

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

第三名

080102

風「颯」走了蓋

—在自製風源下，影響容器頂蓋受力情形之探討

學校名稱：高雄市三民區十全國民小學

作者： 小六 林鴻瑋 小六 林容基 小六 翁漢明 小六 王資翔	指導老師： 呂明吉 黎懿瑩
---	-----------------------------

關鍵詞：水塔蓋、颱風、伯努利原理

摘要

颱風過後，學校好多水塔蓋都不翼而飛，我們幾個同學很驚訝，想進一步探討水塔蓋被吹走的物理原理為何？便進行了一系列實驗探究。首先，尋找出強而穩定的適當風源，最後改良成四小扇前後間距 2cm 時，因產生類似氣流倍增作用，所以產生較強的風速。實驗發現，愈靠近出風口處的風速愈大，減輕的重量也愈多。

根據伯努利定律，減輕重量是風速差造成壓力差所產生的作用力。蓋子之所以會被吹走，是因為靠近出風口處的風速較大，產生較大的向上作用力，蓋子便先從此處被掀起，一旦蓋子被掀起，風力垂直作用於蓋子的面積就愈大，蓋子就愈容易被吹走。

最後，我們將頂蓋改良成不同的型式，發現邊緣高度為外斜型式的頂蓋，具有很好的避免被強風吹走之效果。

壹、 研究動機

上次蘇迪勒颱風過後，我們學校好多水塔蓋都不見了。颱風竟然會把水塔蓋子給吹走，我們幾個同學覺得很不可思議，於是激起我們的研究興趣。我們利用五上康軒版自然與生活科技第四單元「力與運動」所學的知識加以延伸，設計了一系列的實驗進行探討，想找出水塔蓋被吹走的物理原理是什麼？此外，還利用六上康軒版自然與生活科技第一單元「簡單機械」所學到的齒輪和輪軸製作了一個升降台，以方便實驗操作與測量。

貳、 研究目的

一、找出強而穩定的風源裝置

實驗(一之一)、探討一般電風扇的風力強弱分布情形

實驗(一之二)、探討電風扇加上風罩後，不同厚度出風管的風力強弱分布情形

實驗(一之三)、探討雙小扇加上風罩與出風管裝置前後的風力強弱分布情形

二、改良並加強出風口的風力

實驗(二之一)、改變雙小扇的輸入電壓來探討風力強弱分布情形

實驗(二之二)、改變四小扇的前後間距來探討風力強弱分布情形

三、探討出風口與蓋子的垂直距離，和風速大小，對減輕重量的影響

四、探討容器內水位高度對減輕重量的影響

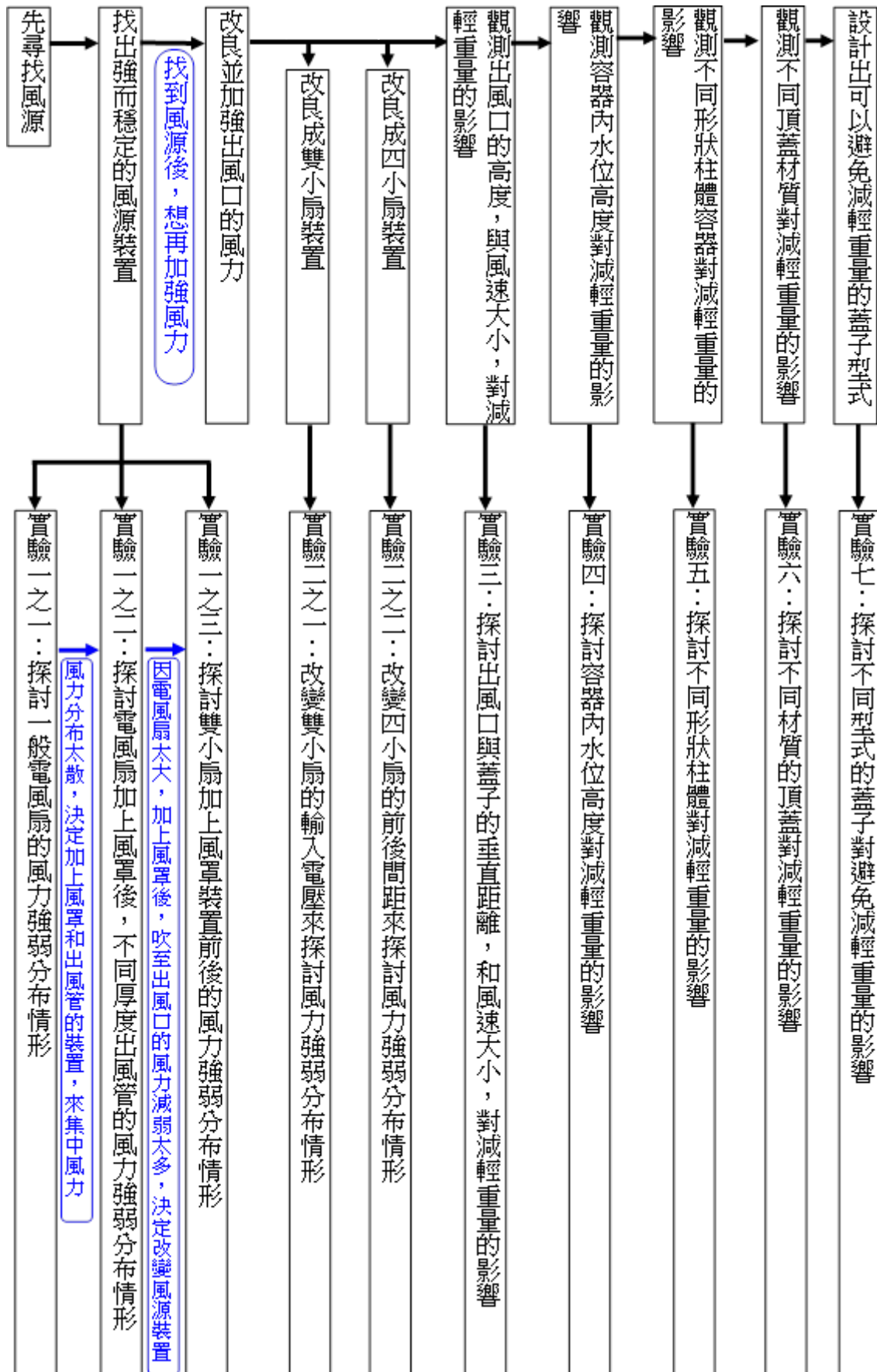
五、探討不同形狀柱體對減輕重量的影響

六、探討不同材質的頂蓋對減輕重量的影響

七、探討不同型式的蓋子對避免減輕重量的影響

參、研究流程與架構







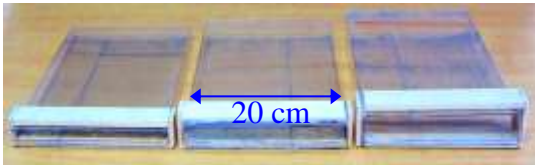

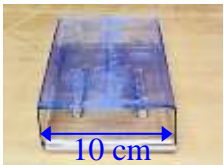







一、研究流程



二、研究架構

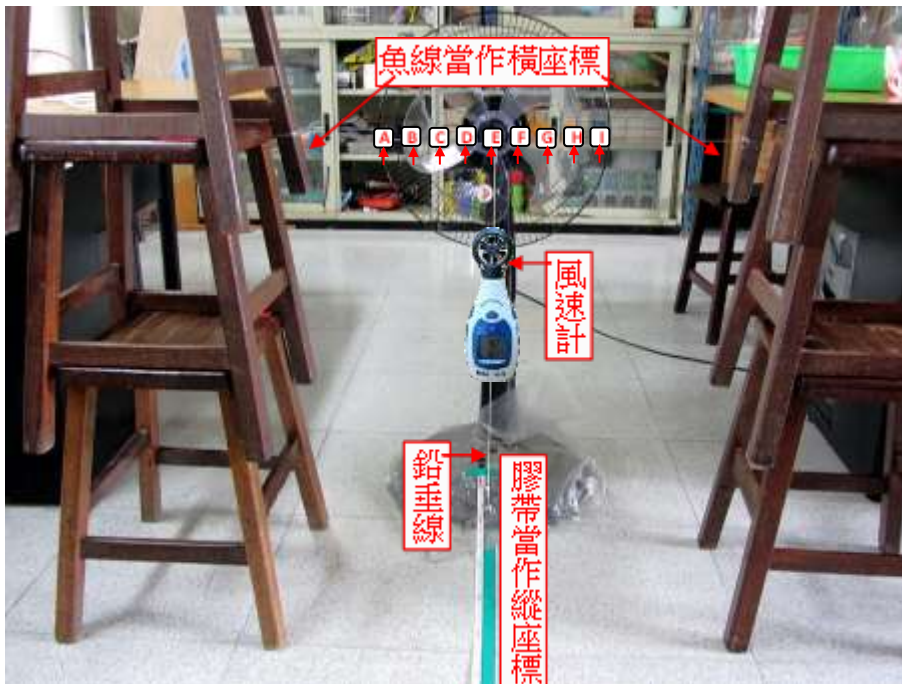


肆、 研究器材與設備

一、 研究器材						
						
14 吋電風扇	塑膠袋風罩	塑膠墊風罩	自製升降台			
						
雙小扇裝置	四小扇裝置	交換式電源供應器	直流變壓器(max. 12V)			
						
寬出風管		各種自製容器(含蓋)				
						
