

中華民國第 54 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

030808

空穴來風

— 無扇葉風扇之風向、風速與曲率改變之探究 —

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者：	指導老師：
國二 洪 華	陳盈吉
國二 張凱傑	李育純
國二 張雅筑	

關鍵詞：無扇葉風扇、白努力定律、曲率探究

空穴來風

—無扇葉風扇之風向、風速與曲率改變之探究—

研究摘要

本研究探究市售之無扇葉風扇標榜相較於有扇葉風扇的風速更大且更穩定，但研究結果發現並無廣告效果。研究發現無扇葉風扇距離出風口越近並無呈現風速越大之規則，而是有位置上的差別。研究群提出 Y 型理論來進行解釋，意即在無扇葉風扇前方風從底下馬達吹出時，下、中兩個位置的風壓低且都吹向中間吹，但到了上的位置風壓集中在這裡，左上，右上都有強烈的氣流，但到中上時兩道氣流對撞反而使風變小了。最後，研究群試圖改變無扇葉風扇的曲率，探究其出風速的大小比較，其結果顯示 6*6(出風口高度為 1.2cm)的曲率設計可找到最大風速，且最大風速的出現點在 0 基準點上方，推測可能是出風口瞬間造成氣壓降低，使得周圍的空氣流入補充所導致。

壹、研究動機

某日，在某間電器行選購家電用品，無意間看到展示架上的新型電風扇，仔細一看，沒有扇葉？以為是壞掉了，走近將下方按鈕按下，徐徐的涼風吹了出來……

教室，抬頭望著電風扇，隨著葉片轉動，思緒愈纏愈緊……上網查了一下官方的網站，結果只有幾個圖，完全不知道為什麼，也許是他們的商業機密吧？往下看，它說：「無葉風扇的運作原理，是電風扇從底層吸入空氣，進入環形擴大器中，然後通過 1.3 毫米寬的小裂縫射出，由於旁邊的空氣會捲入氣流當中，因此風扇可以輕易每秒吹出 405 公升空氣，是吸入空氣的 15 倍。」至於這中間的方法是什麼就沒解釋了，是什麼構造才能將吸入的風增強 15 倍呢？又令我更加疑惑了……到底這種沒有扇葉的風扇真的有什麼過人的神奇功效呢？還是只是商業上的虛晃一招呢？

有別傳統的風扇，它不但雜聲小，且是小孩的話也不會有危險，由於感覺不出和正常電扇有何差別，因此藉由實驗來測試兩者間的差異，並證明廠商說的各種數據是否為正確。

貳、研究目的及研究問題

研究目的：藉由操作實驗搭配數值，嘗試驗證公司的宣導及官方說法，並了解其中的科學原理。為達成研究目的，本研究需面對/解決下列問題：

問題一：如何將風速呈現出來？

問題二：如何將實驗中其他因素降至最低？

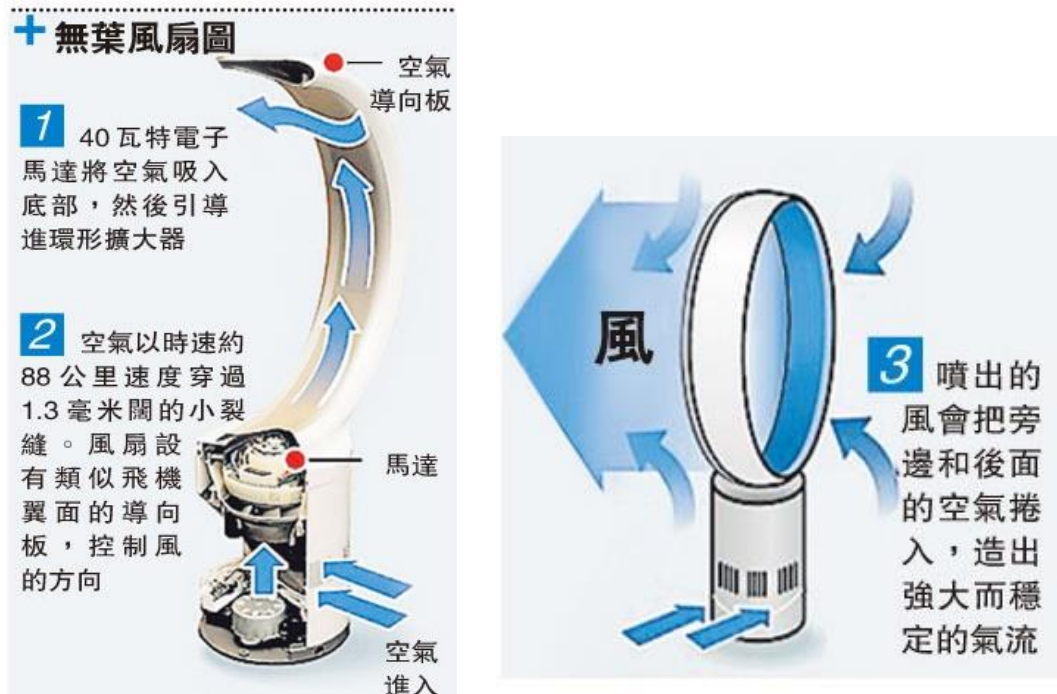
問題三：如何一次展現出全部的變化？

問題四：將功率相近的桌上型風扇(有扇葉)與無扇葉風扇比較，何者風量較穩定，風速較強？

問題五：探討風扇曲率對出風速度的影響。

參、文獻

一、無扇葉風扇簡介：



註：節錄自 hahavideo.blogspot.com/2009/10/dyson-air-multiplier-bladeless-fan.html

電風扇從底層吸入空氣，進入環形擴大器中，然後通過 1.3 毫米寬的小裂縫射出，由於旁邊的空氣會捲入氣流當中，因此風扇可以輕易每秒吹出 405 公升空氣，是吸入空氣的 15 倍。

二、白努力定律：

流體的流速 v 、密度 ρ 、高度 h 、壓力 P ，之間滿足以下關係：

$$P + \rho v^2 / 2 + \rho g h = \text{常數}$$

若高度相同 流速變大時 壓力會降低：因此颱風時風吹過屋頂 風速很高壓力變小 屋內空氣壓力反而變大所以屋頂會被掀起手拿紙條嘴往紙條上方吹時紙條會飛起也是類似道理。如果管徑大小都相同，則 v^2 為常數，則此定律就變成 $P + \rho g h = \text{常數}$ 。

當流體，液體或是氣體，沿著一條寬窄不一的管子裡向前流動時，在窄的方流體速度大，壓向管壁的壓力小。例：兩人平行前進時，中間會出現一條溝，

這時溝裡的流速比外側的流速大。換句話說，相對的一側收到的壓力比外側受到的壓力小，壓力差的方向正好指向對方。所以在壓力差的作用下就會互相吸引，兩人互相靠近。(以上資料節錄自 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=15586>)

三、文獻探討對於本研究的啟示

對於他人的實驗，我們可以避免掉過去他人的失誤，可以糾正他人的理論，更可嘗試推翻官方的說法。官方說：「無葉風扇的運作原理，是電風扇從底層吸入空氣，進入環形擴大器中，然後通過 1.3 毫米寬的小裂縫射出，由於旁邊的空氣會捲入氣流當中，因此風扇可以輕易每秒吹出 405 公升空氣，是吸入空氣的 15 倍。」別人的研究中也近似於此數據，可我們對它仍抱有懷疑，所以我們對他們的實驗過程更加的鑽研，嘗試理出更好的過程，整理出更加詳細的數據。



內部馬達



剖面結構

肆、實驗器材及設備

1	無扇葉風扇	6	相機	11	風速計	16	小風車
2	桌上型風扇	7	相機腳架	12	白色痂子粉	17	L 型資料夾
3	智高積木	8	筆電	13	深色衣服	18	泡棉膠
4	保麗龍球數顆	9	延長線	14	針	19	剪刀
5	透明封套	10	吹風機	15	線	20	美工刀

伍、實驗設計及步驟

本研究的實驗主要聚焦於探究無扇葉風扇與有扇葉風扇之間的差異，同時探討其他會影響實驗的因素，共分為五部分實驗，其實驗架構如下圖所示：

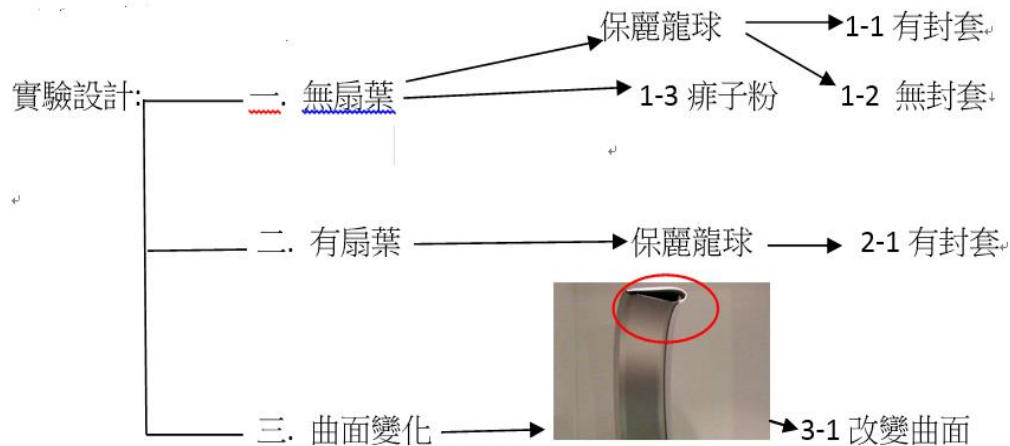


圖 5-1 實驗架構圖

一、實驗 1-1：無扇葉、有封套、不同方位之風速大小的測量：

1. 將保麗龍球用線穿過，懸吊在風扇正中央，以每顆 10 cm 之間距排成一列，風扇前面 11 顆，後面 4 顆。拍下風扇靜止及轉動時，各個保麗龍球的位置，再放成到電腦上，測量球與橫桿之間的角度，進而計算出保麗龍球的偏移角度。
2. 將風扇口分成九等分：左上、左中、左下、中上、中中、中下、右上、右中、右下，並用封套阻隔外界影響。將保麗龍球分別至於各區塊中，如同步驟 1，測量不同區塊中，各保麗龍球的偏移角度以辨別風速的大小，並記錄之。



