

臺灣二〇〇四年國際科學展覽會

科 別：工程學科

作品名稱：以圓錐套和熱電半導體來改善傳統電風扇效能的研究

得獎獎項：儲備作品

學 校：臺北市立麗山高級中學

作 者：邢本元、黃維綱

An attempt on improving the effectiveness of traditional electric fans by means of a coned head and thermoelectric semi-conductors

Electric fans are a necessity during summer, especially in a hot and humid place such as Taiwan. A typical electric fan is primarily composed of an electric motor with fans mounted on a strut with user adjustable elevations. This setup presents several problems, including (a) the danger of an accidental tip-over due to the fan's elevated weight center (the heavy motor), (b) high wind dispersal rates, (c) room temperature winds, (d) excessive noise and (e) old, antiquated exterior appearance. This particular study attempts to alleviate all these problems. First the weight center is lowered to ground level by removing the entire strut and placing the motor close to the floor. Next by using calculations from the continuity equation ($\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$) a cone shaped “horn” device is placed over the fan in order to concentrate the wind, effectively increasing its speed while decreasing the audible noise level. Finally, an attempt was made to lower the temperature of the air in the interior of the horn by the placement of a thermoelectric semi-conductor cooling device. Our results were that the horn device worked, significantly lowered the wind dispersal rate and achieved an important objective. However, the thermoelectric cooling solution proved to be highly inefficient unless accompanied by precise wind speeds. Even without the cooling function, this new electric fan still has many distinct advantages over traditional fans such as improved safety, concentrated winds and high expandability. For instance, filters can be integrated to purify air, even an audio speaker can be made into the form of this fan.

中文摘要

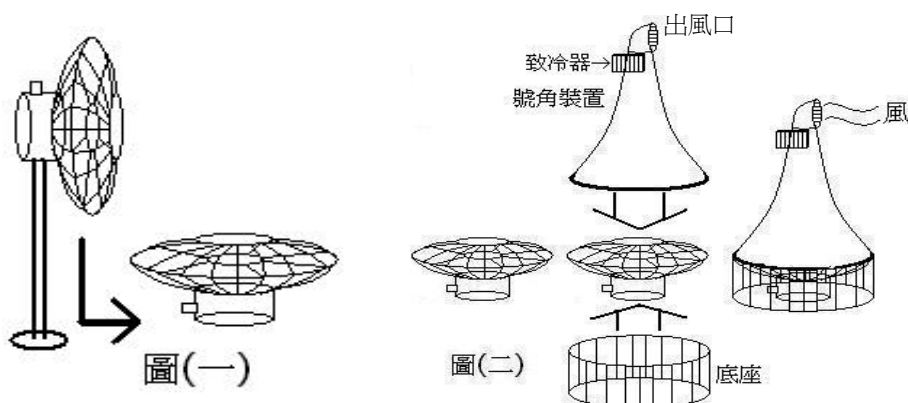
電風扇在炎熱的夏日中為冷器以外不可或缺的生活用品。一個典型的電風扇是由架在可調高度鐵柱上的馬達及風扇構成。現行傳統電風扇有幾個缺點，一、馬達風扇(即重心)位置高，有易傾覆的缺點。二、風力分散，風速不高。三、吹出不可調室溫溫度的風。四、外觀呆板，傳統無奇。五、多噪音等。本研究根據這幾點傳統電風扇缺點，試著設計新的電風扇。首先將柱子移除使重心降至接近地面處。接著根據連續方程式(continuity equation $\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$)製作圓錐狀「號角」裝置套於電風扇上以集中風力並減少噪音。最後企圖使用熱電半導體的致冷器降低輸出風的溫度。研究結果發現號角裝置有效達到預期的集中風力增加範圍目的。不幸發現以熱電半導體降溫的方式效率低且耗損過多能量所以可行性較低。雖然沒有降溫功能，本電風扇仍較傳統電風扇多出許多好處，例如加強的安全性、集中的風和強大擴充性。號角裝置可包含空氣清淨甚至音箱功能充當喇叭。

