

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科

佳作

082807

「風」功偉「葉」

學校名稱：嘉義市東區嘉北國民小學

作者： 小六 楊鈞翔 小六 簡子堯 小六 詹子璿	指導老師： 謝佳蓉 楊晴萍
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：3D 列印、 Webduino 空氣盒子、 吸塵器

## 摘要

以往進行風力相關實驗時都是利用手工製作各種葉扇材料，其成品會因人為因素多有差異，不耐用且無法做到商品化的程度。本研究利用 **Inventor3D 繪圖**軟體進行繪製各種形式的葉扇以及板擦吸塵器的各層構造，找出最佳配置製作出一台**客製化且符合人體工學**的 3D 列印板擦吸塵器，以測量吸取保麗龍球的數量來作為判斷吸力大小的依據，並且**自行設計 Webduino 空氣盒子檢測程式**進行擦拭黑板後的 **PM2.5 數值變化為量化標準**，來評估效能。吸塵器的原理是利用馬達高速運轉，在內部產生負壓，將灰塵吸入集塵袋。實驗結果發現，葉扇攻角、數量、葉扇形式、進氣口型態，…等，都會影響板擦吸塵器吸力的大小以及穩定度。本次我們發展出**效率高且商品化**的板擦吸塵器來解決教室內粉塵污染的情形。

## 壹、研究動機

看著老師在台上認真的講課，一邊用手摀著嘴一邊擦黑板，講桌上、老師的臉上、手臂上以及前排同學的桌上，充滿著各色粉筆灰，不禁讓我們想……老師的呼吸道會不會是彩色的呢？為了解決粉筆塵四處飄揚的問題，我們想如果板擦可以一邊擦一邊將粉筆灰吸入，那老師就不會因為吸入過多粉筆灰而危害健康。

所以為了讓我們心目中的最認真的老師活得久一點，我們利用 3D 繪圖製作列印實驗材料，並且進行一連串實驗，找出最佳配置條件，製作一台最具效益的板擦吸塵器。

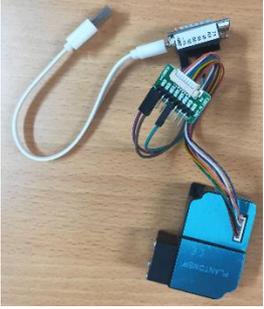
## 貳、研究目的

- (一)探討吸塵器的結構，例如:機構盒、集塵盒。
- (二)學習 3D 繪圖並列印製作各種風機形式。
- (三)探討葉扇數量對於板擦吸塵器影響。
- (四)探討葉扇攻角對於板擦吸塵器的影響。
- (五)探討葉扇形式對於板擦吸塵器的影響。
- (六)探討進氣口形式對於板擦吸塵器的影響。
- (七)製作一台客製化 3D 列印板擦吸塵器



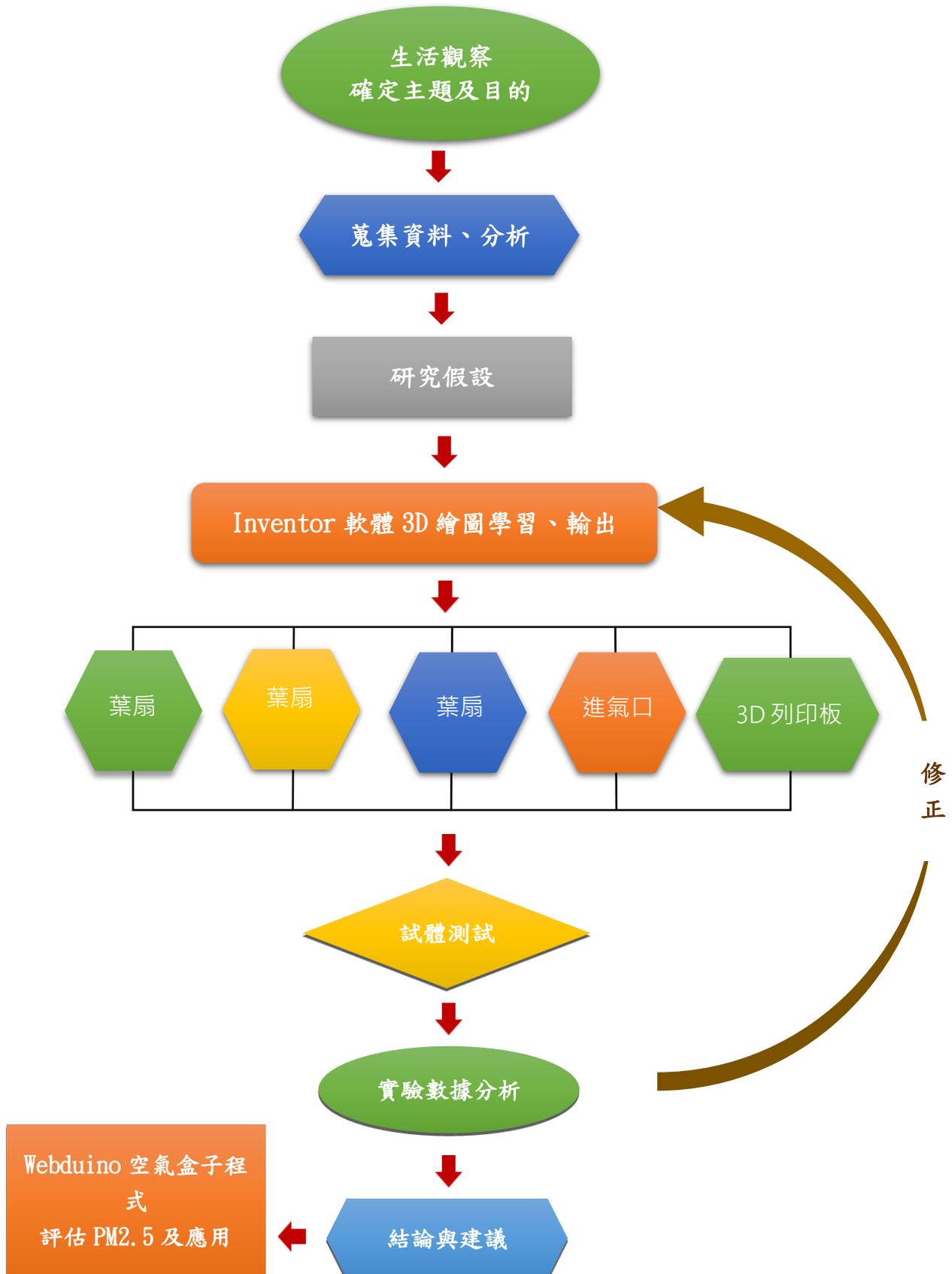
## 參、研究設備及器材

本實驗相關研究器材彙整

名稱	筆電	3D 列印機	Inventor
圖片			
用途	查資料、打報告、繪圖	列印出 3D 模型	畫出 3D 立體圖
名稱	馬達	電池	保麗龍球
圖片			
用途	驅動葉扇轉動	提供馬達電力	測試吸力大小
名稱	兩段式開關	鋰電池	Webduino 空氣盒子
圖片			
用途	啟動及關閉板擦吸塵器	提供馬達電力	測試空間粉塵

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究流程



## 二、文獻探討

### (一)一般吸塵器結構

吸塵器的原理是利用馬達高速運轉，在內部產生負壓，將灰塵、細小垃圾等物質經吸塵管，到達集塵袋，達成吸取灰塵的目的。

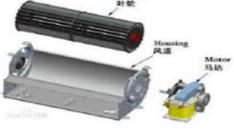
吸塵器主要配備：

- 1.開關：切換啟動和關閉電源。
- 2.吸嘴：吸嘴的種類通常有圓筒式、扁平式、尖嘴式等，適合各種角落。
- 3.吸塵管：軟管式吸塵管。
- 4.集塵器：聚集塵埃，有不織布袋、紙袋等材質，或吸塵器附設的塵埃儲存盒。
- 5.清潔隔濾器：也是吸塵器的重要設備，有些吸塵器只有集塵袋，有些有尼龍網或纖維的多層濾隔器，更高檔的甚至有排氣過濾器。
- 6.吹氣設備：將吸管裝接在排氣口上，就可以利用噴出的空氣，深入角落，解決吸塵管的死角問題。
- 7.吸力強弱控制器：可以針對清潔部位，調整吸塵力量的強弱。
- 8.塵埃指示器：有些機種會有塵埃指示器，可提醒用戶清理吸塵器。
- 9.電線捲軸：有些吸塵器會附設電子式的電線回捲設備，方便電線收藏。
- 10.滑輪：一般家用式的吸塵器都附有滑輪，方便移動。



## (二)風機形式

依「氣流流動方向」可以分為

軸流式		
	用途	氣流垂直葉輪流動。氣流沿軸向流入，且沿軸向流出，若再依葉片型態區分，尚可分成槳葉式、靜葉式以及管軸式等不同形式。
	優點	為風量大，安裝配管簡單，或不需配管。效率高，可高速運轉。
	缺點	噪音高，風壓小，無法做長距離的氣流輸送，葉輪會因空氣灰塵或廠房化學粉塵而造成毀損。可見於一般廠房、畜牧農舍的整體換氣。
離心式(渦輪風扇)		
	用途	風機運轉時，氣流由葉輪中心被吸入，葉輪使氣流帶有離心慣性，沿葉輪方向放射流出，順著螺旋外殼被導出風機，此類稱為離心式。常見於各種工業使用、廚房油煙。 按葉片的形狀分：機翼型，平板型，彎曲型三種。 按葉片安裝的角度分：前向，徑向和後向三種。
	優點	風壓較高，在額定負荷時效率較高，可達 94%。
	缺點	風機負荷較小時，效率較低，且體積較大。
斜流式		
 <p>斜流式風機</p>	用途	斜流式為軸流式的變形，進氣口導入氣流後，氣流沿輪葉中心斜向發散而導出。
	優點	體積小、安裝施工方便，風量較一般離心大，但風壓小，常見於一般空調換氣
	缺點	對葉輪來說其軸向尺寸大、主軸直徑比較大
橫流式(貫流式)		
	用途	氣流橫貫軸向流入與流出
	優點	軸向長度不受限制，可以根據不同的使用需要任意選擇葉輪的長度；氣流貫穿葉輪流動，受葉片兩次力的作用，因此氣流能到達很遠的距離
	缺點	壓頭損失較大

●本實驗使用 Inventor 軟體進行 3D 繪圖學習、輸出，所以我們採用葉片式及渦輪式兩種市面上常見的風機形式來進行實驗。

## 伍、研究結果

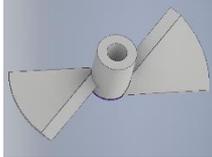
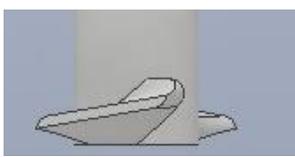
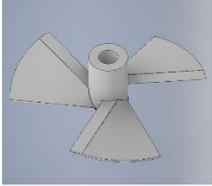
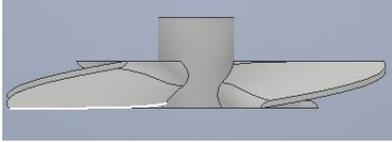
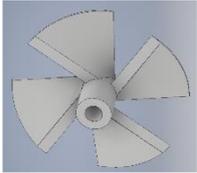
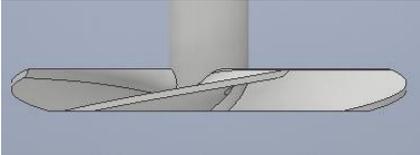
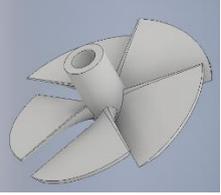
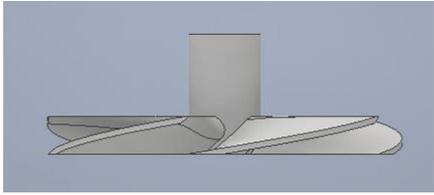
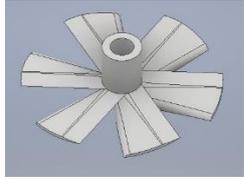
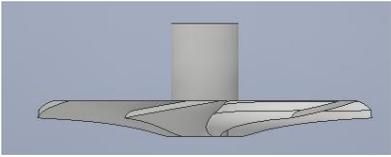
### 實驗一 不同葉扇數量是否會對板擦吸塵器的吸力有影響？