圖 5-2 風扇各方位區塊定義圖



圖 5-3 各小球位置排列裝置圖



圖 5-4 小球
靜止圖

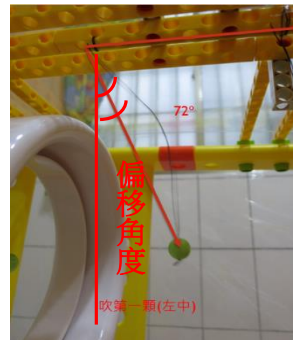


圖 5-5 風扇啟動後小
球偏移角度示意圖



圖 5-6 電扇固定示意圖



圖 5-7 無扇葉風扇及小球的
縱向排列觀測圖

二、實驗 1-2：有封套與無封套的比較：

考慮風打到外層封套會彈回，而影響偏移角度，故將封套去除，並將四周環境的干擾因素降至最低。測量風扇"中中"位置區塊，各小球的偏移角度。



圖 5-8 有封套的實驗裝置圖

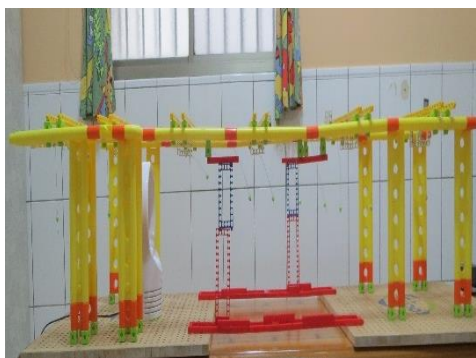


圖 5-9 無封套的實驗裝置圖

三、實驗 1-3：利用痲子粉觀察風向、風速的變化：



圖 5-10 置物檯配置圖



圖 5-11 實驗用粉撲

原本以一個置物檯放置粉末，預期粉末很輕會隨風吸入，但由於摩擦力過大，致使粉末無法順利吸入。改以拍打粉末的方式，來一次呈現九個不同方位的風量、風速。

四、實驗 2-1：將電功率相近的桌上型風扇(有扇葉)與無扇葉風扇比較：



圖 5-12 有扇葉風扇之不同角度觀測圖

將無扇葉風扇，換成電功率相近的桌上型風扇(有扇葉)，在有封套的環境下(其餘條件不變)，測量各區塊中保麗龍球的偏移角度。

五、實驗 3-1：無扇葉風扇曲率的變化與風速大小的變化：

利用彎曲資料夾模擬機體圓弧部分切面，並使用泡棉膠重疊黏著以自訂不同曲面。用吹風機製造風從自訂曲面中吹出，並用小風車來測量同一時間內的轉動圈數，以判讀出風速度的大小。



圖 5-13A 無扇葉風扇一般曲率



圖 5-13 改變曲率設計

陸、結果與討論

一. 無扇葉、有封套不同方位之風速大小的測量：

實驗 1-1:無扇葉、有封套、不同方位中各小球的偏移情形，記錄如表 6-1-1。

表 6-1-1 無扇葉、有封套、不同方位中各小球的偏移角度情形

顆數	左上	左中	左下	中上	中中	中下	右上	右中	右下
-4	30°	19°	25°	0°	1°	18°	15°	14°	23°
-3	37°	21°	23°	0°	5°	21°	30°	13°	25°
-2	21°	42°	26°	8°	10°	27°	35.5°	23°	26°
-1	56°	60°	48°	12°	16°	46°	54.5°	41°	50°
1	51°	18°	10°	49°	69°	63°	75°	12°	9°
2	41°	12°	9°	51°	52°	49°	65°	20°	9°
3	42°	27°	4°	40°	40°	21°	40°	18°	5°
4	39°	32°	18°	38°	40°	21°	45°	24°	19°
5	27°	26°	9°	20°	27°	15°	35°	23°	9°
6	33°	8°	11°	30.5°	31°	16°	22.5°	29°	12°
7	17°	12°	16°	5°	19°	16°	15°	23°	13°
8	11°	6°	15°	8°	19°	21°	24.5°	18°	12°
9	18°	2°	13°	11°	21°	25°	23.5°	18°	9°
10	11°	0°	3°	0°	10°	19°	15°	4°	3°
11	18°	2°	11°	9°	20°	9°	10°	18°	13°

從表 6-1-1 中我們發現：

- (1) 各區塊中風扇前的小球，大致上距離風扇愈近，偏移角度愈大；距離風扇愈遠，偏移角度愈小；且有波動變化。代表風速因距離而漸減，但並非為絕對穩定之氣流。猜測：可能是因為氣流碰撞到封套反射而干擾。
- (2) 位於風扇後方的小球，也會受到氣流影響而偏移，且愈接近風扇，其影響愈顯著。
- (3) 在風扇"左、中、右"三大方位區塊來看，左右兩區的小球，並沒有對稱性的結果，而且左上及右上兩區塊的小球，偏移角度變化之波動性頗大。下方的"左、中、右"三個方位區塊，其偏移角度較小、風速較小。

