

# 新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：「碳」測「柑」淨好空氣

關鍵詞：活性碳、柑橘類、PM2.5

編 號：

# 「碳」測「柑」淨好空氣

## 摘要

本研究探討利用新竹盛產的柑橘類水果，自製活性碳製成活性碳紗窗的可行性。並探討不同濾材製成的活性碳紗窗過濾 PM2.5 的不同效果。

柑橘類是新竹盛產的水果，我們利用橘子皮製成活性碳，再利用糯米膠、完稿膠分別塗在口罩的外、中、內層和紗布與暖暖包的布材上，撒上碳化橘子皮粉末當作濾材，製成活性碳紗窗，比較各式濾材的透氣度、PM2.5 過濾效果及靜電吸附效果。

實驗發現：在透氣度上，完稿交的表現較糯米膠好，且口罩外層製作的活性碳紗網濾材的表現最好；在靜電實驗中，口罩外層製作的活性碳紗網吸附效果最好；而 PM2.5 的過濾效果中，由口罩內層製作的活性碳紗網濾材的效果最好，故可用口罩外層及內層搭配完稿膠可製成環保又實用的自製活性碳紗窗。

## 壹、 前言

### 一、 研究動機

臺灣因地理位置，冬季時常受到西伯利亞冷氣團影響，外境霾害隨冷氣團南下，加上本身擴散條件差，造成臺灣東北季風含有高濃度的細懸浮微粒 PM2.5，影響人體健康，所以近期時常會看到防霾紗窗的廣告。

我們在搜尋資料的時候發現活性碳有良好的過濾水質的效果，於是我們想試試看活性碳是否也能過濾空氣呢？查詢資料後發現活性碳是含碳物質熱分解及高溫活化後的產物，可以利用含碳物質製作，像是咖啡渣或橘子皮。剛好最近又是柑橘水果盛產的季節，過年期間也常有柑橘類禮盒，會產生大量的果皮，於是我們想到用新竹當地盛產的橘子皮製成活性碳過濾空氣，利用完稿膠和糯米膠把橘子皮活性碳粉黏在布料上，製成環保又實用的自製活性碳紗窗。

### 二、 研究目的

#### 【研究一】自製活性碳的材料及方法

- 一、 目的:找出能最適合的材料來製成活碳。
- 二、 將橘子皮和咖啡渣包進鋁箔紙內。
- 三、 把鋁箔紙放進裝滿小石頭的鍋子裡，使鍋內溫度容易升高。
- 四、 持續燃燒 1 小時，將悶燒後的橘子皮活性碳打成粉。

## 【研究二】附著實驗

- 一、目的：探究哪種膠比較適合來黏著活性碳。
- 二、選用一次性拋棄式布材再利用：暖暖包、口罩內中外三層及紗布。
- 三、於各式布材塗抹糯米膠或噴上完稿膠。
- 四、將活性炭粉均勻撒在各式布材上。
- 五、測試哪款膠比較適合。

## 【研究三】透氣實驗

- 一、目的：探究各式活性碳紗網的透氣程度。
- 二、將廣口瓶裝 200 毫升的 100 度熱水。
- 三、把各式活性碳紗網放在廣口瓶上方。
- 四、再把廣口瓶持續用酒精燈加熱。
- 五、觀察 10、20 分鐘，測試各式活性碳紗網和廣口瓶的總重量。
- 六、計算水份蒸發量。

## 【研究四】靜電實驗

- 一、目的：探究各式活性碳紗網是否能藉由靜電原理吸附衛生紙片。
- 二、將各式活性碳紗網貼在自製塑膠盒上。
- 三、利用靜電棒在各式活性碳上反覆摩擦。
- 四、放上 10 片 0.5\*0.5 的衛生紙片。
- 五、晃動三下後觀察剩下幾片衛生紙。

## 【研究五】Arduino UNO 及 PMS5003 感測器電路連接

- 一、目的：透過 Arduino UNO 及 PMS5003 感測器進行 PM2.5 感測。
- 二、將杜邦線插入對應的電路板之 Pin 腳位。
- 三、將程式燒進 Arduino UNO 接上電源，測試 PMS5003 感測器是否正常運行。
- 四、確認 OLED 顯示器是否顯示目前 PM2.5 數值。

## 【研究六】過濾 PM2.5 成效實驗

- 一、目的：探究各式活性碳紗網過濾 PM2.5 效果。
- 二、將各式活性碳紗網固定在自製測試箱洞口。
- 三、放入 PM2.5 感測器組，並利用保鮮膜封箱。
- 四、利用線香距離測試箱口 30 公分製造 PM2.5，並用電風扇吹向各式活性碳紗網，比較 PM2.5 過濾成效。

## 【研究七】顯微鏡觀察實驗

- 一、目的：透過顯微鏡觀察自製活性碳粉及各式活性碳紗網表面的樣貌。
- 二、將各式活性碳紗網放在顯微鏡下方。
- 三、調整焦距進行觀察並記錄。

## 三、文獻回顧

作品名稱	研究結果
帶「靜」紗窗，防塵來 「勁」—靜電紗窗防塵 效 果研究	利用靜電吸塵的原理，讓靜電導入紗窗，阻擋灰塵進入。實驗結果發現，靜電紗窗能攔阻 80—90%的懸浮微粒進入室內。
碳為觀止回收式生物炭 吸 附光解膠囊	黏滯力大小為: 麥芽糖>糯米粉液>太白粉液>地瓜粉液>玉米粉液，因而將麥芽糖、玉米粉液作為避震材
「粽」望所歸，讚「碳」 不已—以回收粽葉悶燒製 作活性碳之研究	使用粽葉活性碳製成活性碳口罩，具有透氣、不易吸汗、耐折程度好、環保等優點。
咖啡王子一號店～研製咖 啡渣活性碳	運用乾餾法，研發出「咖啡渣活性碳的製作方法」，也驗證研製的「咖啡碳」和活性碳一樣，具有吸附雜質以達到淨水和脫色的功能。
落葉變黑金-由校園落葉製 成活性碳應用於高中 實驗 室廢液處理之研究	目前用以製成活性碳的材料為木材、椰子殼、稻殼等，皆為質地較粗的纖維材料，而我們採集校內福木及欒仁落葉製成活性碳，經電子顯微鏡觀察，孔洞密度皆比工業用活性碳大，孔洞個數較多，孔洞的大表面積有利於吸附雜質，落葉活性碳能有效運用於校園實驗室有機染料及重金屬溶液之減廢處理，並達到校園廢棄物再利用的目的。

## 貳、研究設備及器材

 <p>PM2.5 感測器組</p>	 <p>油土</p>	 <p>電子秤</p>
 <p>電風扇</p>	 <p>衛生紙</p>	 <p>線香</p>
 <p>自製塑膠盒</p>	 <p>廣口瓶</p>	 <p>酒精燈</p>
 <p>靜電棒</p>	 <p>打粉機</p>	 <p>鋁箔紙</p>