- 實驗說明：市面上葉扇樣式琳瑯滿目，在進行市場調查後我們發現葉扇數量各有不同，因此本實驗我們想針對各種不同葉扇數量來進行探討。



(一)本項實驗變因

1. 【操作變因】：葉扇數量，分別設為：2 葉、3 葉、4 葉、5 葉、6 葉

葉扇數量	Inventor 電腦圖示		3D 列印成品圖示
2 葉			
3 葉			
4 葉			
5 葉			
6 葉			

2. 【控制變因】：①氣旋半徑，設為：2.5 公分

②葉扇攻角，設為：10 度

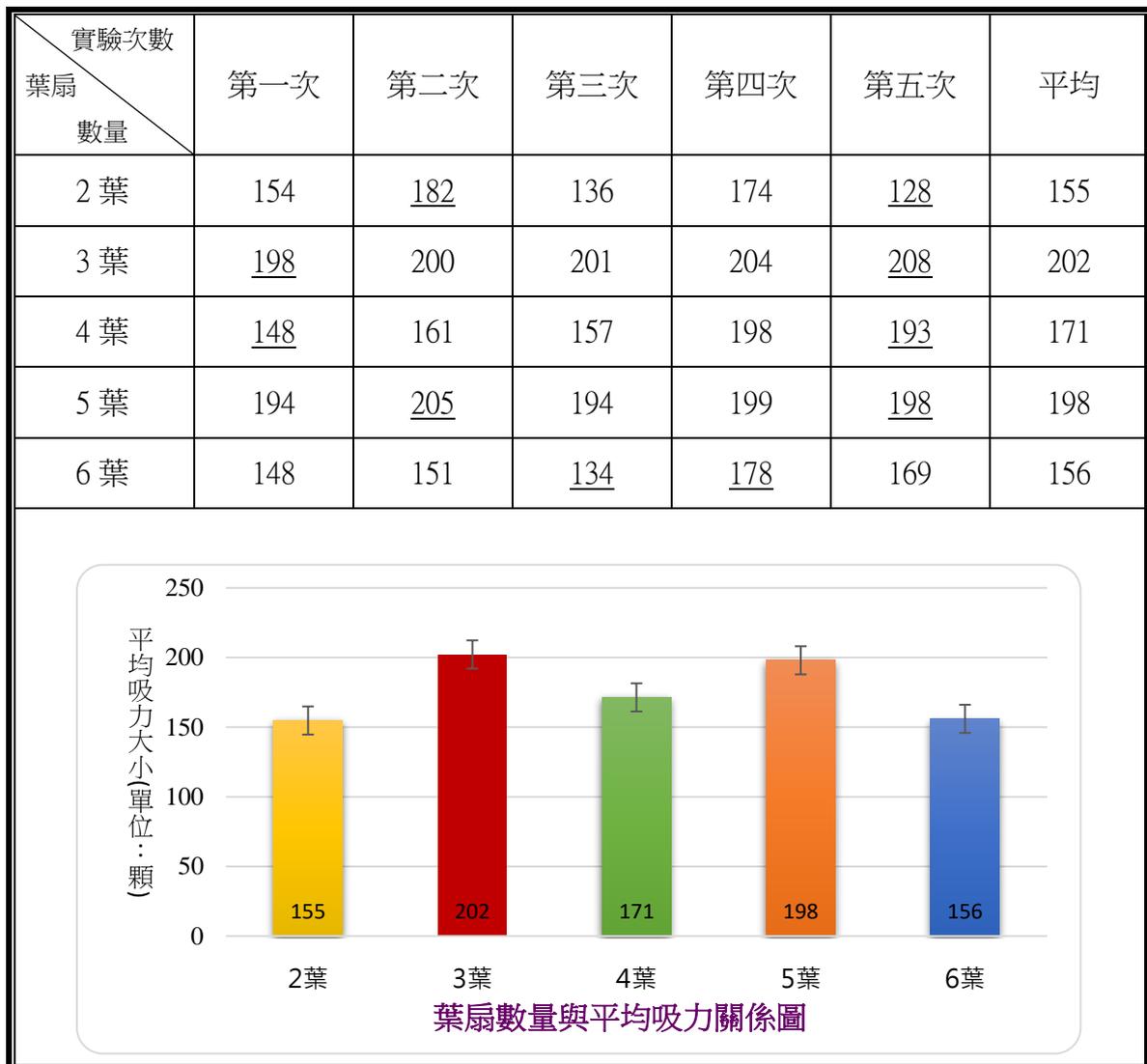
- ③馬達轉速，設為：3V~6V
- ④測量時間，設為：1 分鐘
- ⑤電池串聯數：串聯 3 顆 1.5V 電池
- ⑥進氣口形狀：縮口

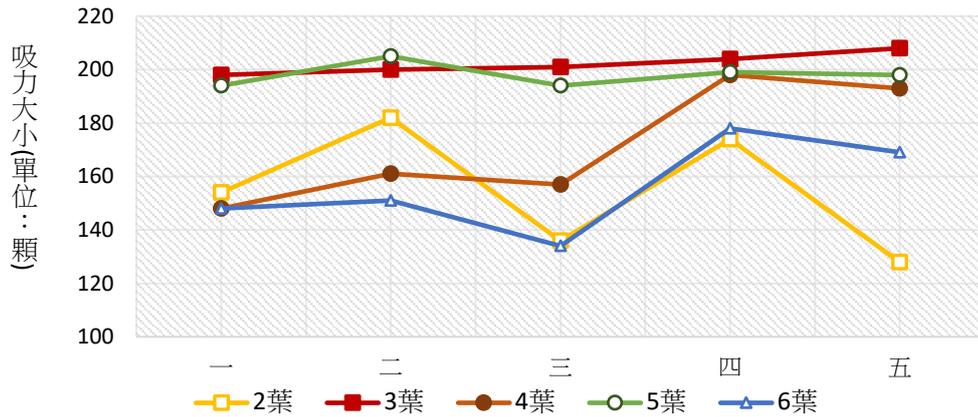
3. 【應變變因】：吸力大小(本研究以吸取的保麗龍球顆數多寡來表示)

(二)實驗步驟：

- (1)利用 Inventor 進行 3D 繪圖自製葉扇。(繪製過程如右影片)
- (2)分別依照設定的操作變因安裝於實驗儀器內
- (3)利用保麗龍球進行吸力實驗測試，每次一分鐘，共五次，求平均。
- (4)記錄實驗數據並分析

(三)吸力實驗記錄表格





不同葉扇數量的吸力穩定關係圖

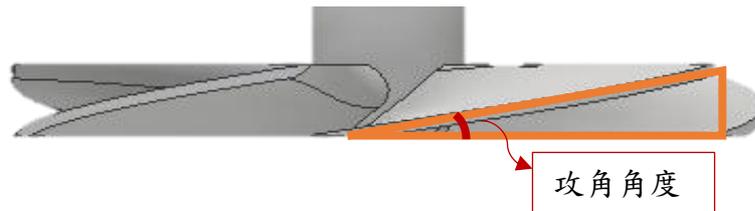
## 實驗發現與討論

1. 葉扇數為 2 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 155 顆。
2. 葉扇數為 3 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 202 顆。
3. 葉扇數為 4 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 171 顆。
4. 葉扇數為 5 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 198 顆。
5. 葉扇數為 6 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 156 顆。
6. 吸力由大到小，依序為 3 葉 > 5 葉 > 4 葉 > 6 葉 > 2 葉。
7. 由實驗結果可以發現平均吸力大小，奇數葉 > 偶數葉；其中奇數葉以 3 葉優於 5 葉，偶數葉以 4 葉優於 2 葉及 6 葉。
8. 探討奇數葉優於偶數葉的原因，我們認為是奇數葉比偶數葉更利於做動平衡校正。此觀察到的結果與文獻相符；因為偶數葉片會穿過旋轉軸心分別位於兩側，震動會相互傳遞，形成不必要的共振，降低風扇壽命的同時也會加大噪音。奇數數量的葉片設計葉片之間雖也會相互傳遞震動，但由於葉片兩兩之間並不在同一直線上，震動方向不同，可以避免掉波形的疊加。
9. 從不同葉扇吸力穩定圖中，可以發現奇數葉每次可吸起的保麗龍球數量差異不大，顯示其吸力較為穩定；而偶數葉每次吸起的保麗龍球數量差異較大，顯示其吸力較不穩定，故我們判斷奇數葉的吸力穩定性優於偶數葉。

實 驗 二

不同攻角角度是否會對板擦吸塵器的吸力有影響？

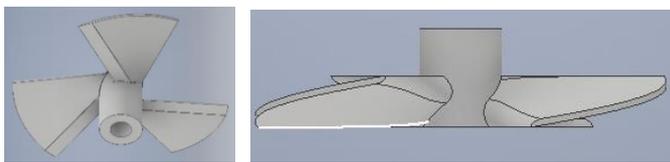
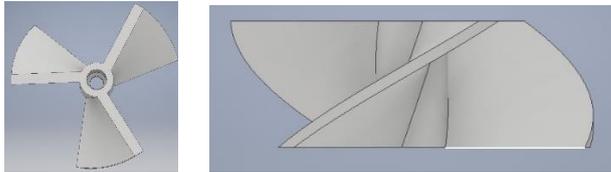
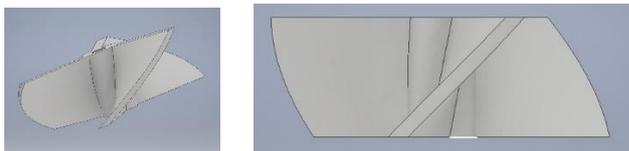
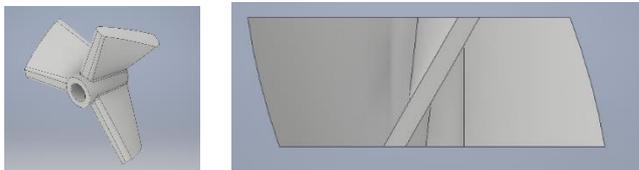
●定義攻角角度：從文獻中，我們發現扇葉與垂直面的攻角會影響扇葉的轉速。在繪製 Inventor 3D 軟體時為了讓整體積變小，所以葉扇必須配合整體機構盒，在有限的高度(固定截距)達最大效益，繪圖時能更清楚的辨試攻角角度，本實驗所定義的攻角角度如下。

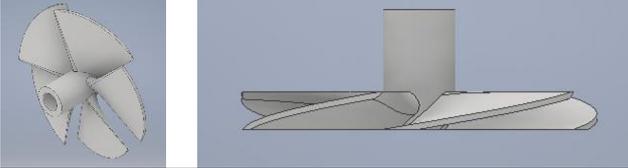
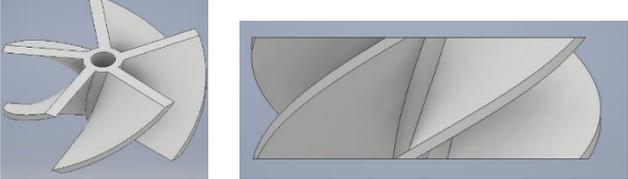
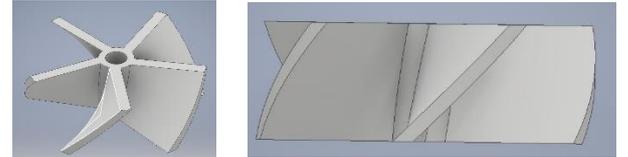
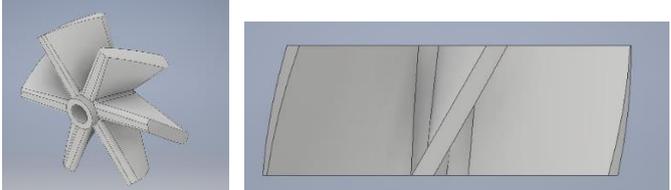


●實驗說明：實驗一中，我們確認了奇數葉的效能優於偶數葉，但是 3 葉與 5 葉的平均效能相近，因此，本實驗我們將分別在固定截距下對於 3 葉及 5 葉進行不同攻角測試效能。

(一)本項實驗變因

1. 【操作變因】：葉扇攻角，分別設為：10 度、30 度、45 度、60 度

3 葉(電腦繪圖及成品圖示)		
葉扇攻角	Inventor 電腦圖示	3D 列印成品圖示
10 度		
30 度		
45 度		
60 度		

5 葉(電腦繪圖及成品圖示)		
葉扇攻角	Inventor 電腦圖示	3D 列印成品圖示
10 度		
30 度		
45 度		
60 度		

2. 【控制變因】：①氣旋半徑，設為：1.5 公分

②葉扇數量，設為：3 葉、5 葉

③馬達轉速，設為：3V~6V

④測量時間，設為：1 分鐘

⑤電池串聯數：串聯 3 顆 1.5V 電池

3. 【應變變因】：吸力大小(本研究以吸取的保麗龍球顆數多寡來表示)