將九個部分的數據整理,並將其轉成折線圖及長條圖,以方便觀察何種方位較具規律性
如圖 6-1-1 ~ 6-1-4。

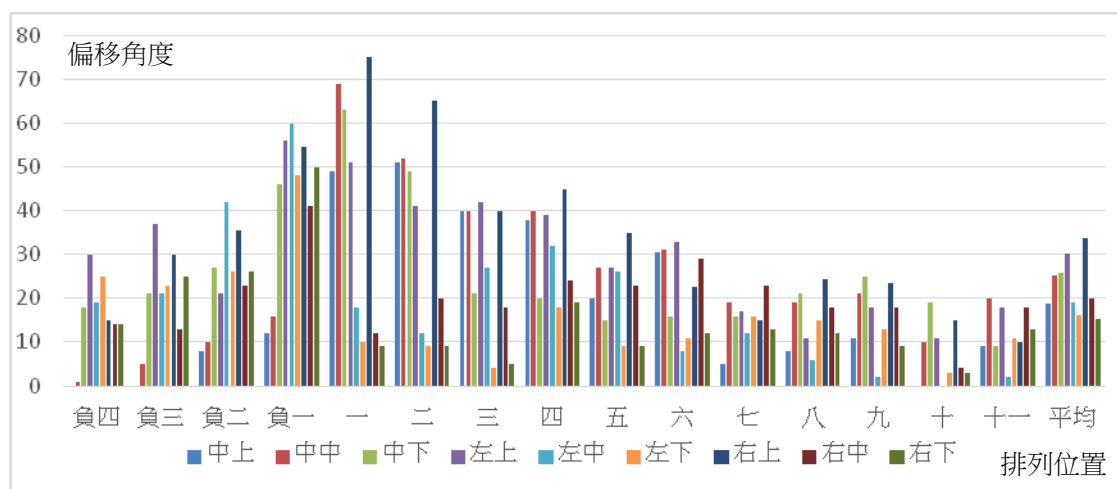


圖 6-1-1 不同小球排列位置及各方位的偏移角度比較

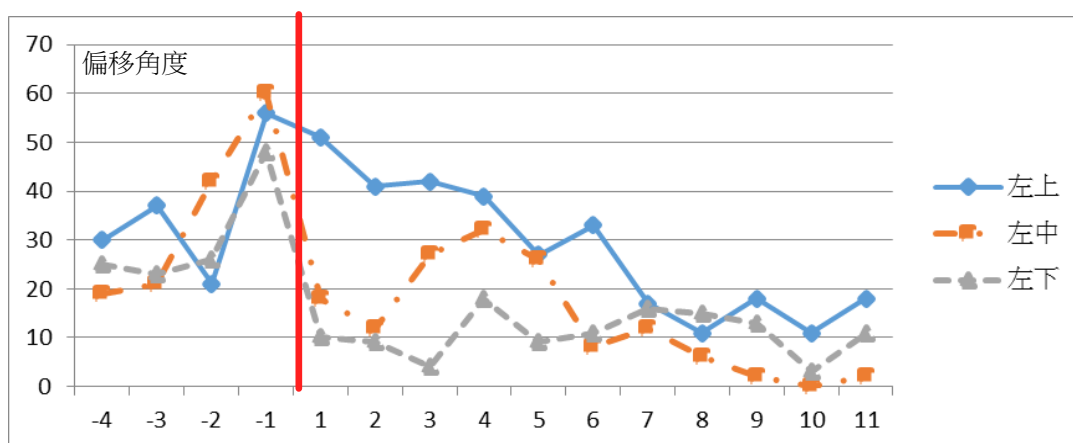


圖 6-1-2 左邊三個方位小球的偏移角度折線圖

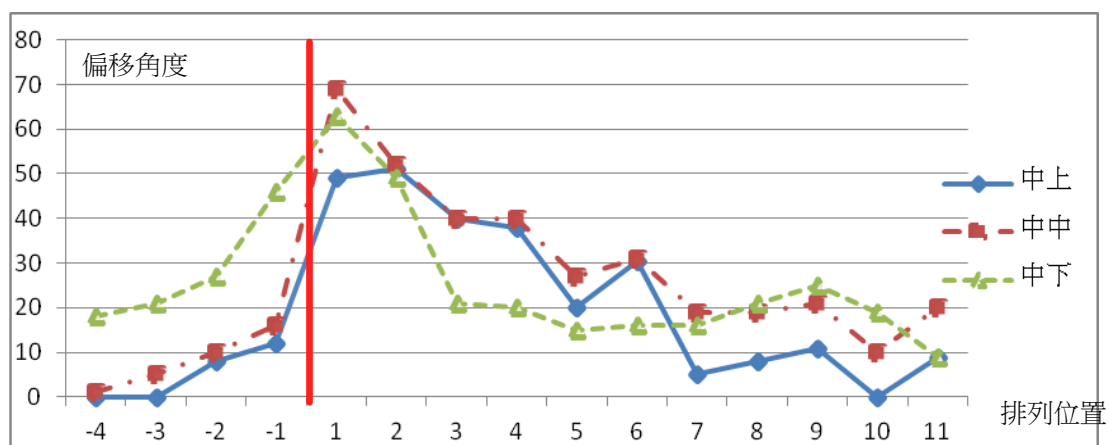


圖 6-1-3 中間三個方位小球的偏移角度折線圖

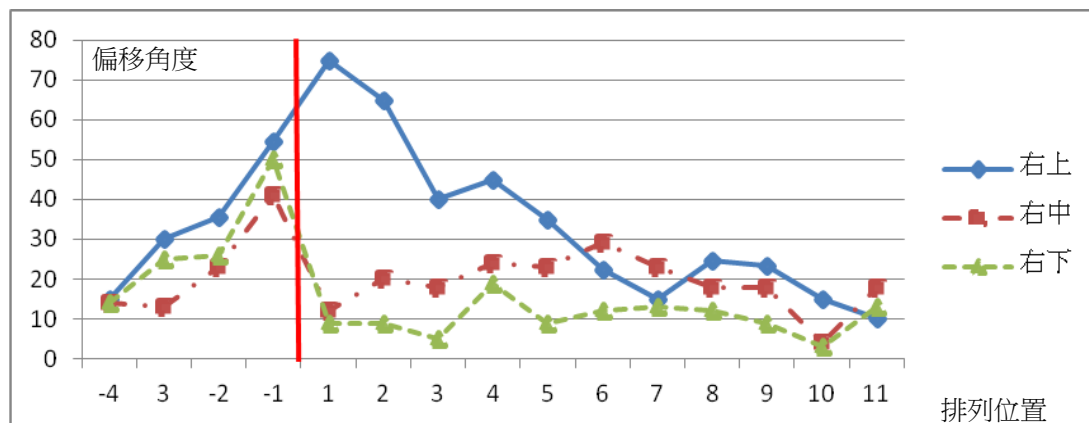


圖 6-1-4 右邊三個方位小球的偏移角度折線圖

經由這些圖發現：“中中”區塊最有規律性且風速也很強，如圖 6-1-5，所以接下來都以“中中”為準來做實驗。 因以“中中”區塊為準，所以將其數據轉成折線圖，以方便觀察，如圖 6-1-5。

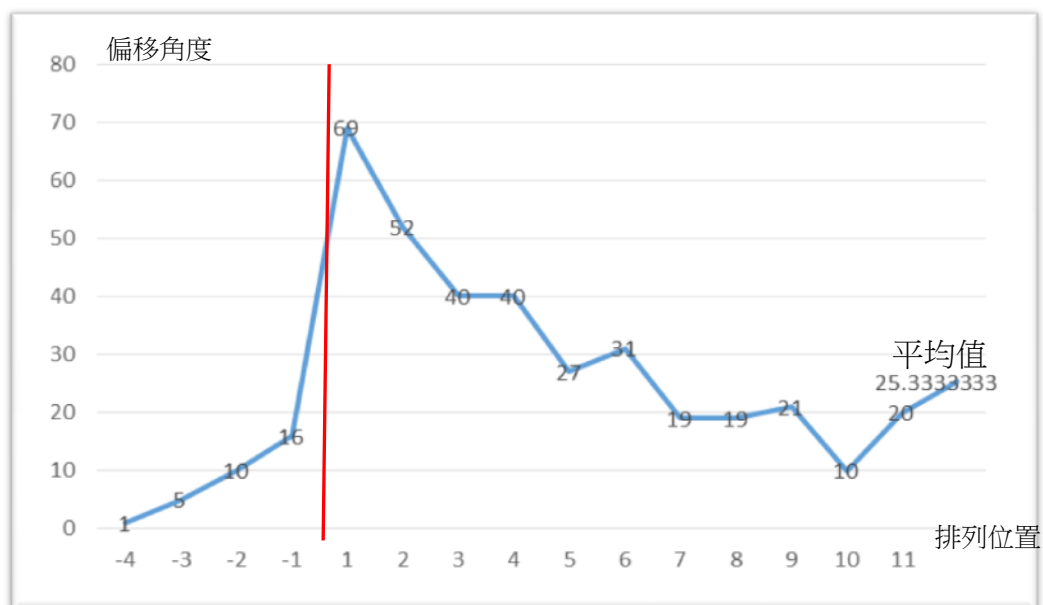


圖 6-1-5 中中區塊小球的偏移角度折線圖

因為實驗 6-1-1 的結果 (1) 的疑慮，所以想測試一下，在無封套的環境下，小球的偏移角度是否有所不同。

二.有封套與無封套環境下的比較：

因考慮到風送出來後，可能會打到封套彈回而影響到實驗結果，所以將封套移除，並將環境干擾因素降至最低。所得結果如下表 6-2-1 所示。

表 6-2-1 有封套與無封套，中中方位、各小球的偏移角度：

顆數	中上	有封套	無封套	中下
-4	0°	1°	3°	18°
-3	0°	5°	17°	21°
-2	8°	10°	20°	27°
-1	12°	16°	51°	46°
1	49°	69°	59°	63°
2	51°	52°	35°	49°
3	40°	40°	39°	21°
4	38°	40°	40°	21°
5	20°	27°	36°	15°
6	30.5°	31°	46°	16°
7	5°	19°	30°	16°
8	8°	19°	16°	21°
9	11°	21°	22°	25°
10	0°	10°	15°	19°
11	9°	20°	8°	9°

為方便比較兩種方式，將兩種數據轉為折線圖，如圖 6-2-1 所示。

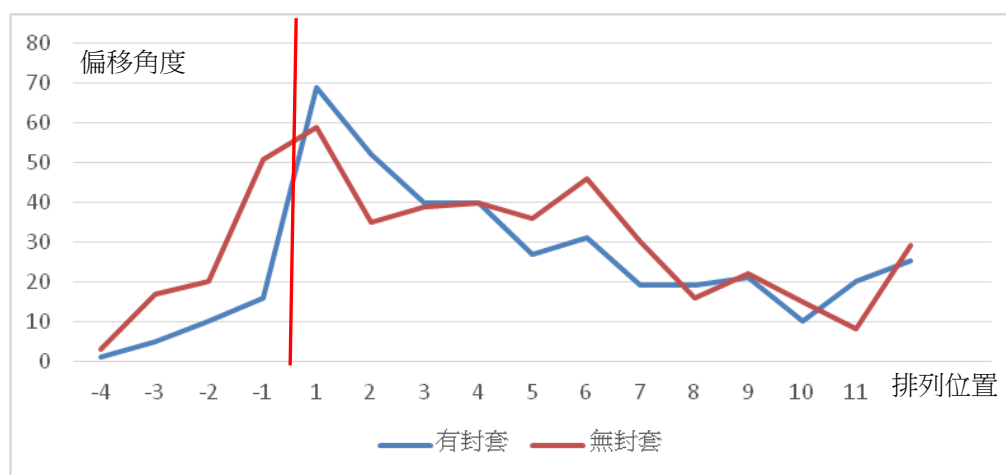


圖 6-2-1 有封套與無封套之“中中”位置各小球的偏移角度比較

由實驗 6-2-1，我們發現：

- (1) 位於風扇後方，無封套的環境下，小球的偏移角度明顯比有封套的環境下大許多，可能是因為周圍空氣在無阻擋的環境下，對流旺盛，使得小球的偏移也較多。
- (2) 位於風扇前方，同一位置的小球，愈接近風扇處 ($< 40\text{cm}$)，有封套環境下的偏移角度較無封套為大；但距離大於 40 cm 後，有封套的偏移角度反而較小，且偏移角度的波動性變化較和緩。

圖 6-2-1 顯示“無封套”的偏移角度較“有封套”的大，偏移角度大表示風速、風量也較大。由此推知，風打至封套彈回會影響偏移角度，使得風速、風量不穩定。但因每次實驗外在的因素不一定都能降至最低，而有封套與無封套的實驗結果的差異也不大，所以之後我們皆以有封套來延伸之後的實驗。

因表格只能呈現分段數據，故我們試將全部變化一次呈現出來。

三.整體變化情形：實驗 1-3 利用痲子粉來觀測氣流擾動情形

為了觀察整體的變化(氣體流動情形)，所以我們以白色痲子粉讓氣體的流動更加明顯，因考慮到白色看不清楚，所以我們在後方放置深色布料，好看清粉末，以觀察氣體流動情形。所得結果如下圖 6-3-1 ~ 6-3-2 所示。