壹、研究動機

現行傳統電風扇有幾個缺點：

- 一、馬達風扇位置高，有易傾覆的缺點。
- 二、風力分散，風速不高。
- 三、吹出室溫溫度的風。
- 四、外觀呆板，傳統無奇。
- 五、多噪音等。

我們根據這幾點傳統電風扇缺點，試著設計新的電風扇，本作品有下列優點：將電風扇的主要部分馬達與風扇平放在地上並套上「號角」罩且在上方開一出風口(由汽車之冷氣出風口製成)，因上方出口之截面積較小，根據連續方程式得吹出的風速較大，可達到集中風力、增加風速之效。另外特製底座使重心更穩。(見圖一、二)



貳、研究目的

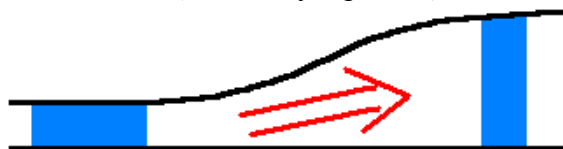
本研究目的想找出實驗數據，以驗證創新風扇較傳統風扇優秀。

- 一、傳統風扇的風速、方向性與集中性的研究。
- 二、號角型風管的外型對風速的增加的研究。
- 三、致冷器降溫能力研究。
- 四、比較：本作品將傳統電風扇之馬達(即重心)部分降低接近地面以減少傾覆之可能性。(見圖一)

參、研究方法或過程

一、原理

1. 連續方程式(continuity equation)



公式推導：

假設一物質，由截面積小的地方流至截面積大的地方（如上圖），其質量必不變，而質量等於密度乘體積，而體積等於截面積乘長度，而長度又等於速度乘時間，整理如下：

$$\begin{aligned}\text{質量} &= \text{密度} \times \text{體積}。 \\ &= \text{密度} \times \text{截面積} \times \text{長度} \\ &= \text{密度} \times \text{截面積} \times \text{速度} \times \text{時間}\end{aligned}$$

$$= \rho \times A \times V \times T$$

$$= K \text{ (定值)}$$

但在此密度及時間我們並不考慮在內，所以說截面積乘速度會成定值，故可得到

$$A_1 V_1 = A_2 V_2。$$

2. 重心公式

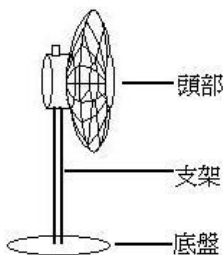
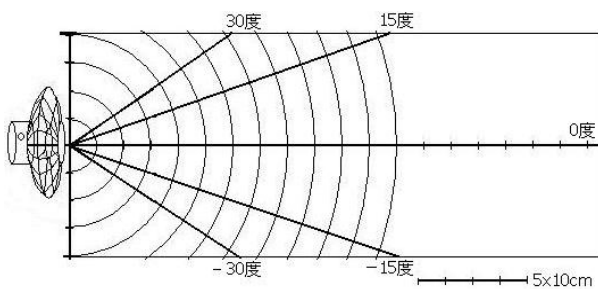
一直線上的 N 個質點系統重心座標為 X_G ，則

$$X_G = (W_1 X_1 + \dots + W_N X_N) / (W_1 + \dots + W_N)$$

二、成品設計

1. 傳統電風扇

a. 先徵對傳統電風扇進行「風速之擴散與遞減測量」。分別於距電扇 20 至 220 公分間每隔 20 公分處量風速(m/s)以了解其擴散情形。(見下圖)



