中華民國第 56 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　物理科

第三名

030116

pm2.5 遠離我

學校名稱：花蓮縣立國風國民中學

作者：	指導老師：
國二 蔡宗霖 國二 鄧崑巖	黃耀輝

關鍵詞：靜電吸附、孔隙吸附、尖端效應

摘要

利用靜電吸附原理製作靜電儀，計算不同材質塑膠摩擦產生的靜電力。自行裝設感測器，測量 PM2.5 濃度。結果發現：外科手術口罩如果沒有摩擦起電，沒有過濾 PM2.5 的效果；標示活性碳的口罩不一定能有效過濾 PM2.5，但是經過摩擦起電皆能提升過濾效果，最高可過濾 40%。不同種類金屬網通直流電有不同的過濾效果，但皆為電壓愈高過濾效果愈好。兩平行金屬網的距離愈近,層數愈多或表面愈粗糙，過濾效果愈好。快乾膠蒸氣附著在金屬網表面凝固後形成的微觀細毛或孔隙，在通電時能夠吸附更多的 PM2.5。

壹、研究動機

近來新聞時常報導：台灣地區空氣品質呈現紫爆等級，極易致癌的 PM2.5 散布在空氣中，過敏族群應減少外出。PM2.5 是一種極小的懸浮微粒，會直接穿過呼吸系統滲透進入微血管中，對健康造成嚴重危害。因此我們就開始思考，有沒有甚麼簡單的方法能夠降低該物質所帶來的傷害？

農曆新年吃糖果時，發現糖果紙很容易吸附在手上。我們靈光一閃，是否能以靜電吸附的方式來吸附 PM2.5，減少其對於人體健康的不良影響？所以我們便著手進行以下實驗以測量各種方法的過濾 PM2.5 的效果。

貳、研究目的

一、 研究如何製作及操作靜電儀以比較、計算各材質產生之靜電力。

二、 研究各種市售口罩本身的過濾效果與以靜電吸附 PM2.5 之差異性。

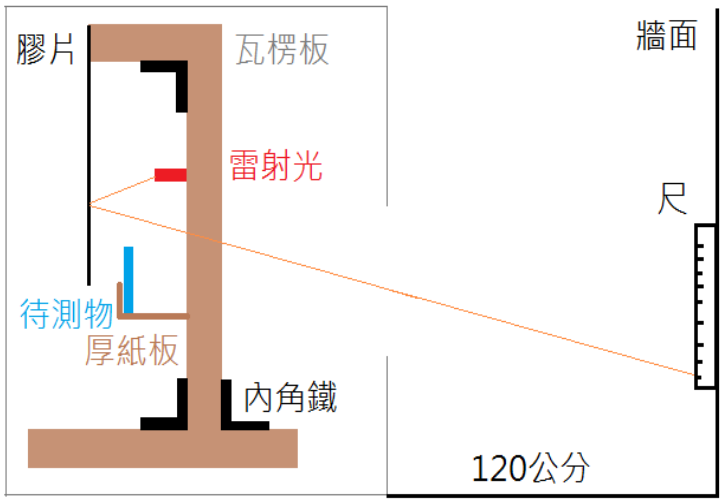
三、 研究通電金屬網是否能以靜電吸附 PM2.5 和其影響其效果的因素。

參、研究設備及器材

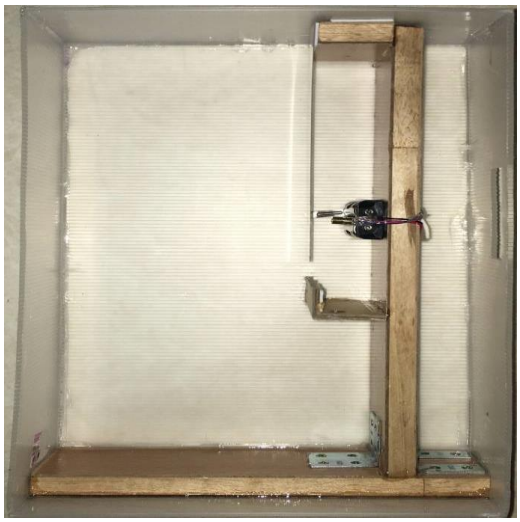
一、靜電儀(木板、塑膠瓦楞板、螺絲釘、內角鐵、透明資料夾、紅光雷射、電池、電池盒、泡棉膠、保麗龍膠、膠帶、硬紙板、膠片、直尺、精密滑輪)、待測物(6x4.5 公分)、毛線布、除濕機。