		 柑橘
 口罩	 暖暖包布料	 紗布

## 參、研究過程或方法

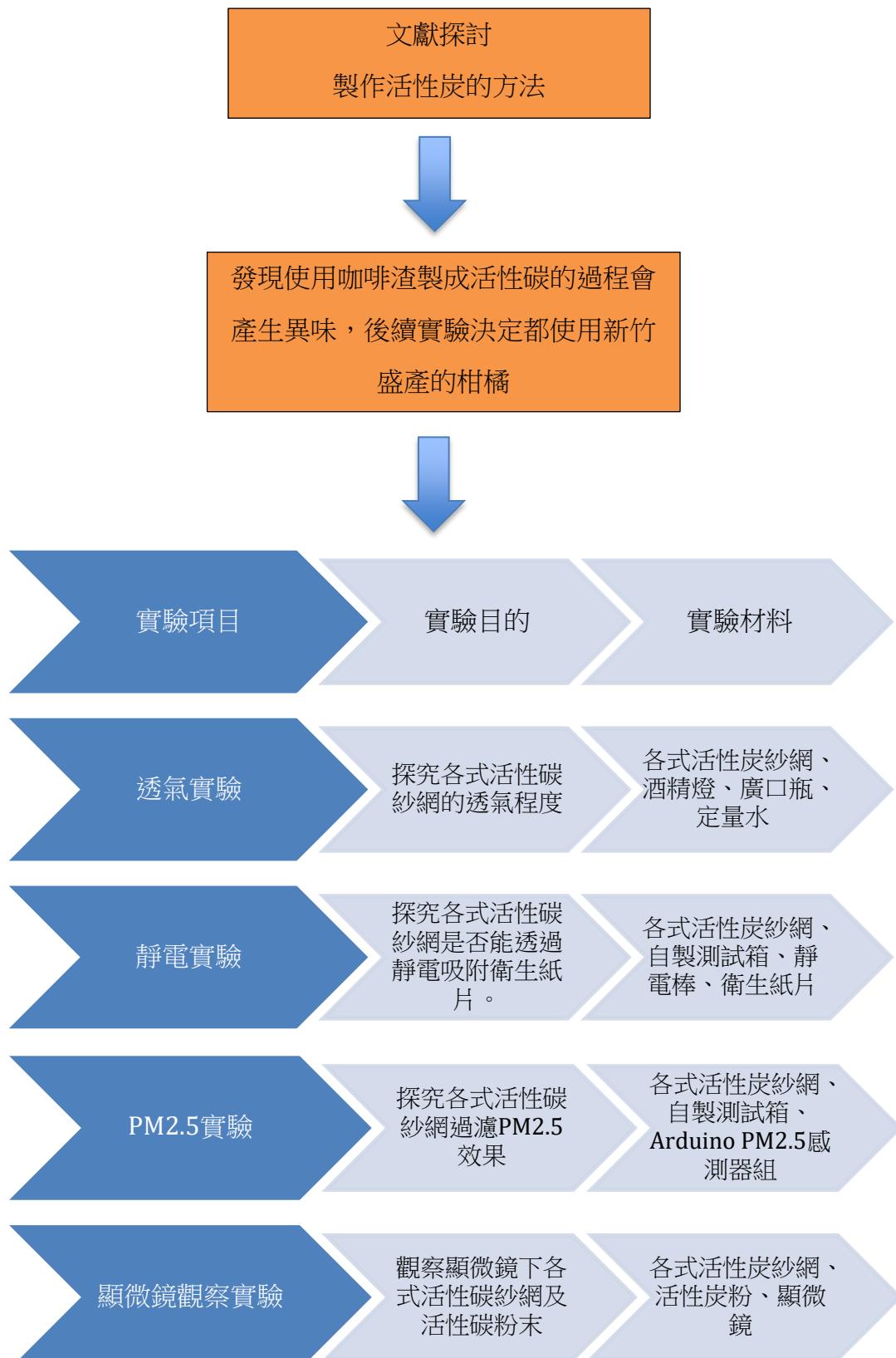
### 一、關於活性炭粉的製作方法

準備含碳材料，我們使用咖啡渣及橘子皮，在氮氣環境下，於 300~500°C 之溫度下，使含碳材料進行碳化反應 1~3 小時，無須進一步添加活化劑以進行活化反應，即獲得活性碳，其中，獲得之活性碳的碘值介於 436~1085mg/g 之間。

活性碳 (activated carbon) 是一種多孔性的含碳物質，它具有高度發展的孔隙構造，其組成物質除了碳元素外，尚含有少量的氫、氮、氧及灰份，其結構則為碳形成的六環物堆積而成。活性碳無臭、無味，不溶於水和有機溶劑，高表面積的特性，對有機高分子物質有很強的吸附力，對於液體中的微量成分、色素、臭氣物質等具有高度的去除能力。

1. 將橘子皮和咖啡渣包進鋁箔紙內。
2. 把鋁箔紙放進裝滿小石頭的鍋子裡，使鍋內溫度容易升高。
3. 持續燃燒 1 小時。
4. 將悶燒後的橘子皮活性碳打成粉製成。

## 二、研究架構



## 肆、研究結果與討論

### 【研究一】自製活性碳的材料及方法

(一)目的:找出能最適合的材料來製成活碳。

(二)實驗材料：橘子皮、咖啡渣、糙米、暖暖包外皮、小石頭、鋁箔紙。

(三)實驗設備：瓦斯爐、瓦斯罐、電子秤、鍋子、打粉機。

(四)實驗步驟：

1. 將橘子皮和咖啡渣包進鋁箔紙內 	2.把鋁箔紙放進裝滿小石頭的鍋子裡，使鍋內溫度容易升高，並蓋上鍋蓋。 
3.持續燃燒 1 小時候觀察碳化結果。 	4.將悶燒後的橘子皮活性碳打成粉。 

(五)討論：

用咖啡渣製成活性碳的悶燒後發現，會產生異味，所以後續實驗都使用橘子皮製作活性碳，並且需要燃燒一小時才足以製成。

## 【研究二】附著實驗

(一) 實驗目的：探究哪種膠比較適合來黏著活性碳。

(二) 實驗材料：完稿膠、糯米膠、活性炭粉、口罩內中外三層、暖暖包外皮、紗布。

(三) 實驗步驟：

1. 於各式布材塗抹糯米膠或噴上完稿膠。
2. 將活性炭粉均勻撒在各式布材上。
3. 測試哪款膠比較適合。了解各式膠哪個比較適合來黏著活性碳。

膠	完稿膠	糯米膠
優點	<ul style="list-style-type: none"><li>● 很快就乾</li><li>● 布不會變硬</li><li>● 黏性較強</li><li>● 可重覆黏貼</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 天然</li><li>● 價格較為便宜。</li></ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"><li>● 不是天然製品</li><li>● 噴灑時可能會產生氣味，需要注意通風</li><li>● 噴灑後容易沾染灰塵</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 布容易變硬</li><li>● 粉會剝落</li><li>● 黏性不如完稿膠強</li><li>● 保存不易，容易變質</li></ul>
	  	 