(二)實驗步驟：

(1)將利用 Inventor 進行 3D 繪圖自製葉扇。

(2)分別依照設定的操作變因安裝於實驗儀器內

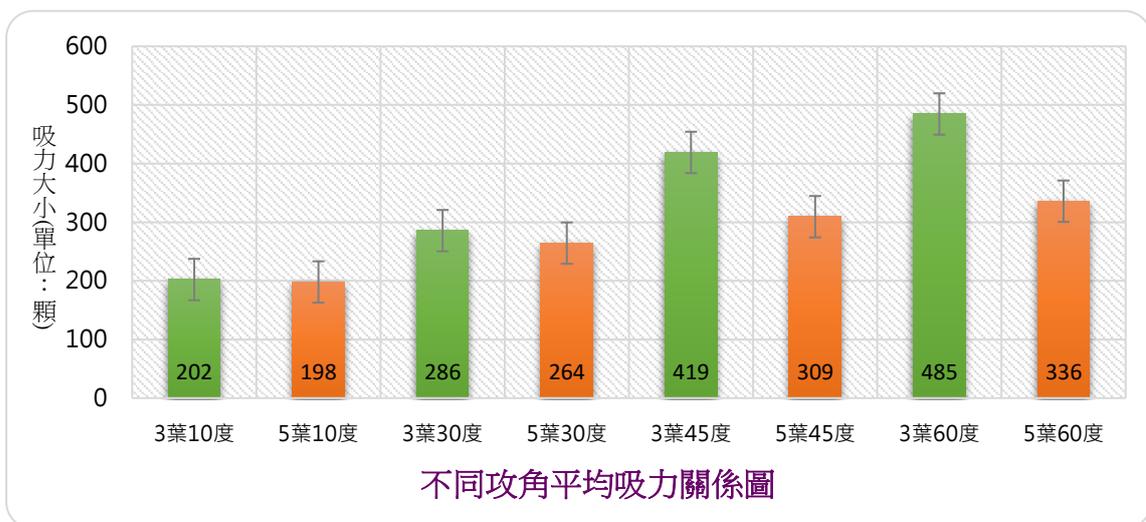
(3)利用保麗龍球進行吸力實驗測試，每次一分鐘，共五次，求平均。

(4)記錄實驗數據並分析

(三)吸力實驗記錄表格

3 葉實驗數據表						
實驗次數 葉扇 攻角	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
10 度	198	200	201	204	208	202
30 度	286	279	286	293	284	285
45 度	430	424	417	404	420	419
60 度	485	545	472	486	435	485

5 葉實驗數據表						
實驗次數 葉扇 攻角	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
10 度	194	205	194	199	198	198
30 度	264	259	271	268	260	264
45 度	316	306	308	303	314	309
60 度	330	340	336	335	338	336





實

驗

發

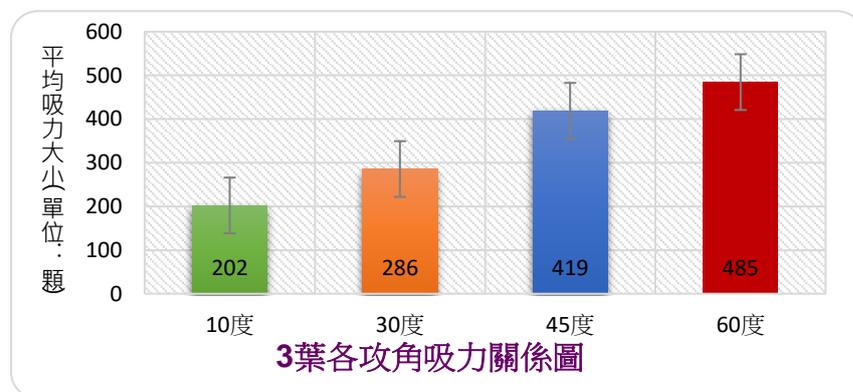
現

與

討

論

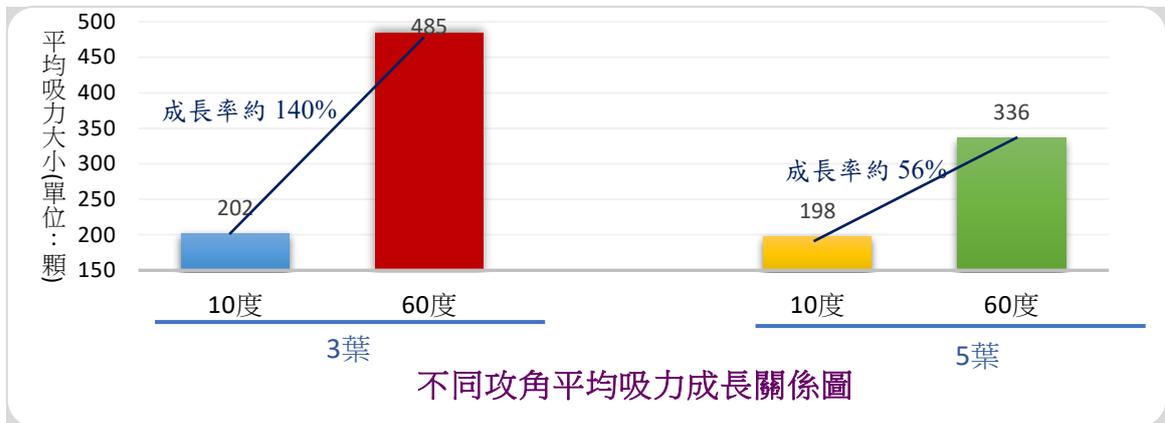
1. 葉扇數為三葉 10 度的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 202 顆。
2. 葉扇數為五葉 10 度的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 198 顆。
3. 葉扇數為三葉 30 度的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 286 顆。
4. 葉扇數為五葉 30 度的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 264 顆。
5. 葉扇數為三葉 45 度的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 419 顆。
6. 葉扇數為五葉 45 度的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 309 顆。
7. 葉扇數為三葉 60 度的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 485 顆。
8. 葉扇數為五葉 60 度的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 336 顆。
9. 吸力由大到小，依序為 3 葉 60° > 3 葉 45° > 5 葉 60° > 5 葉 45° > 3 葉 30° > 5 葉 30° > 3 葉 10° > 5 葉 10° 。
10. 以三葉的各攻角角度相互比較，吸力大到小依序為 60° > 45° > 30° > 10° ，且隨著攻角變大吸力呈現成長狀態。



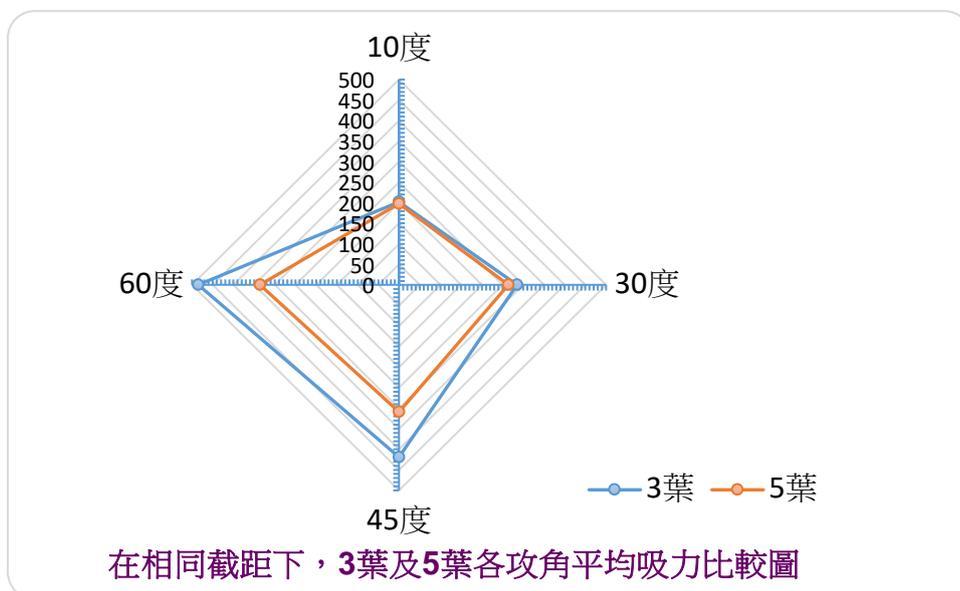
11. 以五葉的各攻角角度相互比較，吸力大到小依序為 60° > 45° > 30° > 10° ，且隨著攻角變大吸力呈現逐漸成長狀態。



12. 由上，可以發現本實驗中無論是 3 葉或五葉，平均吸力均在攻角 60 度時達到最佳。且 3 葉各攻角的平均吸力均優於 5 葉。
13. 由下圖發現，將攻角角度由 10 度增加為 60 度時，無論是三葉或五葉的平均吸力均呈現正成長

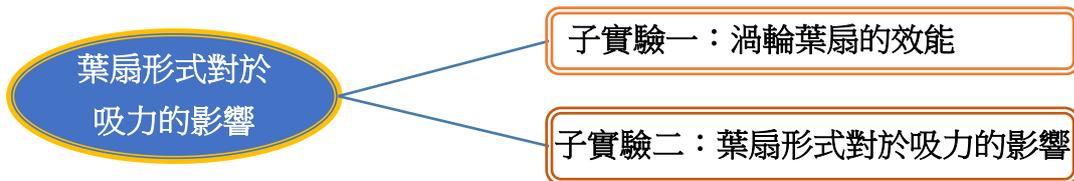


14. 實驗結果發現，顯示攻角角度與吸力有絕對關係，且呈正相關。
15. 依據本實驗數據，攻角對於吸力大小的影響：60 度 > 45 度 > 30 度 > 10 度。
16. 由下圖分析實驗一及實驗二發現，當截距固定，攻角為 10 度時，3 葉及 5 葉效能差異不大；當攻角為 60 度時差異明顯。



## 實 驗 三 葉扇種類是否會對板擦吸塵器的吸力有影響？

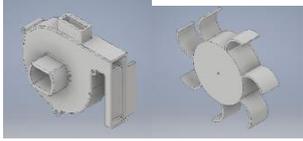
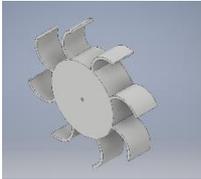
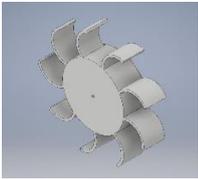
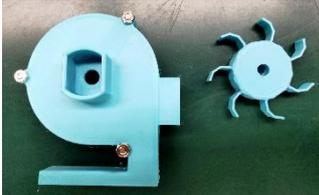
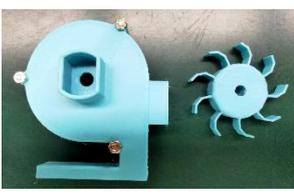
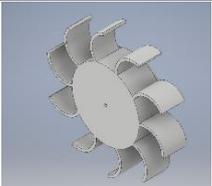
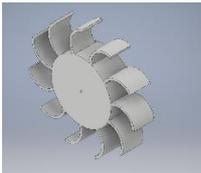
- 實驗說明：因為在實驗一以及實驗二中我們發現葉扇的數量以及攻角對於吸力有一定性的影響，但是吸力卻是呈現不穩定的狀態，於是我們開始好奇不同形式的葉扇呢？對於吸力又會有麼影響呢？本實驗我們分別探討渦輪以及一般兩種型態的葉扇形式。

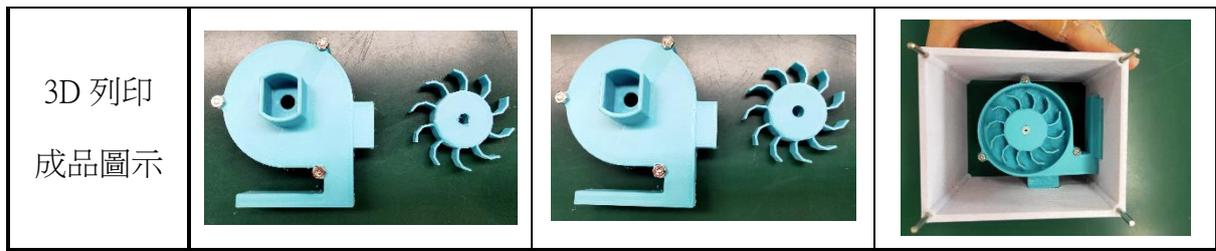


### 子實驗一 渦輪葉扇數量的效能

(一)本項實驗變因

1. 【操作變因】：渦輪葉扇數，分別設為 7~12 葉

葉扇數量	7 葉	8 葉	9 葉
Inventor 電腦圖示			
3D 列印 成品圖示			
葉扇數量	10 葉	11 葉	12 葉
Inventor 電腦圖示			



2. 【控制變因】：①馬達轉速、電力供應，設為：3V

②測量時間，設為：1 分鐘

③電池串聯數：3 顆

④進氣口形狀：縮口

3. 【應變變因】：吸力大小

(本實驗以吸取的保麗龍球顆數多寡來表示)

