所示，分別可讀取內外盒的PM2.5濃度變化，內盒短側邊切出一個方形開口，做為內外盒空氣流通的進口，可貼附濾心，加上風扇，於須進行過濾作用時啟動，傳感器與風扇均由Arduino面板控制，另外在外接LCD面板顯示器，隨時顯示傳感器讀到的數據，控制程式設定傳感器PM2.5讀數，於外盒達到35微克/米³ (輕度污染)以上，或者內外盒相差微克/米³以上時啟動風扇，開始進行過濾循環程序，此程序將於上述兩種狀況均不滿足後，停止風扇轉動結束。



圖42 內外測試盒與PM2.5傳感器



圖43 測試盒側視圖

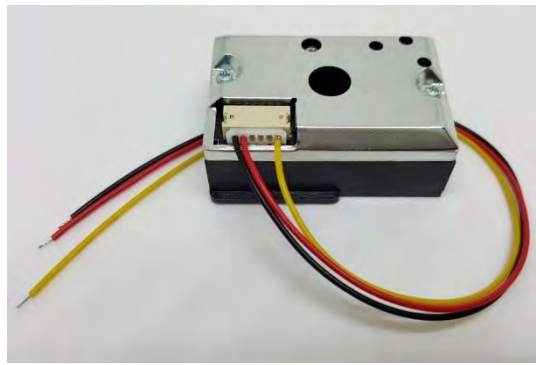


圖44 夏普GP2Y10S1AU0F PM2.5傳感器

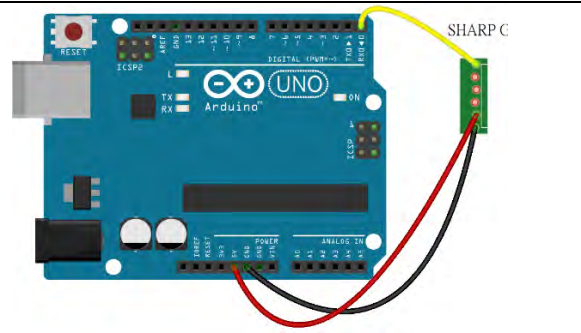


圖45 傳感器接線圖

(二)建立電源與風扇

由於Arduino與風扇需要供應之電源，分別為12 Volt與5 Volt，本檢視設備電源設計分別可由110 Volt轉12 Volt之變壓整流器直接接一般插座供應，或由電腦或行動電源之USB插頭供應，只是來自USB插頭之電源僅供應5 Volt電壓，風扇之啟動較無力，但是已足夠進行空氣品質檢視讀取試驗初步結果。

(三)實驗偵測本濾心之效能

本研究利用所設計之檢視測驗設備進行試驗，紀錄外盒因輸入高汙染氣體，導致PM2.5讀數急遽升高，啟動風扇進行過濾程序，在不同濾心過濾下，所呈現之內外盒讀數的變化，並由其中之過程，比較各種濾心過濾之效率。

(1)實驗1：

以市售某大品牌濾紙做為濾心進行測試，測試本檢視測試設備，結果如圖，可以顯示內外盒讀數與其差值之變化，外盒與內盒讀數差值超過設定條件，風扇啟動，內盒讀數亦隨之升高，經過一段時間的循環(約300個輸出值)過濾，外內盒讀數與其差值開始下降，至約850個輸出值達到停止過濾程序，風扇停止。此測試代表本設備如預期之設計程序進行，亦留下一個可供參考比較數據。

(2)實驗2：

以本研究所製作之黃皮柳丁濾心進行測試，結果如圖，外盒與內盒讀數差值超過設定條件，風扇啟動，內盒讀數亦隨之升高，經過一段時間的循環(約200個輸出值)過濾，外內盒讀數與其差值開始逐步下降，至約1400個輸出值達到停止過濾程序，風扇停止。

(3)實驗3：

以經6個月風乾之橘子皮做為濾心進行測試，結果如圖，外盒與內盒讀數差值超過設定條件，風扇啟動，內盒讀數亦隨之升高，經過一段時間的循環(約40個輸出值)過濾，外內盒讀數與其差值持續維持穩定不變，至超過10000個輸出值仍然不變，顯然無過濾清淨之效果。另以新鮮橘子皮做為濾心進行測試，所得之結果與風乾橘子皮類似，只是讀數值略有差異。