(四) 討論：

雖然完稿膠較不天然，但他的黏性較均勻，等待乾燥的時間短，可以縮短黏貼及等待的時間。

### 【研究三】透氣實驗

(一) 目的：探究各式活性碳紗網的透氣程度。

(二) 實驗材料：各式活性碳紗網、廣口瓶、熱水、電子秤、酒精燈。

(三) 實驗步驟：

1. 將廣口瓶裝 200 毫升的 100 度熱水。
2. 把各式活性碳紗網固定在廣口瓶口。
3. 秤廣口瓶、熱水、活性碳紗網總重量。
4. 把廣口瓶放至酒精燈上方持續加熱。
5. 分別觀察 10、20 分鐘，秤廣口瓶、熱水及各式活性碳紗網的總重量。
6. 計算水份蒸發量，重量減少最多的表示透氣度最佳。



(四) 實驗結果：

第一次

	原重量	5 分鐘	10 分鐘
暖暖包	360.2	360.0	360.0
口罩內層	405.2	405.2	404.7
口罩中層	387.5	387.5	386.9
口罩外層	397.3	397.3	396.9
紗布	360.9	360.6	360.7

第二次

	原重量	5 分鐘	10 分鐘
暖暖包	384.9	385.1	384.8
口罩內層	369.4	396.1	395.9
口罩中層	405.5	405.4	405.4
口罩外層	390.2	389.9	389.5
紗布	372.3	372.0	371.7

(五) 討論：**發現問題**

一開始我們只用熱水，但發現在過 5 分鐘以後熱氣就會散去，導致實驗效果不明顯，所以我們調整實驗方式，改用酒精燈燃燒加熱，也把實驗的時間加長為 10 分鐘及 20 分鐘分別記錄一次。

(六) 調整後實驗結果：

第一次

	原重量	10分鐘	20分鐘
暖暖包	577.1	574.7(少 2.4)	564.1(少 10.6)
口罩內層	570.3	567.2(少 3.1)	557.7(少 9.5)
口罩中層	570.7	564.9(少 5.8)	547.0(少 17.9)
口罩外層	568.1	560.9(少 7.2)	537.8(少 23.1)
紗布	571.0	560.9(少 9.1)	536.7(少 24.2)

第二次

	原重量	10分鐘	20分鐘
暖暖包	574.8	571.0(少 3.8)	552.0(少 19)
口罩內層	573.0	571.0(少 2)	564.4(少 6.6)
口罩中層	572.9	572.1(少 0.8)	569.8(少 2.3)
口罩外層	572.0	570.4(少 1.6)	566.7(少 3.7)
紗布	571.7	570.5(少 1.2)	566.7(少 3.8)

第三次

	原重量	10分鐘	20分鐘
暖暖包	570.4	567.2(少 3.2)	557.7(少 9.5)
口罩內層	577.4	576.1(少 1.3)	575.0(少 1.1)
口罩中層	577.2	572.9(少 4.3)	571.7(少 1.2)
口罩外層	573.2	572.9(少 0.3)	571.7(少 1.2)
紗布	571.7	570.3(少 1.4)	570.1(少 0.2)

平均減少

	10分鐘	20分鐘
暖暖包	3.13	13.03
口罩內層	2.13	5.73
口罩中層	3.6	7.1
口罩外層	8.9	27.2
紗布	3.9	3.4

(七) 討論：

實驗過程中我們發現暖暖包的布材在 10 分鐘之後，有好幾次因為受熱畏縮捲起來，導致水蒸氣漂走，造成較大的實驗誤差，即便我們已經嘗試使用糯米膠進行固定，效果依然有限。

而其他布材中，以口罩外層的透氣效果最佳，口罩內層則最不好。

## 【研究四】靜電實驗

(一) 目的：探究各式活性碳紗網是否能藉由靜電原理吸附衛生紙片。

(二) 實驗材料：各式布材(無活性碳粉)、各式活性碳紗網、自製測試塑膠盒、靜電棒、1x1 公分衛生紙片。

(三) 實驗步驟：

1. 將各式布材(無活性碳粉)/各式活性碳紗網固定在自製塑膠盒上，每片活性碳紗網測試的面積維持相同。
2. 利用靜電棒在各式布材(無活性碳粉)/各式活性碳紗網上反覆摩擦。
3. 放上 10 片 1x1 公分的衛生紙片。
4. 晃動三下後觀察吸附的衛生紙片張數。
5. 比較有無活性碳粉的靜電吸附效果。

(四) 實驗結果：

### 無添加活性碳粉各式布材

第一次：

	搖晃三下之後吸附的衛生紙片數量
暖暖包	4
口罩內層	2
口罩中層	8
口罩外層	9
紗布	2

第二次：

	搖晃三下之後吸附的衛生紙片數量
暖暖包	2
口罩內層	5
口罩中層	6
口罩外層	6
紗布	2

第三次：

	搖晃三下之後吸附的衛生紙片數量
暖暖包	3
口罩內層	5
口罩中層	5
口罩外層	8
紗布	1

平均：

	搖晃三下之後吸附的衛生紙片數量
暖暖包	3
口罩內層	4
口罩中層	6.33
口罩外層	7.66
紗布	1.66

### 添加活性碳粉各式活性碳紗網

第一次：

	搖晃三下之後吸附的衛生紙片數量
暖暖包	9
口罩內層	8
口罩中層	8
口罩外層	10
紗布	4

第二次：

	搖晃三下之後吸附的衛生紙片數量
暖暖包	7
口罩內層	7
口罩中層	7
口罩外層	8
紗布	4

第三次：

	搖晃三下之後吸附的衛生紙片數量
暖暖包	6
口罩內層	6
口罩中層	6
口罩外層	7
紗布	3

平均：

	搖晃三下之後吸附的衛生紙片數量
暖暖包	7.33
口罩內層	7
口罩中層	7
口罩外層	8.33
紗布	3.66

### (五) 討論：

我們透過實驗發現，不論有無添加活性碳粉，口罩外層的靜電吸附效果都是最好的，紗布的靜電吸附效果最差。

且各式布材在製成活性碳紗網後的靜電吸附效果都有明顯的提升，所以我們認為活性碳紗網透過靜電吸附髒污的可行性相當高。

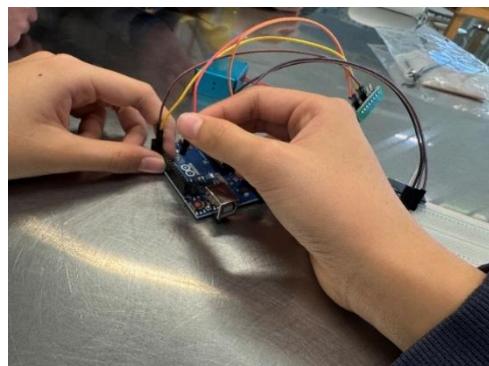
## 【研究五】Arduino UNO 及 PMS5003 感測器電路連接

(一)目的：透過 Arduino UNO 及 PMS5003 感測器進行 PM2.5 感測。

(二)實驗材料：Arduino UNO、PMS5003 感測器、麵包板、杜邦線、OLE 顯示器

(三)實驗步驟：

1. 將杜邦線插入對應的 Arduino UNO 電路板之 Pin 腳位。
2. 將程式燒進 Arduino UNO 接上電源，測試 PMS5003 感測器是否正常運行。
3. 確認 OLED 顯示器是否顯示目前 PM2.5 數值。
4. 查詢資料對應目前空氣品質標準。