b. 將傳統風扇分解為三部份：

頭部(馬達及扇葉等)、支架，以及底盤；分別測量其重量及高度，並利用重心公式測出風扇之重心座標。

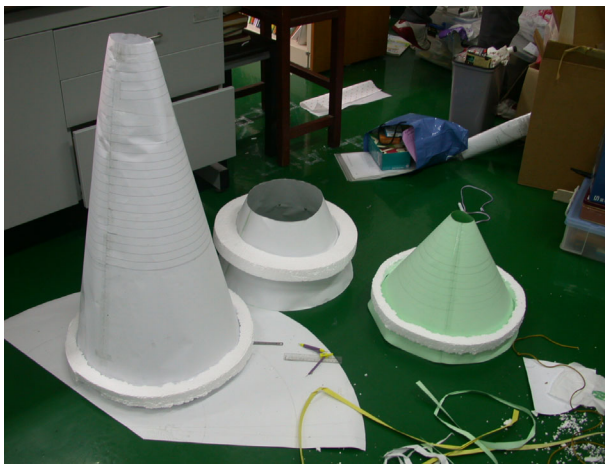
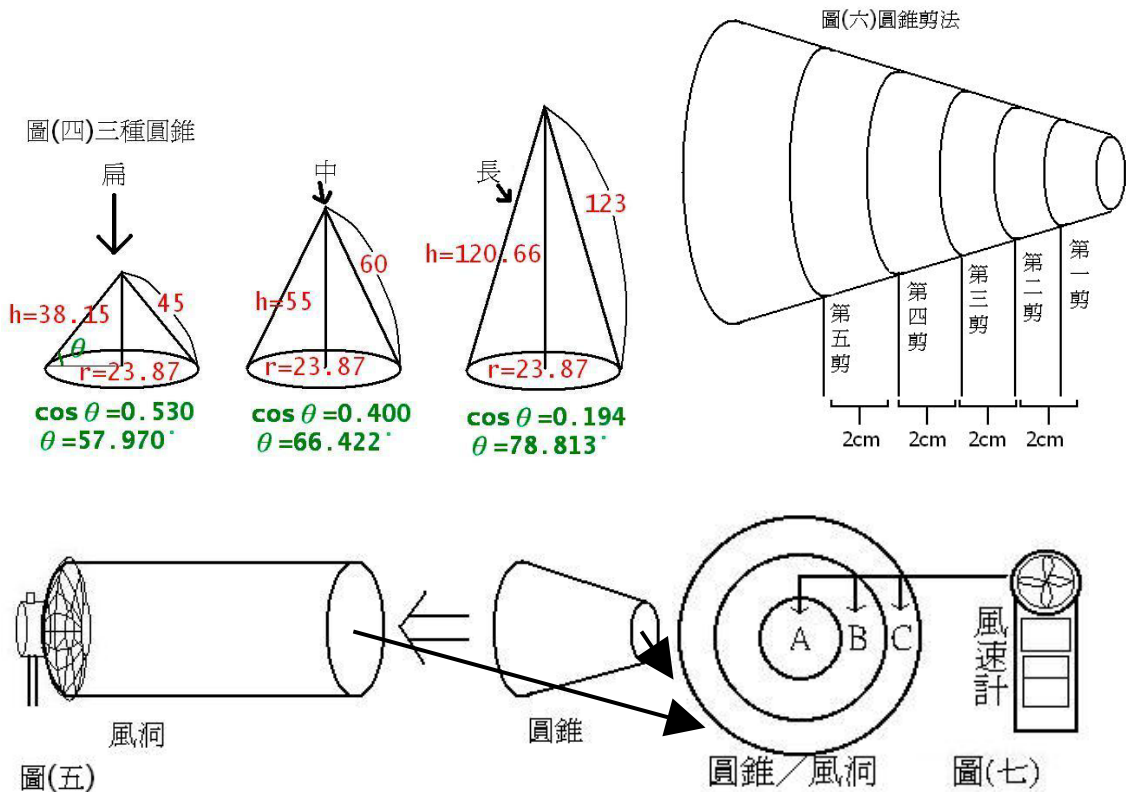
由於重心之橫座標超過之頂便會傾倒，便可由畢氏定理及三角函數算出其傾倒角度。

以瓦楞紙板裁剪計算出之角度，將風扇傾斜並以紙板比對實驗之傾倒角度。

2. 新型風扇製作

a. 因為製作「號角」並不容易，於是我們嘗試用壁報紙捲成圓錐狀(如下左圖)，藉以達到類似成品之效果，並且做同上的風速測量。爲了了解最佳號角尺寸的比例

進行以下研究：製作一長約一公尺之「風洞」套於電風扇上，再分別套三種圓錐於風洞上。如圖四、五所示。對圓錐每二公分剪一刀以擴大其直徑(如圖六)，再測量風速之改變製下列數據表格(其中輸入風已經過套於電風扇的風洞)。



測量方式如下：以風速計量左圖七中 A B C 三處之風速按其比例加以平均得風洞中及圓錐出風口的風速。找到最佳圓錐後，配合 100 公分，66 公分，33 公分之風洞進行測試找出最佳組合。根據這個比例設計最終成品。