圖46 6個月風乾之橘子皮

(4)實驗結果與數據

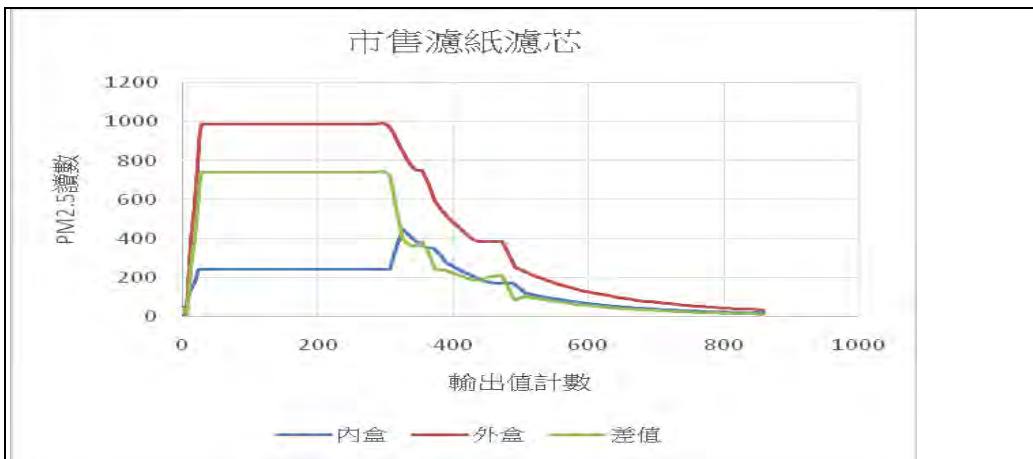


圖47 以自製儀器偵測市售濾心的效果

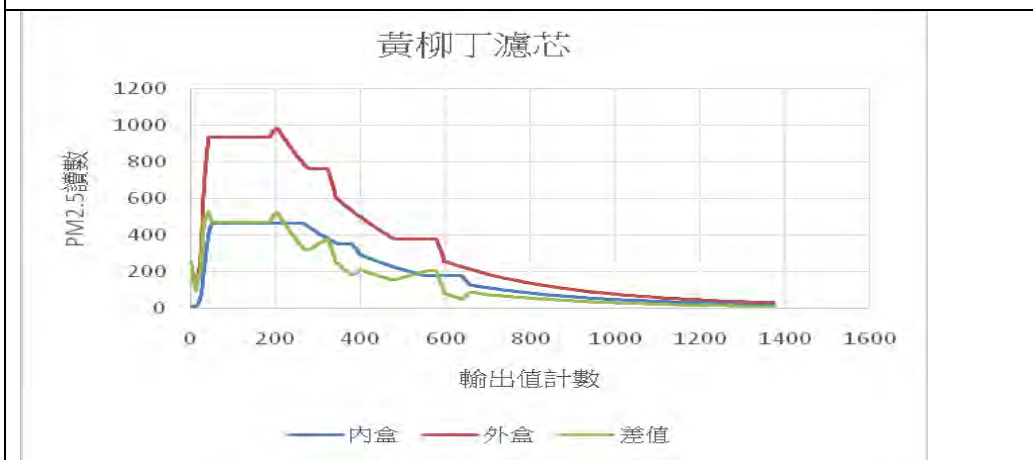


圖48 以自製儀器偵測柳丁濾心的效果

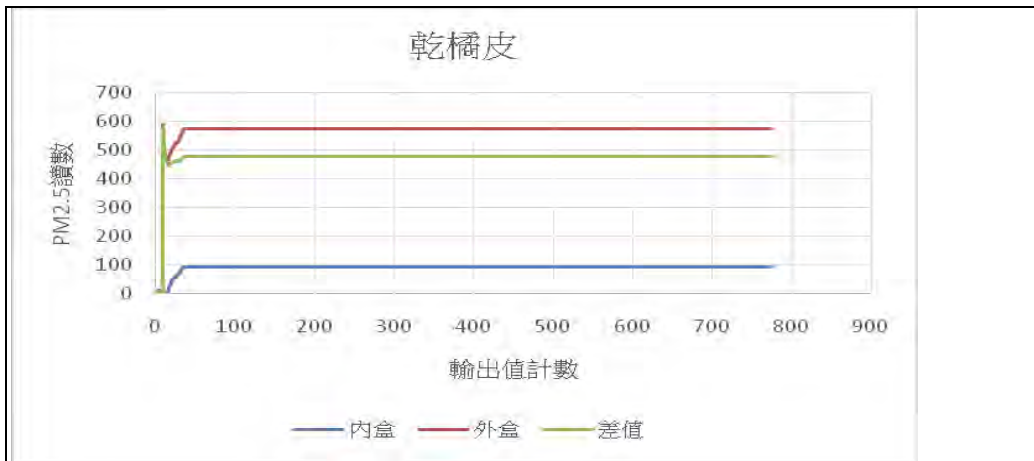


圖49 以自製儀器偵測乾橘皮濾心的效果

三、實驗討論

- 1.由環保署資料顯示，我們發現在35以上即為輕度汙染，因此我們訂定PM2.5濃度為35時，即讓外盒的風扇開始轉動。
- 2.由內外差PM2.5濃度為20時，儀器的風扇也會開始轉動。
- 3.偵測到PM2.5時，起動裝置所需要的為15-20秒左右，可以立即淨化空氣。
4. PM2.5濃度為1000的量，發現自製黃柳丁的濾心效果，約在800秒左右，濾心可以完全吸附。
- 5.利用市售進行比較，雖然吸附時間較長2-3分鐘。但自製黃柳丁的濾心其吸附效果與市售濾心一樣有良好效果。
- 6.未來可以製作更高濃度PM2.5，並偵測自製濾心最大吸附量。