窄出風管	風速計	電子秤	三用電表			
						
塑膠	玻璃	鋁	珍珠板	瓦楞板		
不同材質的頂蓋						
						
0.25cm 高	0.5cm 高	0.75cm 高	1cm 高	1.25cm 高	內斜高	外斜高
不同型式的頂蓋						

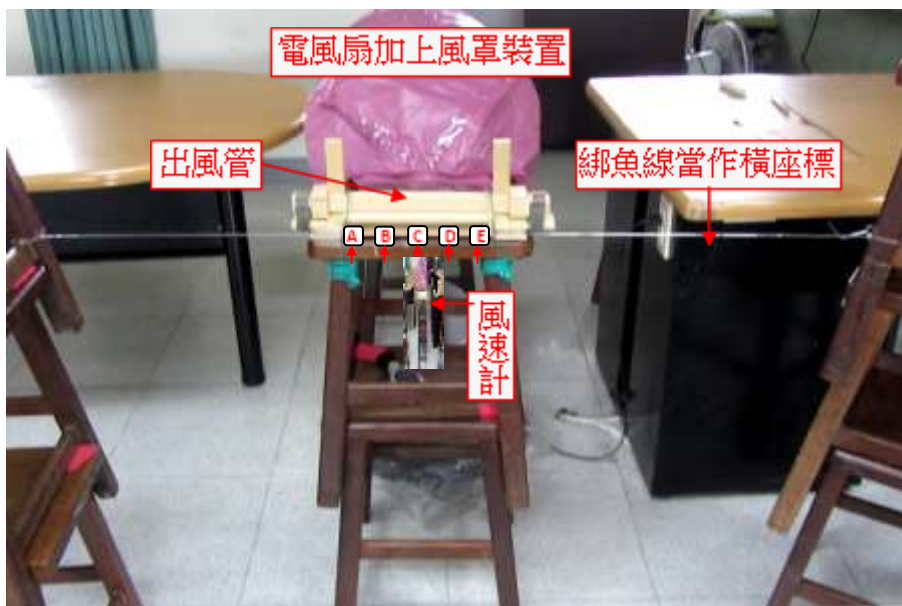
二、研究設備

(一) 實驗一之一設備裝置圖



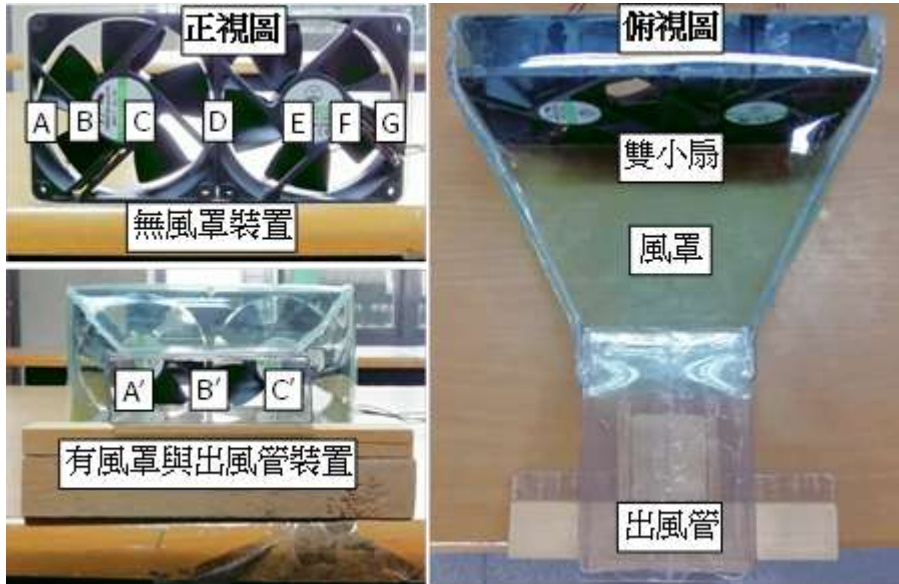
為了精準地測量每一個位置的風速。我們在風扇中央位置的高度綁了一條水平的魚線當作橫座標，並用油性筆標示好要測量的位置(A~I)，然後在地上正對電風扇中心黏上一條膠帶當作縱座標，在魚線中央 E 處掛上一鉛垂線，使橫座標與縱座標相互對齊，如此便能精準地在每一個位置利用風速計來進行測量。

(二) 實驗一之二設備裝置圖



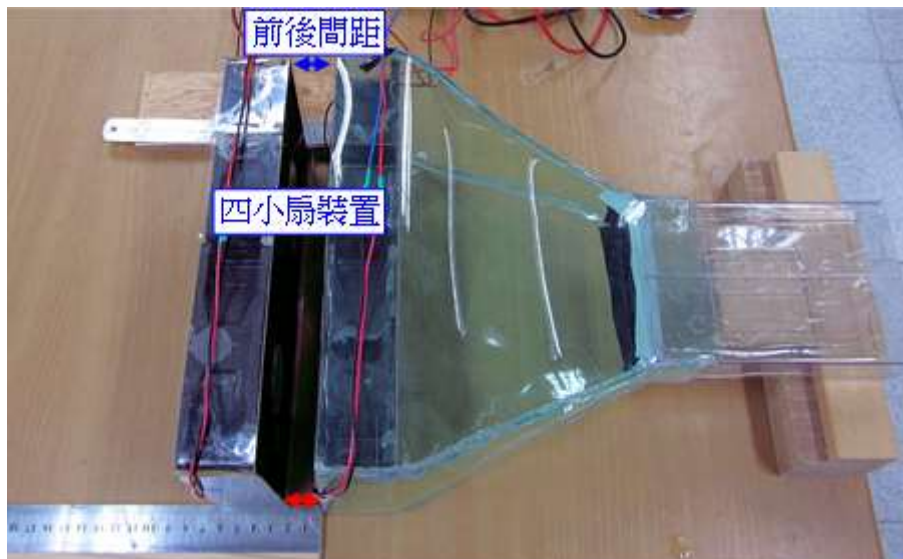
為了將風集中，我們幫電風扇加上塑膠袋風罩和出風管裝置，其餘測量過程與實驗一之一相同。

(三) 實驗一之三設備裝置圖



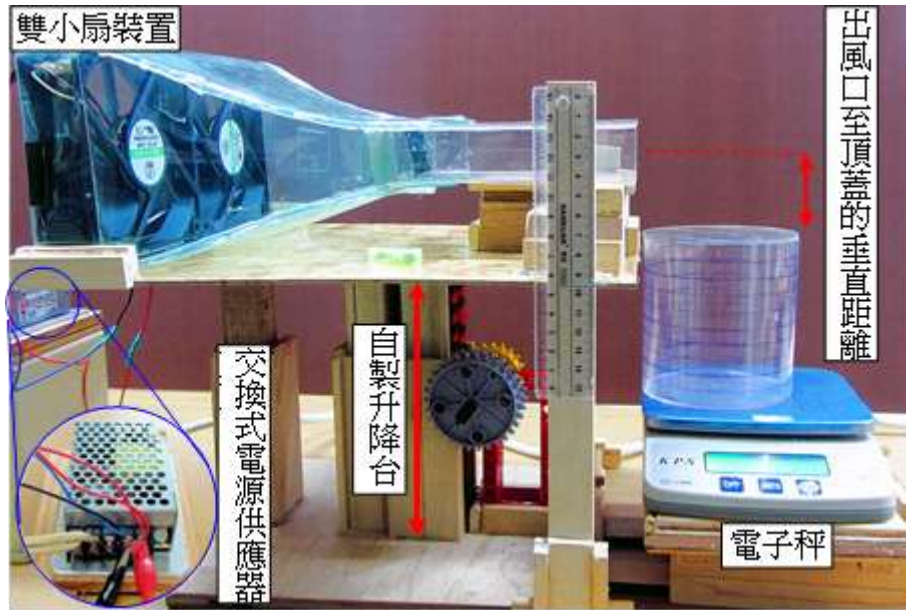
為了讓出風更加集中穩定，我們將電風扇風源改良為雙小扇風源，並將塑膠袋風罩改良為透明墊風罩，其餘測量過程與之前相同。

(四) 實驗二之二設備裝置圖



我們將兩個雙小扇以串接方式擺放，改變兩雙小扇間的距離，以期增加風速，其餘測量過程與之前相同。

(五) 實驗三設備裝置圖



運用交換式電源供應器提供 DC12V~16V，並利用自製升降台改變出風口與頂蓋的距離，再使用電子秤測量容器的重量變化情形。

伍、 研究過程、方法、結果與討論

問題一：什麼裝置可以用來當作風源進行實驗？

實驗一之一、利用風速計測量電風扇前不同位置與不同距離處的風速大小


構想：想利用一般電風扇作為風源的裝置。

過程與方法：

- (一) 在電風扇中央水平位置每隔 5 公分取一個點，分成 A、B、C、D、E、F、G、H、I 九個位置。
- (二) 分別在距離電風扇 0、5、10、15、20、25、30、40、50 公分處，利用風速計測量步驟(一)九個位置的風速大小。

結果：

表一：在電風扇前不同位置的風速大小分布情形



		風速(m/s)									風速(m/s)	
電風扇前位置		A	B	C	D	E	F	G	H	I		
與電風扇的距離(cm)	0	0	1.5	4.1	3	2.2	3.2	4.6	1.9	0	6	
	5	0	2.6	5.6	4.1	1.9	4.1	5.7	2.8	0	5	
	10	0	2.5	5.4	4.8	1.5	4.4	5.9	2.5	0	4	
	15	0	2.3	5.9	4.1	3.5	4.2	5.8	2.8	0	3	
	20	0	2.8	5.5	4.7	3.5	4.6	5.8	2.9	0	2	
	25	0	3.3	5.5	4.3	3.5	4.2	5.3	3.2	0	1	
	30	0	3	5.8	3.9	3.6	4	5.9	2.8	0	0	
			0.5	2.9	5.4	3.9	3.3	3.9	5.5	3	0.3	
		40	0.9	2.8	5	3.8	3	3.8	5	3.2	0.6	
			1	3	4.7	3.7	3	3.5	4.8	3	0.8	
	50	1	3.1	4.4	3.6	3	3.1	4.6	2.8	1		