以下是自製測量靜電力大小的靜電儀：
待測物靜電力愈大，雷射光位移距離愈大

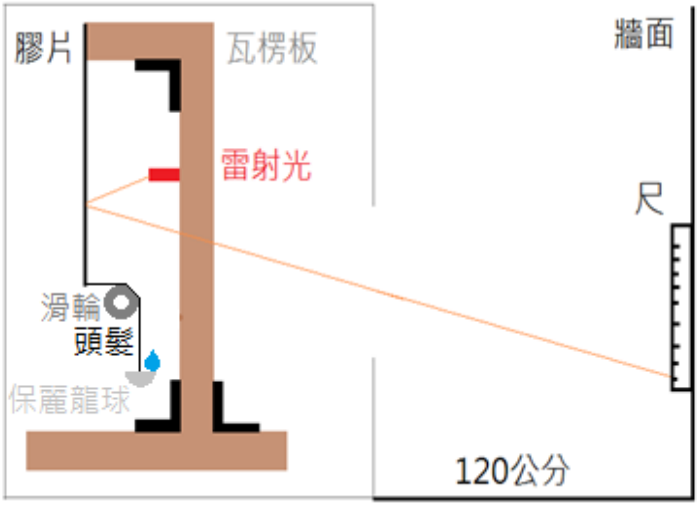
▼靜電儀示意圖



▼靜電儀完成圖



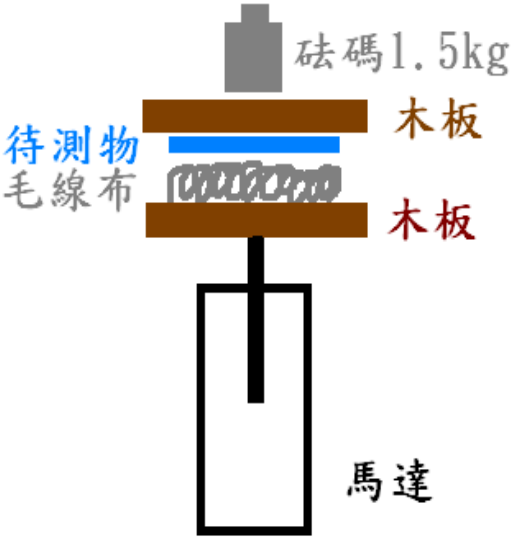
水滴重力愈大，雷射光位移距離愈大



若雷射光點的位移相同,塑膠片受的靜電力等值於水滴的重力作用。

以下是摩擦口罩(待測物)的實驗裝置：

▼摩擦待測物裝置示意圖

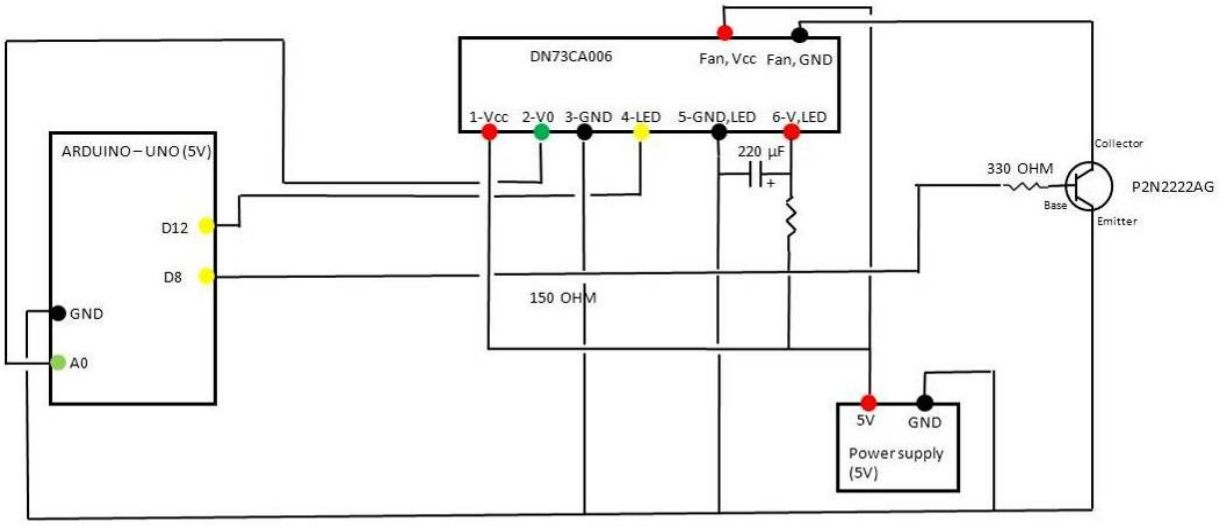


▼摩擦待測物裝置完成圖

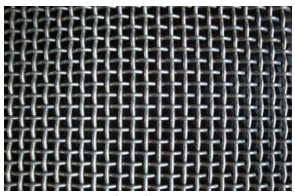
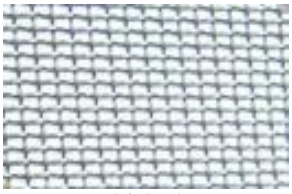
二、電子微量天秤、玻璃滴管、滑輪、頭髮、秤量紙、量筒、玻璃棒、美工刀、保麗龍球、針、打火機。

三、PM2.5 濃度感測器(麵包板、Arduino 微控制器、杜邦線、傳輸線、5V 電源供應器、塑膠瓦楞板、風扇、密閉箱子、12V 鉛電池、鱷魚夾、電阻) 、鋁網、不鏽鋼網、快乾膠(氰基丙烯酸乙酯)、60 號砂紙、鍍銅裝置。

▼PM2.5 濃度感測器連接 Arduino 板線路圖



▼待測物表格

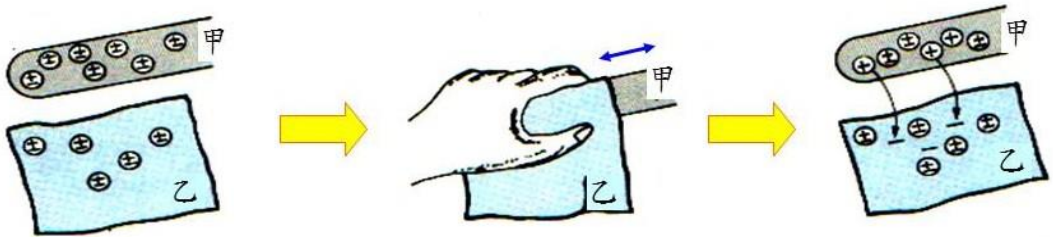
活性碳口罩活性碳層	完整的外科口罩	活性碳口罩外層	醫用口罩外層
靜電紙	口罩中間層	外科口罩外層	口罩內層
吸油紙	排汗衫	 鋁網	 不鏽鋼網

肆、研究過程與方法

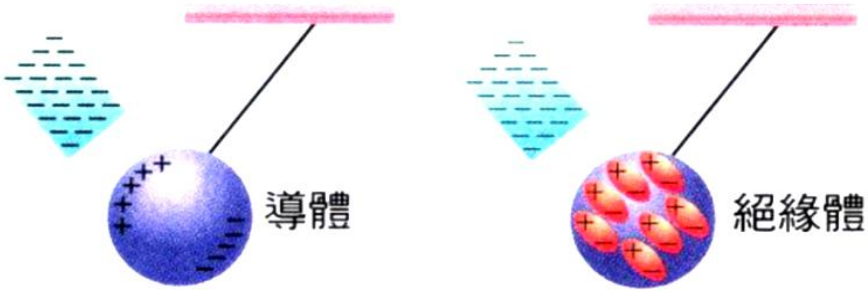
一、如何製作及操作靜電儀以比較各材質產生之靜電力？

(一)實驗原理：利用物體相互摩擦，使受摩擦的物體表面累積不易流動的電荷，產生靜電。如：電視螢幕上的灰塵、摩擦後的墊板可吸附紙和頭髮。這種現象常發生在絕緣體的摩擦。我們利用摩擦起電的方法，使絕緣體帶電—互相摩擦的甲和乙，發生電子的轉移，兩者電性相反，甲失去電子，帶正電；乙得到電子，帶負電(圖一)，異性電荷彼此相吸，帶電體可吸引不帶電體，當一個帶靜電物體靠近不帶靜電物體時，由於靜電感應，電中性的物體內部靠近帶靜電物體的一邊會產生與帶電物體所攜帶電荷相反極性的電荷(另一側產生相同數量的同極性電荷)，由於異性電荷互相吸附，就會表現出靜電吸附的現象(圖二)。

我們利用毛線布先摩擦各材質待測物後，使待測物表面產生靜電，利用靜電吸附的原理，將膠片往旁吸引，藉由雷射光在膠片前反射，以雷射光反射光點的移動距離，比較、計算靜電力的大小。



圖一



圖二

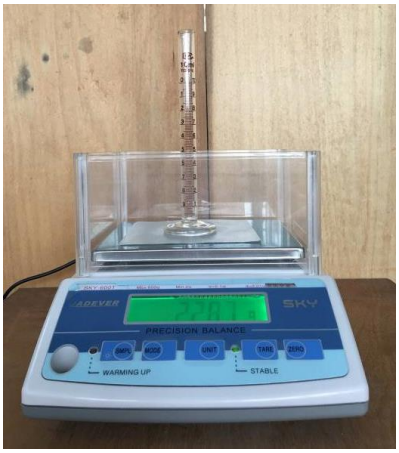
(二)如何操作靜電儀以比較各種待測物產生靜電力之大小?

1. 將靜電儀放置在距離垂直牆面 120 公分處，打開雷射光，使雷射反射點投射於牆面。
2. 待雷射反射點靜止後，將直尺 0 公分處朝下對齊雷射反射點並固定於牆面。
3. 啟動除濕機，令室內溼度保持在 40%。
4. 在除濕機乾燥空氣出風口利用毛線布固定頻率摩擦待測物一分鐘
5. 將待測物由靜電儀的開口固定在距離膠片 1 公分處，紀錄雷射反射點位移的距離
6. 反射點須靜止在牆上一段時間，否則是受到干擾。取出待測物後，雷射反射點須回到 0 公分處。

二、如何以先前用靜電儀比較各種待測物靜電力之結果計算出其實際力量？

(一)**實驗原理**：先測量一滴水的重量。再將頭髮固定在膠片與寶麗龍球上，連接加裝的精密滑輪。滴下水滴在保麗龍球，經由滑輪拉動膠片，觀察反射光點位移的距離，對照一滴水的重量，以先前靜電儀比較出的數據計算出其真正的靜電力。