(四)實驗結果：

熟悉並了解程式頁面，由於多數的積木式程式撰寫軟體較常使用的是紅外線偵測、溫度、濕度偵測等功能，所以紅外線偵測、溫度、濕度偵測的函式庫（library）也較齊全。我們找到的 PM2.5 偵測的函式庫（library）和我們所購買的 PMS5003 感測器無法相互對應，所以我們請工程師教我們程式撰寫及相關的概念。

程式碼如下：

```
14 #include <Arduino.h>
15 #include <U8g2lib.h>
16
17 #ifndef U8X8_HAVE_HW_SPI
18 #include <SPI.h>
19 #endif
20 #ifndef U8X8_HAVE_HW_I2C
21 #include <Wire.h>
22 #endif
23 #include "PMS.h"
24 #include <SoftwareSerial.h>
25 SoftwareSerial pmsSerial(2, 3); //RX,TX - 接到PMSS003的TX,RX
26 PMS pms(pmsSerial);
27 PMS::DATA data;
28
29 int pm25=0;
30
31 //這行是NodeOLED用的
32 //U8G2_SSD1306_128X64_NONAME_1_SW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* clock */ D2, /* data */ D1, /* reset */ U8XB_PIN_NONE);
33 U8G2_SSD1306_128X64_NONAME_1_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* reset */ U8XB_PIN_NONE); //Arduino Uno+0.96吋OLED用這行
34 //U8G2_SH1106_128X64_NONAME_1_HW_I2C u8g2(U8G2_R0, /* reset */ U8XB_PIN_NONE); //如果用1.3吋OLED用這行
35
36 //OLED上方標題，用圓形表現
37 static const unsigned char PROGMEM title[256] = { /* 0x20,0xb1,0xb0,0x00,0x10,0x00, */
38 0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,
39 0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x03,0xF3,0xCF,0xEF,0xFF,0x1F,0xFF,0xFD,0xFE,
40 ,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0x03,0xF3,0xCF,0xEF,0xFF,0x1F,0xFF,0xFD,0xFE,
41 0x0F,0x78,0x38,0x3E,0xF8,0xE0,0x01,0x03,0x4F,0x00,0x1E,0xF0,0xFF,0x02,0xE0,
42 0x8F,0x71,0x18,0x9E,0xF1,0xE0,0x39,0xF9,0x03,0xD6,0xDE,0xF1,0x7F,0x3B,0xFB,
43 0x8F,0x63,0x18,0xDE,0xE3,0x3F,0xFF,0x39,0xFD,0xCF,0xD3,0xFF,0x9C,0x3F,0x98,0xFB,
44 0x8F,0x63,0x18,0xDE,0xF3,0x7F,0xFF,0x81,0xFF,0xCF,0x91,0x3F,0xC0,0xFF,0x98,0xF0,
45 0x8F,0x63,0x10,0xFE,0xF1,0x7F,0xF0,0xD9,0x03,0xCF,0x3C,0xFE,0x31,0xFF,0x82,0xE0,
46 0x8F,0x71,0x12,0xFE,0xF8,0x3F,0xC7,0x01,0xFE,0xF0,0xFF,0x78,0x7E,0xB0,0xFD,
47 0x0F,0x78,0x22,0x7E,0xFC,0xFF,0xC7,0xFF,0x83,0x00,0x1E,0x00,0x3C,0xB0,0xFD,
48 0x8F,0x7F,0x22,0x3E,0xFE,0xFF,0xC7,0x03,0xC0,0xCF,0x3F,0xE6,0xFD,0xBB,0xFD,
49 0x8F,0x7F,0x22,0x1E,0xF0,0xBC,0xC7,0xB3,0xCD,0xCF,0xEF,0x7F,0x26,0x7F,0xB1,0xFD,
50 0x8F,0x7F,0x22,0x1E,0xF0,0x38,0xE3,0xB3,0xCD,0xCF,0xEF,0x3F,0x3E,0x95,0xED,
51 0x8F,0x7F,0x32,0x1E,0xF0,0x7C,0xF0,0x93,0xC8,0xCB,0x00,0x9E,0xE7,0x3C,0xC5,0xES,
52 0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,
53 0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,0xFF,
54 };
55
56 void setup()
57 {
58   Serial.begin(9600);
59   pmsSerial.begin(9600);
60   u8g2.begin();
61 }
62
63 void loop()
64 {
65   u8g2.setFont(u8g2_font_samim_16_t_all); //字型
66   u8g2.firstPage();
67   do {
68     u8g2.drawXBMP(0,0, 128, 16, title);
69     u8g2.setCursor(16, 64);
70     u8g2.setFont(u8g2_font_osb41_tn);
71     if (pms.read(data)){ //讀取PMS的數值
72       pm25 = data.PM_AE_UG_2_5;
73       Serial.print("PM 2.5 (ug/m³): ");
74       Serial.println(data.PM_AE_UG_2_5);
75     }
76     u8g2.print(pm25); //將讀到的PM2.5數值顯示在OLED上
77     u8g2.setCursor(83, 58);
78     u8g2.setFont(u8g2_font_samim_12_t_all);
79     u8g2.print("ug/m³");
80
81   } while ( u8g2.nextPage() );
82
83 }
```

## (五)討論：

由於我們需要自製 PM2.5 測試箱，隔絕活性碳紗網內外空氣，所以有使用 OLED 顯示器，直接顯示當下空氣品質。我們依據環境部空氣品質監測網查詢到空氣品質指標(AQI)中，PM2.5 的值在 0.0~15.4( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )為良好，15.5~35.4( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )為普通。

空氣品質指標 (AQI)							
AQI 指標	O <sub>3</sub> (ppm) 8 小時平均值	O <sub>3</sub> (ppm) 小時平均值 <sup>(1)</sup>	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24 小時平均值	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24 小時平均值	CO (ppm) 8 小時平均值	SO <sub>2</sub> (ppb) 小時平均值	NO <sub>2</sub> (ppb) 小時平均值
良好 0~50	0.000 – 0.054	–	0.0 – 15.4	0~50	0 – 4.4	0~20	0~30
普通 51~100	0.055 – 0.070	–	15.5 – 35.4	51~100	4.5 – 9.4	21~75	31~100
對敏感族群不健康 101~150	0.071 – 0.085	0.125 – 0.164	35.5 – 54.4	101~254	9.5 – 12.4	76~185	101~360
對所有族群不健康 151~200	0.086 – 0.105	0.165 – 0.204	54.5 – 150.4	255~354	12.5 – 15.4	186~304 <sup>(3)</sup>	361~649
非常不健康 201~300	0.106 – 0.200	0.205 – 0.404	150.5 – 250.4	355~424	15.5 – 30.4	305~604 <sup>(3)</sup>	650~1249
危害 301~400	(2)	0.405 – 0.504	250.5 – 350.4	425 – 504	30.5 – 40.4	605~804 <sup>(3)</sup>	1250~1649
危害 401~500	(2)	0.505 – 0.604	350.5 – 500.4	505~604	40.5 – 50.4	805~1004 <sup>(3)</sup>	1650~2049