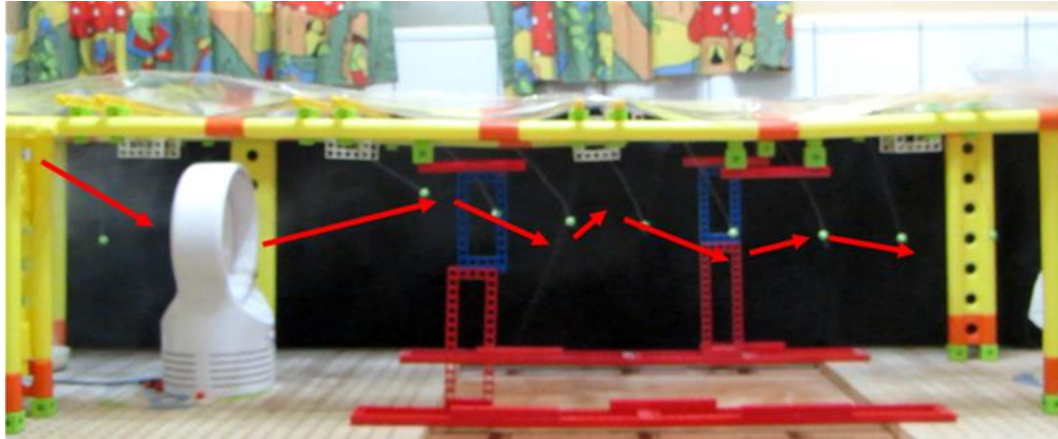


圖 6-3-1 氣體流動情形

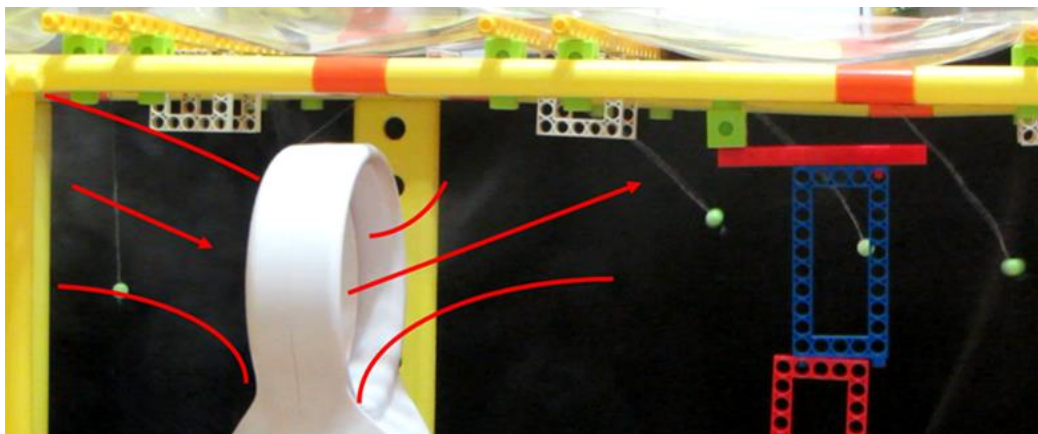


圖 6-3-2 入風及出風情形

另外，保麗龍球也可呈現出氣體流動變化，所作結果如圖 6-3-3 所示。

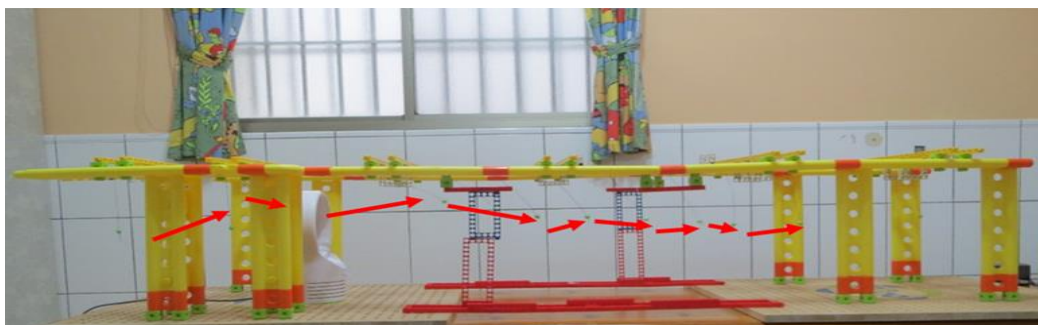


圖 6-3-3 全景保麗龍球擺動情形

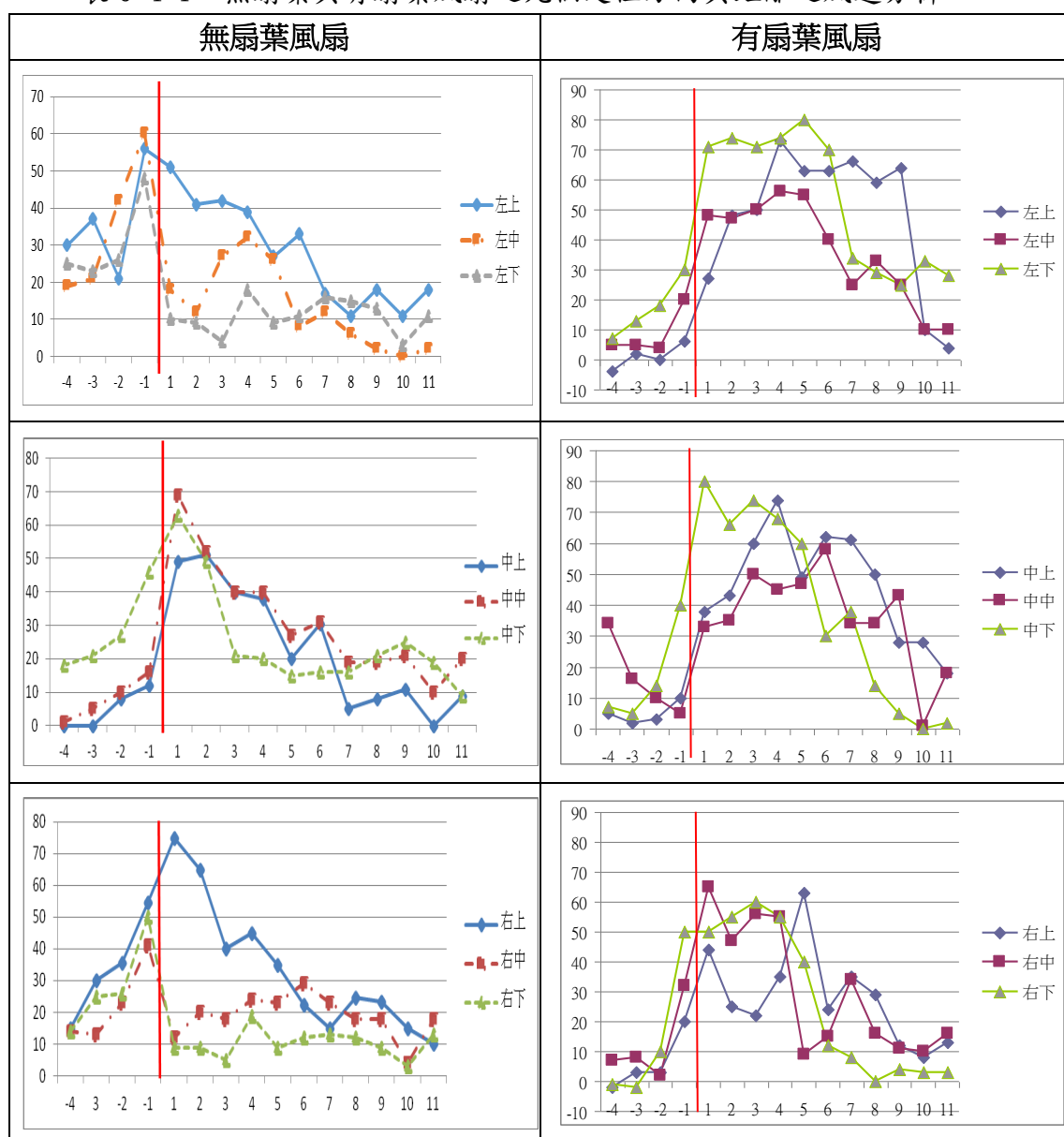
由圖可知無葉風扇具有規律性,風從後面由上往下吸入,再由出風口由下往上吹出,若將此想成一個個波,波則會越來越小,離風扇越遠,風速越小。

因我們的實驗皆為無葉風扇，平常大家在用的幾乎為有扇葉的電扇，故將無葉風扇與有葉扇的做比較。

四.無扇葉風扇與有扇葉風扇的風速比較

我們用相同的方法測量無扇葉風扇和有扇葉風扇不同位置的風速，，結果如下表 6-4-1 所示。

表 6-4-1 無扇葉與有扇葉風扇之九個定位方向與距離之風速分析



註:垂直紅線表示風扇位置;X 軸表示距離(每一單位為 10 cm);Y 軸表示風速大小所導致保麗龍球之偏轉角度)

於表 6-4-1 中，可清楚發現以下幾點：

- (一) 無扇葉風扇距離的最大風速大都出現於風扇前方 10~20 cm 位置，但有扇葉風扇最大風速出現的位置不一定，並無一定的規律性出現。
- (二) 無扇葉風扇大部分的位置都出現風速逐漸下降的趨勢，而有扇葉風扇距離風扇較遠的地方(70-90 cm 之處)還有機會出現最大風速。
- (三) 無扇葉風扇和有扇葉風扇之最大風速(此以小保麗龍球偏轉角度為依據)約為 70 度~80 度；但有扇葉風扇出現最大風速的水平距離較遠。