空氣品質指數級別 (狀況)及表示顏色	PM2.5顆粒，24小時平均值 (微克/米 ³)
一級 (優)	0-11
二級 (良)	12-23
三級 (輕度汙染)	24-35
四級 (中度汙染)	36-41
五級 (重度汙染)	42-47
六級 (嚴重汙染)	48-53
	54-58
	59-64
	65-70
	≥ 71

柒、結論

- 一、紙張部分以平板式衛生紙製作的效果較佳且完整。
- 二、果皮濾紙的製作以200克水、25克果皮及5張衛生紙做出的濾心較堅固，為了增加其保存效果，除加入防腐劑外，進行果皮濾紙的碳化或是鹼化也能保存更好。
- 三、吸附太白粉的粉塵效果為：橘子皮>柳丁皮(黃)> 柳丁皮(綠)>檸檬，相較於活性碳口罩仍效果較差。
- 四、吸附乙醇效果為：活性碳>檸檬皮> 柳丁皮(綠)>柳丁皮(黃)>橘子皮，但對丙醛的效果為：橘子皮>活性碳>檸檬皮> 柳丁皮(綠)>柳丁皮(黃)。在原果皮對有機氣體的吸附效果，仍比活性碳來得不好，但不同果皮對於不同有機氣體，則有不同效果。
- 五、果皮在鹼化後，其對有害氣體的吸附效果明顯增加，其中在乙醇的吸附部分，以檸檬皮(鹼)最好。而在丙醛的吸附部分，以橘子皮(鹼)的吸附效果最佳，這也證明果皮在鹼化後有良好的去除效果。
- 六、由上述諸實驗可得知，利用橘皮、柳丁皮、檸檬皮作為吸附劑可以有效的吸附粉塵或有機氣體，經化學處理過後其吸附能力亦不亞於具有良好吸附能力的活性碳。就經濟觀點而言，利用簡單處理後的果皮相對於活性碳，可以節省下一筆開銷，並且達到綠色環保的價值。
- 七、為了有效立即偵測，我們發現在6分鐘左右可以達到吸附平衡。
- 八、我們自製一個可替換式的氣體吸附裝置，再配合Arduino氣體感應裝置。在Arduino偵測器下，乙醇的濃度與偵測數值關係為： $[偵測數值] = 11.93 * [乙醇濃度ppm] + 114.5$ ，其相關係數為 $R^2 = 0.981$ 。隨著吸附劑的量增加，在Arduino偵測器的偵測下，其吸收量也有增大且也呈線性關係。
- 九、利用自製儀器，將自製果皮濾心剪成小片約0.2克，放置儀器通風入口處，並利用抽氣馬達平均1 mL/s的速度抽取氣體進行氣體循環。結果顯示，其吸附在10-15分鐘後趨緩，其吸附比例約23.7%
- 十、利用自製循環即時偵測儀器吸附PM2.5，本儀器約在偵測到PM2.5時，約15-20秒左右即可啟動裝置，而PM2.5濃度為1000的量，在自製黃柳丁的濾心吸附效果，約在800秒左右，可以完全吸附。

捌、參考資料

- 一、廚餘果皮變環保酵素 淨化空氣清潔隊也觀摩。中時電子報。民104年8月2日，取自：
<http://create.ndhu.edu.tw/mjhl/thesis/APA-web.htm>。
- 二、林文川(民98)。製程VOCs廢氣之收集與處理。工業汙染防治。第110期，p105。取自：
[file:///C:/Users/wang2/Downloads/3b3a8ce4-98b2-4935-bda0-5a5d3bce0d26_file%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/wang2/Downloads/3b3a8ce4-98b2-4935-bda0-5a5d3bce0d26_file%20(1).pdf)。
- 三、李曉強(民104)。鹽酸改性椰殼活性碳對甲苯的吸附性能。江蘇農業科學。2013，41(9)，
p342-344。
- 四、鍾濬鴻(民97)。化學法增強木質纖維質對水中重金屬離子吸附能力之研究。嘉南藥理科技
大學環境工程與科學系碩士論文。台南市。未出版。
- 五、PM2.5。維基百科。網址：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%87%B8%E6%B5%AE%E7%B2%92%E5%AD%90>
- 六、粉塵&空氣清淨機。維基百科。網址：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B2%89%E5%B0%98%E7%88%86%E7%82%B8>