而環境部為接軌國際，修正發布「空氣品質標準」，自民國 114 年 1 月 1 日起調整民眾每日接收空氣品質指標(AQI)之濃度門檻，PM2.5 的值在 0.0~12.4( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )為良好，12.5~30.4( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )為普通。

空氣品質指標 (AQI)							
AQI 指標	O <sub>3</sub> (ppm) 8 小時平均值	O <sub>3</sub> (ppm) 小時平均值 <sup>(1)</sup>	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24 小時平均值	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 24 小時平均值	CO (ppm) 8 小時平均值	SO <sub>2</sub> (ppb) 小時平均值	NO <sub>2</sub> (ppb) 小時平均值
良好 0~50	0.000 - 0.054	-	0.0 - 12.4	0 - 30	0 - 4.4	0 - 8	0 - 21
普通 51~100	0.055 - 0.070	-	12.5 - 30.4	31 - 75	4.5 - 9.4	9 - 65	22 - 100
對敏感族群不健康 101~150	0.071 - 0.085	0.101 - 0.134	30.5 - 50.4	76 - 190	9.5 - 12.4	66 - 160	101 - 360
對所有族群不健康 151~200	0.086 - 0.105	0.135 - 0.204	50.5 - 125.4	191 - 354	12.5 - 15.4	161 - 304 <sup>(3)</sup>	361 - 649
非常不健康 201~300	0.106 - 0.200	0.205 - 0.404	125.5 - 225.4	355 - 424	15.5 - 30.4	305 - 604 <sup>(3)</sup>	650 - 1249
危害 301~400	(2)	0.405 - 0.504	225.5 - 325.4	425 - 504	30.5 - 40.4	605 - 804 <sup>(3)</sup>	1250 - 1649
危害 401~500	(2)	0.505 - 0.604	325.5 - 500.4	505 - 604	40.5 - 50.4	805 - 1004 <sup>(3)</sup>	1650 - 2049

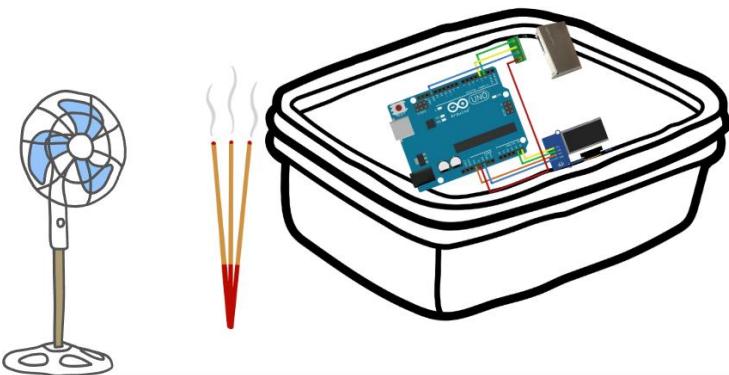
## 【研究六】過濾 PM2.5 成效實驗

(一) 目的：探究各式活性碳紗網過濾 PM2.5 效果。

(二) 實驗材料：各式布材/各式活性碳紗網、自製測試塑膠盒、電風扇、Arduino UNO 及 PMS5003 感測器電路組、線香、油土、保鮮膜。

(三) 實驗步驟：

1. 將各式布材/各式活性碳紗網固定在自製測試箱洞口。
2. 放入 Arduino UNO 及 PMS5003 感測器電路組，並利用保鮮膜封箱。
3. 利用油土固定線香，距離測試箱口 30 公分製造 PM2.5，並用電風扇吹向各式布材/各式活性碳紗網，比較 30 秒到 180 秒的 PM2.5 變化量。



(四) 實驗結果：**無添加活性碳粉各式布材**

第一次

PM2.5 減少量	無	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒
暖暖包	112	64	55	36	54	54	41
內層	77	45	91	85	70	44	45
中層	63	49	35	32	38	44	44
外層	57	44	39	40	41	42	37
紗布	102	44	37	33	27	36	38

第一次 PM2.5 數值變化量

PM2.5 減少量	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒
暖暖包	48	9	19	-18	0	13
內層	32	-46	6	15	26	-1
中層	14	14	3	-6	-6	0
外層	13	5	-1	-1	-1	5
紗布	58	7	4	6	-9	-2

第二次

PM2.5 減少量	無	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
暖暖包	138	100	76	74	64	55	56
內層	111	41	43	43	50	39	48
中層	63	32	30	42	45	38	29
外層	63	44	37	47	33	30	36
紗布	92	56	56	44	44	34	32

第二次 PM2.5 數值變化量

PM2.5 減少量	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
暖暖包	38	24	2	10	9	-1
內層	70	-2	0	-7	11	-9
中層	31	2	-12	-3	7	9
外層	19	7	-10	14	3	-6
紗布	36	0	12	0	10	2

第三次

PM2.5 減少量	無	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
暖暖包	69	40	43	46	45	57	50
內層	51	41	41	38	55	42	48
中層	98	59	50	45	32	29	28
外層	60	31	23	34	30	30	27
紗布	78	39	38	33	26	29	28

第三次 PM2.5 數值變化量

PM2.5 減少量	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
暖暖包	29	-3	-3	1	-12	7
內層	10	0	3	-17	13	-6
中層	39	9	5	13	3	1
外層	29	8	-11	4	0	3
紗布	39	1	5	7	-3	1

無添加活性碳粉各式布材平均 PM2.5 數值變化量

PM2.5 減少量	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒	加總
暖暖包	38	10	6	-2	-1	6	57
內層	37	-16	3	-3	17	-5	33
中層	28	8	-1	1	1	3	41
外層	20	7	-7	6	1	1	27
紗布	44	3	7	4	-1	0	58

## (五) 討論：

在無活性炭粉下，各式活性碳紗布、暖暖包、內層、中層、外層在 30 秒內 PM2.5 數值都是下降狀態。但時間拉長，各式布材過濾效果皆有逐漸降低，PM2.5 值皆有上升趨勢，其中外層是在 3 分鐘內，PM2.5 值增加最多者，而紗布則是降低最多者，由此可得知，在無活性炭粉下，紗布 PM2.5 過濾效果最佳而外層在長時間下過濾效果最低。

## (六) 實驗結果：添加活性碳粉各式活性碳紗網

### 第一次

PM2.5 減少量	無	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒
暖暖包	175	136	113	75	72	95	104
內層	160	43	45	63	51	52	58
中層	123	100	83	94	87	118	106
外層	169	45	44	44	45	42	35
紗布	153	148	170	205	157	153	165

### 第一次 PM2.5 數值變化量

PM2.5 減少量	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒
暖暖包	39	23	38	3	-23	-9
內層	117	-2	-18	12	-1	-6
中層	23	17	-11	7	-31	12
外層	124	1	0	-1	3	7
紗布	5	-22	-35	48	4	-12