(二)水滴重量測量實驗



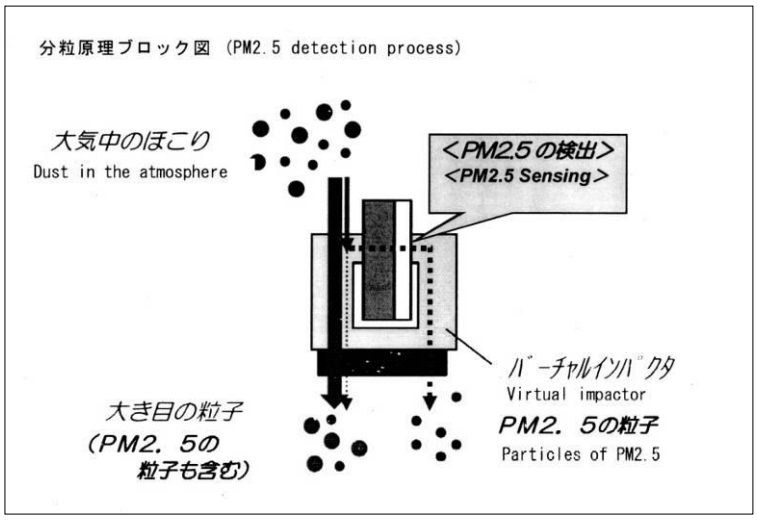
1. 開啟微量天秤，加裝擋風板、使其平衡和暖機。
2. 在秤盤上放置一張秤量紙，測量重量。
3. 將量筒放上秤盤，測量量筒加秤量紙的重量。
4. 在量筒中滴入 50 滴水，測量秤盤上所有物品的重量。
5. 在量筒中再滴入 50 滴水，測量秤盤上所有物品的重量。
6. 重複步驟 3~5 十次，且勿讓量筒底部沾到水。

(三)計算靜電力

1. 在靜電儀膠片旁加裝一片木板，並在木板上固定一精密滑輪。
2. 在膠片正中間最下方處以針戳一小洞，並將細緻頭髮綁上洞口。
3. 將保麗龍球對切，取其一於中心處熔出一洞，將頭髮連接保麗龍球，並掛頭髮於滑輪上。
4. 將靜電儀放置於離牆面 120 公分處，打開雷射光，使直尺 0 公分處朝下對準雷射反射點。
5. 滴 1 滴水在保麗龍球上，藉由水滴的重量將頭髮向下拉，透過滑輪轉移力的方向，移動膠片，記錄雷射反射點移動之距離。
6. 重複步驟 5，測量 10 次。
7. 將實驗數據平均，並將水滴的重量除以水滴使雷射光移動之距離，乘上各待測物以靜電吸附使雷射光移動的距離即為其靜電力真正的靜電力。

三、PM2.5 懸浮微粒濃度感測器

(一)實驗原理：利用 Arduino 微控制器(以下簡稱 Arduino 板)，連接網購之 Sharp PM2.5 Sensor Module 懸浮微粒濃度感測器(以下簡稱 Sensor)，以測量各種待測物靜電力有無對吸附力的影響。



Sensor 內有小風扇，能定時定量抽取外界環境空氣，並利用慣性原理分離 PM2.5 和 PM10，PM10 會通過圖中左方實線箭頭通道回到到外界，而 PM2.5 會經過右方虛線箭頭，內有 LED 與光感測器的通道(LED 光被 PM2.5 散射，經由光感測器感測受光面積)。

一開始 Sensor 會先檢測 100 次(0.6 秒/次)未開風扇、氣流穩定之外界空氣的 PM2.5 濃度(空氣中粒子會沉澱不飄動)。測完 100 次後，內部小風扇開始運轉，Sensor 每 0.6 秒吸入定量氣體，測出散射的 LED 受光面積，代入原廠公式後算出 PM2.5 濃度。

(二)如何操作 PM2.5 濃度感測器測量待測物以靜電力吸附 PM2.5 之功效？

1. 將 Arduino 板連接電腦。並在電腦中自官網下載、運行配合 Sensor 的控制程式。

2. 靜置裝置 2 分鐘，使箱子內部之空氣 PM2.5 粒子沉澱。

3. 將無靜電之待測物固定在通道口。

4. 測量無靜電的待測物過濾後的空氣 PM2.5 濃度。

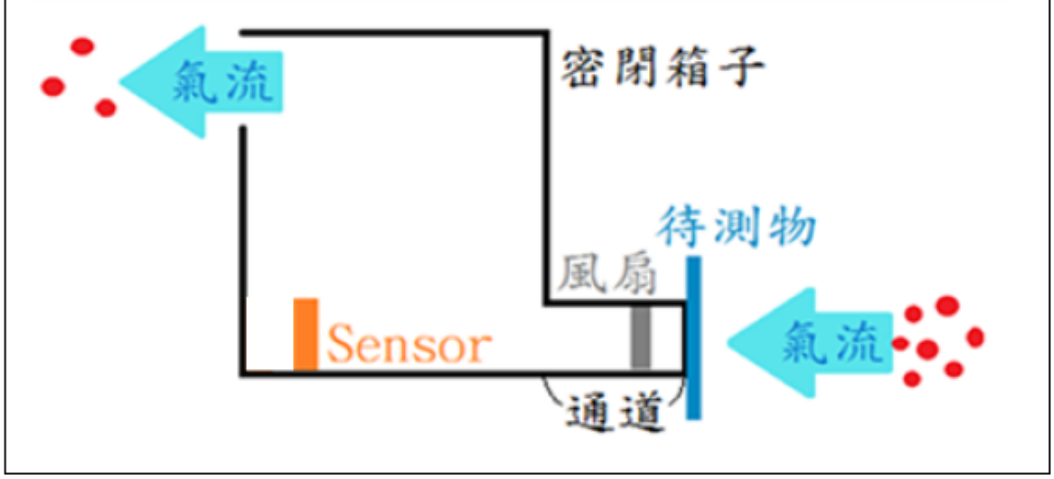
5. 靜置裝置 2 分鐘。

6. 等待至 1 分鐘時，以摩擦待測物裝置摩擦待測物一分鐘。

7. 戴上手套將有靜電的待測物固定在通道口。

8. 測量有靜電的待測物過濾後的空氣 PM2.5 濃度。

▼PM2.5 測量裝置示意圖



(三) 如何操作 PM2.5 濃度感測器以測量通電鋁網吸附 PM2.5 之功效？

1.裁剪鋁網成面積大於 8x8 公分

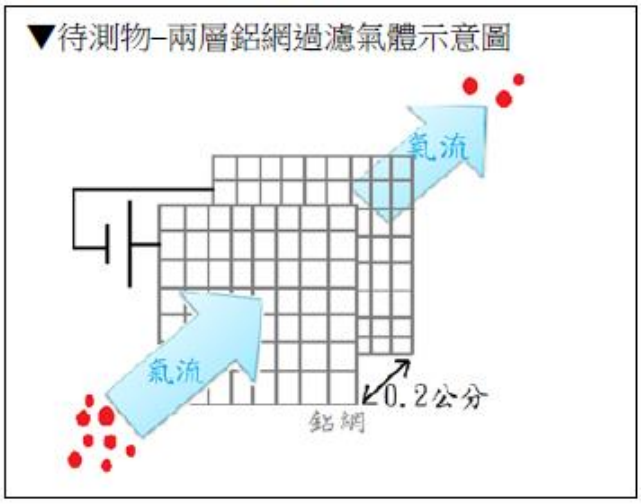
2.以泡棉膠隔開鋁網

3.將鱷魚夾連接電源供應器正極和負極，另一端分別夾在鋁網上

4.測量無接電的鋁網過濾後 PM2.5 濃度

5.測量接電 5V 至 50V 的鋁網過濾後 PM2.5 濃度

▼待測物–兩層鋁網過濾氣體示意圖



伍、研究結果

一、靜電儀

（一）水滴使反射光點移動之距離數據：

次數	反射光點移動距離(cm)
1	1.7
2	1.5
3	1.65
4	1.7
5	1.6
6	1.6
7	1.7
8	1.65
9	1.5
10	1.6
平均	1.62