【評語】 030815

1. 讓參與學生了解吸附去除 PM 之原理及設施。
2. 以果皮與衛生紙等自製濾心，再搭配成程控裝置，製作簡易的偵測儀器並能吸附有害氣體。以簡易的裝置著手，探討的是環保議題，是值得鼓勵的方向。
3. 進行了 10 組實驗，有不少的結果，惟幾乎都是結果，較缺乏結果的討論，特別是成因的探討，如能加強，可明顯提高其研究之價值。
4. 題意很有趣，且利用 ARDUINO 進行檢測活動。
5. 研究目的似乎可以進行系統化分析較佳？
6. 橘皮濾心對丙醛吸附力等，是不錯的發現。
7. 研究內容頗有趣。
8. 以不同類型的果皮與活性碳比較濾除有害氣體與 PM 離子濃度之比較。
9. 實驗完整度高。
10. 用 Ariduno 與不同設備分析比較。

作品海報

壹、研究動機

環保署於105/11/30宣布空汙指標「PSI」及「PM2.5」，實施「AQI」空氣品質指標（Air Quality Index），新增橘色等級，並分成綠、黃、橘、紅、紫及褐紅色等六個等級。當指標達橘色以上時就需減少戶外活動及戴口罩。最近空氣中PM2.5濃度很高，出門時若不戴口罩對肺部健康造成很大的傷害。在家中若要使環境的空氣好一些，又得額外花錢買空氣清淨機...等。於是激起我們想為自己改善周遭環境的念頭，便開始從容易取得的物品著手研究空氣濾淨材料。市面上有許多過濾效果不錯的口罩及空氣清淨劑，其主要成分為纖維素，因此，我們想利用臺灣常見水果，如橘子、柳丁、檸檬...等果皮自製空氣淨化濾心，探討是否能有效吸附空氣中的懸浮微粒及有害氣體，並配合自製簡易即時循環檢測儀器偵測，於是進行以下研究...

貳、研究目的

- 一、探討加入不同種類衛生紙對製作果皮濾心的影響
- 二、探討不同果皮濾心，其顆粒外觀及使用效果影響
- 三、探討不同果皮濾心烘乾後，吸附空氣中的懸浮粒子及有害氣體的效果
- 四、探討果皮濾心鹼化後，吸附空氣中的懸浮粒子及有害氣體的效果
- 五、探討果皮濾心在不同條件下的最佳吸附情形
- 六、探討果皮濾心吸附乙醇及丙醛隨時間的變化關係
- 七、探討自製氣體偵測器(第一代)檢測果皮濾心吸附乙醇隨時間變化關係
- 八、探討自製裝置結合Arduino感測器(第二代)檢測果皮濾心吸附乙醇的效果
- 九、探討自製循環裝置結合Arduino感測器即時偵測果皮濾心吸附PM2.5的效果
- 十、探討自製循環即時偵測裝置(Arduino監控)(第三代)吸附PM2.5的情形

參、研究結果

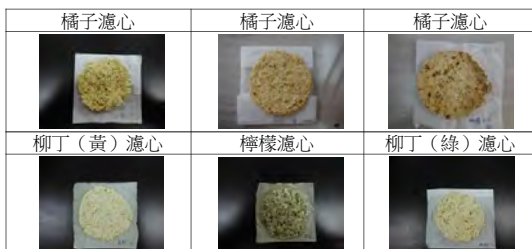


圖1 自製各種果皮濾心

實驗一 探討加入不同種類衛生紙對製作果皮濾心的影響

水果：橘子			
	平板式	滾筒式	抽取式
編號1			
重量(g)	1.930g	3.105g	2.280g
編號2			
重量(g)	3.290g	3.885g	1.760g
編號3			
重量(g)	2.240g		2.630g

圖2 加入各種類型的橘子濾心

實驗討論：

- 1.加入平板式衛生紙做出來的橘子果皮濾心效果較其他紙類佳，乾燥後易定型不易分散且外觀較均勻，每張橘子果皮濾心不論製作重量大小，都能穩定成形。
- 2.加入滾筒式衛生紙所做出來的橘子果皮濾心，其體積相較其他紙張的橘子果皮濾心小，而表面顏色較深，較不均勻，乾燥後會有分散且破損的情形。
- 3.加入抽取式衛生紙做出來的橘子果皮濾心表面不易定型，果皮在乾燥時，衛生紙比較容易沉澱，有厚薄不均的情形，且在烘烤乾燥後，比其他紙類容易焦掉，表面顏色較深。

實驗二 探討不同果皮濾心，其顆粒外觀及使用效果影響

(一)不同種類果皮濾心的成分比例

衛生紙	橘子	柳丁(黃)	柳丁(綠)	檸檬
水量 (mL)	200	200	200	200
數量(張)	5	5	5	5
重量(g)	(1.650g)	(1.650g)	(1.650g)	(1.650g)
果皮重量(g)	25	25	25	25

	橘子	柳丁(黃)	柳丁(綠)	檸檬
編號1				
重量(g)	1.930	3.870	4.030	4.060
編號2				
重量(g)	3.290	2.285	2.400	2.060
編號3				
重量(g)	2.240	2.700	1.950	2.200