### 第二次

PM2.5 減少量	無	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒
暖暖包	170	125	50	48	64	72	54
內層	182	133	125	87	66	56	80
中層	117	53	41	31	36	36	40
外層	127	73	53	44	54	50	47
紗布	100	89	66	47	45	63	56

### 第二次 PM2.5 數值變化量

PM2.5 減少量	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒
暖暖包	45	75	2	-16	-8	18
內層	49	8	38	21	10	-24
中層	64	12	10	-5	0	-4
外層	54	20	9	-10	4	3
紗布	11	23	19	2	-18	7

### 第三次

PM2.5 減少量	無	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
暖暖包	179	58	82	136	149	139	134
內層	184	54	70	89	80	83	66
中層	188	65	49	55	53	51	49
外層	108	51	76	71	96	90	52
紗布	100	124	140	134	133	131	73

### 第三次 PM2.5 數值變化量

PM2.5 減少量	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒
暖暖包	121	-24	-54	-13	10	5
內層	130	-16	-19	9	-3	17
中層	123	16	-6	2	2	2
外層	57	-25	5	-25	6	38
紗布	-24	-16	6	1	2	58

### 各式活性碳紗網平均 PM2.5 數值變化量

PM2.5 減少量	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒	180秒	加總
暖暖包	68	25	-5	-9	-7	5	77
內層	99	-3	0	14	2	-4	107
中層	70	15	-2	1	-10	3	78
外層	78	-1	5	-12	4	16	90
紗布	-3	-5	-3	17	-4	18	20

### (七) 結論：

在有活性炭粉條件下，PM2.5 下降幅度比無活性炭粉條件佳。除了紗布之外，其他四種活性碳暖暖包、內層、中層、外層在 30 秒內 PM2.5 指數都是下降狀態，可得知過濾效果較佳。但時間拉長，每個活性碳材質過濾效果皆有逐漸降低，PM2.5 值皆有上升趨勢，其中紗布是在 3 分鐘內，PM2.5 值增加最多者，而內層則是降低最多者，由此可得知，內層 PM2.5 過濾效果最佳而紗布在長時間下過濾效果最低。

## 【研究七】顯微鏡觀察實驗

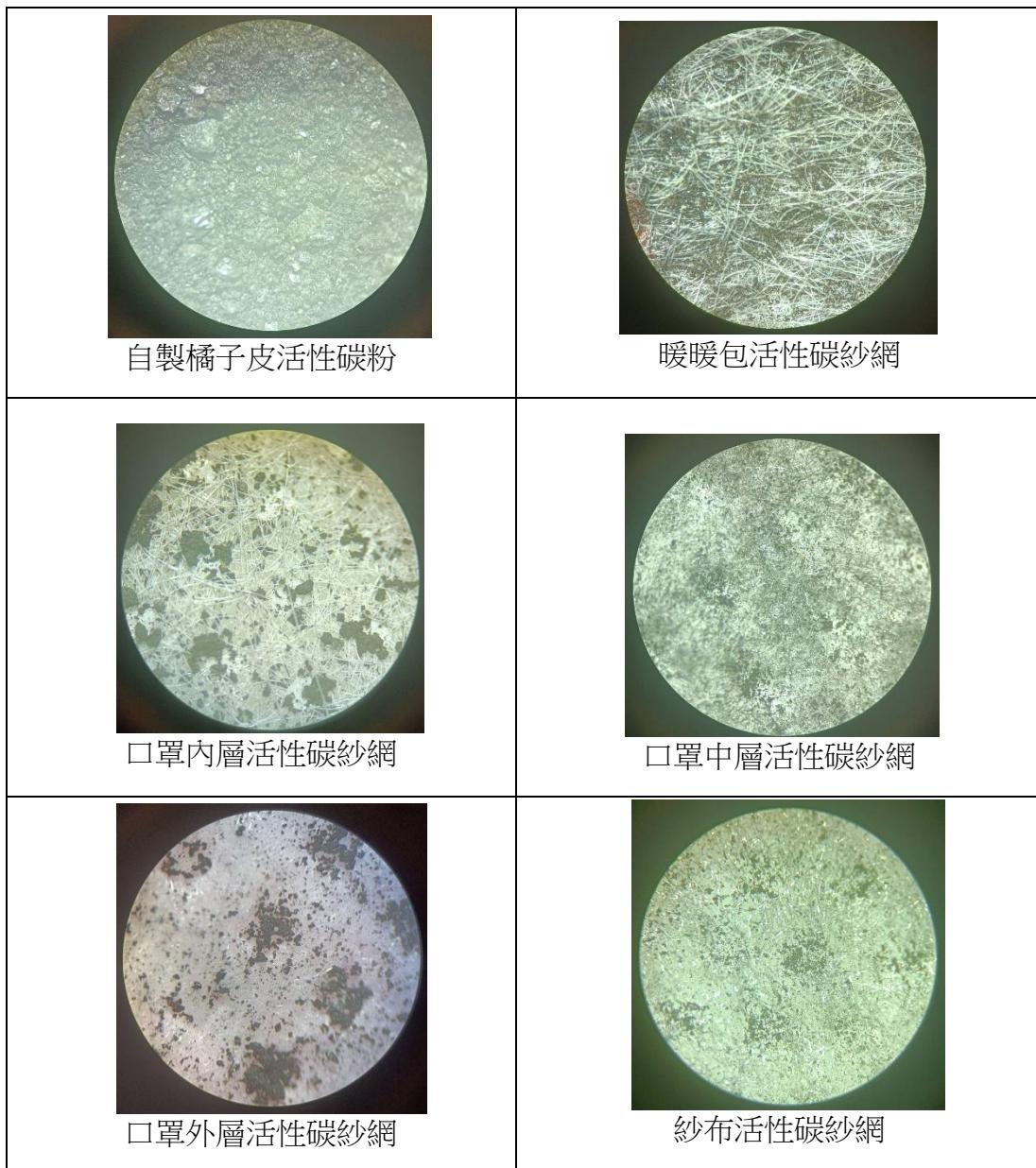
(一) 目的：透過顯微鏡觀察自製活性碳粉及各式活性碳紗網表面的樣貌。

(二) 實驗材料：顯微鏡、自製橘子皮活性碳粉、各式活性碳紗網。

(三) 實驗步驟：

1. 將各式活性碳紗網放在顯微鏡下方。
2. 調整焦距進行觀察並記錄。

(四) 實驗結果：



(五) 討論：

活性炭於暖暖包、口罩中層及紗布附著的較均勻。

## 伍、結論

### 【研究一】自製活性碳的材料及方法

利用咖啡渣製作活性碳悶燒完後發現，會有異味，故後續實驗都使用橘子皮，橘子皮無異味且也較好發現是否已呈現碳化。

	優點	缺點
咖啡渣	<ul style="list-style-type: none"><li>● 取得容易</li><li>● 本體可吸附異味</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 碳化後有異味</li><li>● 無法清楚分辨是否完成碳化 (顏色無法分辨)</li></ul>
橘子皮	<ul style="list-style-type: none"><li>● 用途廣泛</li><li>● 可清楚分辨是否完成碳化 (顏色區分 容易)</li><li>● 碳化後，容易保存</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 橘子皮本體易發霉，不容易保存</li></ul>