(二)實驗步驟：

(1)將利用 3D 繪圖自製的渦輪葉扇分別依照設定的操作變因安裝於實驗儀器內

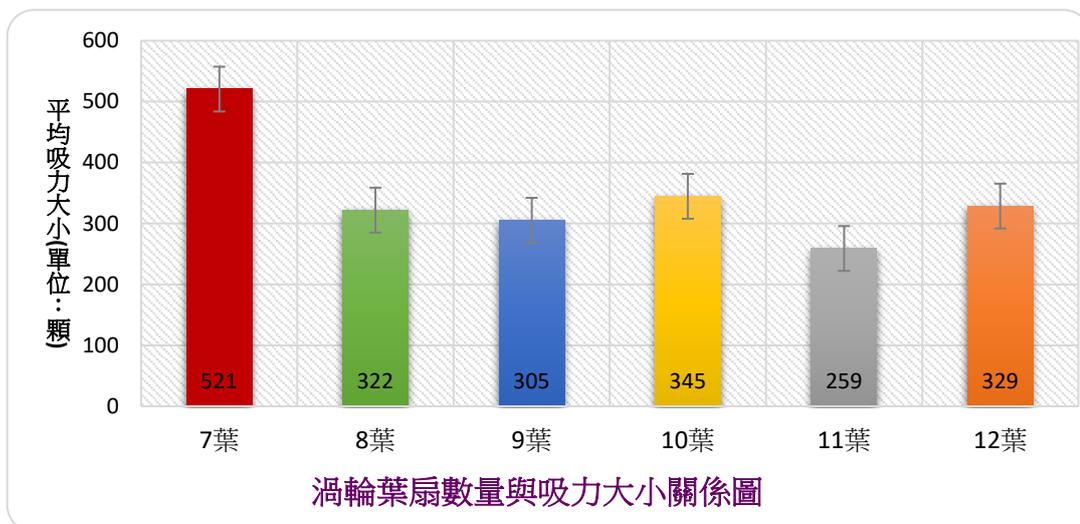
(2)進行吸力實驗測試，五次，求平均。

(3)記錄實驗數據並分析比較

(三)吸力實驗記錄表格 單位：顆

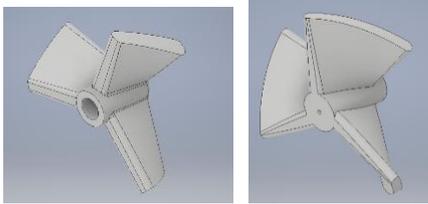
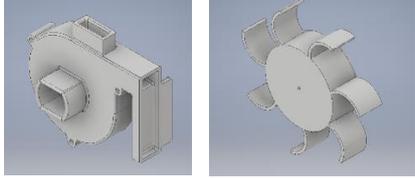
實驗次數 葉扇 數量	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
7 葉	513	539	450	457	644	521
8 葉	343	320	316	319	314	320
9 葉	328	277	241	297	384	305
10 葉	279	359	344	372	370	344
11 葉	223	268	263	263	278	259
12 葉	289	316	293	345	400	329





1. 葉扇數為 7 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 521 顆。
2. 葉扇數為 8 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 322 顆。
3. 葉扇數為 9 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 305 顆。
4. 葉扇數為 10 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 345 顆。
5. 葉扇數為 11 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 259 顆。
6. 葉扇數為 12 葉的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 329 顆。
7. 由實驗數據發現，7 葉渦輪葉扇平均吸力最佳，因此我們將採取此條件進行子實驗二。
8. 探究 7 渦輪葉扇效能優於其他數量葉扇的原因，實驗時我們發現 7 葉渦輪葉扇在吸取保麗龍球時旋轉的氣流較為順暢，而其他數量的渦輪葉扇吸取保麗龍球時氣流過於集中，導致吸力範圍變小。

1. 【操作變因】：葉扇種類，分別設為一般、渦輪

葉扇形式	對照組：一般(三葉，攻角 60 度)	實驗組：渦輪(7 葉)
Inventor 電腦圖示		
3D 列印 成品圖示		

2. 【控制變因】：①馬達轉速、電力供應，設為：3V

②測量時間，設為：1 分鐘

③電池串聯數：3 顆

④進氣口形狀：縮口

3. 【應變變因】：吸力大小(本實驗以吸取的保麗龍球顆數多寡來表示)

(二)實驗步驟：(1)將利用 3D 繪圖自製的葉扇分別依照設定的操作變因安裝於實驗儀器內

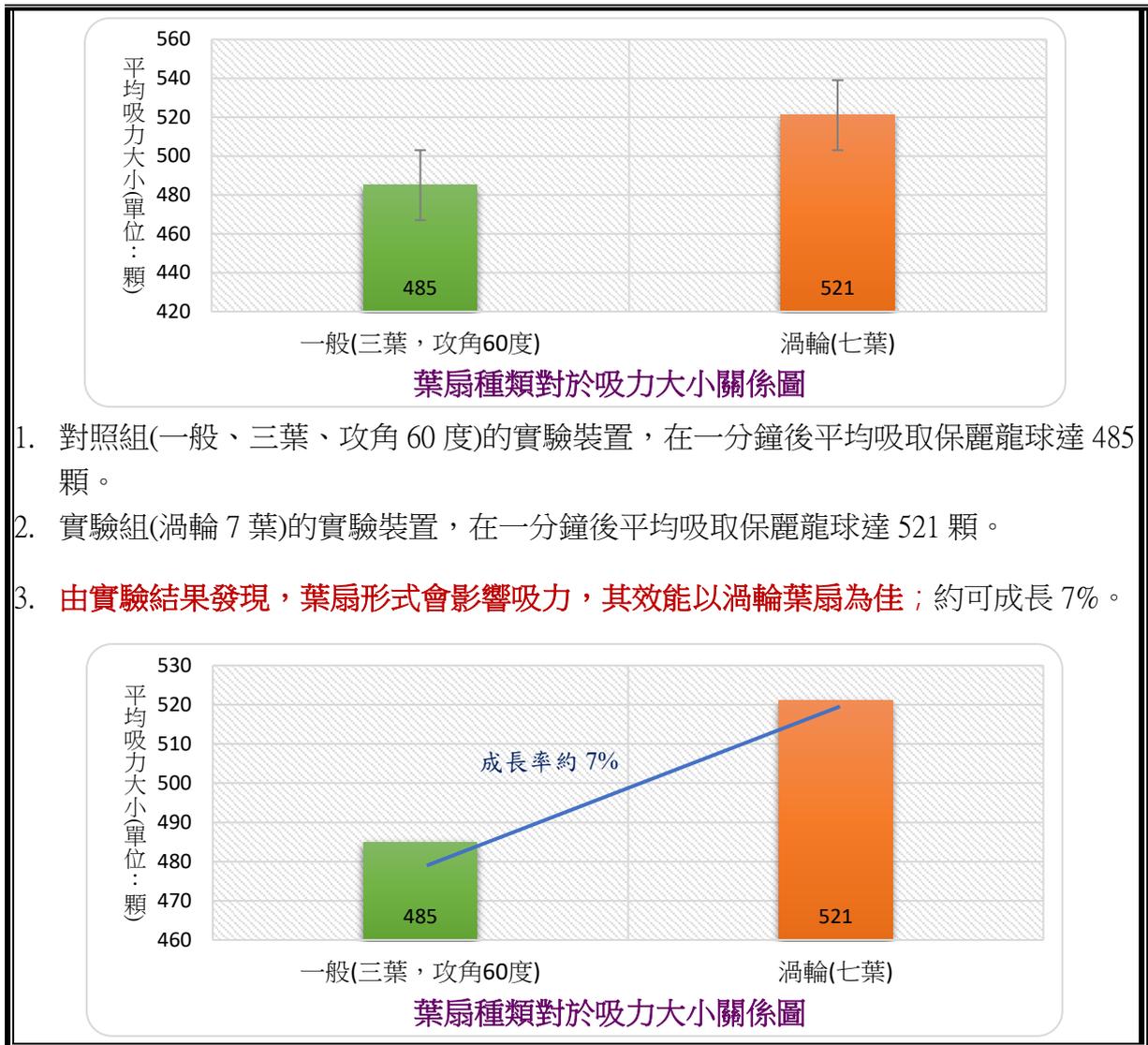
(2)進行吸力實驗測試，五次，求平均。

(3)記錄實驗數據並分析比較

(三)吸力實驗記錄表格

實驗次數 葉扇 形式	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
一般(三葉，攻角 60 度)	485	545	472	486	435	485
渦輪(七葉)	513	539	450	457	644	521





1. 對照組(一般、三葉、攻角 60 度)的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 485 顆。
2. 實驗組(渦輪 7 葉)的實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 521 顆。
3. 由實驗結果發現，葉扇形式會影響吸力，其效能以渦輪葉扇為佳；約可成長 7%。

## 實驗四 進氣口型式是否會對板擦吸塵器的吸力有影響？

●實驗說明：前面的實驗我們發現葉扇的種類、數量、攻角均會影響吸力的大小，利用馬達高速運轉，產生負壓，將灰塵吸入集塵袋，達到吸取灰塵的目的。於是我們參考抽油煙機與浴室抽風機的風罩形式來討論對吸力的影響。

(一)本項實驗變因

1. 【操作變因】：進氣口形式，分別設為縮口(由小到大)、開口(由大到小)

進氣口形式	縮口(由小到大)	開口(由大到小)
3D 列印 成品圖示		

2. 【控制變因】：①葉扇形式，設為：渦輪 7 葉  
 ②馬達轉速，設為：3V  
 ③測量時間，設為：1 分鐘  
 ④電池串聯數：3 顆

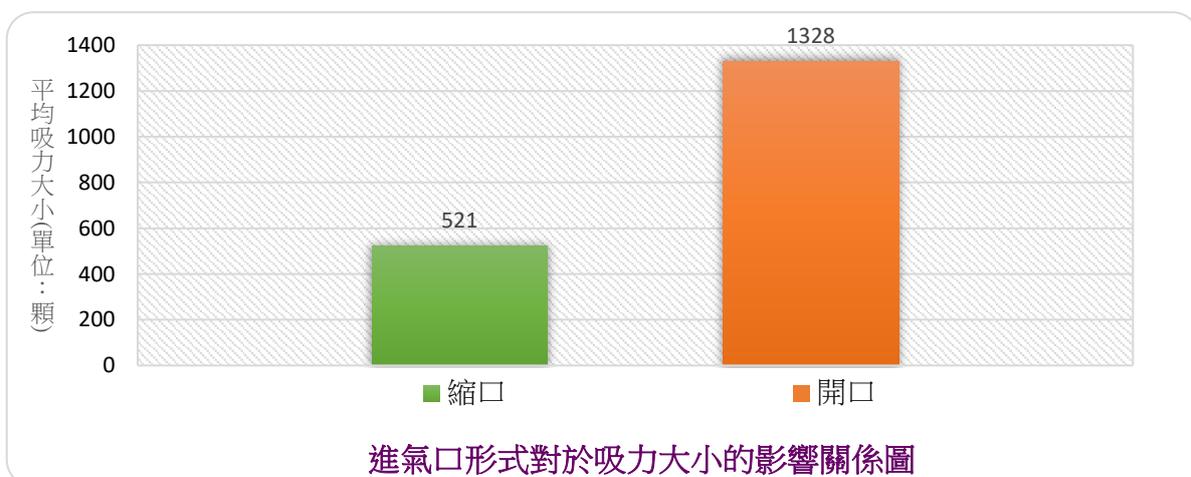
3. 【應變變因】：吸力大小(本實驗以吸取的保麗龍球顆數多寡來表示)

(二)實驗步驟：

- (1)將利用 3D 繪圖自製的葉扇分別依照設定的操作變因安裝於實驗儀器內。  
 (2)進行吸力實驗測試，五次，求平均。  
 (3)記錄實驗數據並分析

(三)吸力實驗記錄表格

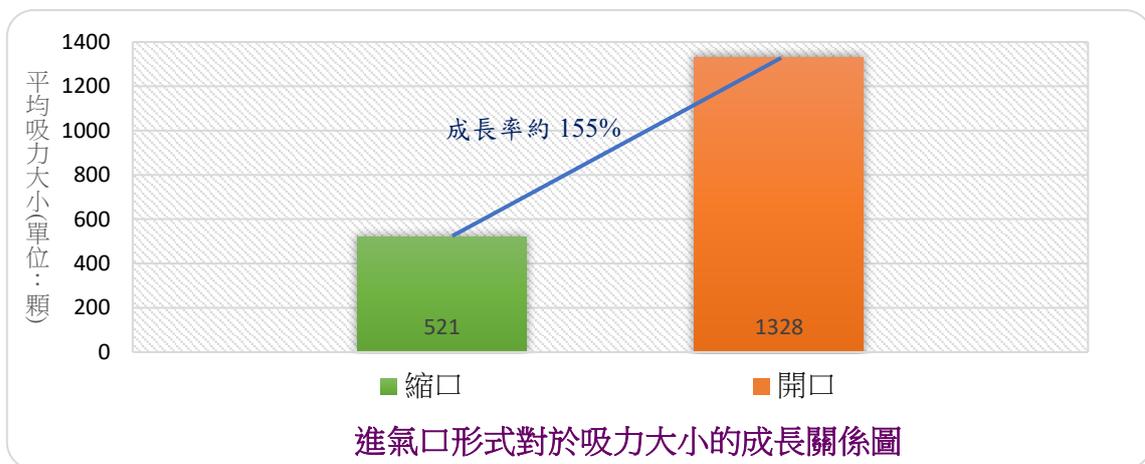
實驗次數 進氣口型式	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
縮口(由小到大)	513	539	450	457	644	521
開口(由大到小)	1153	1088	1687	1391	1322	1328





## 實 驗 發 現 與 討 論

1. 縮口型的進氣口實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 521 顆。
2. 開口型的進氣口實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達 1328 顆。
3. 由實驗結果發現，進氣口的型式會影響吸力，其效能：開口型 > 縮口型。
4. 由下圖發現，將進氣口形式由縮口型轉換為開口型時，平均吸力均呈現正成長，成長率約為 155%。