由以上實驗結果發現，無扇葉風扇雖然風速較小，但是卻符合常理，最大風速出現於風扇前後，且隨著水平距離越遠出現風速遞減的狀況；而有扇葉風扇卻出現較大風速可維持較長的水平距離。推測其原因可能是有扇葉之風扇所散出的氣流為螺旋氣流，可能在空間中有類似波的加總合成作用，導致可維持較長距離的較大風速，但是無扇葉風扇所吹出的氣流可能較為直線，以致出現隨水平距離越遠而逐漸遞減之現象。

在經過多項實驗後，我們考慮到無扇葉風扇，機體圓弧部分彎曲曲面的不同狀況是否影響其功效，因此進行改變風扇曲面的實驗。

五.更改曲面對出風速大小的影響

利用資料夾模擬電扇內部的曲面結構，不同的曲面就會產生不同的出風速度及強度，再利用風車每秒轉動的圈數來測量風大小，如圖 6-5-1 ~ 6-5-2 所示。



圖 6-5-1 小風車



圖 6-5-2 資料夾模擬電扇內部的曲面結構

若我們先定義改造後的模擬剖面中的泡棉膠高度為改變曲率半徑的因素進行分析，共可得下表 6-5-1 所示結果。

表 6-5-1 不同曲率設計與垂直高度風速之比較表

泡棉數目	6*6		8*8		10*10		12*12		14*14	
出風口高度	1.2cm		1.6cm		2.0cm		2.4cm		2.8cm	
垂直高度 與風速	垂直 高度 位置 (cm)	風速 (圈/ 秒)	垂直 高度 位置 (cm)	風速 (圈/ 秒)	垂直 高度 位置 (cm)	風速 (圈/ 秒)	垂直 高度 位置 (cm)	風速 (圈/ 秒)	垂直 高度 位置 (cm)	風速 (圈/ 秒)
	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
	4	18	4	0	4	13	4	13	4	0
	3	25	3	20	3	14	3	22	3	17
	2	28	2	26	2	26	2	23	2	21
	1	29	1	18	1	27	1	22	1	25
	0	19	0	0	0	25	0	19	0	20
	-1	20	-1	0	-1	14	-1	18	-1	18
	-2	0	-2	0	-2	14	-2	0	-2	4
	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0	-3	0
	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0	-4	0
	-5	0	-5	0	-5	0	-5	0	-5	0
	-6	0	-6	0	-6	0	-6	0	-6	0
函數圖形	二次函數		二次函數		二次函數		二次函數		二次函數	
R ²	.9298		.9969		.9131		.9369		.9074	

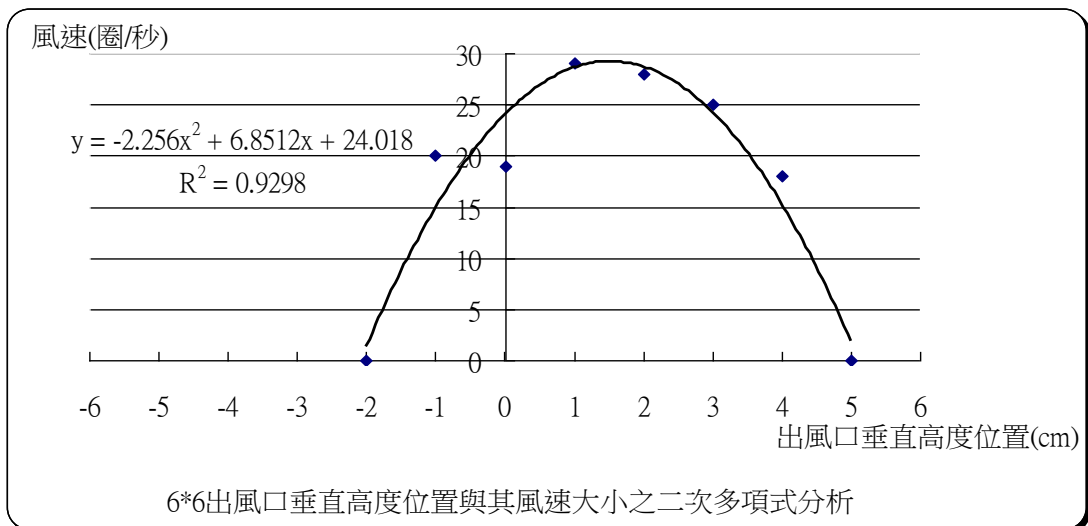
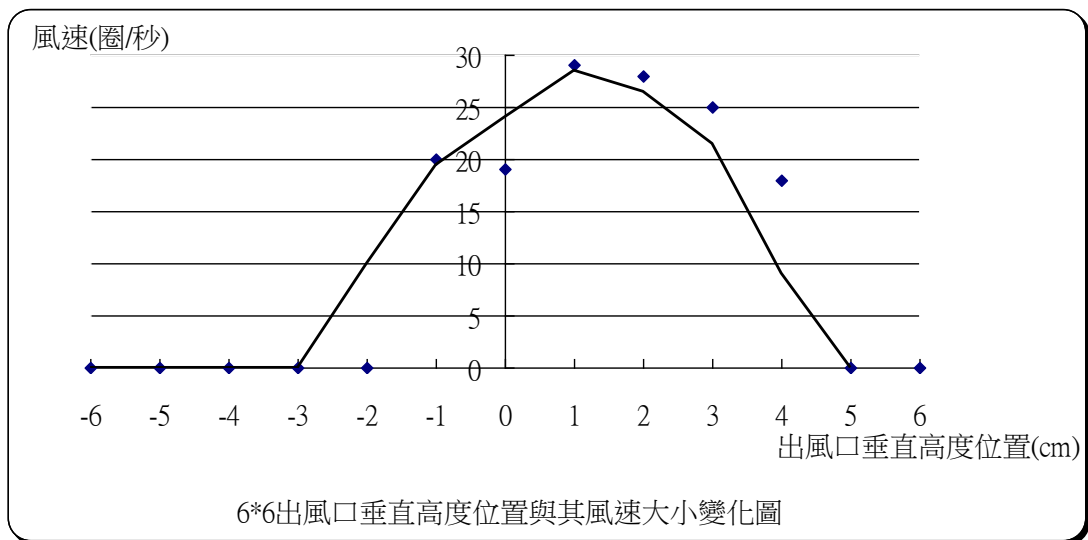


圖 6-5-3 曲率 6*6 之垂直高度之風速大小比較

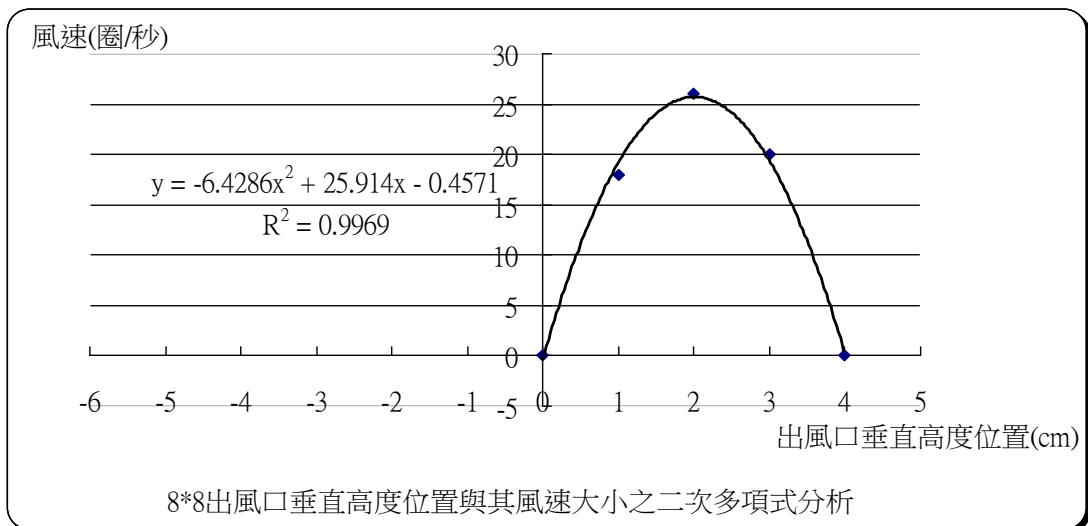
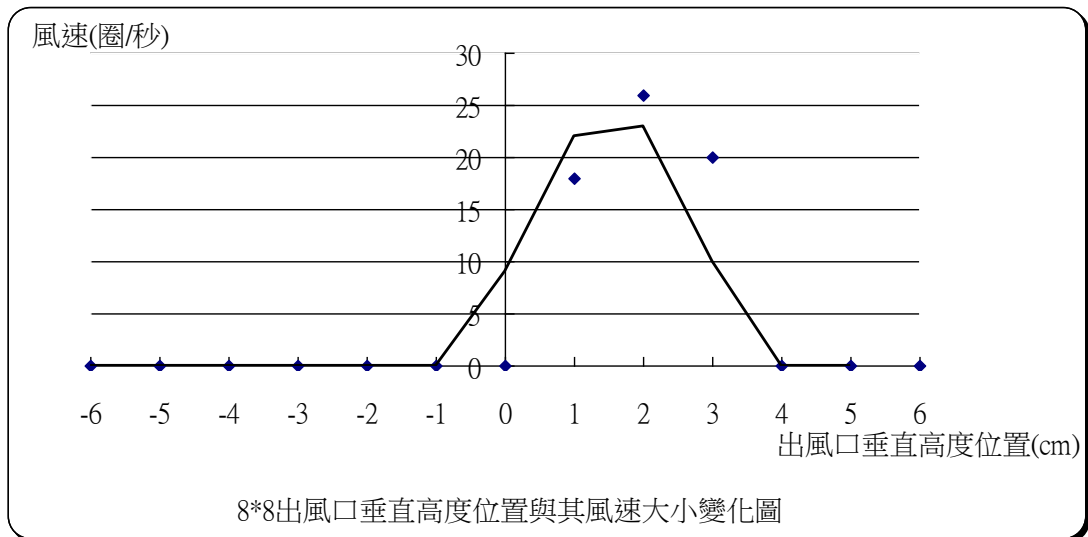