最後算出一滴水重量為 0.028 公克

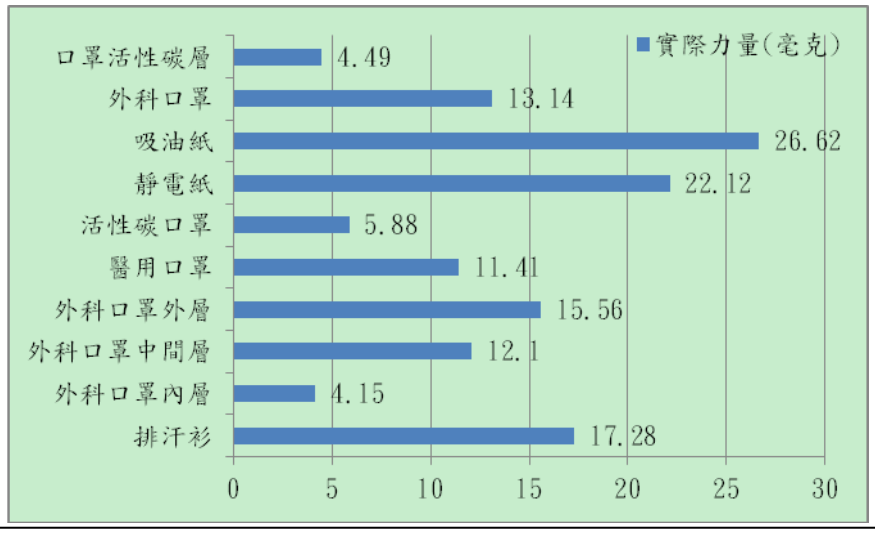
故靜電力 28 毫克產生雷射光點位移為 1.62 公分±0.1 公分

(二)待測物比較、計算靜電力實驗數據：

待測物名稱	反射點移動之距離(公分)					平均值(公分)	實際力量(毫克)
可可好朋友	3	2.5	3	3.5	1	2.60	44.94
白色夾鏈袋	2.9	0.7	0.52	2.3	2	1.68	29.04
方塊酥	0.1	0	0.1	0	0	0.04	0.69
舒跑	0	0	0	0	0	0.00	0.00

待測物名稱	反射點移動之距離(公分)					平均值(公分)	實際力量(毫克)
排汗衫	1.3	0.7	0.9	0.8	1.3	1	17.28
外科口罩內層	0.1	0.5	0.3	0.2	0.1	0.24	4.15
外科口罩中間層	0.8	0.7	0.8	0.6	0.6	0.7	12.10
外科口罩外層	1.5	1.3	0.5	0.7	0.5	0.9	15.56
醫用口罩	0.9	0.6	0.5	0.8	0.5	0.66	11.41
活性碳口罩	0.5	0.2	0.4	0.3	0.3	0.34	5.88
靜電紙	1.1	1.6	1.3	1.2	1.2	1.28	22.12
吸油紙	2	1.5	1.5	1.3	1.4	1.54	26.62
外科口罩	0.8	0.8	0.9	0.6	0.7	0.76	13.14
口罩活性碳層	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.26	4.49

各種待測物靜電力大小的比較：



二、測量口罩過濾效果:

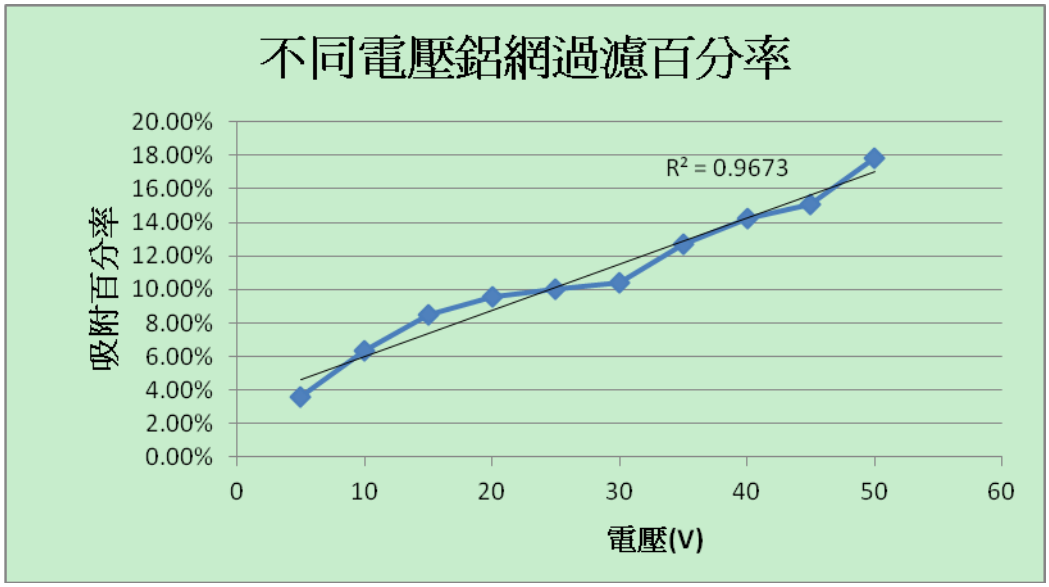
外科口罩	環境(μg/m³)	無靜電(μg/m³)	有靜電(μg/m³)	噴水有靜電(μg/m³)
PM2.5 濃度(μg/m³)	63.40	62.40	44.50	49.20
過濾率(%)		1.58	29.81	22.40

第一種活性碳口罩	環境(μg/m³)	無靜電(μg/m³)	有靜電(μg/m³)
PM2.5 濃度(μg/m³)	68.80	68.50	41.60
吸附率(%)		0.44	39.53

第二種活性碳口罩	環境(μg/m³)	無靜電(μg/m³)	有靜電(μg/m³)
PM2.5 濃度(μg/m³)	95.41	80.35	73.5
吸附率(%)		15.78	22.96

三.研究不同電壓鋁網對於吸附 PM2.5 的影響

	環境(μg/m³)	過濾後(μg/m³)	吸附百分率(%)
鋁網 5V	57.35	55.30	3.57
鋁網 10V	42.65	39.95	6.33
鋁網 15V	60.85	55.70	8.46
鋁網 20V	52.20	47.20	9.58
鋁網 25V	81.50	73.30	10.06
鋁網 30V	83.8	75.1	10.38
鋁網 35V	81.00	70.70	12.72
鋁網 40V	76.60	65.70	14.23
鋁網 45V	67.00	56.90	15.07
鋁網 50V	73.00	60.00	17.81



通電的不鏽鋼網,過濾效果幾乎都等於零，暫時不列表。

陸、討論

一、靜電儀實驗：

(一) 飲料「可可好朋友」的塑膠罐外包裝紙，其產生之靜電力最強；飲料「舒跑」的塑膠寶特瓶外包裝紙，其產生之靜電力最弱。可見其材質決定其靜電力強弱。

二、計算靜電吸附力量實驗

(一) 由水滴重量測量實驗可知，每滴水質量約為 28 毫克。

(二) 由水滴重量測量實驗可知，每個 6.5x4 公分之待測物摩擦後所產生的靜電力質量大多小於一滴水之重量。

三、口罩的過濾效果：

我們發現沒有摩擦的外科口罩幾乎沒有過濾 pm2.5 的效果,有靜電的外科口罩過濾效果不錯，但考量人們呼出水氣與口沫附著在口罩上的現象，所以在口罩內層噴灑水霧。不過發現即使如此，過濾效果依然明顯。

我們發現第一種活性碳口罩過濾效果不佳，但另一個卻很明顯。因此我們將紅墨水分別以兩種活性碳口罩和活性碳粉過濾，發現無靜電時過濾效果較差的口罩，也難以吸附紅色色素，本身無靜電時過濾效果較好的與活性碳粉反之。故黑色的口罩，不一定就是活性碳材質。