5. 我們推測開口型效能 > 縮口型效能，應該是造型與一般家用抽油煙機以及浴室排風扇的大開口原理相同。

## 實 驗 五 繪製 3D 列印自製板擦吸塵器

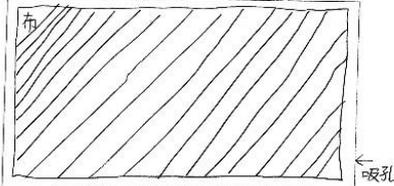
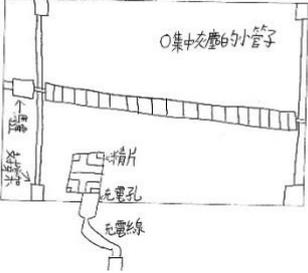
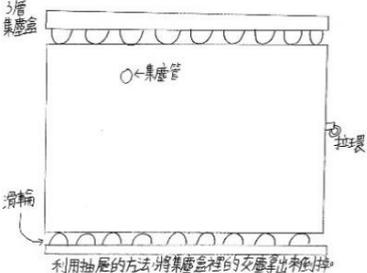
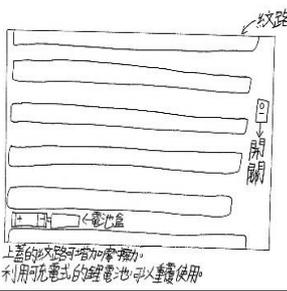
### ● 自製板擦吸塵器結構圖



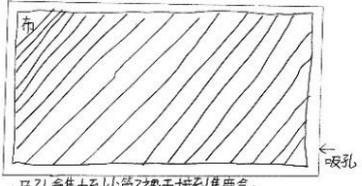
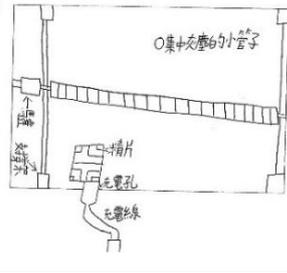
#### 第一代~手繪結構圖以及設計說明

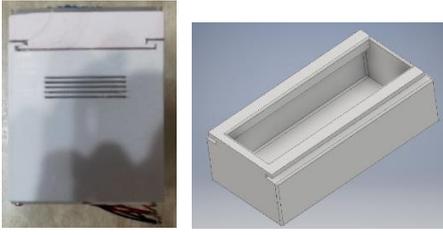
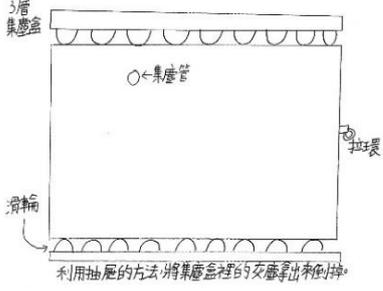
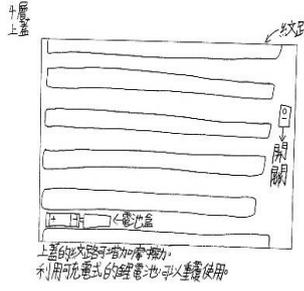
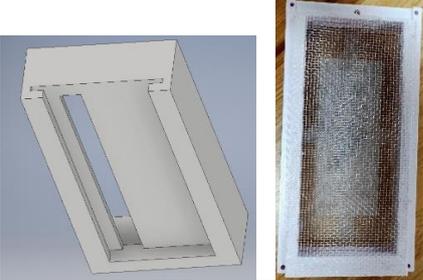
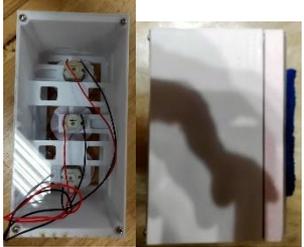
##### (一) 手繪結構圖以及設計說明

- 說明：在進行文獻探之後，我們先開始著手在紙上繪製板擦吸塵器的構造圖，依照我們心目中的板擦吸塵器構造，畫出心目中理想圖。

	第一層	第二層
內容	可以吸粉筆灰的構造	結構
手稿圖	<p>1層布</p>  <p>吸孔會集中到小管裡再接到集塵盒。 如果把吸孔放在中間會吸不到外面的灰塵。</p>	<p>2層結構</p> 
說明	由下而上，這一層是我們的擦黑板的棉布層，在整個板擦吸塵器的中間是擦拭布，周圍是吸孔，粉筆的粉塵藉由周圍吸孔吸入。	我們稱這一層為結構層，各種不同的葉扇以及馬達都安裝於這一層。
	第三層	第四層
內容	集塵盒	上蓋
手稿圖	<p>3層集塵盒</p>  <p>利用抽屜的方法將集塵盒裡的灰塵取出倒掉。</p>	<p>4層上蓋</p>  <p>上蓋的紋路可增加摩擦力， 利用充電式的鋰電池可以重複使用。</p>
說明	集塵盒層位於第一層以及機構層的中間，用來集中被吸進板擦吸塵器的粉筆灰，我們希望將它設計成抽屜一樣的構造，拉抽的方式，方便清洗。	最上蓋層，這一層主要是用來與手接觸，為了拿取方便希望可以設計成具有紋路的樣式，以增加磨擦力；並且希望具有開關方便控制。

## (二)進行 3D 繪圖並輸出成品

	第一層	第二層
內容	可以吸粉筆灰的構造	結構
手稿圖	<p>1層布</p>  <p>吸孔會集中到小管裡再接到集塵盒。 如果把吸孔放在中間會吸不到外面的灰塵。</p>	<p>2層結構</p> 

Inventor 電腦圖示 3D 列印 成品圖示		
	第三層 集塵盒	第四層 上蓋
內容	集塵盒	上蓋
手稿圖		
Inventor 電腦圖示 3D 列印 成品圖示		

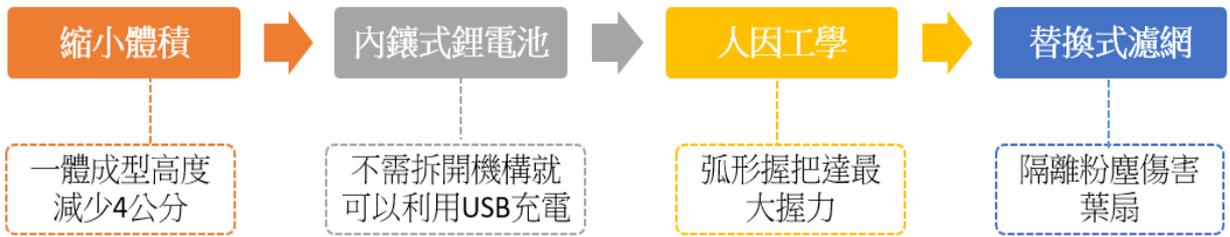


## 第二代~手繪結構圖以及設計說明

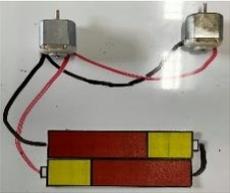
### (一) 手繪結構圖以及設計說明→進行 3D 繪圖並輸出成品

- 實驗說明：在進行一串實驗測試之後第一代板擦吸塵器終於誕生了，我們考量了葉扇數量、攻角、種類、進氣口形式等因素對於吸力大小的影響，實際使用上真的可以達到解決傳統板擦在擦拭過程粉塵飛揚的情形，但是我們只考量了功能性卻未考量到方便性，導致體積很大，且拿取不方便。
- 改良方案：第二代的板擦吸塵器我們將針對縮小體積、內鑲充電式鋰電池，並

且希望符合人因工學以方便拿取來進行改良。



內容	外盒~一體成型機構層	
手稿圖	<p>可以擦黑板?吸取的粉筆灰也會收集在這層</p>	<p>排氣孔是用來將多餘的空氣排出來的</p>
說明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將進氣口與外盒一起繪製減少各機構層所佔據的空間。</li> <li>2. 最下層利用魔鬼沾黏上擦拭布。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 側邊增加排氣孔，以便氣流流通。</li> <li>2. 參考冷氣機的抽屜式濾網層，作為阻隔粉筆灰直接被吸入葉扇內而影響效能。</li> </ol>
3D 列印成品圖示		
手稿圖	<p>我們參考擦黑板的弧線，加入我們的板擦吸塵器</p>	<p>此層是放葉扇和一些機器的地方</p>

<p>說明</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 為了在拿取上更方便，我們希望符合人體工學，因此參考了市面上菜瓜布的弧形曲線，以方便拿取以及增加握力。</li> <li>2. 將渦輪葉扇以及鋰電池放入機構層內，並且裝置開關以及充電插座。</li> <li>3. 改良 USB 插頭，一端改為電器接頭，不需拆卸機構即可充電。</li> <li>4. 電池及馬達的電路安裝上，採取電池串聯、馬達並聯。</li> </ol>   
<p>3D 列印 成品圖示</p>	 

## (二)利用 Webduino 測試效能

●實驗說明：為了測試我們自製的板擦吸塵器效能如何？我們採用 Webduino 分別進行以傳統板擦以及自製板擦吸塵器擦拭來黑板後掉落在空間中粉塵量的測試以作為效能評估。

●Webduino 微型空品監測器-空氣盒子，能夠監測空氣中的 PM 2.5 數值，而 PM 2.5 就是俗稱的細懸浮微粒 (particulate matter, PM)，以粒徑大小分成 PM10、PM2.5。其中小於或等於 2.5 微米( $\mu\text{m}$ )的粒子，就稱為 PM2.5，單位以微克/立方公尺( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )表示，我們利用其機器測量 PM 2.5 濃度的功能，來作為實驗中粉筆灰塵濃測量依據。



(一)本項實驗變因

1. **【操作變因】**：板擦的種類，分別設為傳統板擦、自製板擦吸塵器
2. **【控制變因】**：
  - ①webduino 空氣盒子放置地點，設為教室前排、教室中間、以及前排兩側
  - ②測量時間，設為擦完黑板後 20 秒進行紀錄；為求公平一天僅測量一次，共分六天測量。
  - ③板擦的乾淨程度，設為乾淨
3. **【應變變因】**：PM2.5 數值

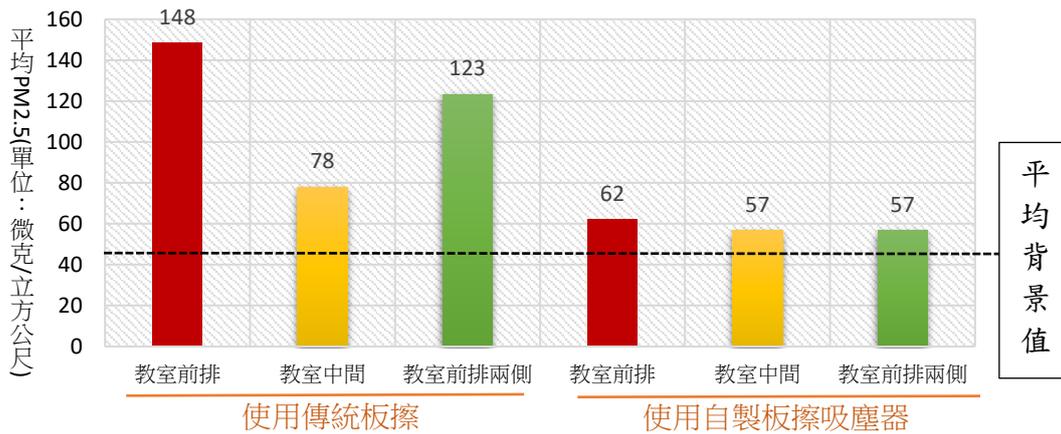
(二)實驗方法

- 1.分別在教室的前排講桌、中間座位以及前排兩測放置 Webduino 空氣盒子檢測器。
- 2.使用乾淨的傳統板擦以及自製 3D 列印板擦吸塵器進行黑板擦拭。
- 3.擦拭完後 25 秒進行空氣盒子數據紀錄。



(三)PM2.5 實驗記錄表格

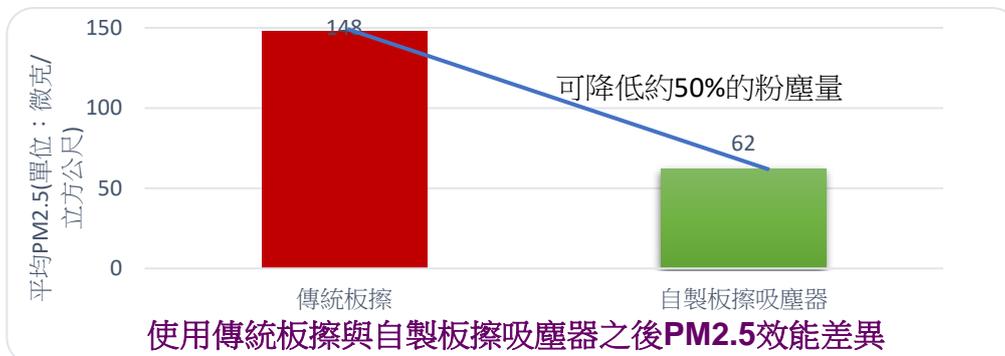
傳統板擦				
測量值 測量位置	第一天	第二天	第三天	平均
背景值(PM2.5)	49	46	41	45
教室前排(講桌)	160	143	142	148
教室中間	84	76	74	78
教室前排兩側	120	117	133	123
自製板擦吸塵器				
測量值 測量位置	第一天	第二天	第三天	平均
背景值(PM2.5)	57	53	53	52
教室前排(講桌)	58	61	57	59
教室中間	52	55	55	54
教室前排兩側	59	53	58	57