圖3 各種果皮濾心成品外觀及其重量

實驗討論：

- 1.如果同時將衛生紙與果皮一同放入果汁機攪拌，即使長時間也無法讓果皮與紙張攪拌均勻，烘乾後，常會發現上半部較多果皮，而下半部較多衛生紙。
- 2.檸檬皮做成的濾心容易散開、顆粒也比較大。柳丁皮做成的濾心顆粒比較小、較細緻。
- 3.加入的紙類數量過少，會導致果皮過薄，不易拿取，容易破掉。
- 4.為了改善在製作濾心時果皮及紙張分佈不均的情形，除了改善攪拌時間長短及攪拌方式外，也為了有效定型果皮濾心的形狀，我們進行果皮濾心製作改進實驗(part2)。

(二)改良版不同種類果皮濾心

改良版果皮濾心成品				
	橘子	柳丁(黃)	柳丁(綠)	檸檬
編號1				
重量(g)	1.930 g	3.870 g	4.030 g	4.060 g
編號2				
重量(g)	3.290 g	2.285 g	2.400 g	2.060 g
編號3				
重量(g)	2.240 g	2.700 g	1.950 g	2.200 g

圖4 改良後的各種果皮濾心成品外觀及其重量

實驗討論：

- 1.果皮濾心在改良前大多鬆散，分佈不均且不易成型；而改良後，除了濾心較堅固外，且表面平整，分佈均勻，在烘烤乾燥後，除不易烤焦外，也容易定型。
- 2.由上圖得知，檸檬皮做成的濾心顆粒較其他果皮大，濾心很容易就散開。因此為了有效改善此現象，我們利用重物及模具進行定型，再烘乾，即可得到較佳的果皮濾心。
- 3.柳丁皮做成的濾心顆粒比較小、較均勻。推測可能是因為柳丁皮的顆粒較易打散，較能夠與紙張混合，顏色也較均勻。

(三)改善保存的效果



圖5 在乾燥劑及保鮮盒中經6個月後的自製果皮濾心外觀

實驗討論：

- 1.果皮濾心放入防潮箱保存前，先利用不織布包覆後，置於乾燥箱乾燥1天，除去水分。
- 2.果皮濾心放在防潮箱(密封盒+鐵粉+防腐劑)，經6個月(10月~3月)時間，由上圖可知並沒有發霉現象，其外觀維持堅固未變形。

實驗三：探討烘乾後不同果皮濾心吸附空氣中懸浮粒子的效果

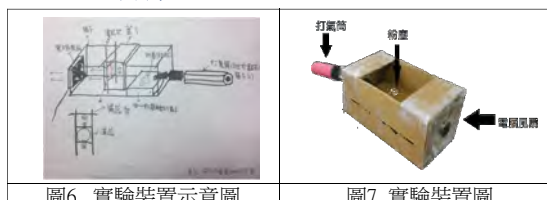


圖6 實驗裝置示意圖

圖7 實驗裝置圖

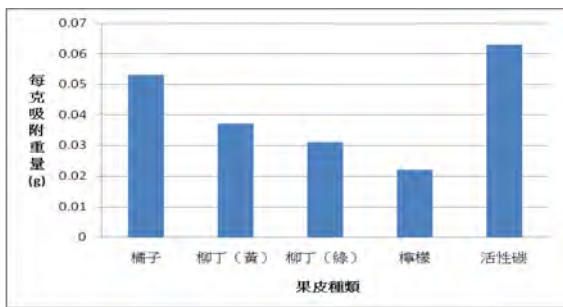


圖8 不同果皮濾心對於粉塵的吸附效果

實驗討論：

- 為了有效吸附粉塵，我們製作紙箱通風口，後方裝置電腦風扇，前方利用一幫浦，將前方太白粉向後吹送，並設計讓太白粉的重量前後減輕差異最小的裝置大小。
- 實驗前計算未放置濾心前，所減少的重量並於實驗中予以扣除，以減少誤差。
- 經實驗結果發現，在吸附粉塵時效果：橘子皮>柳丁(黃)>柳丁(綠)>檸檬，但比活性碳口罩效果差。

實驗四 探討烘乾後的果皮濾心對吸附空氣中的有害氣體的效果



圖9 過錳酸鉀滴定



圖10 改良後的偵測氣體裝置

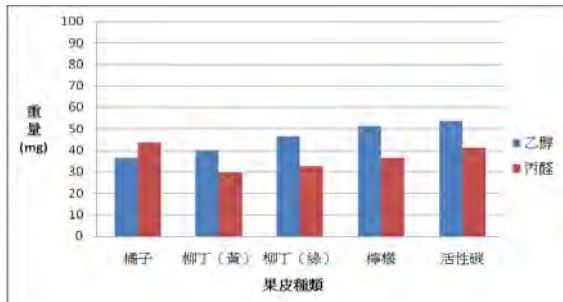


圖11 不同果皮濾心對於乙醇及丙醛的吸附效果

實驗討論：

- 為了比較各種果皮濾心及活性碳口罩對有機物質的吸附效果，我們選用比較容易偵測的乙醇及丙醛(取代有毒的甲醛)來進行吸附，再利用簡易的滴定法來比較吸附效果。
- 吸附結果乙醇為：活性碳>檸檬>柳丁(綠)>柳丁(黃)>橘子皮。
丙醛為：橘子皮>活性碳>檸檬>柳丁(綠)>柳丁(黃)。
- 我們發現橘子皮及檸檬對於粉塵或是乙醇及丙醛有較佳的吸附效果，因此我們以這個種果皮進行以下的實驗。