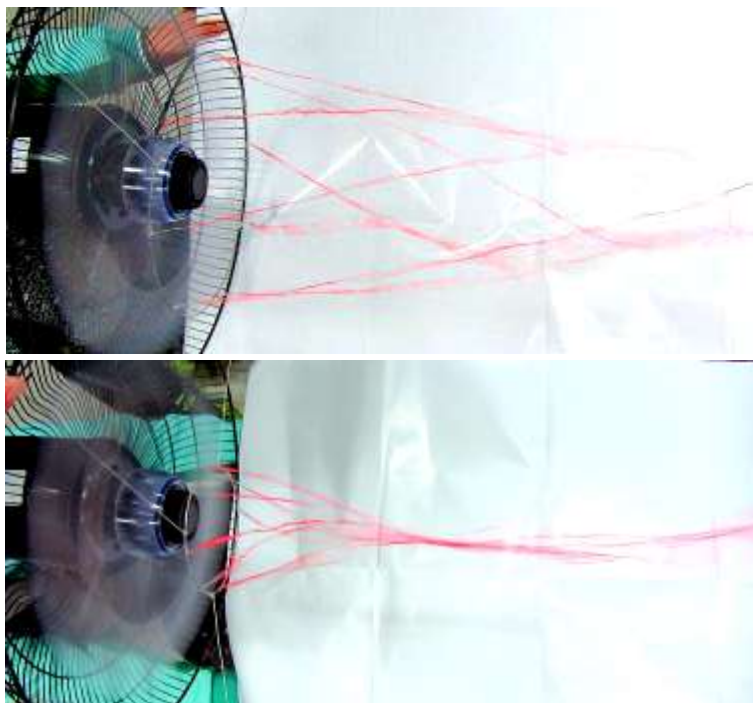
發現：

- (一) 在兩側邊緣 A 和 I 位置的風速最小。
- (二) 在水平 C 和 G 位置的風速較大。
- (三) 在中央 E 位置，距離電風扇 0~10 公分處的風速較小，當距離增加至 15~30 公分處的風速又變大，當距離大於 30 公分處的風速又再減小。

研究討論：

- (一) 我們利用不同顏色的的色層區塊來表示風速大小，如此較容易看出電風扇前的風力強弱平面分布情形。
- (二) 由實驗結果可以看出，電風扇前平面愈往外側風速愈小，風速有向內增大的趨勢。

(三) 為了驗證上述(二)的現象，我們設計了另一個實驗。我們在圓形鐵線圈環黏上數條細塑膠繩，置於電風扇前來觀察細繩被風吹動的方向。結果發現，電風扇所吹出的風是螺旋向內的，和實驗一之一的結果相符合。如下圖一。



圖一 電風扇前的風向是螺旋向內的

實驗一之二、將電風扇加上風罩與不同厚度和不同型式的出風管，利用風速計測量出風口前不同位置與不同距離處的風速大小

構想：因電風扇前的風力分布太散，我們想再改良增加風罩和出風管來進行實驗。

過程與方法：

- (一) 將塑膠袋套上電風扇當作風罩，然後分別裝上厚度為 1、2、3 公分的出風管，並將出風管分成內無吸管和內裝滿直徑 1 公分的吸管。
- (二) 在出風口水平位置每隔 5 公分取一個點，分成 A、B、C、D、E 五個位置。
- (三) 分別在距離步驟(一)的出風管口 0、5、10、15、20、30、40 公分處，利用風速計測量步驟(二)五個位置的風速大小。



圖二 實驗一之二裝置圖

結果：

表二：在不同厚度與不同型式的出風管口前的不同位置之風速大小分布情形

1cm厚出風口 內有吸管		風速(m/s)					風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	
與電風扇的 距離 (cm)	0	2.6	2.8	2.8	2.8	2.7	5
	5	2.2	2.6	2.7	2.8	2.3	4
	10	2.1	2.3	2.3	2.2	2.4	3
	15	1.8	2.1	1.9	2	1.8	2
	20	1.2	1.3	1.6	1.3	1.1	1
		1.2	1.3	1.4	1.3	1.1	0
	30	1.1	1.2	1.2	1.3	1	
		1.1	1.1	1.1	1.3	1	
	40	1.1	1	0.9	1.2	0.9	

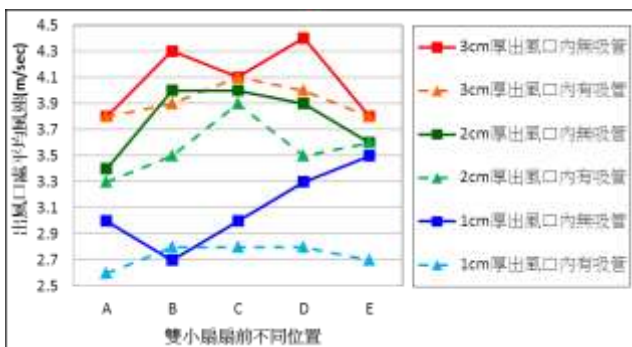
1cm厚出風口 內無吸管		風速(m/s)					風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	
與電風扇的 距離 (cm)	0	3	2.7	3	3.3	3.5	5
	5	1.8	2.6	2.4	2.7	2.2	4
	10	2.3	2.3	2.3	2.3	3.1	3
	15	2	2	2.4	2.2	2.5	2
	20	1	1.6	1.3	1.8	1.8	1
		1.2	1.7	1.4	1.7	1.8	0
	30	1.3	1.8	1.5	1.6	1.7	
		1.2	1.6	1.5	1.5	1.7	
	40	1	1.4	1.4	1.4	1.6	

2cm厚出風口 內有吸管		風速(m/s)					風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	
與電風扇的 距離 (cm)	0	3.3	3.5	3.9	3.5	3.6	5
	5	2.5	3.3	3.4	3.1	3.3	4
	10	2.5	3	3.2	2.9	2.3	3
	15	2.7	3.2	3.1	2.9	2.1	2
	20	2	2.7	2.9	2.8	2.1	1
		1.9	2.4	2.6	2.5	2	0
	30	1.7	2	2.2	2.1	1.8	
		1.3	2	2.2	1.9	1.5	
	40	0.8	1.9	2.2	1.7	1.1	

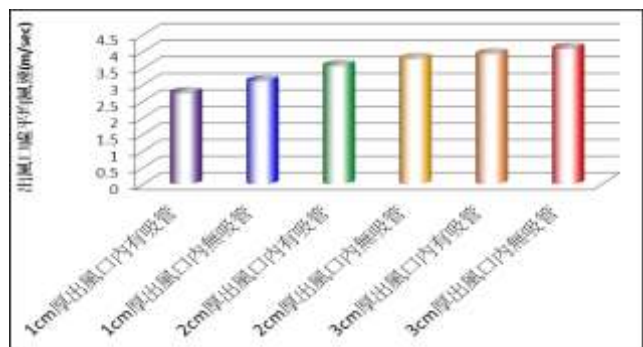
2cm厚出風口 內無吸管		風速(m/s)					風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	
與電風扇的 距離 (cm)	0	3.4	4	4	3.9	3.6	5
	5	4.1	3.8	4.5	3.8	3	4
	10	2.8	3.8	3.9	3.5	2.5	3
	15	2.9	3.3	3.7	3	2.8	2
	20	2.5	3	3.2	2.9	2.6	1
		2.3	2.8	2.9	2.7	2.2	0
	30	2.1	2.5	2.5	2.5	1.8	
		1.8	2.5	2.3	2.3	1.7	
	40	1.4	2.5	2.1	2.1	1.5	

3cm厚出風口 內有吸管		風速(m/s)					風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	
與電風扇的 距離 (cm)	0	3.8	3.9	4.1	4	3.8	5
	5	3	3.3	3.2	3.3	3	4
	10	2.8	3	3.3	3	2.7	3
	15	2.4	2.9	2.8	2.7	2.3	2
	20	2.2	2.9	2.6	2.8	2	1
		2.1	2.5	2.5	2.4	1.6	0
	30	1.9	2.1	2.4	1.9	1.2	
		1.6	1.8	2.1	1.7	1.3	
	40	1.2	1.4	1.8	1.5	1.3	

3cm厚出風口 內無吸管		風速(m/s)					風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	
與電風扇的 距離 (cm)	0	3.8	4.3	4.1	4.4	3.8	5
	5	3.5	3.8	3.6	3.9	3.4	4
	10	3	4.1	3.8	3.9	3.1	3
	15	3.8	3.9	3.5	3.4	3.9	2
	20	2.8	3	3.3	3.1	2.9	1
		2.6	2.6	2.9	2.6	2.6	0
	30	2.3	2.1	2.4	2	2.2	
		2.1	2.1	2.3	2.1	2	
	40	1.8	2	2.1	2.1	1.7	