- b. 一樣將改良後的電扇分為三部份：圓錐、圓筒，及底座(馬達及扇葉等)；分別計算其重量及高度，並利用重心公式測出風扇之重心座標。

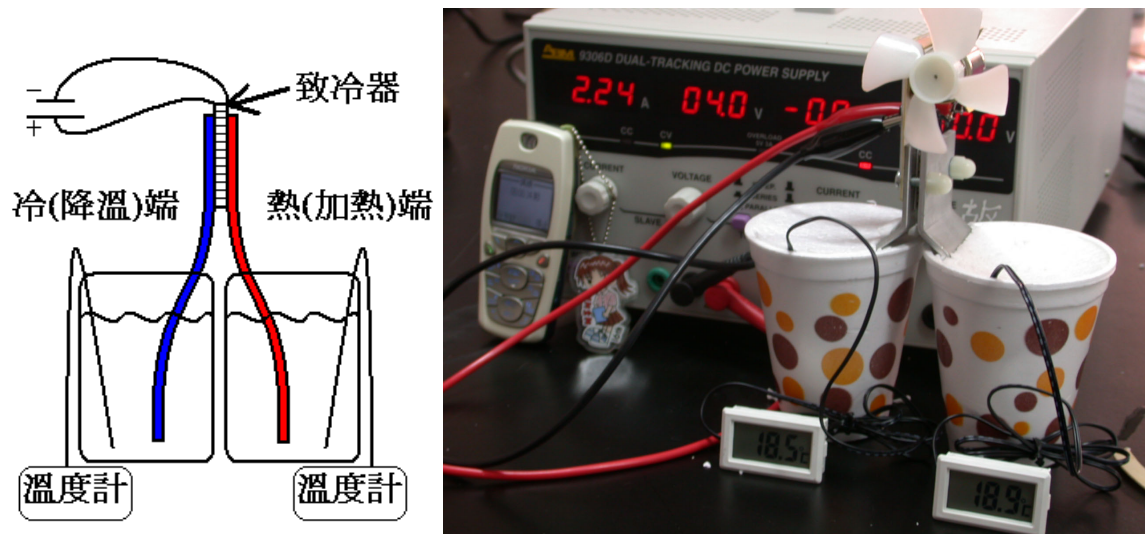
相同的利用由畢氏定理及三角函數算出其傾倒角度。

3.致冷板(熱電半導體)植入

使用致冷器以電流產生溫差(熱電半導體 Thermoelectric Semiconductor)，將較冷的部分置於號角內降低其中氣流之溫度，達到部份冷氣效果。亦可反置電流提高號角內的溫

度達暖氣效果。爲要測試致冷版之最大溫差，我們將致冷板較熱的一端裝上電腦中央處理器的散熱風扇，使熱較不容易傳導至另一端，變換電壓並且以電子溫度計測量其溫度改變。

爲了解致冷器降溫的效能卻又難以直接對空氣實驗，設計裝置測量其對水降溫的效果。



上圖中將致冷器裝上二片鋁片分別浸於二杯質量相等(100 公克)且以保麗龍隔熱的水中，通予直流電(4 伏特，2 安培)後觀察其溫度變化。理論上熱端的水溫會持續上升，而冷端的水溫降持續下降。另外以水的質量、溫度變化量與輸入的電量算出此過程中有多少熱散失於鋁片與空氣中。