(一) 由 PM2.5 濃度感測器實驗可知，活性碳口罩在無靜電時，便能有效過濾 PM2.5，再加上靜電後，過濾效果更為明顯。

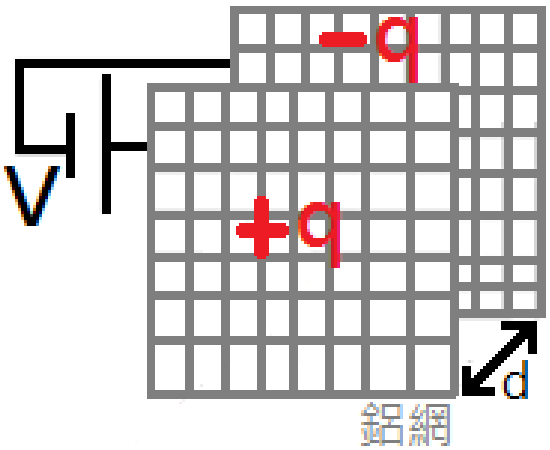
(二) 將活性碳口罩拆開後，發現其構造只比外科口罩多了一層活性碳，但其過濾效果卻比外科口罩好很多，於是只測量活性碳之過濾效果後，發現其效果更為明顯，因此可判斷有無活性碳可大幅改變過濾效果。

四、研究不同電壓對於金屬網吸附 pm2.5 的影響

關於平行板電容如右圖所示:

C: 電容

ε_0:空氣介電常數



A: 金屬網面積

d: 兩平行金屬網距離

q: 金屬網上的電量

公式一:$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$

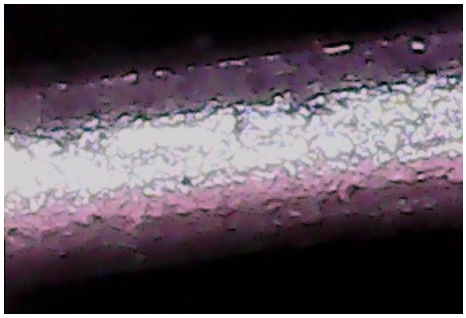
公式二: $q = CV$

1. 由公式一可知，當鋁網面積以及兩者距離固定時，電容就會固定，因此，在公式二中，電容 C 固定，當伏特數 V 越高，鋁網表面電荷 q 越多，由圖表可知，電壓越高，吸附效果越佳，推測為 Pm2.5 通過濾網時，更有機會接觸鋁網上的電荷。

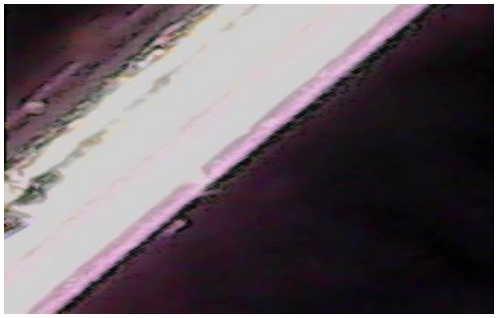
2. 比較鋁網，不鏽鋼網對於吸附 pm2.5 的差異

	環境($\mu g/m^3$)	過濾後($\mu g/m^3$)	吸附百分率(%)
鋁網 50V	76.10	65.70	13.67
不鏽鋼網 50V	61.20	59.40	2.94

由於不鏽鋼網在更低電壓的實驗結果，幾乎沒有過濾效果，在這邊就不列出。由上表可知，不鏽鋼網過濾效果不及於鋁網，藉由觸摸後，發現其表面粗糙度不一樣，藉由顯微鏡放大後可看出表面的凹凸狀況(如圖三，圖四)，推測不鏽鋼網因為表面較平滑，pm2.5 通過時，無法確實被電荷吸附住，故吸附效果較不佳，而鋁網表面較為粗糙，故吸附效果較佳。



圖三，鋁網放大圖(500X)

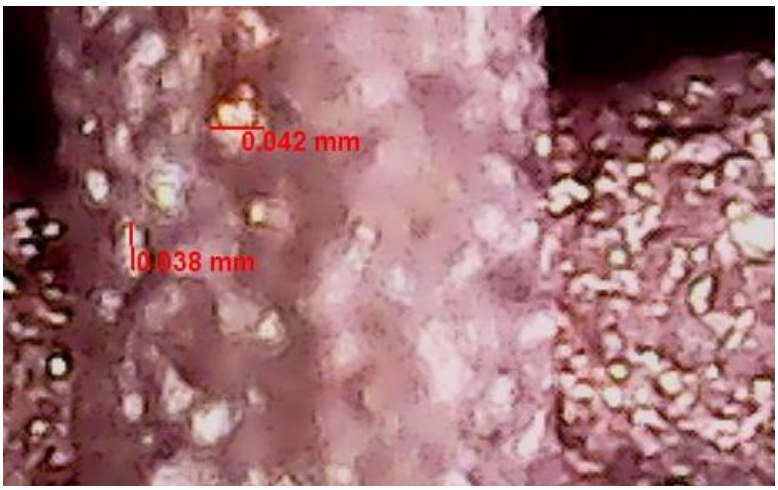


圖四，不鏽鋼網放大圖(500X)

3. 推測表面越粗糙，孔隙越多，吸附效果越好，於是我們設法使其更粗糙，作法是將銅電鍍在金屬網表面上，利用銅是因為其導電性佳，另外利用 60 號砂紙摩擦的方式，改變表面平滑度，通以 30V 電壓後，結果如下表:

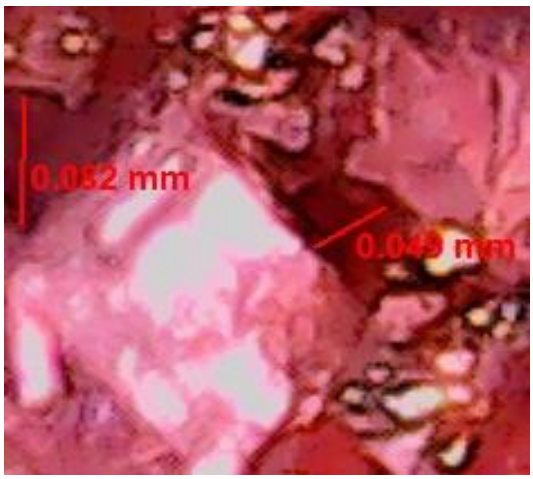
	環境(μg/m³)	過濾後(μg/m³)	吸附百分率(%)
電鍍不鏽鋼 30V	51.45	48.3	6.12
砂紙磨不鏽鋼 30V	43.6	39.75	8.83
電鍍鋁網 30V	78.3	70.4	10.09
砂紙磨鋁網 30V	34.7	29	16.43

由上表可知，這兩種方法真的能夠提高 pm2.5 的吸附效果，將電鍍過銅的不鏽鋼網及利用砂紙磨擦的不鏽鋼網放置在顯微鏡底下觀察，發現其表面增加許多凹痕(如圖五)，故推測表面孔隙越多，便能容納許多 pm2.5，再加上電荷的吸附，故吸附效果比表面較光滑時更為明顯。

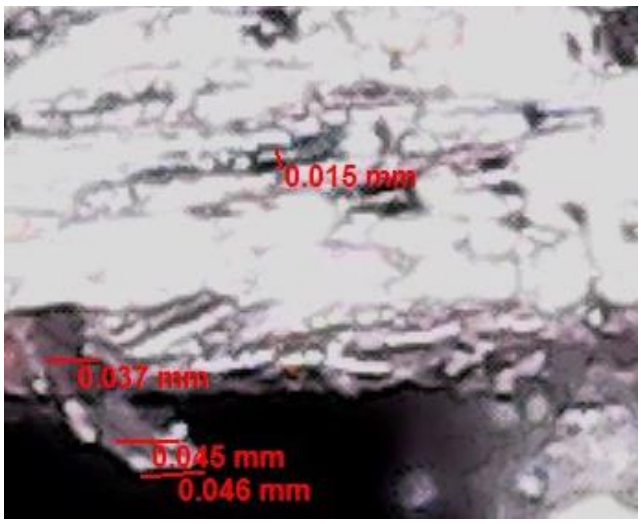


圖五，電鍍不鏽鋼放大圖(500X)