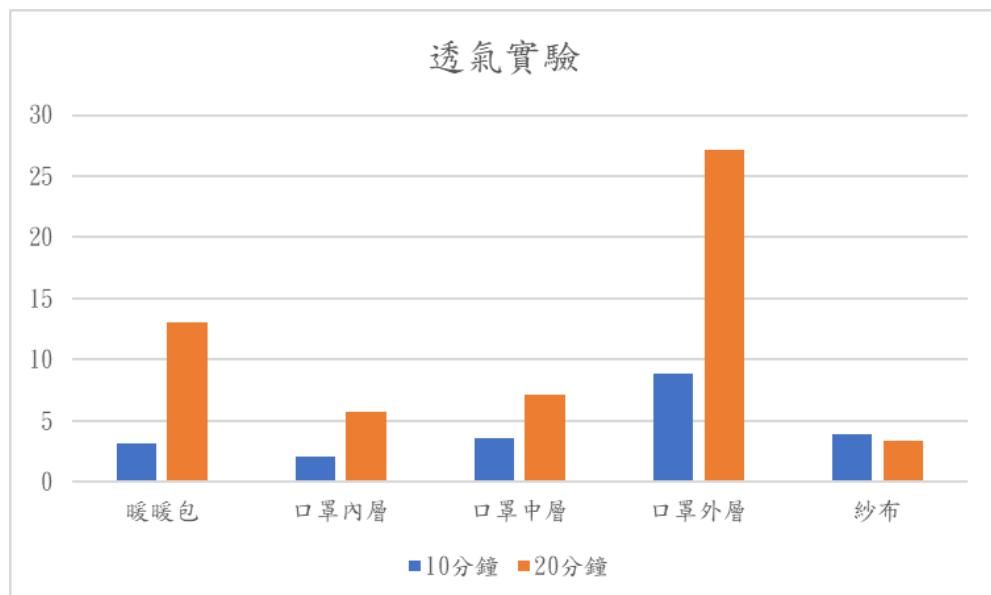
### 【研究二】附著實驗

雖然完稿膠較不天然，但他的黏著性穩定，粉末黏著均勻，也可以縮短黏貼的時間。

膠	優點	缺點
完稿膠	<ul style="list-style-type: none"><li>● 很快就乾</li><li>● 布不會變硬</li><li>● 黏性較強</li><li>● 可重覆黏貼</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 不是天然製品</li><li>● 噴灑時可能會產生氣味，需要注 意通風。</li><li>● 噴灑後容易沾染灰塵。</li></ul>
糯米膠	<ul style="list-style-type: none"><li>● 天然</li><li>● 價格較為便宜。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 布容易變硬</li><li>● 粉會剝落</li><li>● 黏性不如完稿膠強</li><li>● 保存不易，容易變質</li></ul>

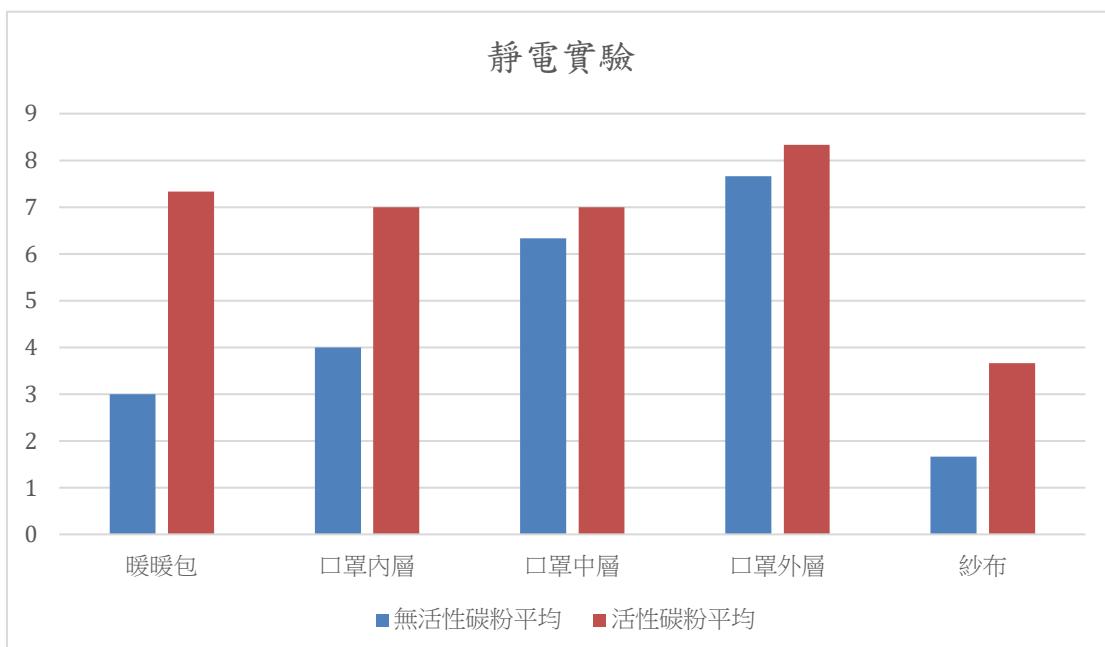
### 【研究三】透氣實驗

我們將實驗從只用熱水，改為用酒精燈燃燒增加液態水變水蒸氣的時間，也可把測試時間改為 10 及 20 分鐘。發現除了暖暖包因材質本身易捲曲，而產生的瓶口縫隙造成蒸氣大量流失外，其他布材中，以口罩外層的透氣效果最佳，口罩內層則最差。