圖 6-5-4 曲率 8*8 之垂直高度之風速大小比較

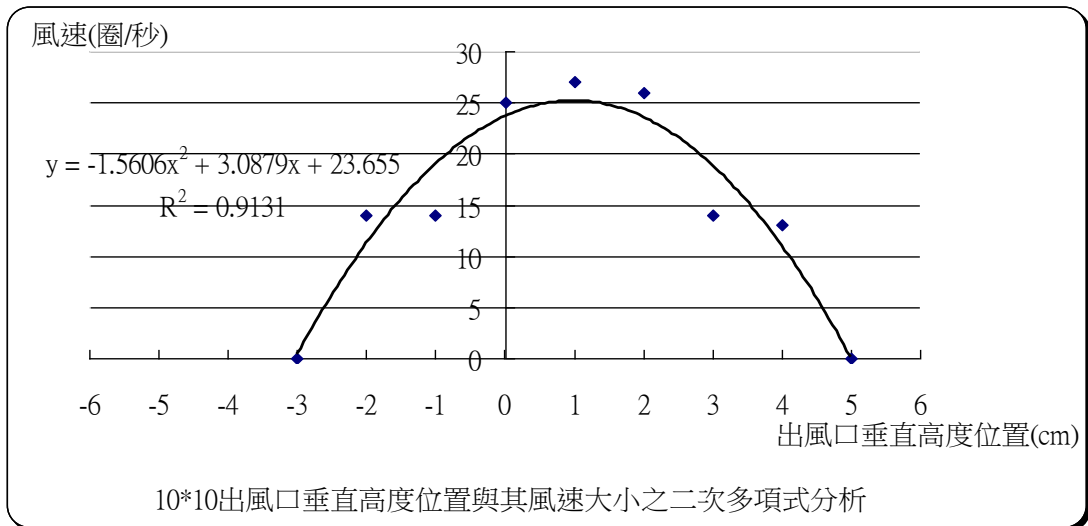
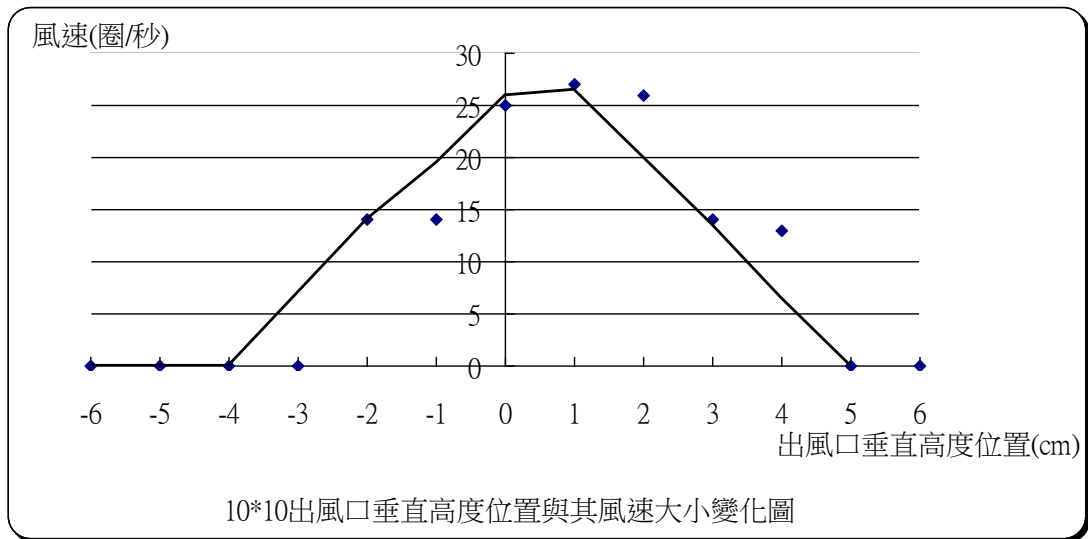


圖 6-5-5 曲率 10*10 之垂直高度之風速大小比較

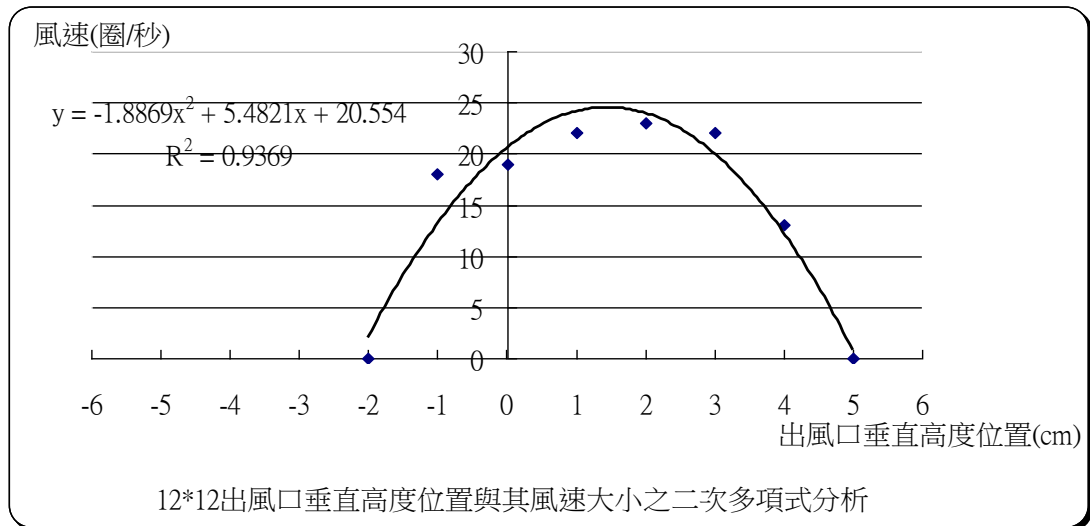
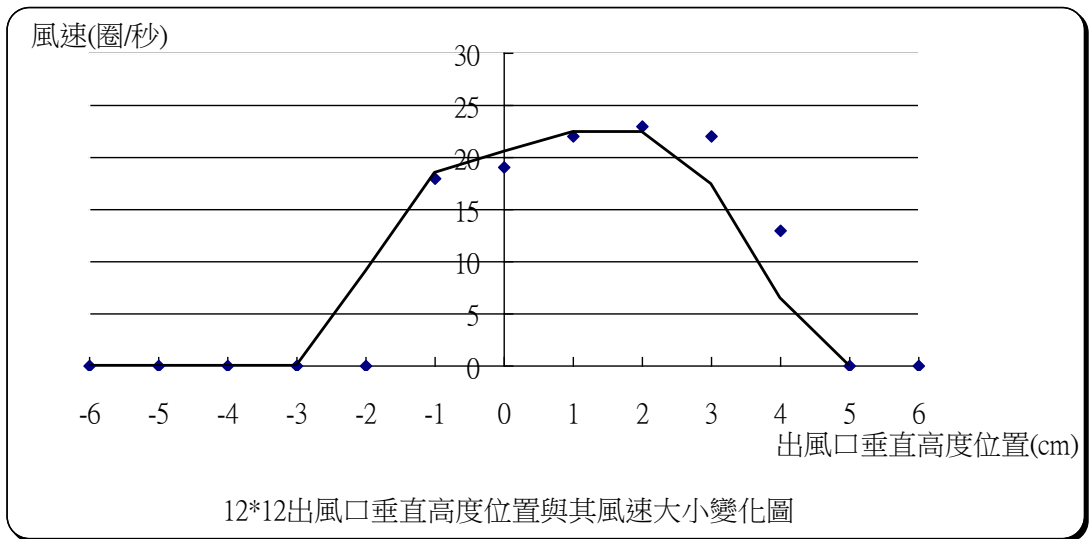