傳統板擦與自製板擦吸塵器擦拭效能關係圖

實驗發現與討論

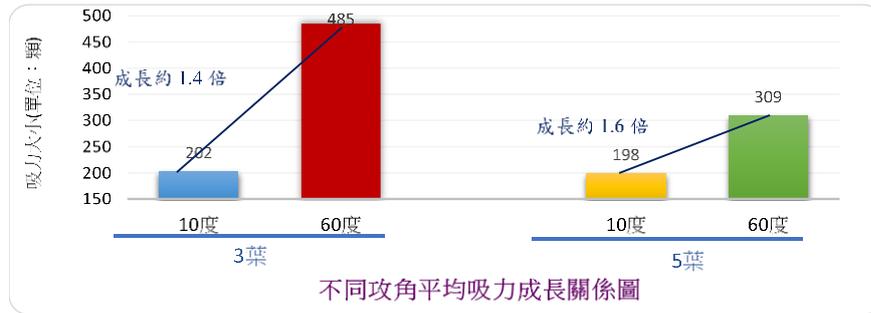
1. 實驗測試，教室前排的 PM2.5 值在使用本研究的 3D 列印板擦吸塵器後，由平均 148 降到 59( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2. 實驗測試，教室中間的 PM2.5 值在使用本研究的 3D 列印板擦吸塵器後，由 143 降到 61( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
3. 實驗測試，教室前排兩側的 PM2.5 值在使用本研究的 3D 列印板擦吸塵器後，平均由 78 降到 54( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
4. 實驗測試，教室前排的 PM2.5 值在使用本研究的 3D 列印板擦吸塵器後，平均由 123 降到 57( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
5. 比較使用傳統板擦以及自製板擦吸塵器之後 PM2.5 下降的效能差異：



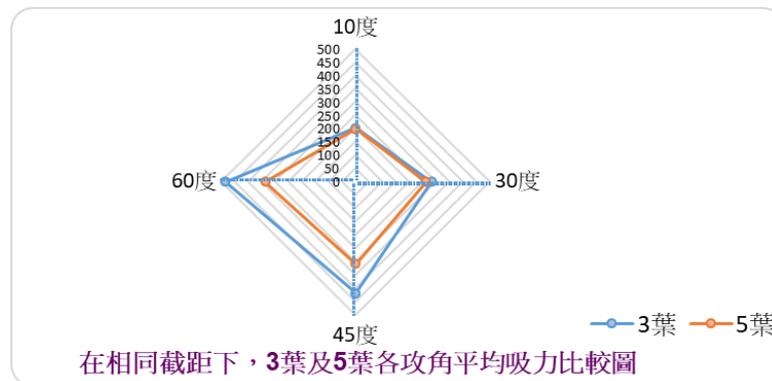
由上圖得知，以粉塵量最多的教室前排(講桌)在使用我們的自製板擦吸塵器之後，教室內的空間粉塵量約可降低 50%。

## 陸、討論

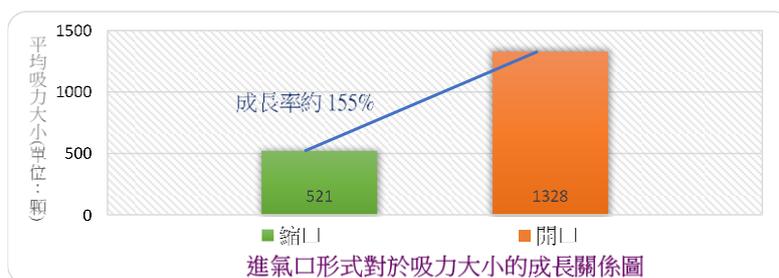
1. 在實驗一中，我們利用 3D 列印的葉扇針對不同的葉扇數量進行實驗，結果發現吸力由大到小，依序為 3 葉 > 5 葉 > 4 葉 > 2 葉 > 6 葉。
2. 實驗一結果發現平均吸力大小，**奇數葉 > 偶數葉**；其中奇數葉以 3 葉優於 5 葉，偶數葉以 4 葉優於 2 葉及 6 葉。
3. 探討奇數葉優於偶數葉的原因，我們認為是奇數葉比偶數葉更利於做動平衡校正。此觀察到的結果與文獻相符，因為偶數葉片會穿過旋轉軸心分別位於兩側，震動會相互傳遞，形成不必要的共振，降低風扇壽命的同時也會加大噪音。奇數數量的葉片設計葉片之間雖也會相互傳遞震動，但由於葉片兩兩之間並不在同一直線上，震動方向不同，可以避免掉波形的疊加。
4. 從不同葉扇吸力穩定圖中，可以發現奇數葉每次可吸起的保麗龍球數量差異不大，顯示其吸力較為穩定；而偶數葉每次吸起的保麗龍球數量差異較大，顯示其吸力較不穩定，故我們判斷**奇數葉的吸力穩定性優於偶數葉**。
5. 實驗二中，我們分別針對 3 葉以及 5 葉進行不同攻角的實驗觀察，吸力由大到小依序為 3 葉 60° > 3 葉 45° > 5 葉 60° > 5 葉 45° > 3 葉 30° > 5 葉 30° > 3 葉 10° > 5 葉 10°。
6. 實驗二中，以三葉的各攻角角度相互比較，吸力大到小依序為 60° > 45° > 30° > 10°，且隨著攻角變大吸力呈現成長狀態。
7. 實驗二中以五葉的各攻角角度相互比較，吸力大到小依序為 60° > 45° > 30° > 10°，且隨著攻角變大吸力呈現逐漸成長狀態。
8. 由上，可以發現本實驗中無論是 3 葉或五葉，平均吸力均在攻角 60 度時達到最佳。且 3 葉各攻角的平均吸力均優於 5 葉。
9. 由不同攻角平均吸力成長關係圖發現，將攻角角度由 10 度增加為 60 度時，無論是三葉或五葉的平均吸力均呈現正成長。



10. 實驗結果發現，顯示攻角角度與吸力有絕對關係，且呈正相關。
11. 依據本實驗數據，攻角對於吸力大小的影響：60度 > 45度 > 30度 > 10度。
12. 由下圖分析實驗一及實驗二發現，當截距固定，攻角為10度時，3葉及5葉效能差異不大；當攻角為60度時差異明顯。



13. 由實驗三結果發現，葉扇形式會影響吸力，其效能以渦輪葉扇為佳；約可成長7%。
14. 實驗四結果發現，縮口型的進氣口實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達521顆。
15. 開口型的進氣口實驗裝置，在一分鐘後平均吸取保麗龍球達1328顆。
16. 由實驗四結果發現，進氣口的型式會影響吸力，其效能：開口型 > 縮口型。
17. 由下圖發現，將進氣口形式由縮口型轉換為開口型時，平均吸力均呈現正成長，成長率約為155%。



18. 我們推測開口型效能 > 縮口型效能，應該是造型與一般家用抽油煙機以及浴室排風扇

的大開口原理相同。

19. 實驗五結果發現，教室中間的 PM2.5 值在使用本研究的 3D 列印板擦吸塵器後，由 143 降到 61( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
20. 實驗測試，教室前排兩側的 PM2.5 值在使用本研究的 3D 列印板擦吸塵器後，平均由 78 降到 54( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
21. 實驗測試，教室前排的 PM2.5 值在使用本研究的 3D 列印板擦吸塵器後，平均由 123 降到 57( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
22. 比較使用傳統板擦以及自製板擦吸塵器之後 PM2.5 下降的效能差異：



23. 由上圖得知，以粉塵量最多的教室前排(講桌)在使用我們的自製板擦吸塵器之後，教室內的空間粉塵量約可降低 50%。

## 柒、結論

1. 葉扇數量會影響吸力大小，奇數葉平均吸取保麗龍球的數量優於偶數葉所吸取保麗龍球的數量，所以奇數葉效能優於數葉。
2. 奇數葉中又以三葉吸取的保麗龍球數量的最多，吸力最好。
3. 分析實驗一及實驗二發現，當截距固定，攻角為 10 度時，3 葉及 5 葉效能差異不大；當攻角為 60 度時差異明顯。
4. 葉扇攻角會影響吸力大小，攻角 60 度平均吸取的保麗龍球數量的最多，吸力最好，所以攻角不宜過小，以本實驗來說 60 度攻角，為最佳效能。
5. 不同種類的葉扇會影響吸力大小，帶有蝸牛殼的渦輪葉扇平均吸取的保麗龍球數量優於一般型葉扇，吸力最好。
6. 進氣口型式會影響吸力大小，開口型的進氣口平均吸取的保麗龍球數量優於縮口型葉扇，吸力最好。

7. 實驗結果，葉扇數量、葉扇攻角、葉扇種類、進氣口形式…等，均會影響吸力大小。
8. 空汙一直都是擾人的問題，不但會引起呼吸道不適之外，更可能引發過敏；教室就是一個空汙的場所，在密閉空間內，老師與學生共處一室，小小空間大大汙染，教室內的懸浮汙染粒不少，**我們在此處提出了一個可行且效率高的解決方案，經過實驗發現我們製作的板擦吸塵器可以降低粉塵散播量**，還給我們一個舒適的空間，不但可以創造更優質的戰鬥力，更可以讓我們心目中最認真的老師活得更久。
9. 以往進行風力相關實驗時都是利用手工製作各種葉扇材料，其成品會因人為因素多有差異，且不耐用，加上市面上不易買到現成的相關材料。**使用 3D 列印可以輕鬆繪製出構想中的各種樣式的葉扇以及板擦吸塵器的各層構造**，找出最佳配置製作出一台一體成形**客製化且符合人體工學**的 3D 列印板擦機，**豐富無限想像的空間**。
10. 我們自製的板擦吸塵器寬度約 55mm，手握下去施力約變形 10mm，工作時約 45mm，符合人因工程設計標準。**【蔡登傳、宋同正，產品設計得人因工程裏最大握力與握柄距離實驗，其結論發現兩握柄兼具為 37mm~64mm 時，可使握力發揮至 90%以上。】**
11. 教室內的空汙有多嚴重，很難直接量化，我們**自行設計 Webduino 空氣盒子檢測程式**進行擦拭黑板後的 PM2.5 數值變化為**量化標準**，並評估其效能。
12. 本次我們發展出**效率高且商品化**的板擦吸塵器來解決教室內粉塵汙染的情形。

## 捌、參考資料與其他

- 1.<https://www.chc-fan-blower.com/lab/im.html>，質昌風機製造公司
- 2.<https://www.newton.com.tw/wiki/%E8%B2%AB%E6%B5%81%E9%A2%A8%E6%A9%9F/3408905>，貫流風機介紹
3. [http://science.hs.jh.chc.edu.tw/upload\\_works/108/4cf80f8f2fc0b952bd375f667cbe7aa1.pdf](http://science.hs.jh.chc.edu.tw/upload_works/108/4cf80f8f2fc0b952bd375f667cbe7aa1.pdf)，彰化縣 108 年第 59 屆中小學科學展覽，最佳吸引力

## 【評語】 082807

1. 從日常生活中尋找合適的研究議題，進而蒐集資料、分析、設計、實驗而改進，製作簡易的板擦吸塵器，是非常實用的作品。
2. 進行各種參數的製作與實驗，數據不少，俱備科學研究精神。
3. 本作品的前期量測所吸附保麗龍球的數量。若能進一步探討保麗龍球與粉塵微粒的吸附效果是否相同，則前期實驗數據，更具參考價值。
4. 扇葉形狀與扇葉數量的關聯性，若能進一步加以探討，可以加深其科學性。

## 作品簡報

# 『風』功偉『葉』

~3D列印自製板擦吸塵器~



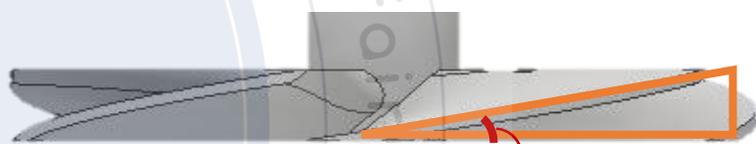
商品化



客製化



高效率



攻角角度

科別：生活與應用科學科(一) (機電與資訊)