圖三 在不同厚度與內有無吸管的出風管口處之風速大小分布情形



圖四 在不同厚度與內有無吸管的出風管口處之平均風速大小

發現：

- (一) 距離出風口愈近處的風速愈大。
- (二) 內無吸管的出風管口所測得的風速，比內裝滿吸管的還稍大些。

(三) 厚度較大(3 公分)的出風管口所測得的風速較大，厚度較小(1 公分)的出風管口所測得的風速較小。

研究討論：

- (一) 我們利用塑膠袋做成風罩，想把電風扇吹出的風集中起來。
- (二) 在出風管內裝滿吸管的目的是，原本是希望風能筆直穩定地吹出，可是卻增加了阻力，使風速比沒裝吸管的出風管稍小，但是風速卻比沒裝吸管的出風管較穩定。
- (三) 出風管厚度愈小，因阻力較大，使得風速較小。
- (四) 使用 3 公分厚內無吸管的出風管，所測得的風速較大，最大達 4.4 m/s，於是以下實驗就以 3 公分厚內無吸管的出風管裝置來進行。
- (五) 在本實驗中，加上風罩和出風管吹出的風，雖然有集中效果，但是最大風速卻比原本電風扇的最大風速(達 5.9 m/s)減弱了約 25%。

實驗一之三、將風源改為邊長 12 公分的雙小扇，利用風速計測量雙小扇在裝上風罩與出風管前後，在出風口前不同位置與不同距離處的風速大小

構想：電風扇經由風罩和出風管吹出的風，雖然有集中效果，但是最大風速卻減弱了不少，因此我們想再改良新的風源裝置。

過程與方法：

- (一) 將雙小扇(每個邊長 12 公分，電壓 12V)加裝風罩與 3 公分厚出風管。
- (二) 分別在雙小扇與在出風口水平位置每隔 5 公分取一個點，分成 A、B、C、D、E、F、G 七個位置和 A'、B'、C' 三個位置。
- (三) 分別在距離步驟(一)的出風管口 0、5、10、15、20、30、40 公分處，利用風速計測量步驟(二)十個位置的風速大小。

結果：

表三：在無風罩雙小扇前、與有風罩的出風口前，不同位置之風速大小分布情形

雙小扇無風罩(12V)		風速(m/s)							風速(m/s)	
電風扇前位置		A	B	C	D	E	F	G		
與雙小扇的距離(cm)	0	3.1	5.8	0	5.3	0	5	3	6	
	5	3	3.8	1	4.5	1.8	3.2	3.1	5	
	10	3.1	3.9	2.1	4.3	2.2	3.9	3.5	4	
	15	2.7	4.3	2.5	3.7	3.3	3.9	3.3	3	
	20	2.7	3.1	2.9	3.5	3.5	3.6	3.4	2	
			2.5	2.7	3	3.2	3	3.1	3.1	1
	30		2.3	2.2	3	2.9	2.4	2.5	2.7	0
			2.1	2.1	2.5	2.6	2.3	2.3	2.5	
	40		1.9	2	2	2.3	2.1	2.1	2.3	

雙小扇有風罩(12V) 3cm厚出風口		風速(m/s)			風速(m/s)	
電風扇前位置		A'	B'	C'		
與出風口的距離(cm)	0	5.5	5.6	5.6	6	
	5	5.5	5.7	5.4	5	
	10	4.4	4.2	4.5	4	
	15	4.1	4.2	4	3	
	20	3.1	3.5	3.2	2	
			2.9	3	3	1
	30		2.7	2.4	2.8	0
			2.5	2.3	2.6	
	40		2.3	2.1	2.4	

發現：

- (一) 水平位置 C、E 處，最靠近雙小扇處風速最小(0 m/s)，當距離雙小扇愈遠(約 5~20 公分)的風速愈增大，而距離超過 20 公分後，風速開始減小。
- (二) 水平位置 B、F 處，最靠近雙小扇處風速最大(達 5.8 m/s)，當距離雙小扇愈遠的風速就愈減小。
- (三) 距離出風口愈近處的風速較大，愈遠離風速則減小。

研究討論：

- (一) 雙小扇吹出的風速最大達 5.8 m/s，和實驗一之一電風扇吹出的風速最大達 5.9 m/s 很相近，因此可以考慮當作風源裝置。
- (二) 本實驗將風罩材質改良成塑膠墊，形狀較為固定，不同於實驗一之二的風罩材質是塑膠袋，形狀較不固定，測得風速變化較大。
- (三) 本實驗經改良風罩和出風管吹出的風，不僅較集中，且風速也幾乎沒什麼減弱。可以用來當作風源裝置進行實驗測量。

問題二：可否再改良風源裝置，使風力增強？

實驗二之一、改變雙小扇的輸入電壓，利用風速計測量雙小扇出風口前方不同位置的風速

構想：雖然雙小扇風源裝置的已吹出較強且穩定的風，但是風力覺得還不夠，於是想再改

良裝置使得風力增強。

過程與方法：

- (一) 將風罩和 3 公分厚出風管裝在雙小扇裝置。
- (二) 分別調整交換式電源供應器電壓為 DC12、13、14、15、16V，輸入至雙小扇裝置。
- (三) 分別在雙小扇與在出風口水平位置每隔 5 公分取一個點，分成 A、B、C、D、E、F、G 七個位置和 A'、B'、C' 三個位置。
- (四) 分別在距離出風管口 0、5、10、15、20 公分處，利用風速計測量步驟(二)十個位置的風速大小。

結果：

表四：不同電壓下，有無風罩之雙小扇與出風管口前方不同位置之風速大小分布情形

雙小扇無風罩 (12V)		風速(m/s)							風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	F	G	10
與雙小扇的距離 (cm)	0	3.1	5.8	0	5.3	0	5	3	8
	5	3	3.8	1	4.5	1.8	3.2	3.1	6
	10	3.1	3.9	2.1	4.3	2.2	3.9	3.5	4
	15	2.7	4.3	2.5	3.7	3.3	3.9	3.3	2
	20	2.7	3.1	2.9	3.5	3.5	3.6	3.4	0

雙小扇有風罩(12V) 3cm厚出風口		風速(m/s)				風速 (m/s)
出風口前位置		A'	B'	C'	平均	10
與出風口的距離 (cm)	0	5.5	5.6	5.6	5.6	8
	5	5.5	5.7	5.4	5.5	6
	10	4.4	4.2	4.5	4.4	4
	15	4.1	4.2	4	4.1	2
	20	3.1	3.5	3.2	3.3	0

雙小扇無風罩 (13V)		風速(m/s)							風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	F	G	10
與雙小扇的距離 (cm)	0	5.6	6.6	0	5.7	0	6	4.9	8
	5	3.7	5.5	2	4.5	2.4	5.1	3.1	6
	10	3.2	4.1	2.2	5	2.4	4.2	3.1	4
	15	3.3	3	2	4.9	2.6	3.3	3.3	2
	20	3	3.3	2.3	4.2	2.6	3.9	2.5	0

雙小扇有風罩(13V) 3cm厚出風口		風速(m/s)				風速 (m/s)
出風口前位置		A'	B'	C'	平均	10
與出風口的距離 (cm)	0	6.5	6.6	6.3	6.5	8
	5	5.8	5.5	5.9	5.7	6
	10	4.5	4.9	4.8	4.7	4
	15	4.2	3.6	4.9	4.2	2
	20	3	3.4	3.5	3.3	0

雙小扇無風罩 (14V)		風速(m/s)							風速 (m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	F	G	10
與雙小扇的距離 (cm)	0	5.5	7.8	0	5.8	0	7.5	5.8	8
	5	4.3	5.1	2.6	5.7	2.4	5.4	3.7	6
	10	3.4	4.4	3	5.1	3.6	3.6	3.2	4
	15	4	4.2	3.6	4.4	3.3	3.3	4.3	2
	20	3	3.6	3.9	4.4	3	3	3.3	0

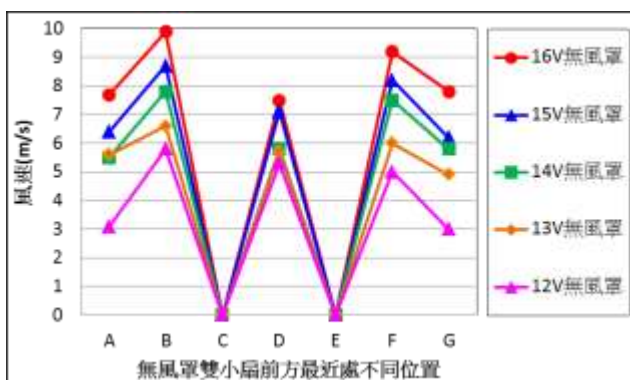
雙小扇有風罩(14V) 3cm厚出風口		風速(m/s)				風速 (m/s)
出風口前位置		A'	B'	C'	平均	10
與出風口的距離 (cm)	0	7.3	6.9	7	7.1	8
	5	6	5.8	6.2	6	6
	10	4.8	5	5.2	5	4
	15	4.1	3.6	4.6	4.1	2
	20	3.6	3.7	3.8	3.7	0

雙小扇無風罩(15V)		風速(m/s)							風速(m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	F	G	10
與雙小扇的距離(cm)	0	6.4	8.7	0	7.1	0	8.2	6.2	8
	5	5.6	5.8	2.3	6.2	2	5.9	5.5	6
	10	4.3	5	2.6	3.9	3.6	5.5	4.5	4
	15	4.3	4.1	3.6	5.3	2.8	4.4	4	2
	20	4	4.3	3.9	5.5	3.4	4.3	4	0