兩層鋁網不同的表面處理的差異:



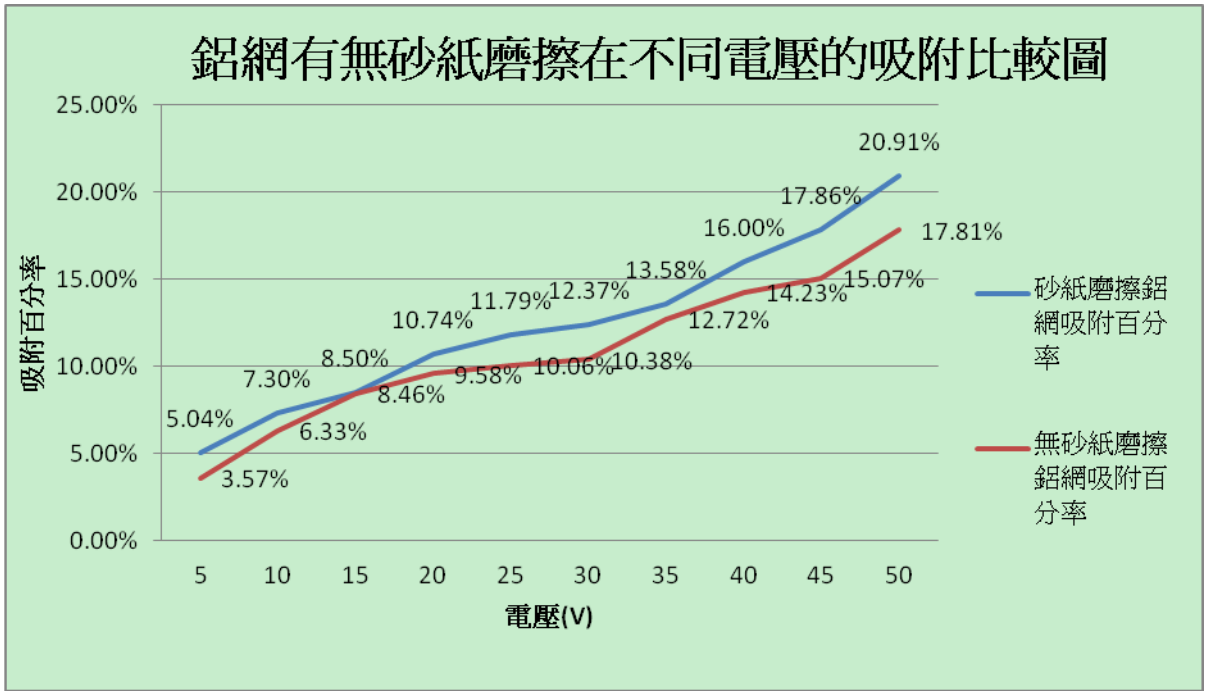
圖六，鍍銅鋁網放大圖(500X)



圖七，60 號砂紙磨鋁網放大圖(500X)

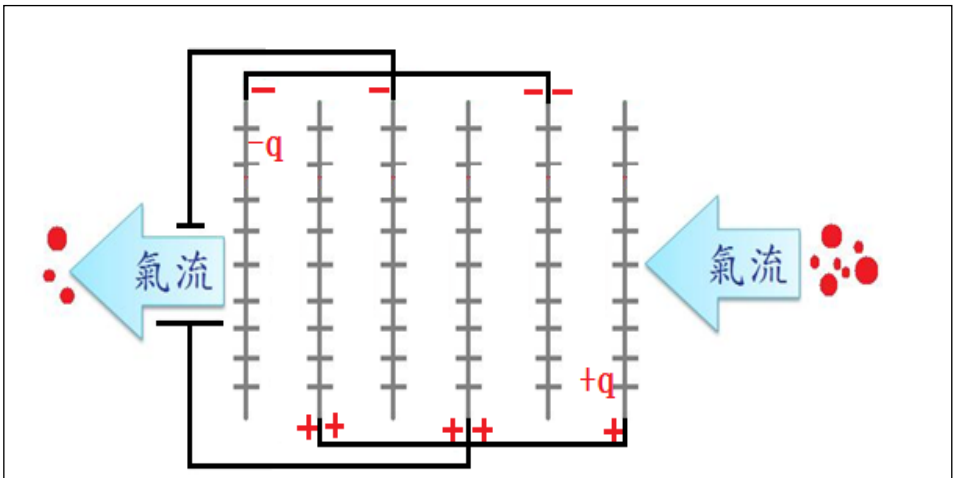
鋁網本身就有些孔隙，經過電度和砂紙磨擦後製造出更多孔隙(圖六，圖七)，效果果然更為明顯。

有砂紙磨擦後的鋁網和原來沒有摩擦過的鋁網通電做比較，如下圖所示，更可以看出這種差異。



但鍍銅的方式並不太好，因為銅很容易就脫落，不容易附著，因此，以下的實驗以砂紙磨擦為主。

4. 接著，我們將六層鋁網緊貼，希望增加 pm2.5 通過鋁網時的碰撞機會。



六層鋁網過濾操作示意圖

兩層和六層鋁網吸附比較表:

	環境($\mu g/m^3$)	過濾後($\mu g/m^3$)	吸附百分率(%)
鋁網 50V 兩層	73.00	60	17.81
鋁網 50V 六層	46.88	33.15	29.28

由上表可知，增加層數後，電容的數量越多，電荷總數更多，氣流通過時，pm2.5 與鋁網的碰撞機會就會增加，吸附效果也更好，所以層數愈多其吸附效果愈好。

5. 因為擔心鋁網正電負電距離太近同時對 pm2.5 產生干擾，譬如說當正電網正要吸附 pm2.5 時，緊鄰的負電網可能同時間產生排斥作用，因此我們增加鋁網之間的距離，檢測其對吸附效果的影響。

鋁網不同距離，相同層數對於 pm2.5 的吸附效果差異:

	環境($\mu g/m^3$)	過濾後($\mu g/m^3$)	吸附百分率(%)
鋁網 50V 六層距離 0.2 公分	46.88	33.15	29.28
鋁網 50V 六層距離 1 公分	57.13	50.85	10.98

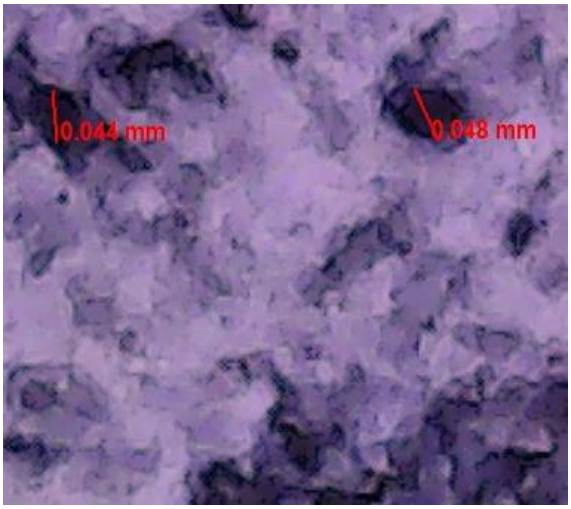
因為 $C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$ 且 $q = CV$