組別：國小組

編號：082807

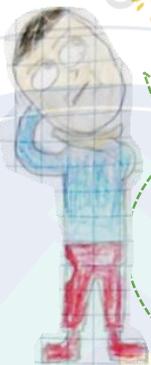
關鍵詞：3D列印、Webduino空氣盒子、吸塵器



# 摘要&研究動機



老師好認真講課，一邊用手摀著嘴一邊擦黑板，可是講桌上、老師的臉上、手臂上以及前排同學的桌上，充滿著各色粉筆灰



老師的呼吸道會不會是彩色的呢？

3d繪圖列印  
解決問題

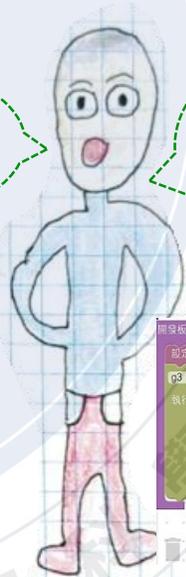
Webduino  
空氣盒子  
檢測PM2.5



讚啦



傳統板擦機



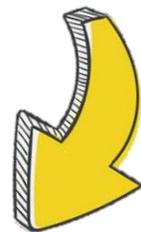
如果板擦可以一邊擦一邊吸粉筆灰

空氣盒子  
自行設計檢測程式  
Webduino PM2.5

寶特瓶吸塵器



不耐用  
效能差



執行	顯示	建立字串
g3	所測得目前的 PM2.5	PM2.5
g3	所測得目前的 PM1.0	PM1.0
g3	所測得目前的 PM1.0	PM1.0

PM2.5:49  
PM1.0:44

# 研究流程及實驗目的

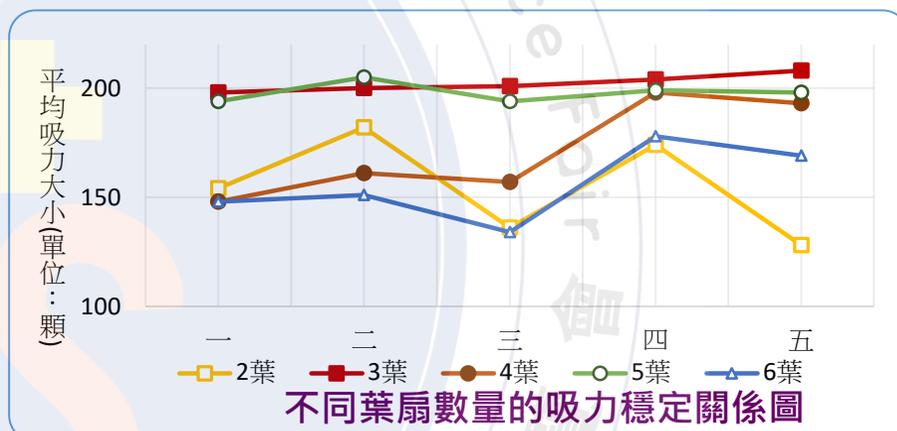
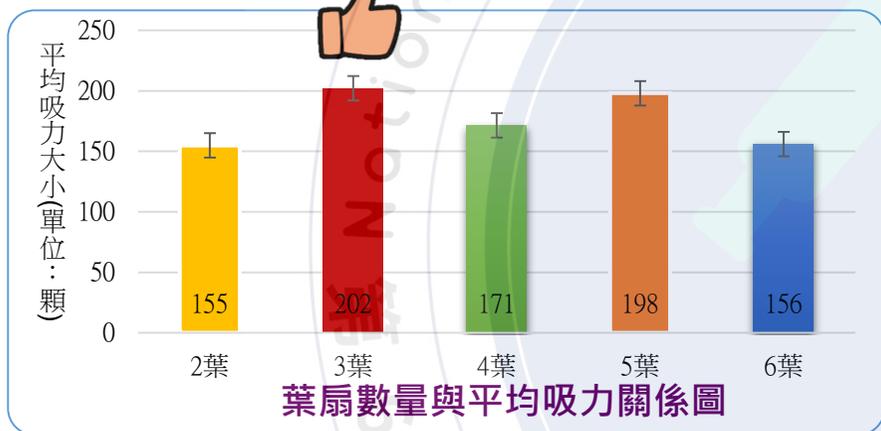
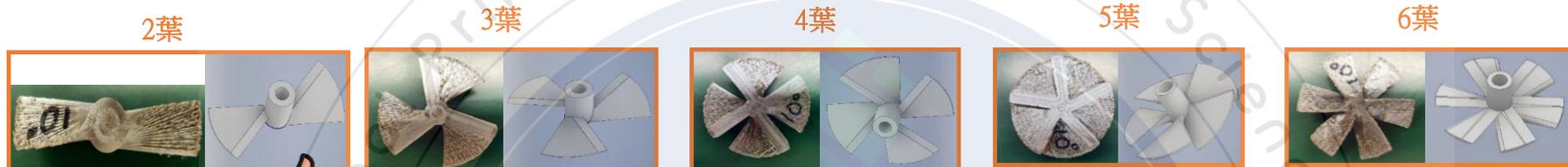


# 研究結果

## 實驗一 不同葉扇數量對吸力的影響？

➤ 【操作變因】：葉扇數量

➤ 市面上葉扇樣式琳瑯滿目，在進行市場調查後我們發現葉扇數量各有不同，因此本實驗我們想針對各種不同葉扇數量來進行探討。



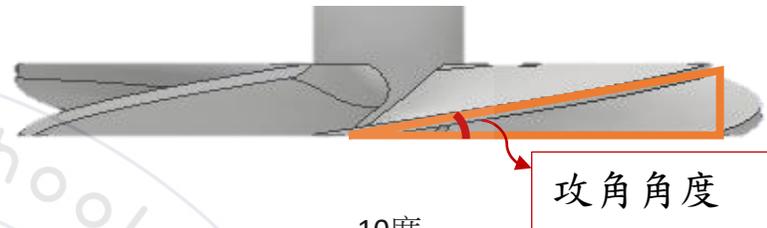
【討論】：

- 1. 平均吸力大小，**奇數葉 > 偶數葉**；其中奇數葉以3葉優於5葉，偶數葉以4葉優於2葉及6葉。
- 2. 從不同葉扇吸力穩定圖中**奇數葉的吸力穩定性優於偶數葉**。

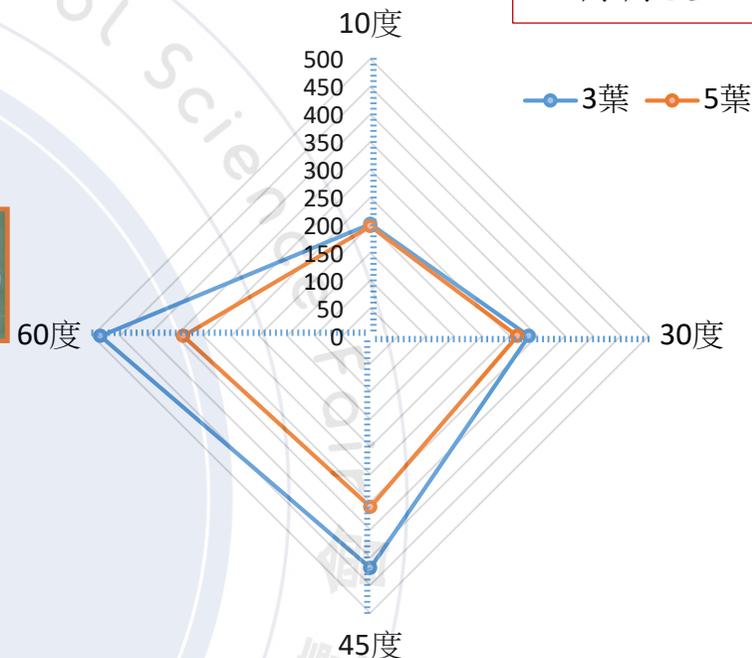
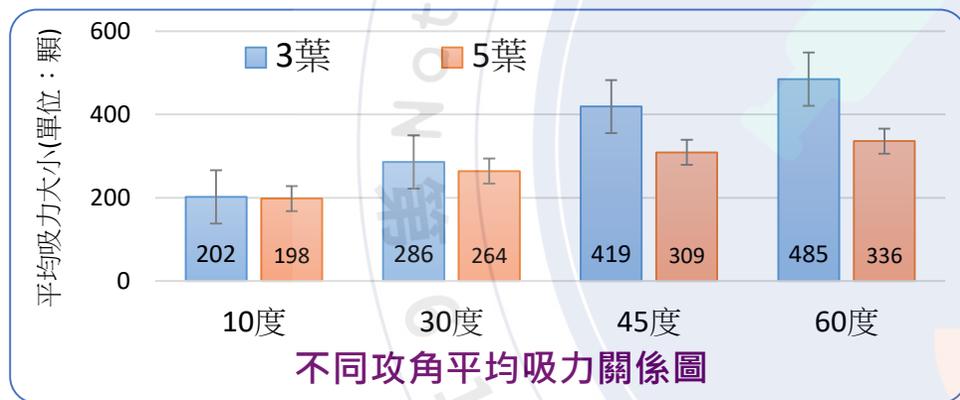
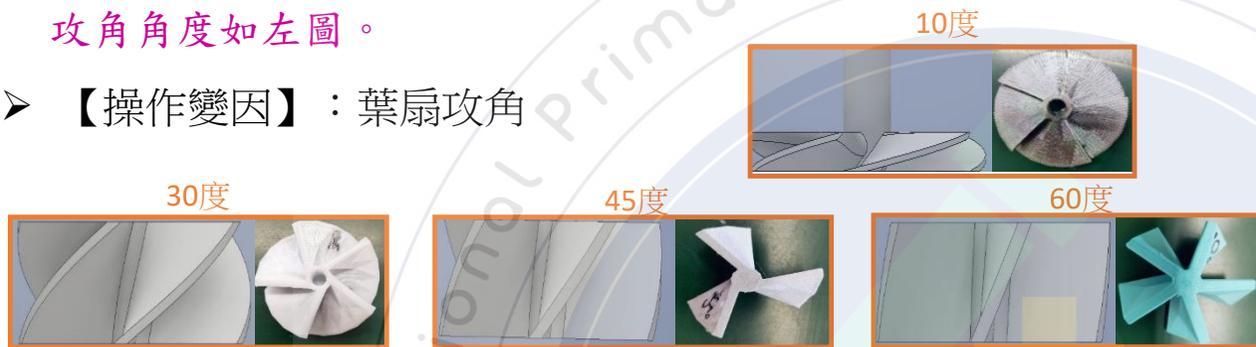
## 實驗二 不同攻角角度是否會對板擦吸塵器的吸力有影響？

➤ 實驗一中，我們確認了奇數葉的效能優於偶數葉，但是3葉與5葉的平均效能相近，因此，本實驗我們將分別在固定截距下對於3葉及5葉進行不同攻角測試效能。

➤ 定義攻角角度：從文獻中，我們發現扇葉與垂直面的攻角會影響扇葉的轉速。在繪製Inventor 3D軟體時為了讓整體積變小，所以葉扇必須配合整體機構盒，在有限的高度(固定截距)達最大效益，繪圖時能更清楚的辨試攻角角度，本實驗所定義的攻角角度如左圖。



➤ 【操作變因】：葉扇攻角



在相同截距下，3葉及5葉各攻角平均吸力比較圖



### 【討論】

- 1. 實驗結果發現，顯示攻角角度與吸力有絕對關係，且呈正相關。
- 2. 依據本實驗數據，攻角對於吸力大小的影響： $60度 > 45度 > 30度 > 10度$ 。
- 3. 由上圖分析發現，當截距固定(相同截距)時，攻角為60度時吸力最大。

# 實驗三 葉扇種類對板擦吸塵器吸力的影響

## 子實驗一 渦輪葉扇數量的效能

➤ 【操作變因】：渦輪葉扇數



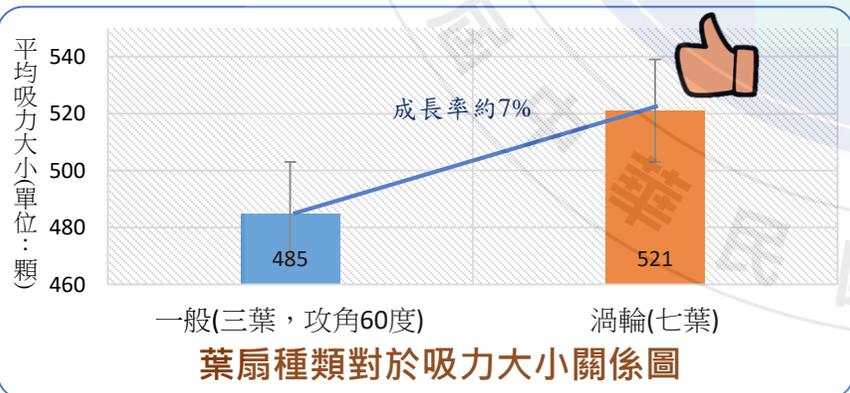
➤ 在實驗一、二中我們發現葉扇的數量以及攻角對於吸力有一定性的影響，但是吸力卻是呈現不穩定的狀態，於是我們開始好奇不同形式的葉扇呢？對於吸力又會有麼影響呢？本實驗我們分別探討渦輪以及一般兩種型態的葉扇形式。

【討論】：

- 1. 七葉渦輪葉扇平均吸力最佳，因此我們將採取此條件進行子實驗二
- 探究七渦輪葉扇效能優於其他數量葉扇的原因，實驗時我們發現七葉渦輪葉扇在吸取保麗龍球時旋轉的氣流較為順暢，而其他數量的渦輪葉扇吸取保麗龍球時氣流過於集中，導致吸力範圍變小。