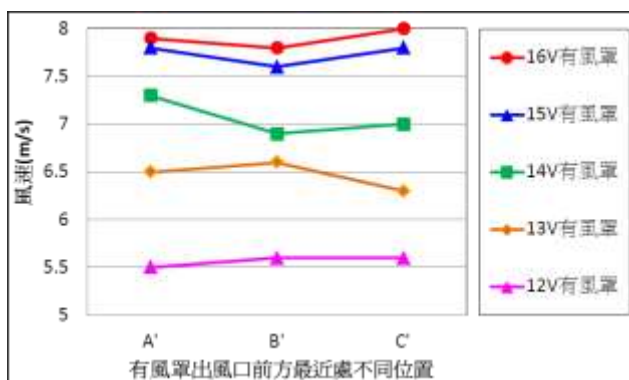
雙小扇有風罩(15V) 3cm厚出風口		風速(m/s)				風速(m/s)
出風口前位置		A'	B'	C'	平均	10
與出風口的距離(cm)	0	7.8	7.6	7.8	7.7	8
	5	6.4	5.8	6.6	6.3	6
	10	5.8	5.6	5.7	5.7	4
	15	5.1	4.6	5	4.9	2
	20	4.1	4.2	4.4	4.2	0

雙小扇無風罩(16V)		風速(m/s)							風速(m/s)
電風扇前位置		A	B	C	D	E	F	G	10
與雙小扇的距離(cm)	0	7.7	9.9	0	7.5	0	9.2	7.8	8
	5	5.8	7.3	2.4	7.2	2.2	6.9	5.6	6
	10	4.7	6.3	3.2	6.3	3.2	6.5	4.8	4
	15	4.7	5.9	3.6	5.7	3.1	5.3	4.8	2
	20	4.4	4.3	3.1	5.9	3.9	4.8	4.4	0

雙小扇有風罩(16V) 3cm厚出風口		風速(m/s)				風速(m/s)
出風口前位置		A'	B'	C'	平均	10
與出風口的距離(cm)	0	7.9	7.8	8	7.9	8
	5	6.9	6.5	7	6.8	6
	10	5.9	5.6	5.1	5.5	4
	15	3.6	4.5	4.1	4.1	2
	20	3.6	4.2	4.2	4	0



圖五 不同電壓下，無風罩雙小扇前方最近處之風速大小分布圖



圖六 不同電壓下，有風罩出風口最近處不同位置之風速大小分布圖

發現：

- (一) 輸入電壓愈高，無風罩雙小扇前的風速愈大。16V 時最大風速達 9.9 m/s。
- (二) 輸入電壓愈高，有風罩出風口前的風速也愈大。16V 時最大風速達 8 m/s。

研究討論：

- (一) 在雙小扇可以接受的最大電流下，我們增加輸入電壓來提高雙小扇的電流，提升其功率使其轉速增加，同時也產生較大的風速。
- (二) 根據實驗二之一的風速大小分布結果，所有位置在距離出風口 20 公分以上時，風速都呈現減弱的趨勢，於是本實驗測量風速的位置，最遠只測到距離出風口 20 公分。
- (三) 在 16V 時在出風口處測到最大風速達 8 m/s，比在 12V 時測到最大風速(5.7 m/s)提升約 40%。

(四) 為了再增加風源的風力，我們想利用兩個雙小扇裝置串聯成四小扇，來進行實驗。

實驗二之二、改變四小扇的前後間距，利用風速計測量雙小扇出風口前方不同位置的風速

構想：我們想將兩個雙小扇串聯使用，然後改變它們之間的前後間距，來觀測所產生風速的影響。

過程與方法：

- (一) 將輸入 16V 雙小扇與輸入 12V 雙小扇，前後串聯起來，並將風罩和 3 公分厚出風管裝置上。
- (二) 在出風口水平位置每隔 5 公分取一個點，分成 A'、B'、C' 三個位置。
- (三) 分別改變四小扇前後間距為 0、1、2、3、4、5、6 公分。
- (四) 分別在距離出風管口 0、5、10 公分處，利用風速計測量步驟(二)三個位置的風速。

結果：

表五：四小扇前後間距不同時，出風管口前不同位置之風速大小分布情形

雙小扇(12V)		風速(m/s)				風速(m/s)
出風口前位置		A'	B'	C'	平均	
口與距出離風 (cm)	0	7.9	7.8	8	7.9	9
	5	6.9	6.5	7	6.8	8
	10	5.9	5.6	5.1	5.5	7
						6

四小扇前後間距		0cm				風速(m/s)
四小扇(16+12V)		風速(m/s)				
電風扇前位置		A'	B'	C'	平均	
口與距出離風 (cm)	0	8.2	8.2	8.4	8.3	9
	5	7.3	7.2	7.4	7.3	8
	10	6.4	6.3	6.6	6.4	7
						6

四小扇前後間距		1cm				風速(m/s)
四小扇(16+12V)		風速(m/s)				
電風扇前位置		A'	B'	C'	平均	
口與距出離風 (cm)	0	8.6	8.6	8.6	8.6	9
	5	7.9	7.9	8	7.9	8
	10	7.4	7.2	7.8	7.5	7
						6

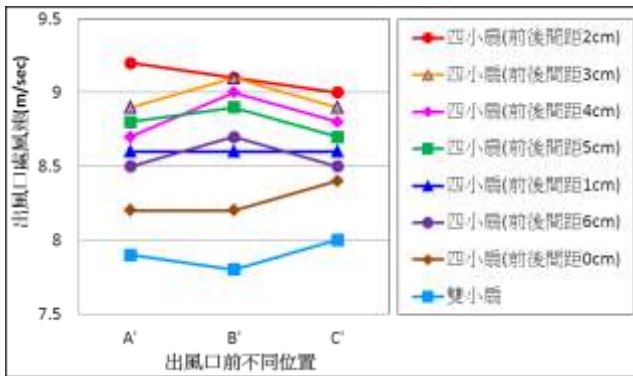
四小扇前後間距		2cm				風速(m/s)
四小扇(16+12V)		風速(m/s)				
電風扇前位置		A'	B'	C'	平均	
口與距出離風 (cm)	0	9.2	9.1	9	9.1	9
	5	8	8.2	8.4	8.2	8
	10	7.4	7.2	7.8	7.5	7
						6

四小扇前後間距		3cm				風速(m/s)
四小扇(16+12V)		風速(m/s)				
電風扇前位置		A'	B'	C'	平均	
口與距出離風 (cm)	0	8.9	9.1	8.9	9	9
	5	8.4	8.2	7.1	7.9	8
	10	7.2	7.3	7.1	7.2	7
						6

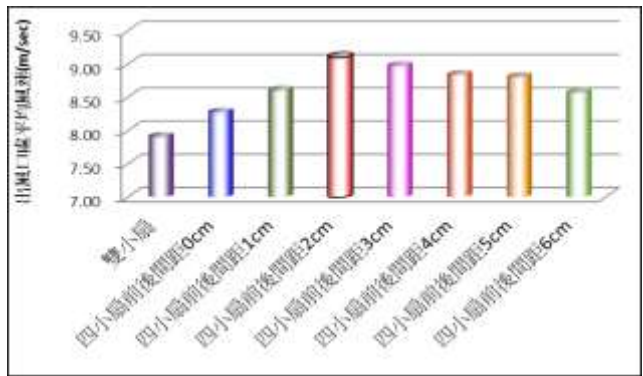
四小扇前後間距		4cm				風速(m/s)
四小扇(16+12V)		風速(m/s)				
電風扇前位置		A'	B'	C'	平均	
口與距出離風 (cm)	0	8.7	9	8.8	8.8	9
	5	8	8.1	8.5	8.2	8
	10	7.3	7.2	7.5	7.3	7
						6

四小扇前後間距		5cm				風速(m/s)
四小扇(16+12V)		風速(m/s)				
電風扇前位置		A'	B'	C'	平均	
口與距出離風 (cm)	0	8.8	8.9	8.7	8.8	9
	5	7.6	7.4	8.2	7.7	8
	10	6.6	6.6	6.8	6.7	7
						6

四小扇前後間距		6cm				風速(m/s)
四小扇(16+12V)		風速(m/s)				
電風扇前位置		A'	B'	C'	平均	
口與距出離風 (cm)	0	8.5	8.7	8.5	8.6	9
	5	7.4	7.6	7.3	7.4	8
	10	6.9	6.8	6.8	6.8	7
						6



圖七 雙小扇與四小扇的前後間距不同時，出風口處之風速大小分布圖



圖八 雙小扇與四小扇的前後間距不同時，出風口處之平均風速大小

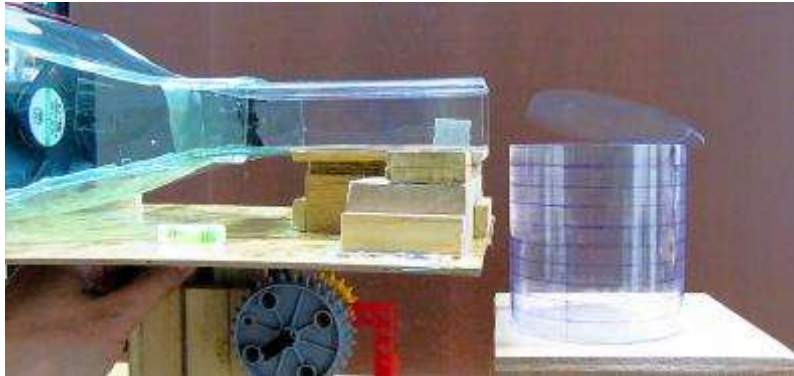
發現：

- (一) 當四小扇前後間距由 0cm 增至 2cm 時，出風口前的風速愈增大。最大達 9.2 m/s。
- (二) 當四小扇前後間距由 2cm 增至 6cm 時，出風口前的風速有愈減小的趨勢。