圖 6-5-6 曲率 12*12 之垂直高度之風速大小比較

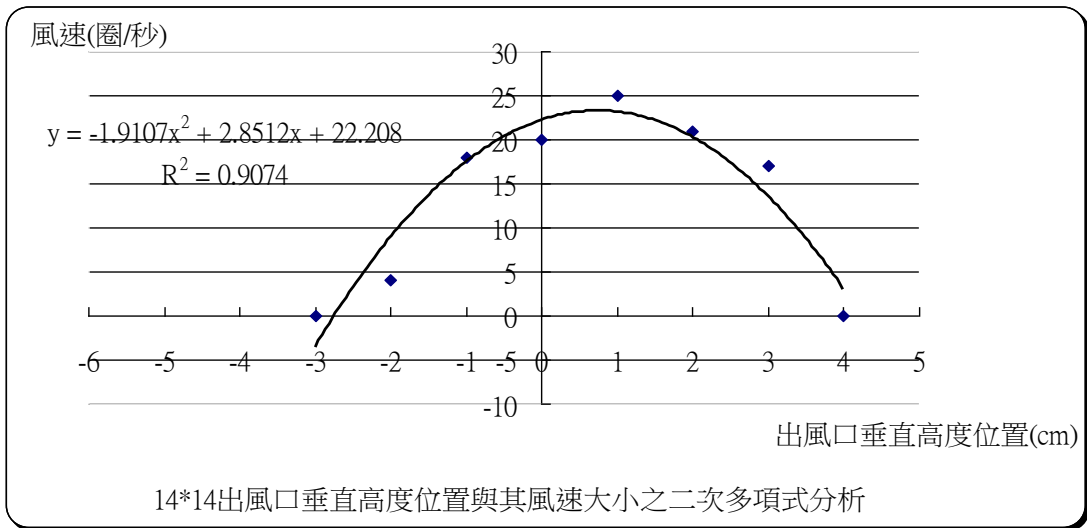
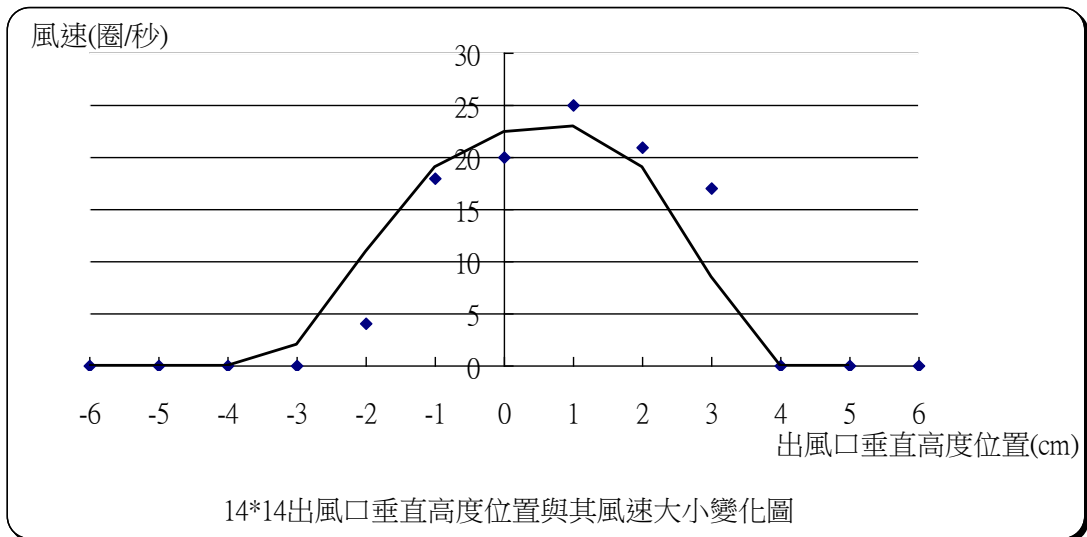


圖 6-5-7 曲率 14*14 之垂直高度之風速大小比較

根據曲率改變之研究，我們發現以下結果：

1. 當出風口的高度越小(意即出風口越細小)，其所得的最大出風速越大。
2. 所有曲率出風速度的組別中，其最大出風速度都不是出現在 0 的位置，皆出現在 1 或 2 的位置。
3. 五組不同出風口高度的數據分析中，若以最大風速出現的位置做為頂點進行多項式數學分析，皆呈二次函數，且 R^2 皆為.9 以上，顯示最大的風速出現的位置與其垂直高度有關，呈現離最大風速出現點越遠，其風速逐漸減弱。另外我們推測此最大風速出現的位置與白努力定律有關。其相關討論於綜合討論中呈現。
4. 得到這樣的結果，我們推測可能是出風口進行瞬間出風，降低該地區的風壓，使得周圍的空氣需要流動過來補充，因此外界的空氣流進出風口附近，造成出風口附近上下的風速反倒是最大的。這樣的推論與無扇葉風扇中所提及的吸引後方的氣體流入，增大出風量的廣告有相符合之處，只是是否真的有達到廣告中說的可擴大 15 倍風量，這在本實驗中就沒有觀察到了。

柒、綜合討論

一、如何將風速呈現出來？

我們利用懸吊的保麗龍球，被風吹拂後的偏移角度來表示風速大小；偏移角度越大，代表風速越強，風量也越大。

二、如何將實驗中其他因素降至最低？

我們用透明塑膠封套將整組實驗裝置蓋住，避免外界氣流干擾，將外界環境之干擾因素降至最低。

三、如何一次展現出全部的變化？

方法(1)：將整組裝置拍攝下來，再利用繪圖軟體將保麗龍球的偏移情形標示出來。

方法(2)：利用拍打痲子粉來觀察整體氣流的流動情形，並用箭號標示出來。

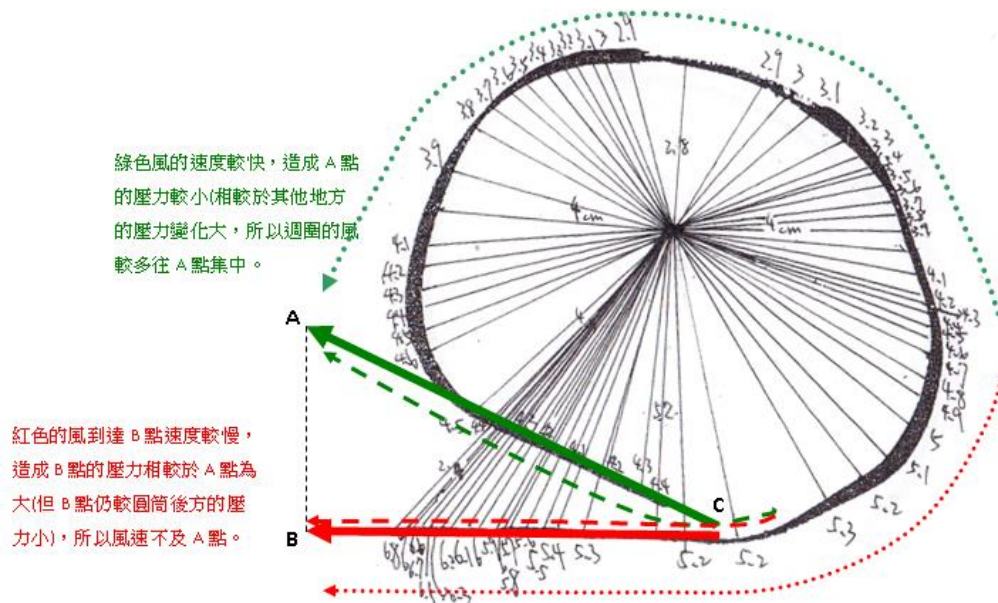
四、將功率相近的桌上型風扇(有扇葉)與無扇葉風扇比較，何者風量較穩定，風速較強？

由實驗得知，一般有扇葉風扇的風速較無扇葉風扇大，但較不穩定。

五：探討風扇曲率對出風速度的影響。

1. 當出風口的高度越小(意即出風口越細小)，其所得的最大出風速越大。
2. 所有曲率出風速度的組別中，其最大出風速度都出現在 1 或 2 的位置。

六、如何使用白努力定律解釋最大風速出現位置並非在 0 點？



七、無扇葉風扇的風速大小分布如何？

在實驗中我們將面對無扇葉風扇的橫切面分成九大區位，同時考量以無扇風扇所在地做為原點，每隔十公分的距離設置保麗龍球進行觀察，以下討論九大區位和距離間隔等因素所發現的狀況。

(一)討論”中中”位置的風速變化

此部份我們以九大區位中的”中中”位置搭配間隔距離進行分析，結果如下圖 7-1-1 所示。

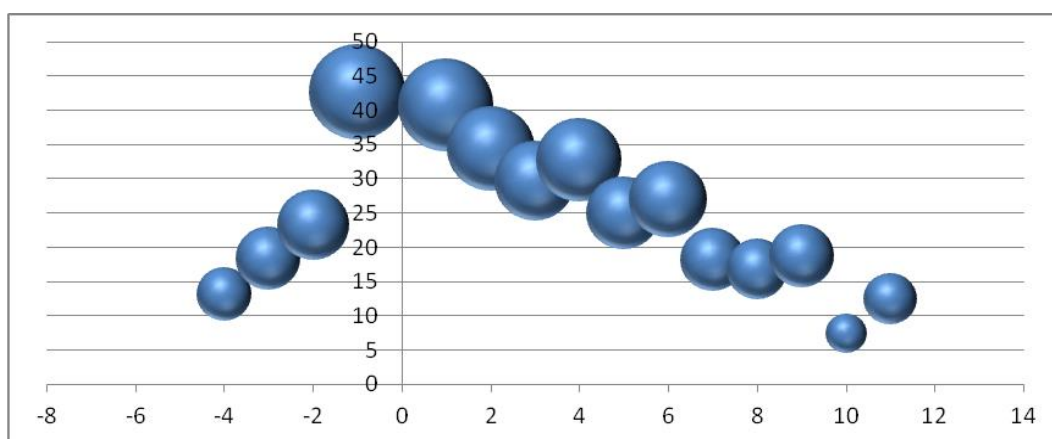


圖 7-1-1 側面”中中”位置分佈(泡泡大小：風量；橫坐標：球的排列位置；縱座標：球的偏移角度)

在圖 7-1-1 中，我們有以下發現

1. 在”中中”位置的各間隔風速的大小，發現距離無葉風扇越近，其平均風速越大(保麗龍小球偏移角度越大)。
2. 但在無葉風扇前方雖有距離越遠風速越小之趨勢，但在距離原點 50cm 時風速下降，60cm 時風速上升再下降。此現象可能與上方、下方之氣流流向擾動有關，所以進行下段不同位置的分析。