所以 $q = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \cdot V = \varepsilon_0 AV/d$

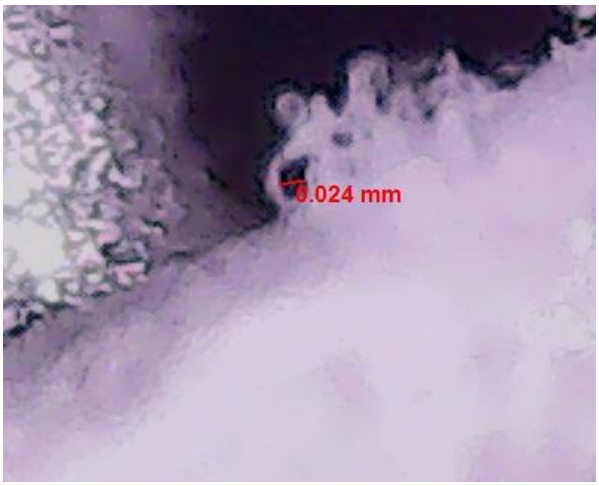
由公式可知，鋁網面積及電壓相同，平行鋁網距離越大，表面所帶的電荷也越少，故吸附效果也不強，所以層數即使增加，距離也不能太遠，不然會使電荷變少，降低吸附效果。

結論 1: 藉由上述的實驗，我們推論電壓越高，吸附效果越好，平行鋁網距離越近，電荷較多，效果越好，以及表面越粗糙，凹洞越多，能吸附的 pm2.5 數量也越多。

6. 我們從雜誌上看到快乾膠的蒸氣遇到水蒸氣會凝固，於是想利用快乾膠的蒸氣，希望製造更多的孔隙，以下是快乾膠蒸氣凝固在塑膠板上與鋁網上的放大圖:



快乾膠蒸氣凝固在塑膠板子上的放大圖(500X)



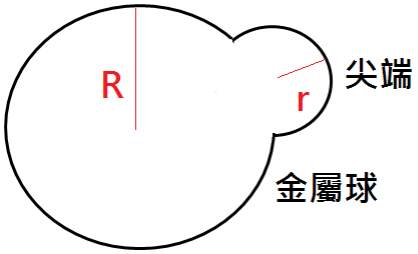
快乾膠蒸氣凝固在鋁網上的放大圖(500X)

原以為蒸附在塑膠板上的快乾膠，類似鳥類骨頭低密度多孔隙材質，蒸附在金屬網上卻像是眾多細纖維覆蓋的結構。將鋁網和不鏽鋼網分別蒸附快乾膠通電的過濾效果如下表:

	環境($\mu g/m^3$)	通電 50V 後濃度($\mu g/m^3$)	吸附百分率(%)
鋁網兩層覆快乾膠	73.66	68.12	10.33
不鏽鋼鋼層覆快乾膠	66.25	64.57	3.63

由此可看出，不同的金屬網蒸附了快乾膠後應該會有相似的表面粗糙度，但是過濾效果仍出現明顯的差異，推測被快乾膠包覆在內的金屬網表面粗糙度仍然對吸附 pm2.5 粒子具有影響。

推測這種結果是因帶電金屬表面的尖端效應產生的影響，說明如下:



帶電金屬球表面電位 V

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

兩不同半徑金屬球部分相接如右圖，因為電荷靜止於金屬表面，故兩部分的電位 V 相等。

所以上式中電荷 $q = 4\pi\varepsilon_0 Vr$ (和 r 成正比)

電荷密度 $\sigma = \frac{q}{A} = 4\pi\varepsilon_0 Vr/4\pi r^2 = \varepsilon_0 V/r$ (和 r 成反比)

因此，半徑愈小的地方(突起的尖端)，電荷密度較大。

鋁網表面較多凸起，表面所聚集的電荷越密集，吸附 pm2.5 的效果就較好。

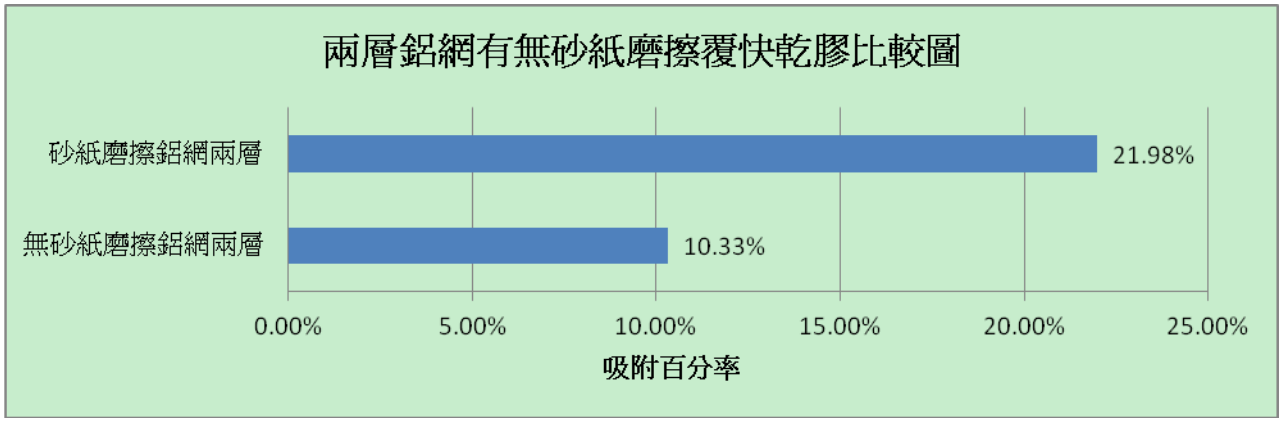
接著，我們增加更多層鋁網，實驗結果如下:.

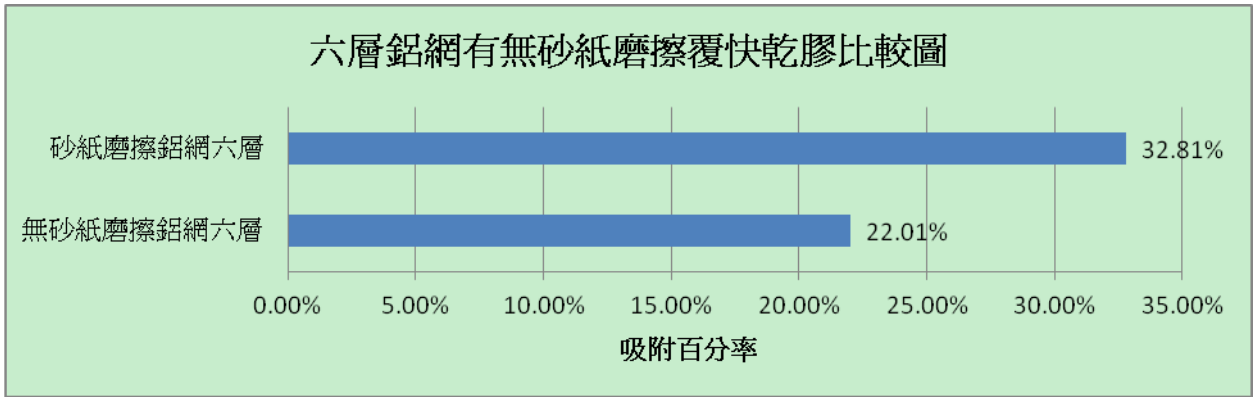
	環境 ($\mu g/m^3$)	通電過濾後 ($\mu g/m^3$)	無通電過濾 ($\mu g/m^3$)	通電吸附效果 (%)	無通電吸附效果(%)
鋁網兩層	73.66	68.12	80.27	10.33%	-12.31
鋁網四層	64.83	57.5	64.16	16.36%	1.49
鋁網六層	66	55.87	63.42	22.01%	5.59