研究討論：

- (一) 當四小扇前後間距為 1~6 公分時，出風口的風速都比間距為 0 公分的還大，其中以間距 2 公分所測得的風速較大(最大達 9.2 m/s)，比實驗二之一 16V 雙小扇的最大風速(8 m/s)又提升約 15%。
- (二) 當雙小扇後方再加一雙小扇裝置，會加速空氣進入前方雙小扇，進而使得最後吹出風速也增大。從實驗結果得知，四小扇前後緊連間距為 0cm 時，出風口測得最大風速(8.4m/s)比雙小扇出風口的(8m/s)還大。
- (三) 當四小扇前後間距由 0 開始增大時，此時周圍空氣會從間距處被吸入，進而增加進入前方雙小扇的空氣量，而使得最後吹出的風速增加。實驗結果顯示，當四小扇前後間距為 2cm 時，吹出的風速最大。
- (四) 當四小扇前後間距由 2cm 增至 6cm 時，出風口前的風速有愈減小的趨勢，這是因為當四小扇前後間距增大時，此時進入前方雙小扇的風速會減弱，而使得最後吹出的風速也會減小。
- (五) 我們尋找適當風源的原則是：1. 確實可以將容器蓋吹飛，表示可行性。 2. 能產生穩定的風，使得實驗測量具有重複性。在之後的實驗，我們採用 16V 雙小扇裝置，因為：1. 它可以架設於我們自製的升降台上，方便實驗操作。 2. 它確實可以吹飛容器蓋，如圖七所示。 3. 實驗二之一的結果顯示，它可以產生穩定的風源。因此

我們捨棄四小扇裝置而採用雙小扇裝置，雖然我們設計的四小扇裝置產生的風速較大，但因重量和體積太大，難以架設在自製升降台上進行實驗，且又比較耗能。而使用雙小扇裝置當作風源進行實驗，並不影響實驗原理的探究。



圖九 雙小扇裝置把容器頂蓋吹飛

問題三：風速大小與吹風的高度位置，對減輕重量有何影響？

實驗三、改變雙小扇裝置的輸入電壓，與改變出風口與容器頂蓋的垂直距離，用電子秤來測量容器重量減少的變化情形

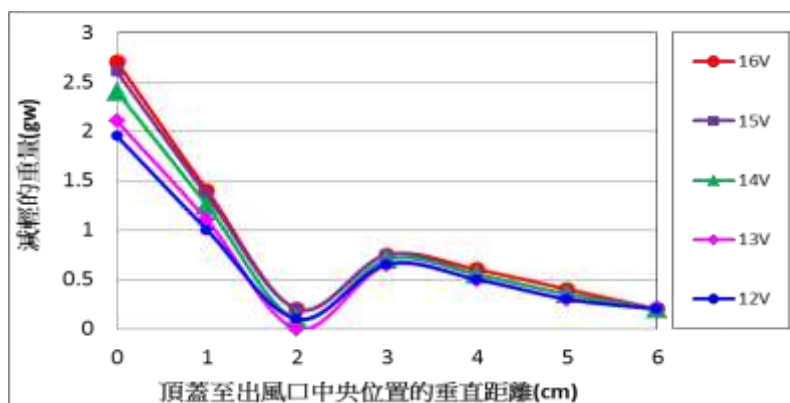
構想：我們想知道在風速大小如何影響物體減輕的重量。同時想知道哪個位置吹風，可以使物體的重量減輕較多。

過程與方法：

- (一) 利用輪軸與齒輪原理自製一升降台，並將雙小扇裝置於升降台上。
- (二) 將一圓柱容器(含頂蓋)置於電子秤上。
- (三) 分別輸入 12、13、14、15、16V 於雙小扇裝置，然後調整升降台高度，使出風口中央位置與容器蓋的垂直距離分別為 6~0 公分，觀測電子秤上重量值的變化。

結果：

(註：實驗數據詳見於實驗日誌)



圖十 不同電壓下，出風口中央位置與蓋子的垂直距離對減輕重量的變化圖

發現：

- (一) 當出風口中央位置與蓋子的垂直距離為 0 公分時，所減輕的重量最多。
- (二) 當輸入的電壓愈大(16V)，所減輕的最大重量愈多。

研究討論：

- (一) 因四小扇裝置風速較大，容易將容器蓋子給吹走，如此便無法測得減輕重量的最大值，於是本實驗採用雙小扇裝置當作風源。
- (二) 當出風口中央位置與蓋子的垂直距離由 5~3 公分時，所減輕的重量有稍微增加的趨勢。當距離由 3~2 公分時，所減輕的重量反而減少。這可能是此時從出風口吹出的風向並非平行，而是有些向下，導致反而增加了重量。
- (三) 當出風口中央位置與蓋子的垂直距離由 1~0 公分時，所減輕的重量增加了。當距離為 0 公分時，所減輕的重量最多，這是因為此時吹至頂蓋的風速最大所致。
- (四) 根據伯努利原理： $P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{定值}$ (P :流體壓力， ρ :流體密度， g :重力加速度， h :高度， v :流速)。當流體流速增加時，則壓力會減小，因此會產生壓力差，此壓力差作用在蓋子產生一向上的力，而使得蓋子的重量減輕。實驗結果顯示，輸入電壓愈大，產生風速愈快，所減輕的重量愈多。

問題四：容器內水位高度不同時，吹風對減輕重量有何影響？

實驗四、利用 16V 雙小扇裝置吹向裝有不同水位的容器頂部，用電子秤測量容器重量減少
的變化情形

構想：我們想知道對不同水位的容器吹風，是否對減輕重量有影響。

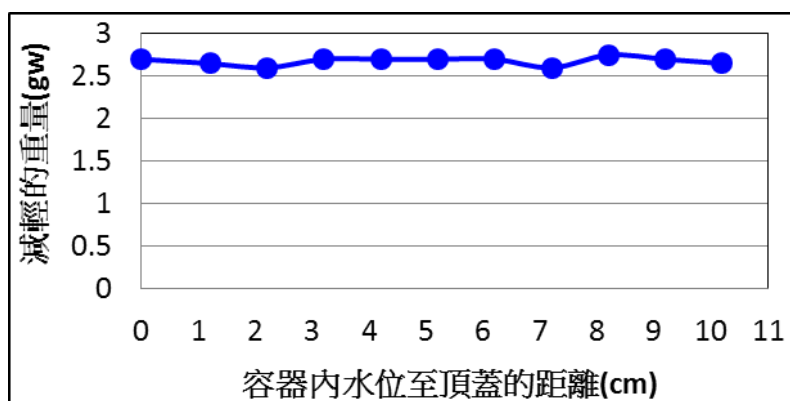
過程與方法：

(一) 將雙小扇裝置於升降台上。然後分別在圓柱容器內裝水 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10.2 公分的高度，並放上蓋子，置於電子秤上。

(二) 輸入 16V 於雙小扇裝置，然後調整升降台高度，觀測電子秤上最小的重量值。

結果：

(註：實驗數據詳見於實驗日誌)



圖十一 容器內水位與頂蓋的距離對減輕重量的變化圖

發現：

(一) 不論容器內水位的高度如何改變，所測得的減輕重量幾乎沒有變化。

研究討論：

(一) 容器內水位高度愈大，則容器內空氣愈少。實驗結果顯示，容器內空氣量的多寡並不會對減輕重量有影響。

(二) 因容器的高度為 10.2 公分，因此我們最後將水位加至 10.2 公分滿水位來進行測量。

問題五：容器的形狀是否會對減輕重量有影響？

實驗五、利用 16V 雙小扇裝置吹向裝有不同形狀柱體的容器頂部，用電子秤測量容器重量減少的變化情形

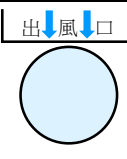
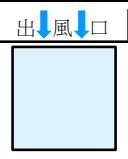
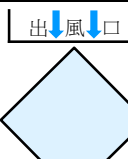
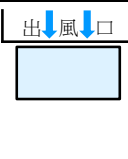
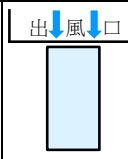
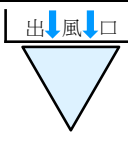
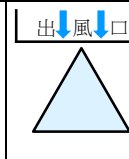
構想：我們想知道對不同形狀柱體的容器吹風，是否對減輕重量有影響。

過程與方法：

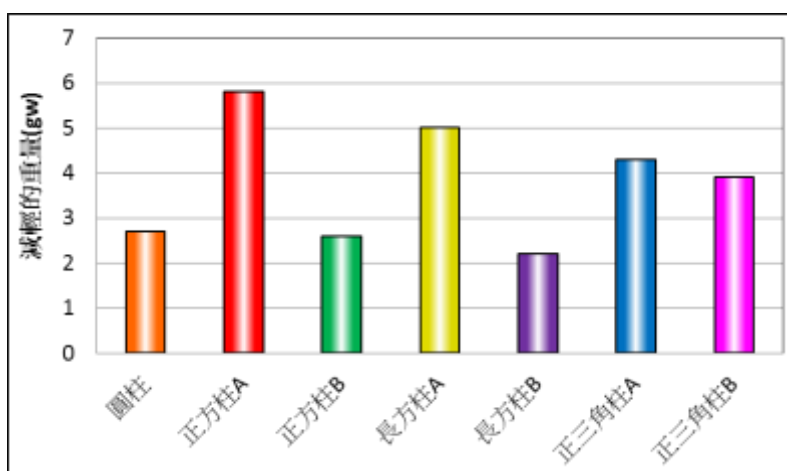
- (一) 分別製作相同高度(10.6 cm)的圓柱體、正方體、長方體和三角柱體容器(含蓋)。
- (二) 分別將圓柱體、正方體、轉 45 度正方體、長方體、轉 90 度長方體、三角柱體、轉 180 度三角柱體置於電子秤上。
- (三) 輸入 16V 於雙小扇裝置，然後調整升降台高度，觀測步驟(二)各種柱體容器在電子秤上的最小重量值。