實驗五：探討果皮濾心進行乾燥及鹼化後，吸附空氣中的懸浮粒子及有害氣體的效果



圖12 橘皮鹼化中

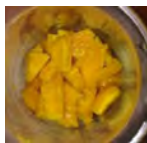


圖13 橘皮鹼化後



圖14 各種濾心

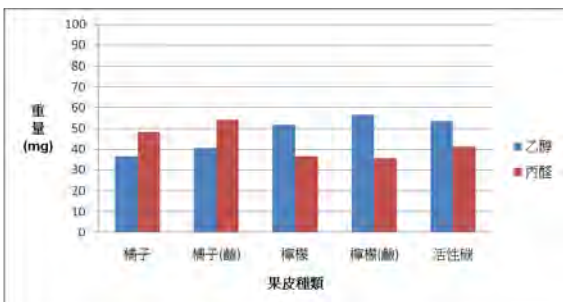


圖15 不同果皮濾心對於乙醇及丙醛的吸附效果

實驗討論：

- 實驗結果得知，果皮在鹼化後，其對有害氣體的吸附效果明顯增加，其中乙醇的吸附效果：檸檬皮(鹼)>活性碳>檸檬皮>橘子皮(鹼)>橘子皮，可知檸檬皮的吸附效果較佳，且鹼化後的效果最好。
- 丙醛的吸附效果：橘子皮(鹼)>橘子皮>活性碳>檸檬皮(鹼)>檸檬皮，可知橘子的吸附效果較佳，也是鹼化後的效果最好。

3.鹼化後果皮表皮較不平整，其顏色較為均勻，有部分果皮成分會溶至果皮內部的纖維，造成果皮顏色的變化。

4.鹼化後的果皮濾心對於有機氣體有顯著的吸附效果。

實驗六 探討果皮濾心，其吸附空氣中乙醇及丙醛隨時間變化情形

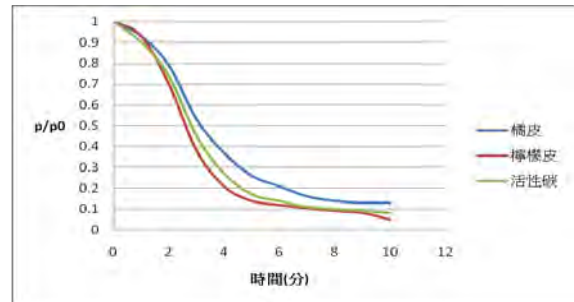


圖16 乙醇濃度隨時間變化情形

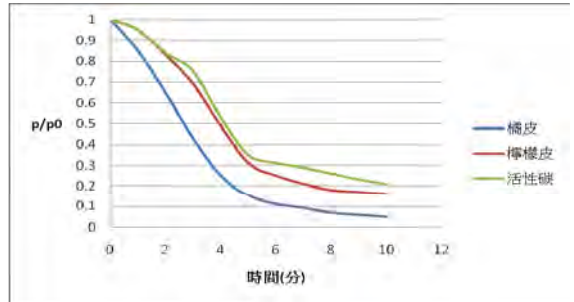


圖17 丙醛濃度隨時間變化情形

實驗討論：

- 由實驗可知，在約6分鐘左右可以達到吸附平衡。
- 本實驗每1分鐘需取出溶液進行滴定較不方便，因此我們自製了一個簡易偵測儀器，以便在吸附過程中可以立即偵測吸附數據。

實驗七 探討自製氣體偵測器(第一代)檢測果皮濾心吸附乙醇隨時間變化情形



圖18 自製氣體偵測儀器



圖19 利用三用電錶進行偵測

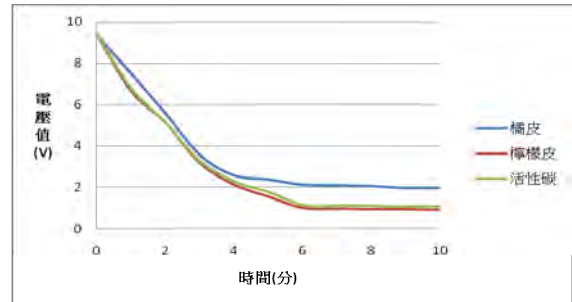


圖20 乙醇濃度隨時間變化情形

實驗討論：

- 為了達密封效果，利用密封罐作為吸附的裝置，以打洞機分別在上方及側邊打洞，以便放置偵測器及蒸氣的三通閥，如上圖所示。
- 由於不同氣體所需要的偵測器不同，發現Arduino裝置中有許多感測器可以和我們的裝置結合，因此改用Arduino裝置進行偵測。