(二)討論”上方”、”中間”、”下方”三者不同方位的風速平均與變化

此段分析中我們討論九區位中的”上方”、”中間”、”下方”三者不同方位的風速平均與變化，其結果如下圖 7-1-2 所示。

在圖 7-1-2 中，我們以 15 個間隔位置分別將”上方”、”中

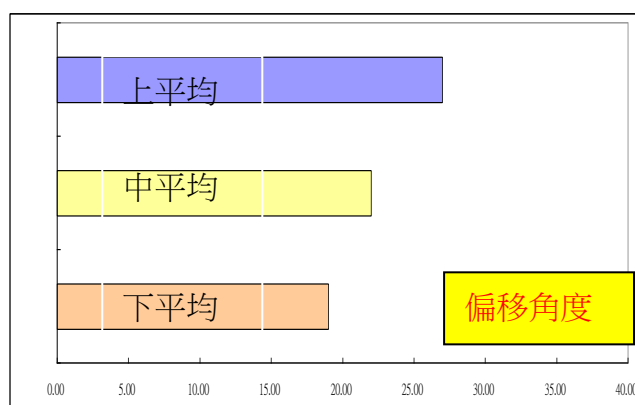


圖 7-1-2

間”、“下方”的所有偏移角度平均所得的結果。我們原本以為中間的平均風速會最大，結果竟發現是上方平均風速最大。在痲子粉的實驗分析中，我們發現風向是由無扇葉風扇的後方下區位通過無扇葉風扇之後，瞬間往上方區位移動，所以跟風速的平均結果相近。

(三)討論”左方”、“中間”、“右方”三者不同方位的風速平均與變化

此段分析中，我們以九大區位中的”左方”、“中間”、“右方”三者不同方位的風速平均與變化來做分析，結果如圖 7-1-3 所示。

發現以中間位置的平均風速最大。此點結果與廠商廣告中所提到的風量穩定不合。

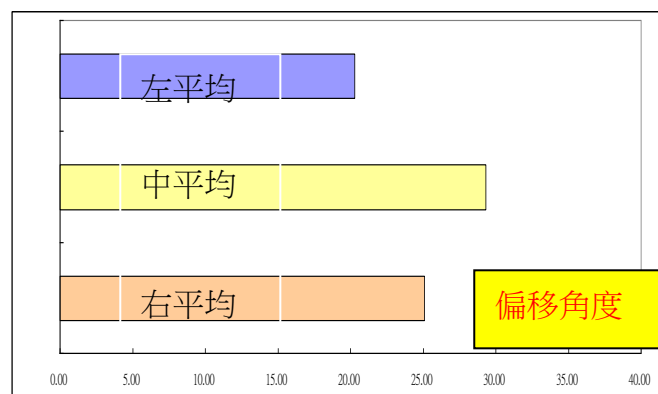


圖 7-1-3

八、考量無扇葉風扇與有扇葉風扇之九個區位的風速變化

此段分析中我們以無扇葉風扇與有扇葉風扇的九大區位的平均風速來做分析，得到下圖 7-1-4A、7-1-4B 的結果。

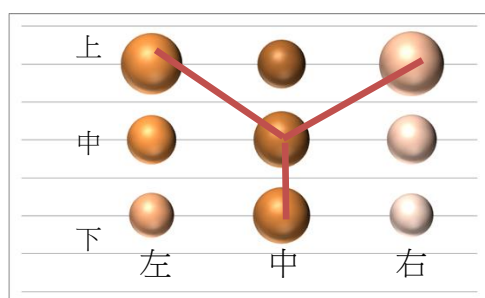


圖 7-1-4A

無扇葉風扇

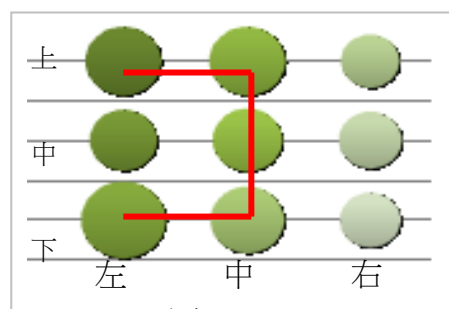


圖 7-1-4B

有扇葉風扇

以上的結果讓我們有了一些推論：

1. 無扇葉風扇的風可能是形成 Y 字型吹出(如圖 7-1-4A)，風從底下馬達吹出時，下、中兩個位置的風壓低且都吹向中間吹，但到了上的位置風壓集中在這裡，左上，右上都有強烈的氣流，但到中上時兩道氣流對撞反而使風變小了。
2. 有扇葉風扇的風呈現反 C 的形狀吹出(如圖 7-1-4B)，可能跟其螺旋氣流的波形重合有關，此點需要做更進一步的分析才能夠確定。

九、無封套的情況下，外界的风對於風扇所吹出的風是一種阻力或助力？

由之前的實驗已可得知拆掉風套時的風速較大，不過這是建立在外界幾乎沒有氣流擾動的狀況下，如果當時有其他的氣流是與電風扇的氣流相反或垂直，可能就會使其風變弱，所以還是得視情況而定。

十、廠商所說的數據是否正確？

依照實驗的結果來看，廠商所說的：「風扇可以輕易每秒吹出 405 公升空氣，是吸入空氣的 15 倍。」可是照我們的實驗數據看來並沒有那麼強的風吹出，所以這可能是廠商用來推銷的言詞。

十一、在密閉空間裡，何種電風扇比較實用？

由於是密閉空間，只要能產生空氣的流動，就能感受到涼意，由前實驗得知，一般風扇的風速較無扇葉風扇大，所以一般電扇應該會較涼，不過無扇葉風扇有好清洗、低噪音、安全等等優勢，只能說各有所長了。

捌、結論

經由本實驗之後，我們得到以下幾點結論：

- 一. 有封套與無封套的環境下比較中央區域的小球偏轉角度，兩者的各位置變化趨勢相似，僅在有封套的環境下小球的角度偏轉大都較無封套的環境和緩。我們認為有封套的環境下可以減少外在氣流的影響，所以之後我們都是使用有封套的環境下來做實驗。
- 二. 經過以上實驗，無扇葉風扇所吹出來的風，風速因距離而漸減，且並非為絕對穩定之氣流。此點與無扇葉風扇廠商所聲稱的穩定風量宣傳不合。
- 三. 若以觀察小球吹動的偏移角度做比較，位於風扇後方的小球，也會受到氣流影響而偏移，且愈接近風扇，其影響愈顯著。但我們也觀察到並非離風扇越遠的位置其風速就會比較小，有些位置離風扇較遠，但是其風速反倒有增強的趨勢。
- 四. 分析無扇葉各位置得小球偏轉角度，發現以下結果：
 - (一)左右兩區的小球，並沒有對稱性的結果，而且左上及右上兩區塊的小球，偏移角度變化之波動性頗大。
 - (二)其中以“中中”區塊最有規律性且風速也很強，所以我們大部分的比較皆使用“中中”位置進行分析。
 - (三)經由無扇葉風扇吹拂時，位於風扇後方，無封套的環境下，小球的偏移角度明顯比有封套的環境下大許多，可能是因為周圍空氣在無阻擋的環境下，對流旺盛，使得小球的偏移也較多。
 - (四)位於風扇前方，同一位置的小球，愈接近風扇處 ($< 40\text{cm}$)，有封套環境下的偏移角度較無封套為大，但距離大於 40cm 後，有封套的偏移角度反而較小，且偏移角度的波動性變化較和緩。
 - (五)從整體吹向來看，無葉風扇具有規律性，風從後面由上往下吸入，再由出口由下往上吹出，若將此想成一個個波，波則會越來越小，離風扇越遠，風速越小。
- 五. 思考到市面上有扇葉的電扇仍為主流，因此藉由實驗與無扇葉風扇做比較，實驗結果指出雖然有扇葉風扇的平均風速比較大，但風速卻不穩定，並且無規律性。

六. 在無扇葉內部曲折曲率的設計改良實驗中，我們有以下結果發現：

1. 在曲率設計 6*6(出風高度約 12cm)，可發現出現最大風速。建議曲率設計可使用該曲率。
2. 出風口基準點 0 的位置，其風速並非最大的。風速最大的地方在於 0 基準點的上方+1~+2cm 的位置，推測可能是出風口瞬間降低該地區的風壓，使得周圍的空氣需要流入補充，而使得 0 基準點以上的風速較 0 基準點的為大。

七. 無扇葉風扇的風速實驗中，我們發現並無廠商所說的可增大 15 倍以上的風與有穩定的方向產生。但是其設計可降低人的手碰觸風扇葉而受傷的風險。並使我們思考到內部曲折曲率的設計，可能也是影響方向輸出的主要原因。

玖、參考文獻

Funny Video Tube:[電腦科技] 無葉扇電風扇問世。

hahavideo.blogspot.com/2009/10/dyson-air-multiplier-bladeless-fan.html (102.10.12 摘錄)

英發明者推出空氣乘數無葉風扇 誓和空調相媲美

<http://tech.big5.enorth.com.cn/system/2010/06/24/004793418.shtml> (102.10.21 摘錄)

沒有扇葉的風扇!Dyson 無葉風扇原理解析

<http://big5.citygf.com/gate/big5/e.citygf.com/space.php?uid=8&do=blog&id=34507>
(102.11.9 摘錄)

dyson Air Multiplier 空氣倍增器 <http://louker.pixnet.net/blog/post/31432433> (102.11.21 摘錄)

日常生活中的物理現象:白努力定律 - 臺灣師範大學物理學系

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=15586>
(102.12.13 摘錄)

【評語】 030808

1. 本作品在於探討無扇葉和有扇葉風扇的風場試驗，和風速之比較研究。
2. 本作品對題目之探討有細心的觀察力，並對風扇曲率之改善提出具體建議，在未來開發相關新產品有助益。