結果：

表六：不同形狀柱體容器對減輕重量的變化情形

不同形狀的柱體	圓柱	正方柱A	正方柱B	長方柱A	長方柱B	正三角柱A	正三角柱B
	直徑9.78cm	邊長10.6cm		邊長10.55cm*5.55cm		邊長10.4cm	
頂面積(cm ²)	75.08	112.36	112.36	58.55	58.55	46.83	46.83
放置方位							
原來總重(gw)	82.6	132.4	132.4	115.7	115.7	130.1	130.1
後來最輕重量(gw)	79.9	126.6	129.8	110.7	113.5	125.8	126.2
減輕的重量(gw)	2.7	5.8	2.6	5	2.2	4.3	3.9

註：柱體高 10.6 公分



圖十二 不同形狀柱體的減輕重量變化圖

發現：

- (一) 正方柱體 A 所減輕的重量最多，長柱體 A 所減輕的重量為其次，長柱柱體 B 所減輕的重量最少。
- (二) 正方柱體 A 比正方柱體 B 所減輕的重量多，長方柱體 A 比長方柱體 B 所減輕的重量多，三角柱體 A 比三角柱體 B 所減輕的重量多。

研究討論：

- (一) 根據伯努利原理，在風速相同時，壓力也會一樣，那麼作用力就與面積成正比。可是實驗結果發現，即使面積相同，放在電子秤上的方位不同，所減輕的重量就會不一樣。
- (二) 造成上述(一)的原因，可以從實驗二之一的結果得知，離出風口的距離愈遠風速愈小，若放置容器的方位使得靠近出風口處的面積較多，所受的作用力就較大。因正方體柱 A、長方體柱 A 和三角柱體 A 靠近出風口處的面積分別比正方體柱 B、長方體柱 B 和三角柱體 B 的較多，所測得減輕的重量也較多。

問題六：頂蓋的材質是否會對減輕重量有影響？

實驗六、改變不同的頂蓋材質，利用 16V 雙小扇裝置吹向容器頂部，用電子秤測量容器重量的變化情形

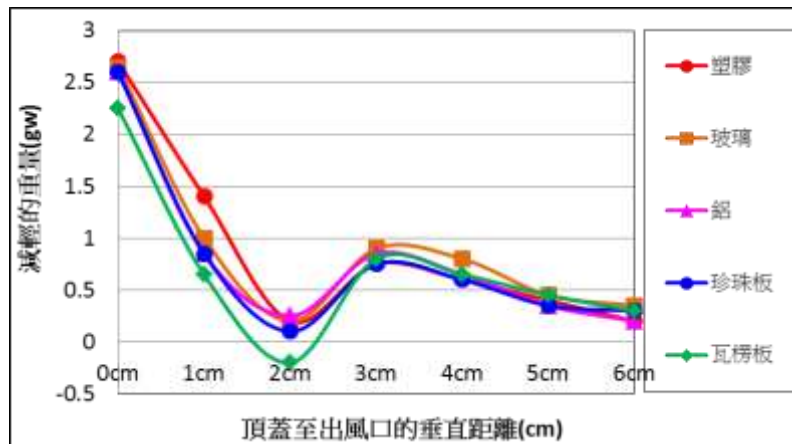
構想：做完容器內水位高低與容器形狀對減輕重量影響的實驗後，我們想進一步知道頂蓋材質對減輕重量有何影響。

過程與方法：

- (一) 分別製作塑膠、玻璃、鋁、瓦楞板和珍珠板不同材質的頂蓋。
- (二) 分別將五種材質的頂蓋蓋於圓柱容器上，置於電子秤上。
- (三) 輸入電壓 16V，然後調整升降台高度，使出風口中央位置與容器頂部的垂直距離分別為 6~0 公分，觀測電子秤上重量的變化。

結果：

(註：實驗數據詳見於實驗日誌)



圖十三 不同材質的頂蓋對減輕重量之變化圖

發現：

- (一) 出風口距離頂蓋愈遠，對減輕重量的影響愈小。
- (二) 不同材質的頂蓋對減輕重量的影響差不多，除了瓦楞板頂蓋稍微有影響，其所造成的減輕重量稍微小了些。

研究討論：

- (一) 為減少瓦楞板邊緣的孔洞影響實驗結果，我們用熱熔膠將周圍的孔洞封平。
- (二) 利用電子秤測量實驗中容器的重量時，材質較平滑的頂蓋可以讓電子秤一下子就達到穩定的值，例如玻璃頂蓋；而當出風口接近較不平滑的頂蓋時，電子秤的數值會呈現不穩定的跳動情形，例如瓦楞板頂蓋。
- (三) 瓦楞板頂蓋造成的減輕重量稍微小些的原因，可能是因瓦楞板表面不平，使得上方氣流不穩定。因此我們想在頂蓋邊緣增加高度來影響氣流，於是進行以下實驗。

問題七：頂蓋的型式是否對減輕重量有何影響？

實驗七、在頂蓋邊緣增加不同高度與改變高度的傾斜方向，利用 16V 雙小扇裝置吹向容器頂部，用電子秤測量容器重量的變化情形

構想：從實驗三結果得知，出風口與容器頂部的距離對減輕重量有影響，且由實驗六結果得知，頂蓋是否平滑也會影響到減輕的重量。於是我們想在頂蓋邊緣增加高度來改

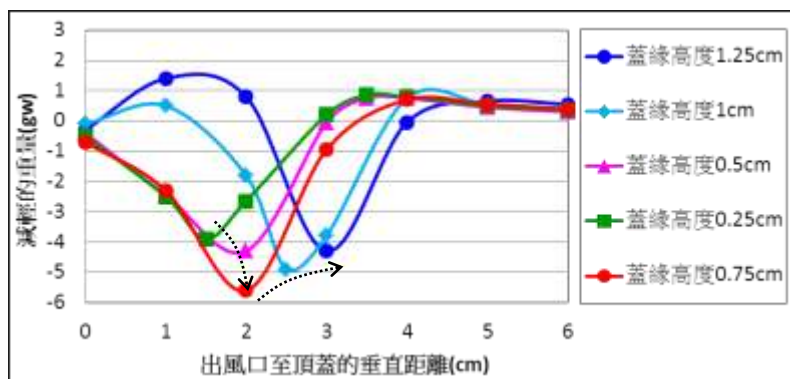
變頂蓋的型式，看對減輕重量有何影響。

過程與方法：

- (一) 分別在頂蓋邊緣分別製作 0.25、0.5、0.75、1 和 1.25cm 的高度。
- (二) 將一圓柱容器分別裝上步驟(一)的 5 種頂蓋，置於電子秤上。
- (三) 輸入電壓 16V，然後調整升降台高度，使出風口中央位置與容器頂部的垂直距離分別為 6~0 公分，觀測電子秤上重量值的變化。

結果：

(註：實驗數據詳見於實驗日誌)



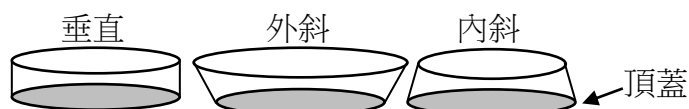
圖十四 頂蓋邊緣高度不同對減輕重量的變化圖

發現：

- (一) 頂蓋邊緣突出高度從 0.25cm 增至 0.75cm 時，容器減輕的重量有減少的趨勢，甚至有增加重量的趨勢。
- (二) 頂蓋邊緣突出高度從 0.75cm 增至 1.25cm 時，容器減輕的重量反而有增加的趨勢。

研究討論：

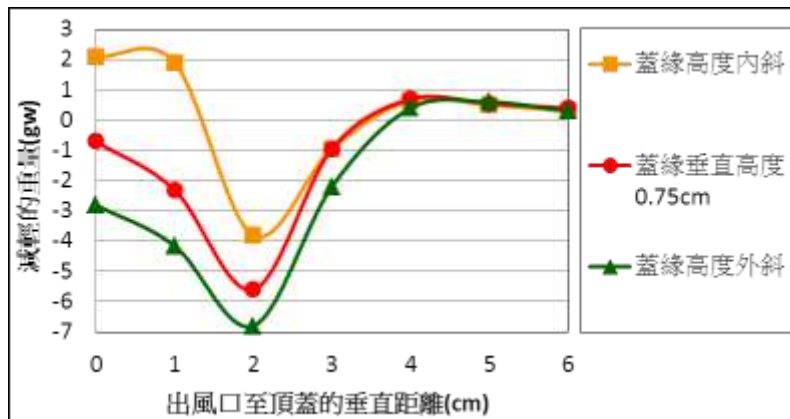
- (一) 增加頂蓋邊緣的高度，可以避免強風吹近蓋子上方，因而減少蓋子上下方壓力差，進而減少容器減輕的重量。
- (二) 增加蓋子邊緣的高度，會增加向下吹的空氣量，因而增加了容器的重量。
- (三) 實驗結果發現，蓋子邊緣高度為 0.75cm 時，避免減輕重量的效果較佳，於是我們又進一步將蓋子邊緣突出高度由垂直方向改為外斜和內斜方向來繼續進行實驗。