實驗八 利用自製裝置結合Arduino感測器(第二代)，檢測果皮濾心吸附乙醇的效果

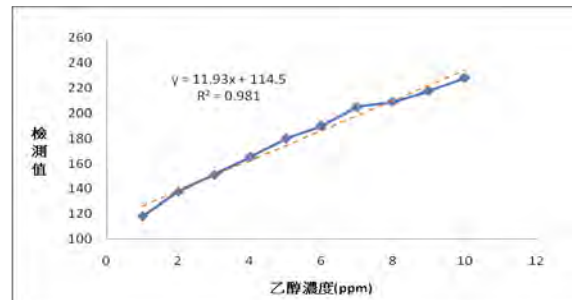


圖21 乙醇不同濃度下的檢量線

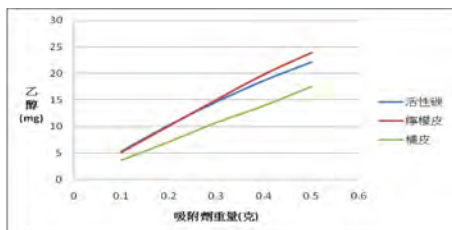


圖22 不同重量的吸附劑對於濾心的吸附效果

實驗討論：

1. 由Arduino感測器測得乙醇的濃度與偵測數值關係為：[偵測數值] = 11.93*[乙醇濃度ppm] + 114.5，其相關係數為R² = 0.981。
2. 在Arduino偵測裝置下，隨著吸附劑增加，其吸收量也呈線性關係。
3. 吸附乙醇效果以檸檬皮最佳，平均每克可以吸附49.86 mg，而橘子皮次之，平均每克可以吸附35.57 mg。
4. 由於Arduino各種感測器可以偵測許多不同氣體濃度，未來可以進行其他氣體的偵測。

實驗九 利用自製循環裝置結合Arduino感測器即時偵測裝置，偵測果皮濾心吸附PM2.5效果



圖23 利用自製循環即時裝置偵測果皮濾心吸附PM2.5

偵測的地點	走廊	橋下	停車場
通過濾心前PM2.5濃度	21.81	42.71	27.60
抽氣5分鐘後PM2.5濃度	18.15	33.27	23.17
抽氣10分鐘後PM2.5濃度	17.72	31.46	21.02
抽氣15分鐘後PM2.5濃度	17.64	31.28	20.64
吸附比例(%)	19.1%	26.8%	25.2%

實驗討論：

1. 由資料顯示，PM2.5的濃度在47µg/m³以下時，空氣品質較佳，但當濃度達71 µg/m³以上時，為紫爆程度。
2. 利用自製儀器，將自製果皮濾心剪成小片約0.2克，放置儀器通風入口處，並利用抽氣馬達平均1mL/s的速度抽取氣體進行氣體循環。結果顯示，其吸附在10-15分鐘後趨緩，其吸附比例約23.7%



圖24 PM2.5的標準值對照表

實驗十 探討自製循環即時偵測裝置(Arduino裝置監控)(第三代)對吸附PM2.5的情形



表1 自製循環偵測的PM2.5濃度與當日環保署時間所公告的PM2.5濃度

環保署 (ug/m ³)	0	10	15	18	27	30	33	48	54	55	56
自製儀器 (ug/m ³)	7.1	11.8	16.9	20.4	30.4	34.5	36.8	51.3	58.3	59.4	60.1