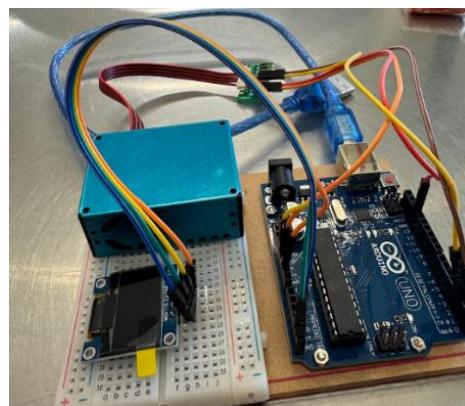
### 【研究四】靜電實驗

我們透過實驗發現，不論有無添加活性碳粉，口罩外層的靜電吸附效果都是最好的，紗布的靜電吸附效果最差；且各式布材在經過活性碳的黏著後，靜電吸附效果皆有提升。



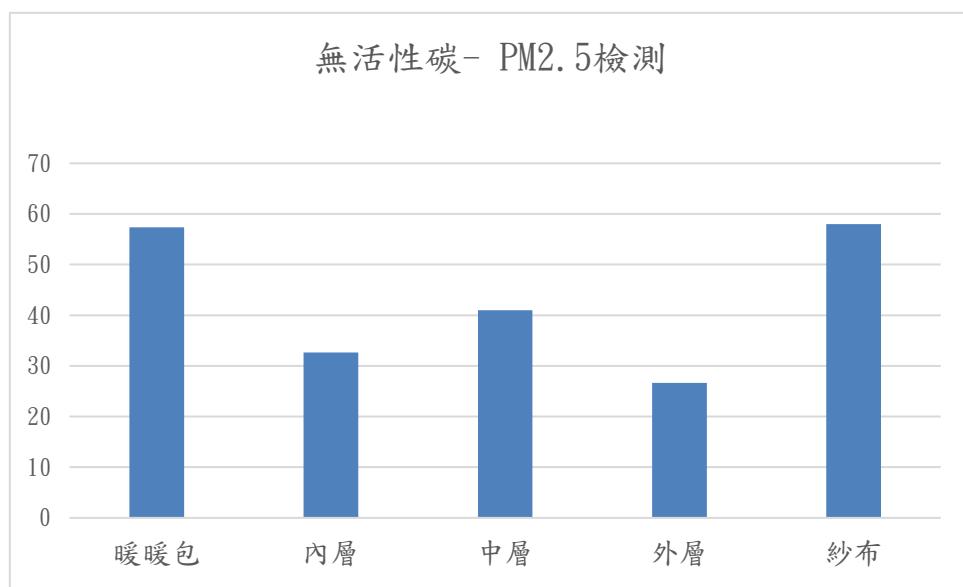
## 【研究五】Arduino UNO 及 PMS5003 感測器電路連接

透過 PM2.5 感測的函式庫（library）和 PMS5003 感測器，藉由杜邦線連接相對應的腳位，接上 OLED 顯示面板，讀取數值，並判讀空氣品質。

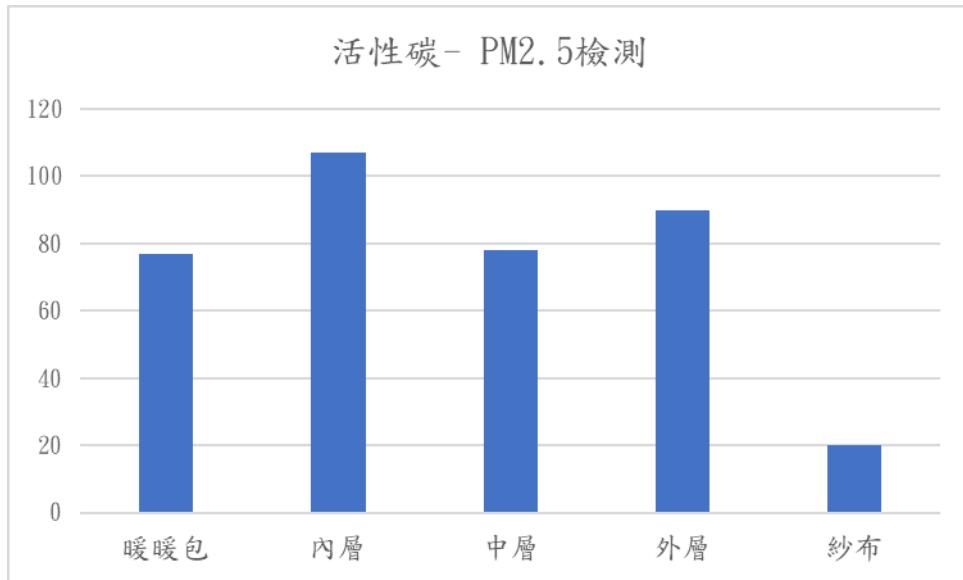


## 【研究六】過濾 PM2.5 成效實驗

在無活性炭粉下，各式活性碳 紗布、暖暖包、內層、中層、外層在 30 秒內 PM2.5 指數都是下降狀態。但時間拉長，每個活性碳材質過濾效果皆有逐漸降低，PM2.5 值皆有上升趨勢，其中外層是在 3 分鐘內，PM2.5 值增加最多者，而紗布則是降低最多者，由此可得知，在無活性炭粉下，紗布 PM2.5 過濾效果最佳而外層在長時間下過濾效果最低。



在有活性炭粉條件下，除了紗布之外，其他四種活性碳暖暖包、內層、中層、外層在 30 秒內 PM2.5 指數都是下降狀態，可得知過濾效果較佳。但時間拉長，每個活性碳材質過濾效果皆有逐漸降低，PM2.5 值皆有上升趨勢，其中紗布是在 3 分鐘內，PM2.5 值增加最多者，而內層則是降低最多者，由此可得知，內層 PM2.5 過濾效果最佳而紗布在長時間下過濾效果最低。



在某些實驗時段，受到環境側風及電風扇未將線香的香灰吹進 PM2.5 感測器中，故可能未感測到，造成無活性炭粉部分實驗效果可能優於有活性炭粉實驗者，但整體而言有碳粉之 PM2.5 下降變化量仍優於無碳粉者。

在有活性碳粉下，內層阻擋 PM2.5 物質表現最佳，在無活性碳粉下，紗布阻擋 PM2.5 物質表現最佳，可能原因為口罩內層結構最能完整附著活性炭粉，故最能呈現活性炭粉功效，提高 PM2.5 阻擋效能。紗布因材質問題，活性碳粉無法完整附著，造成完稿膠堵塞紗布細孔，線香香可能從其他地方飄散至檢測器中，故造成 PM2.5 值偏高，無法明顯看出活性炭粉功用，因其他材質附著度較高，故相較其他活性碳實驗品表現較差，此實驗中可呈現出活性炭粉之功效。

在無活性碳粉實驗下，紗布反而有較佳表現，是因無膠阻礙線香香灰從紗布穿越，故透過紗布本身孔隙可抵擋部分 PM2.5，但僅呈現在前 30 秒有最大功效，至 60 秒後落差值也最大，故雖看整體數據紗布表現較佳，但主要是前 30 秒表現拉升平均表現。

#### 【研究七】顯微鏡觀察實驗

活性炭的顆粒小表面積大，需倍數更高之顯微鏡才能觀察較細部的構造，就自製活性碳粉末看起來有大小之分，可能影響不同布材附著活性炭粉效果。

## 陸、參考文獻資料

- 蔡平賜、吳政毅（2019）。活性碳製備方法（中華民國專利編號 I658988）。取自  
<https://patents.google.com/patent/TWI658988B/zh>
- 蕭宜弘、魏柏瑄、吳昇樺、吳權哲（2020）。自製活性碳對染整廢水（Acid Blue 113）處理之研究（科展報告）。國立員林崇實高化工科。取自  
<https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/1608793734040DQY1Bfyb.pdf>

參考科展報告：

帶「靜」紗窗，防塵來「勁」－靜電紗窗防塵效果研究
碳為觀止回收式生物炭 吸附光解膠囊
「粽」望所歸，讚「碳」不已－以回收粽葉悶燒製作活性碳之研究
咖啡王子一號店～研製咖啡渣活性碳
落葉變黑金-由校園落葉製成活性碳應用於高中 實驗室廢液處理之研究

連結相關課程與實驗：

年級	單元名稱	相關實驗
三年級	水的變化、空氣和水	透氣實驗
四年級	生活中有趣的力	附著實驗、靜電實驗
五年級	熱對物質的影響、空氣與燃燒	透氣實驗、自製活性碳
六年級	多變的天氣	PM2.5 過濾實驗