圖十五 頂蓋邊緣高度分別為垂直、外斜和內斜

結果：

(註：實驗數據詳見於實驗日誌)



圖十六 頂蓋邊緣高度的不同傾斜方向對減輕重量的變化情形

發現：

- (一) 頂蓋邊緣突出高度為外斜時，容器不僅沒減輕重量，反而增加了重量。
- (二) 頂蓋邊緣突出高度為內斜時，容器減輕的重量增加了。

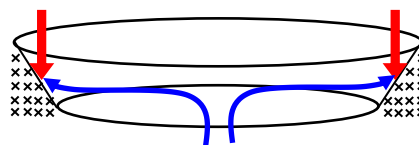
研究討論：

- (一) 原本以為風吹向邊緣高度為外斜的頂蓋時，會產生一個把頂蓋向上抬的分力，而使得減輕的重量增加，如圖十七所示。可是實驗結果反而是相反的。



圖十七 原本以為風力會產生一個向上抬的分力

- (二) 經討論後，我們認為大部分的氣流會順著邊緣高度的周圍流過，造成頂蓋邊緣高度下方的風速較快，氣壓減小，因而產生了向下的作用力，所以造成容器重量增加。而當風吹向邊緣高度為內斜的頂蓋時，情形剛好相反，反而是減輕的重量增加。



圖十八 頂蓋邊緣高度為外斜時，受風吹的氣流情形

陸、 綜合討論

一、要把實驗一的結果作圖同時表達出橫座標、縱座標以及風速大小困擾了我們很久，一直找不到適當的表示法，後來找到了色層分析圖法，可以清楚表示平面上任一位置的風速力大小，可是這作圖法需要專業的數據分析軟體，不僅操作複雜、昂貴，甚至有的還須寫程式，是我們所不能勝任的。最後只好利用 EXCEL 盡力來表達出實驗的結果，經我們不斷摸索的努力，竟然做到了類似色層分析圖的表示法，不僅操作簡單、便宜(免費)又好用，後來實驗二的結果也利用此法來表示。

二、在實驗二之二中，我們改良成四小扇的風源裝置產生了更大的風速。為了驗證周圍的空氣會從雙小扇與雙小扇的間距被吸入，我們做了一個實驗，我們在間距處附近製造出水霧，結果水霧真的從間距處被吸入，如圖十九。就像是有氣流倍增的作用一樣，因增加進風量而增加出風速。



圖十九 水霧從間距處被吸入

我們又進行了另一個實驗來證實有氣流倍增現象，當口直接緊密地對長塑膠袋吹一口氣，長塑膠袋裡只膨脹了一些體積；若口離長塑膠袋口一小段距離吹一口氣，卻可充滿整個體積。



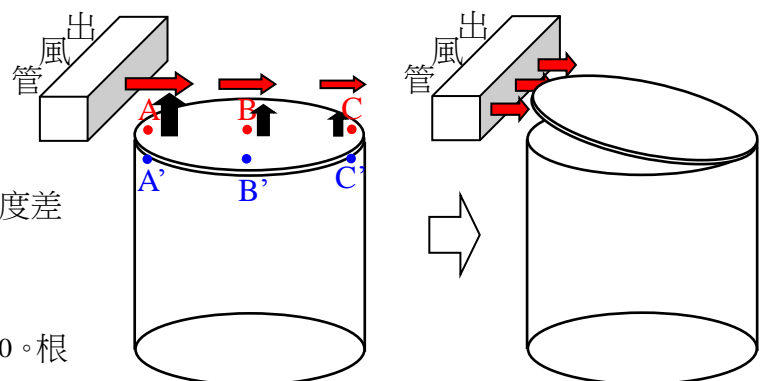
圖二十 證實有氣流倍增現象的另一個實驗

三、蓋子被吹走的原因分析如下：

(一) 在蓋子上、下方各取 3 個位置 ABC 和 A' B' C'，
假設蓋子很薄，因此上下高度差
幾乎為 0，且速度關係分為

$V_A > V_B > V_C$ 和 $V_{A'} = V_{B'} = V_{C'} = 0$ 。根

據伯努利定律， $P_{A'} - P_A > P_{B'} - P_B > P_{C'} - P_C$



圖二十一 蓋子被吹走的原因

在 AA' 處受到向上的壓力較大，因此蓋子從 AA' 處被掀起。

(二) 一旦蓋子被掀起，風力垂直作用於蓋子的面積就愈大，蓋子就愈容易被吹走，如圖二十一所示。

四、容器減輕重量的原因是蓋子受到向上的壓力差所造成，而造成壓力差的原因是頂蓋上下方的風速不同所致。而容器內水位的高低並不會影響風速，所以不會對減輕重量有影響。

五、當頂蓋表面不夠平滑時，會造成頂蓋上方的氣流不穩定，而使得氣壓不穩，因此電子秤所測得的容器重量值會有上下跳動的情形。

六、在改變頂蓋型式對減輕重量的影響實驗中發現，在平面頂蓋邊緣增加外斜高度的型式所減輕的重量最小，甚至還增加了重量，這表示此型式的頂蓋具有避免減輕重量的效果，可以避免頂蓋被強風吹走。此外，我們還設計了圓弧凹面邊緣高度外斜的頂蓋型式，如圖二十二。可惜實驗結果發現，避免減輕重量的效果沒有比平面邊緣高度外斜的頂蓋型式好，所以沒有列入報告裡討論。



圖二十二 圓弧凹面邊緣高度外斜的頂蓋型式

七、蘇迪勒颱風最大風速達 48 m/s，而學校水塔蓋直徑約 40 cm，一般空氣密度查得約 1.293 kg/m³，代入伯努利公式得到可以產生 $\frac{1}{2} * 1.293 \frac{kg}{m^3} * 48^2 (\frac{m}{s})^2 * \pi * 0.2^2 m^2 \approx 187nt \approx 19kgw$ 向上作用力，難怪蓋子會被吹不見。

柒、 研究結論

一、實驗一之一得知，

(一) 最靠近電風扇處的風速並非最大。

(二) 電風扇前的平面風力分布，是兩側風速較小，且風速有向內增大的趨勢。

二、實驗一之二得知，

- (一) 距離電風扇加裝的出風口愈近處，風速愈大。
- (二) 厚度 3 公分的出風管，所測得的風速較大
- (三) 電風扇加裝風罩和出風管後，風力較為集中，但是最大風速卻減弱了約 25%。

三、實驗一之三得知，

- (一) 距離雙小扇加裝的出風口愈近處，風速愈大。
- (二) 雙小扇加裝風罩和出風管後，不僅風力較集中，且風速也幾乎沒有減弱。

四、實驗二之一得知，

- (一) 輸入電壓愈高時，無風罩雙小扇前的風速會愈大。16V 時最大風速達 9.9 m/s。
- (二) 輸入電壓愈高時，有風罩出風口前的風速也會愈大。16V 時最大風速達 8 m/s。
- (三) 在 16V 時在出風口處測到最大風速達 8 m/s，比在 12V 時測到最大風速(5.7 m/s)提升約 40%。

五、實驗二之二得知，當四小扇前後間距為 2cm 時，出風口前的風速最大，達 9.2 m/s，比實驗二之一 16V 雙小扇的最大風速(8 m/s)又提升約 15%。

六、實驗三得知，

- (一) 當出風口與蓋子的垂直距離為 0 公分時，所減輕的重量最多。
- (二) 當輸入的電壓愈大，所減輕的最大重量愈多。
- (三) 電壓 16V，出風口與蓋子的垂直距離為 0 公分時，容器最大減輕重量為 2.6gw。

七、實驗四得知，容器內水位高低並不會對減輕重量有影響。

八、實驗五得知，

- (一) 靠近出風口處的容器面積分布愈多，所受的作用力就愈大，減輕的重量愈多。所以，正方柱體 A、長方柱體 A 和三角柱體 A 所減輕的重量，分別大於正方柱體 B、長方柱體 B 和三角柱體 B。
- (二) 正方柱體 A 所減輕的重量最多，長方柱體 A 所減輕的重量為其次，而長方柱體 B 所減輕的重量最少。

九、實驗六得知，不同材質的頂蓋對減輕重量的影響差不多，除了表面較不平滑的瓦楞板頂蓋所造成的影響稍有不同之外。

十、實驗七得知，

(一) 當蓋子邊緣突出高度為垂直方向時，高度為 0.75cm 的避免減輕重量效果較佳。

(二) 改變蓋子邊緣突出高度的傾斜方向時，外斜型式的避免減輕重量效果最佳。

捌、 參考資料

一、王天胤(民 59)。自然科學大百科—14:大氣科學(45 頁)。台北市：綠地球股份有限公司。

二、柯綉雪(民 90)。知識科學百科全書—氣象篇 千變萬化的氣象:風的等級(411 頁)。台北縣：鐘文出版社。

三、高原清(民 82)。牛頓科學研習百科—物理:流體的科學(44 頁)。台北市：牛頓出版股份有限公司。

四、莊朝根(民 72)。大氣科學百科:和颱風同類的風有哪幾種呢?(67 頁)。台南市：世一文化事業股份有限公司。

五、許鐘榮(民 90)。新知識—氣象預測:颱風。台北縣：圖文事業股份有限公司。

【評語】 080102

1. 本作品為生活化的實驗探究。
2. 水塔為家家必備的儲水設備，探究水塔蓋被吹走的問題具有實用性，是一件融入生活的有趣研究。
3. 建議除了形狀尺寸外，宜和其他可能方式作比較。