## 子實驗二 不同種類葉扇對板擦吸塵器吸力的影響

➤ 【操作變因】：葉扇種類



【討論】：

- 由實驗結果發現，葉扇形式會影響吸力，其效能以渦輪葉扇為佳；約可成長7%。

## 實驗四 進氣口型式是否會對板擦吸塵器的吸力有影響？

➤ 【操作變因】：進氣口形式



縮口(由小到大)

開口(由大到小)

➤ 葉扇的種類、數量、攻角均會影響吸力的大小，利用馬達高速運轉，產生負壓，將灰塵吸入集塵袋，達到吸取灰塵的目的。於是我們參考抽油煙機與浴室抽風機的風罩形式來討論對吸力的影響。



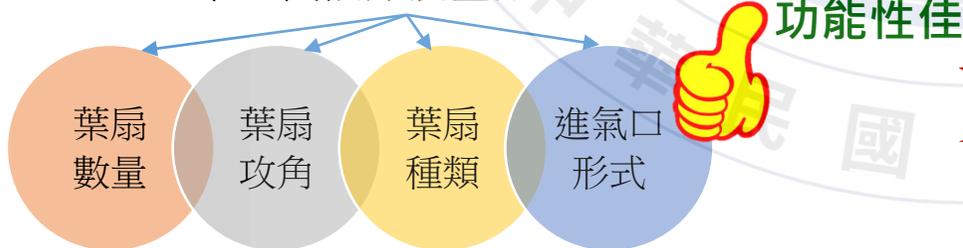
進氣口形式對於吸力大小的成長關係圖

### 【討論】

- 1. 由實驗結果發現，進氣口的型式會影響吸力，其效能：**開口型 > 縮口型**。
- 2. 由左圖發現，將進氣口形式由縮口型轉換為開口型時，平均吸力均呈現正成長，成長率約為155%。
- 3. 我們推測開口型效能 > 縮口型效能，應該是造型與一般家用抽油煙機以及浴室排風扇的大開口原理相同。

內容	可以吸粉筆灰的構造	結構
手稿 & 3D 列印	<p>由下而上，這一層是我們的擦黑板的棉布層，在整個板擦吸塵器的中間是擦拭布，周圍是吸孔，粉筆的粉塵藉由周圍吸孔吸入。</p>	<p>我們稱這一層為結構層，各種不同的葉扇以及馬達都安裝於這一層。</p>
內容	集塵盒	上蓋
手稿 & 3D 列印	<p>集塵盒層位於第一層以及機構層的中間，用來集中被吸進板擦吸塵器的粉筆灰，我們希望將它設計成像抽屜一樣的構造，拉抽的方式，方便清洗。</p>	<p>最上蓋層，這一層主要是用來與手接觸，為了拿取方便希望可以設計成具有紋路的樣式，以增加摩擦力；並且希望具有開關方便控制。</p>

第一代板擦吸塵器



未考量到方便性，導致體積很大，拿取不方便





## 第二代~手繪結構圖 以及設計說明



商品化



客製化



高效率

縮小體積

一體成形高度  
減少4公分

內鑲式鋰電池

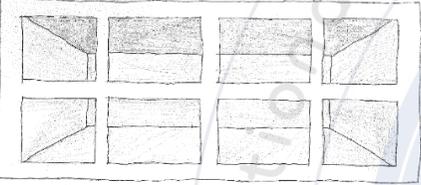
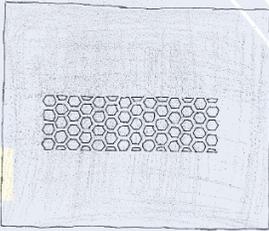
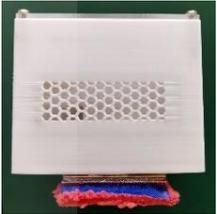
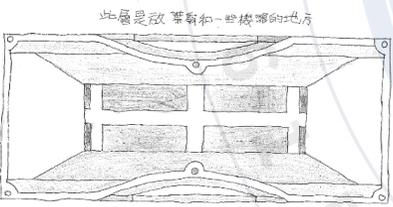
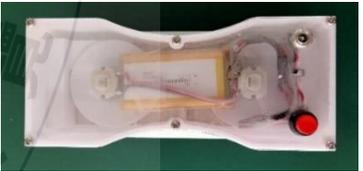
不需拆開機構  
就可以利用USB  
充電

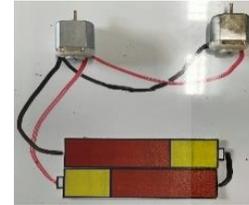
人因工學

弧形握把達  
最大握力

替換式濾網

隔離粉塵  
保護葉扇

內容	外盒~一體成形機構層	
手稿圖 、 3D列印 成品圖示	 <p>可以擦黑板+吸取的粉筆灰也會收集在這層</p>	  
說明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.將進氣口與外盒一起繪製減少機構各層佔據的空間。</li> <li>2.最下層利用魔鬼沾黏上擦拭布。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.側邊增加排氣孔，以便氣流流通。</li> <li>2.參考冷氣機的抽屜式濾網層，作為阻隔粉筆灰直接被吸入葉扇內而影響效能。</li> </ol>
手稿圖 、 3D列印 成品圖示	 	 
說明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.為了在拿取上更方便，我們希望符合人體工學，因此參考了市面上菜瓜布的弧形曲線，以增加握力。</li> <li>2.將渦輪葉扇以及鋰電池放入機構層內，並且裝置開關以及充電插座。</li> <li>3.改良USB插頭，一端改為電器接頭，不需拆卸機構即可充電。</li> <li>4.電池及馬達的電路安裝上，採取電池串聯、馬達並聯。</li> </ol>	





## 利用Webduino測試效能

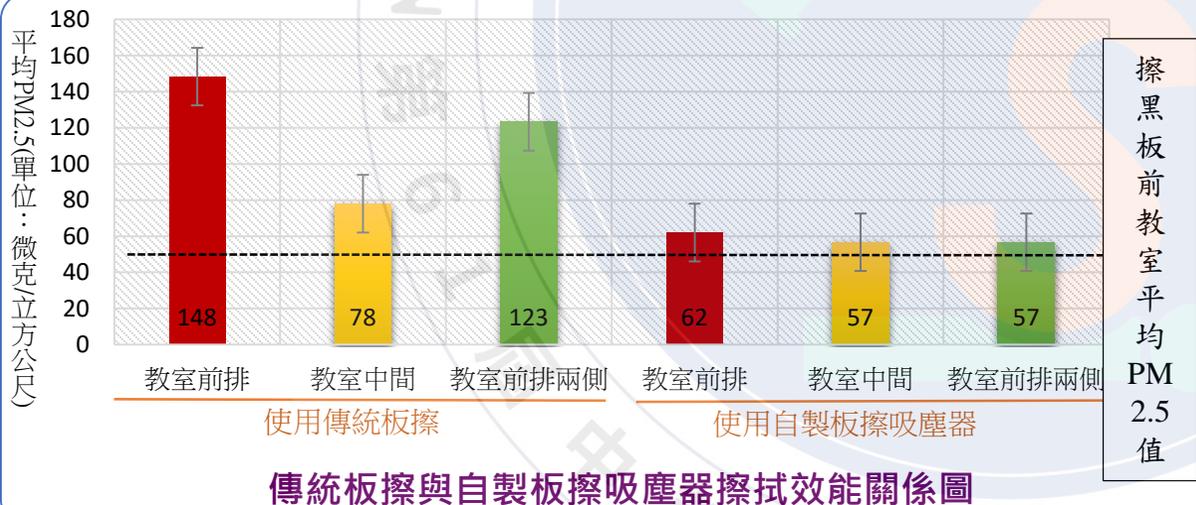
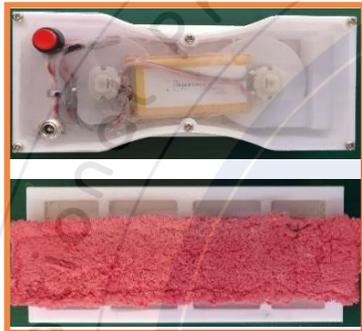
為了測試我們自製的板擦吸塵器效能如何？我們採用Webduino分別進行以傳統板擦以及自製板擦吸塵器擦拭黑板後掉落在空間中粉塵量的測試以作為效能評估。

【操作變因】：板擦的種類

傳統板擦



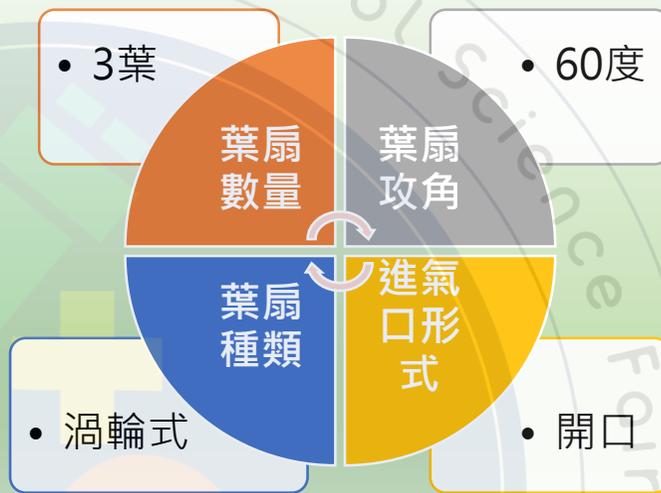
自製板擦吸塵器



### 【討論】

- 使用自製板擦吸塵器，教室內粉塵量大幅降低。
- 粉塵量最多的教室前排(講桌)在使用我們的自製板擦吸塵器之後，教室內的空間粉塵量約可降低50%。

1. 本實驗結果，葉扇數量、葉扇攻角、葉扇種類、進氣口形式等，其較佳吸力優化設計參數如下圖所示。



➤ 2. 使用3D列印可以輕鬆繪製出構想中的各種樣式的葉扇以及板擦吸塵器的各層構造，找出**最佳配置**製作出一台



商品化



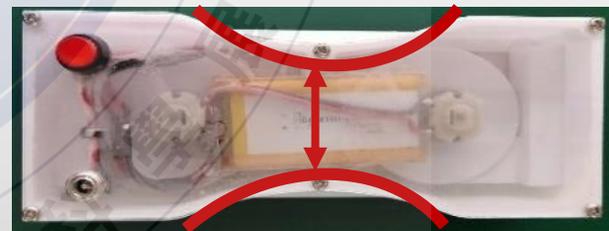
客製化



高效率

且符合人體工學的3D列印板擦機，豐富無限想像的空間。

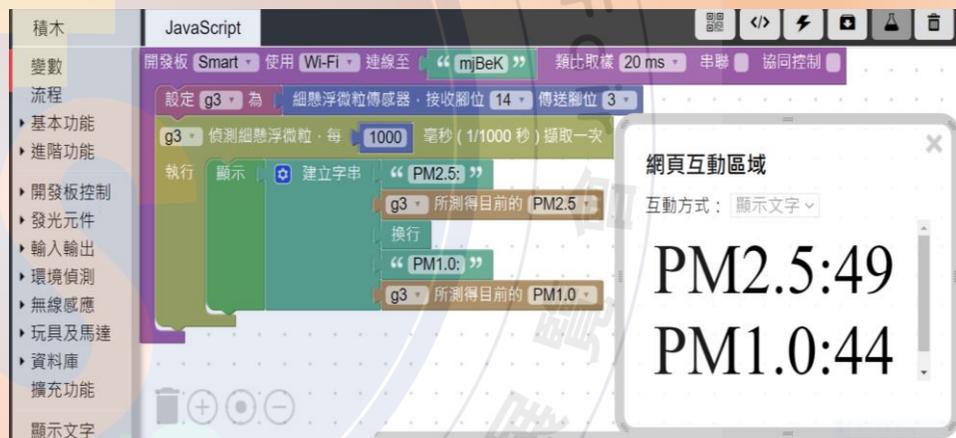
弧形握把  
增加握力



約45mm,符合人  
因工程設計標準

- 3. 我們自製的板擦吸塵器寬度約55mm，手握下去施力約變形10mm，工作時約45mm，**符合人因工程設計標準**。【蔡登傳、宋同正，產品設計得人因工程裏最大握力與握柄距離實驗，其結論發現兩握柄兼具為37mm~64mm時，可使握力發揮至90%以上。】

- 4. 教室內的懸浮污染粒不少，我們提出了一個可行且效率高的解決方案，經過**自行設計Webduino空氣盒子檢測PM2.5**程式進行擦拭黑板後的PM2.5數值變化為**量化標準**，並評估其效能。



- 實驗發現我們製作的板擦吸塵器可以降低約50%的粉塵散播量。

## 參考資料

[http://science.hs.jh.chc.edu.tw/upload\\_works/108/4cf80f8f2fc0b952bd375f667cbe7aa1.pdf](http://science.hs.jh.chc.edu.tw/upload_works/108/4cf80f8f2fc0b952bd375f667cbe7aa1.pdf)，彰化縣108年第59屆中小學科學展覽，最佳吸引力