發現，更多層鋁網，尖端的數量也增加，通電後效果也確實有逐漸增加，但是在沒有通電，只用快乾膠吸附，效果並不明顯，因此並不是孔隙去吸附 pm2.5，而是尖端效應，也發現只有單層很難利用快乾膠抓牢 pm2.5，故無通電時，通電時所吸附到的 pm2.5 又隨氣流被帶走。

我們利用 60 號砂紙在鋁網表面摩擦，希望製造更多尖端，並在其表面蒸上快乾膠，觀察其吸附效果：

	環境 ($\mu g/m^3$)	通電過濾後 ($\mu g/m^3$)	斷電過濾 ($\mu g/m^3$)	快乾膠通電吸附效果(%)	快乾膠斷電後吸附效果(%)
鋁網摩擦兩層	49.67	38.75	47.67	21.98%	4.02%
鋁網摩擦六層	44.83	30.13	40.57	32.81%	9.51%



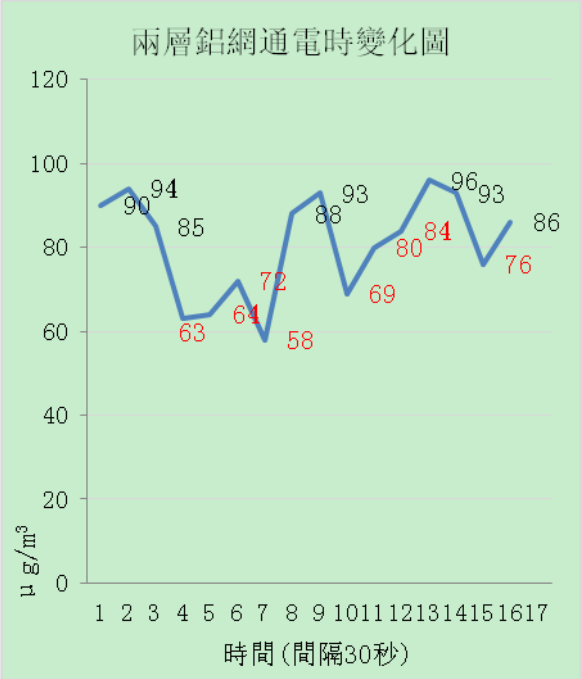


尖端處更多後，鋁網表面高電荷凸起狀況越多，故吸附效果更為明顯，但我們發現在斷電後，依舊能有吸附效果，推測為通電時，因高電荷密度大吸引較多粒子於快乾膠孔隙中，吸附牢固，不易掉落。

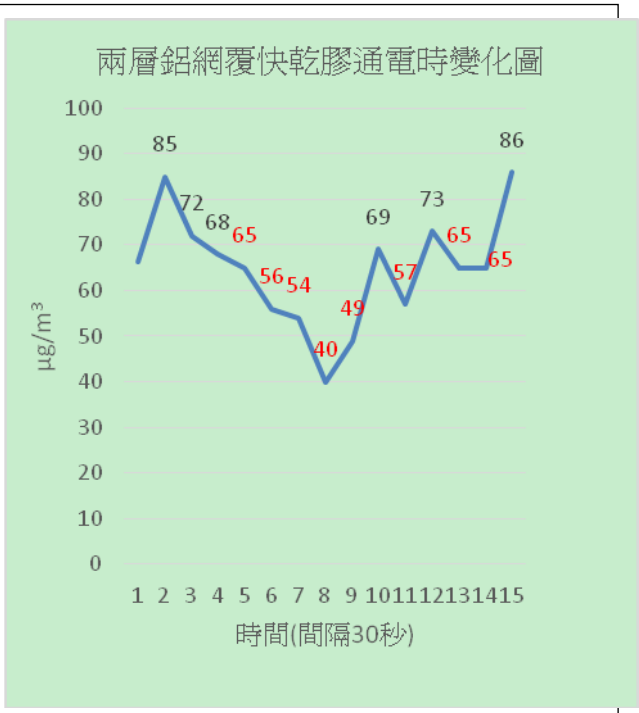
靜電集塵機的吸附原理，是先以 6000 至 10000 伏特的電壓使通過的粒子游離帶電，接著再用靜電吸附。這樣需要更高的技術和成本，若是應用尖端電荷密度較高的特性，用低電壓也能產生可觀的過濾效果，適合一般家庭 DIY 過濾裝置或是製造更低成本的空氣清淨機，以改善國人的健康狀況。

7. 有快乾膠是否能增加吸附的時間呢?

以下是鋁網未蒸附快乾膠和蒸附快乾膠，通電後 pm2.5 濃度隨時間的變化關係:



紅字為鋁網吸附粒子的時段，黑字推測為吸附極限，吸附的粒子大量脫落。吸附粒子維持住的時間較短。



當鋁網同樣為兩層而表面覆快乾膠，吸附粒子時段更久。黑字亦為吸附極限，吸附的粒子大量脫落。吸附粒子維持住的時間較長，孔隙能吸附時間較久。

鋁網表面有快乾膠時，吸附 pm2.5 的時間也更久。

柒、結論

一、 由實驗數據可知，可可好朋友、白色夾鏈袋、排汗衫、免洗筷套袋的塑膠材質產生之靜電力效果皆佳，可作為過濾網的輔助材料；舒跑、方塊酥、捲心酥、曾記小麻糬的塑膠材質產生的靜電力效果皆不良，可作為防塵用品的輔助材料。

二、 由實驗數據可知，雖然大部分材質的靜電力都小於水滴重量，但是仍可以吸附微小的 PM2.5 懸浮微粒。

三、 一般大眾普遍認為外科口罩不能有效抵禦 PM2.5，由實驗可知，外科口罩的確沒有辦法過濾 PM2.5，但經過摩擦後，卻能有效抵擋 PM2.5，減少吸入的濃度，將之拆解為三層後，再比較有無靜電力是否能過濾，依舊能看出效果。市售的

活性碳口罩宣稱有過濾 pm2.5 的效果，未必是真的。

四、 使用通電鋁網過濾時，距離會影響吸附 PM2.5 的效果。因為金屬網相距愈近，電荷量愈多，吸附 PM2.5 的效果愈佳。

五、 使用通電鋁網過濾時，層數會影響吸附 PM2.5 的效果。因為金屬網層數愈多，氣流通過時，PM2.5 和其碰觸機會增加，吸附 PM2.5 的效果愈佳。

六、 使用通電鋁網過濾時，孔隙會影響吸附 PM2.5 的效果。因為孔隙愈多，愈能牢固地吸附 PM2.5，就能延長吸附的時段。

七、 使用通電鋁網過濾時，尖端會影響吸附 PM2.5 的效果。因為尖端部分電荷密度較高，能夠吸附較多的 PM2.5。

捌、參考資料

1. https://www.google.com.tw/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http%3A%2F%2Fw1.chjhs.tyc.edu.tw%2Fjim5631%2Fslides%2Felectrostatic_n%2Felectrostatic_n.pps&Ved=0ahUKEwiqyYVioVbLAhXlxIMKHX0_AVwQFghRMA0&usg=AFQjCNFGoJ8nApjW8lNVUI-0hE-BjUAJ8g&sig2=HBgBdaSkM7uPTTD_SJsZdg
2. Arduino Dust Sensor 控制程式(開源)
3. http://forum.arduino.cc/index.php?topic=348331.0
4. 雜誌 HOW IT WORKS 授權中文版　ISSUE 18 期
5. 物理學 David Halliday 中文第七版(下)

【評語】030116

口罩等待測物，須自己設計，才易控制變因，才易找出過濾pm2.5之相關規律性。本研究之結果具實用性。口罩材質及金屬網，可複合、分開測試，成效會更豐富。靜電儀設計有創意，值得鼓勵。