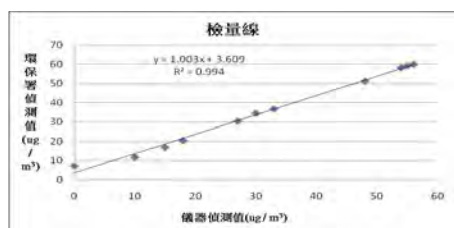


圖31 自製儀器與環保署資料比對檢量線

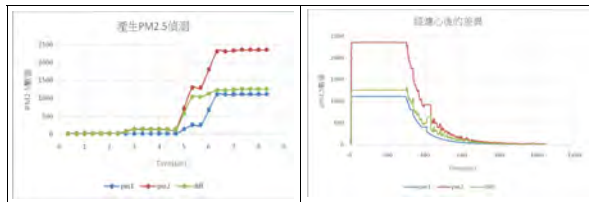


圖32 自製儀器測試階段導入線香煙後的實驗情形

圖33 自製儀器測試階段開始抽氣，並淨化空氣的實驗情形

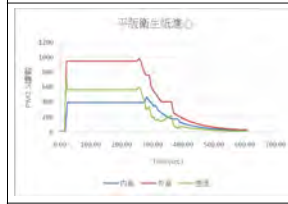


圖34 空白試驗結果



圖35 內外測試盒與PM2.5傳感器

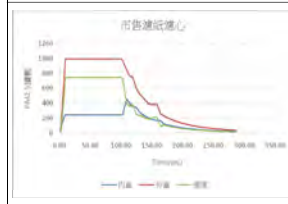


圖36 以自製儀器偵測市售濾心的效果

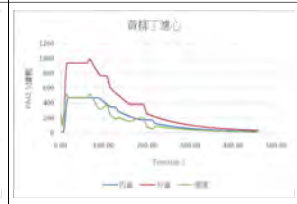


圖37 以自製儀器偵測柳丁皮濾心的效果

實驗討論：

1. 由環保署資料顯示，我們發現在35 ug/m³以上即為輕度汙染，因此我們的裝置設定PM2.5濃度為35 ug/m³時，即讓外盒的風扇開始轉動。
2. 另外當內外盒PM2.5濃度差為20 ug/m³時，裝置的風扇也會開始轉動。
3. 當裝置偵測到PM2.5時，約2-5秒左右，起動過濾裝置，開始淨化空氣。
4. 實驗中導入線香煙後，PM2.5濃度為1000 ug/m³，以自製黃柳丁皮的濾心過濾後，約在450秒左右，濾心可以完全吸附。
5. 利用市售濾心進行比較，雖然吸附時間較長2-3分鐘，但自製黃柳丁的濾心其吸附效果與市售濾心一樣有良好效果。

肆、結論

- 一、紙張部分以加入平板式衛生紙製成果皮濾心效果較佳且完整。
- 二、果皮濾心製作方法，以200克水、25克果皮及5張衛生紙做出的濾心較堅固。加入防腐劑、鐵粉並放入密封盒保存，可以有效增加其保存效果。
- 三、吸附太白粉粉塵效果為：橘子皮>柳丁皮(黃)>柳丁皮(綠)>檸檬皮，其中以活性炭口罩效果仍為最佳。
- 四、以滴定法測量吸附乙醇效果為：活性炭>檸檬皮>柳丁皮(綠)>柳丁皮(黃)>橘子皮。而吸附丙醛的效果為：橘子皮>活性炭>檸檬皮>柳丁皮(綠)>柳丁皮(黃)。雖然果皮濾心對有機氣體的吸附效果較活性炭差一些，不過不同果皮對於乙醇或丙醛也具有相當良好的吸附效果。
- 五、果皮鹼化後並製作濾心，對乙醇、丙醛氣體的吸附效果明顯增加。在乙醇的吸附部分，以檸檬皮(鹼)最好。而在丙醛的吸附部分，以橘子皮(鹼)的吸附效果最佳，這也證明果皮在鹼化後有良好的去除效果。就經濟觀點而言，簡易處理後的果皮有相當好的吸附效果，不但可以節省下一筆開銷，也達到綠色環保的價值。
- 六、我們自製一個可替換式的氣體吸附裝置，再配合Arduino氣體感應裝置。在Arduino偵測器下，乙醇的濃度與偵測數值關係為：[偵測數值] = 11.93*[乙醇濃度ppm] + 114.5，其相關係數為R² = 0.981。隨著吸附劑的量增加，在Arduino偵測器的偵測下，其吸收量也有增大且也呈線性關係，在6分鐘左右可以達到吸附平衡。
- 七、利用自製儀器，將自製果皮濾心剪成小片約0.2克，放置儀器通風入口處，並利用抽氣馬達平均1 mL/s的速度抽取氣體進行氣體循環。結果顯示，其吸附在10-15分鐘後趨緩，其吸附比例約23.7%
- 八、我們以改良第三代自製循環即時偵測儀器吸附PM2.5時，當儀器偵測到PM2.5時，約2-5秒左右即可啟動過濾裝置，導入線香煙後PM2.5濃度為1000 ug/m³，以自製黃柳丁皮的濾心吸附過濾，約在450秒左右，可以完全吸附。

伍、參考文獻

- 一、廚餘果皮變環保酵素 淨化空氣清潔隊也觀摩。中時電子報。民104年8月2日，取自：<http://create.ndhu.edu.tw/mjh/thesis/APA-web.htm>。
- 二、林文川(民98)。製程VOCs廢氣之收集與處理。工業汙染防治。第110期-p105。取自：[file:///C:/Users/wang2/Downloads/3b3a8ce4-98b2-4935-bda0-5a5d3bee0d26_file%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/wang2/Downloads/3b3a8ce4-98b2-4935-bda0-5a5d3bee0d26_file%20(1).pdf)。
- 三、鍾溶鴻(民97)。化學法增強木質纖維質對水中重金屬離子吸附能力之研究。嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士論文。台南市。未出版。
- 四、PM2.5。維基百科。網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%87%B8%E6%B5%AE%E7%B2%92%E5%A9%90>
- 五、粉塵&空氣清淨機。維基百科。網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B2%89%E5%B0%98%E7%88%86%E7%82%B8>