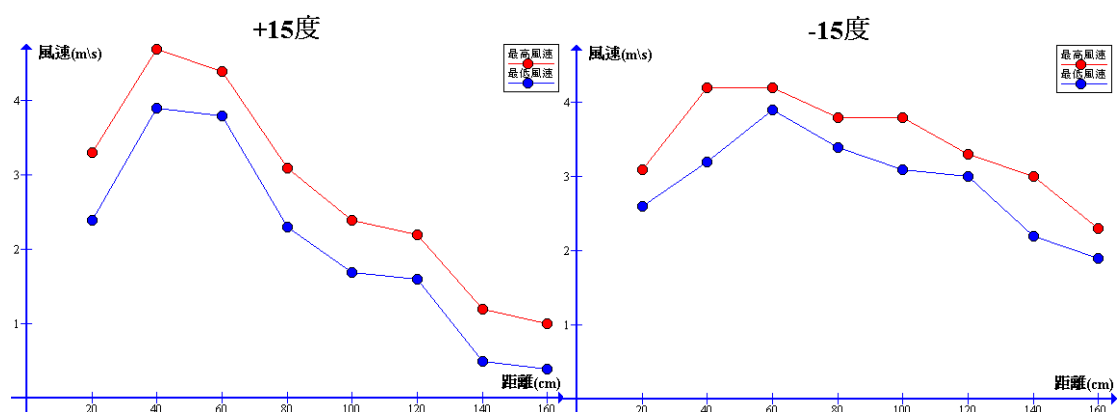
4.外加功能與擴充性

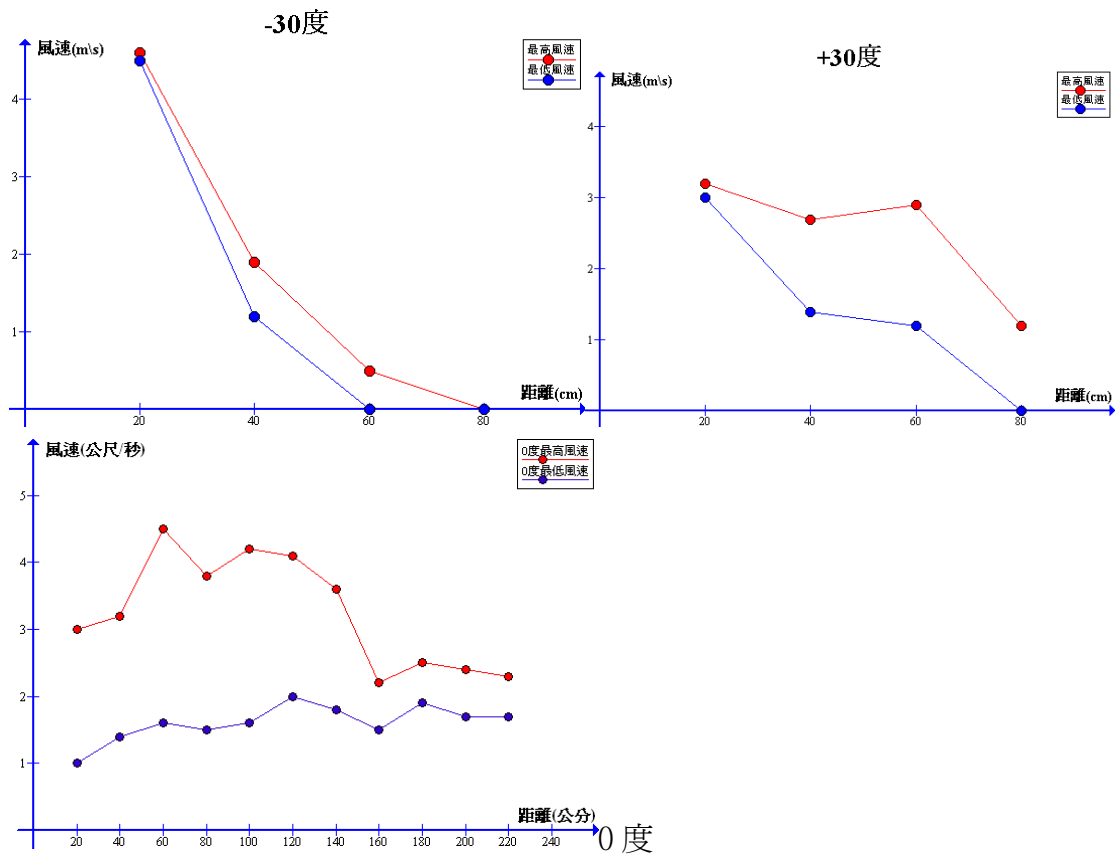
因致冷器之一端會產生許多熱能，爲避免浪費特設保溫裝置吸收其餘熱，用途可包含泡茶或咖啡保溫。另外號角裝置可包含芳香劑、空氣清淨或音箱功能充當喇叭。這些都是本作品強大擴充性的幾項具體實例。

肆、研究結果與討論

一、傳統電風扇測量

首先根據對傳統電風扇進行「風速之擴散與遞減測量」所得數據製作圖表例舉其如下：



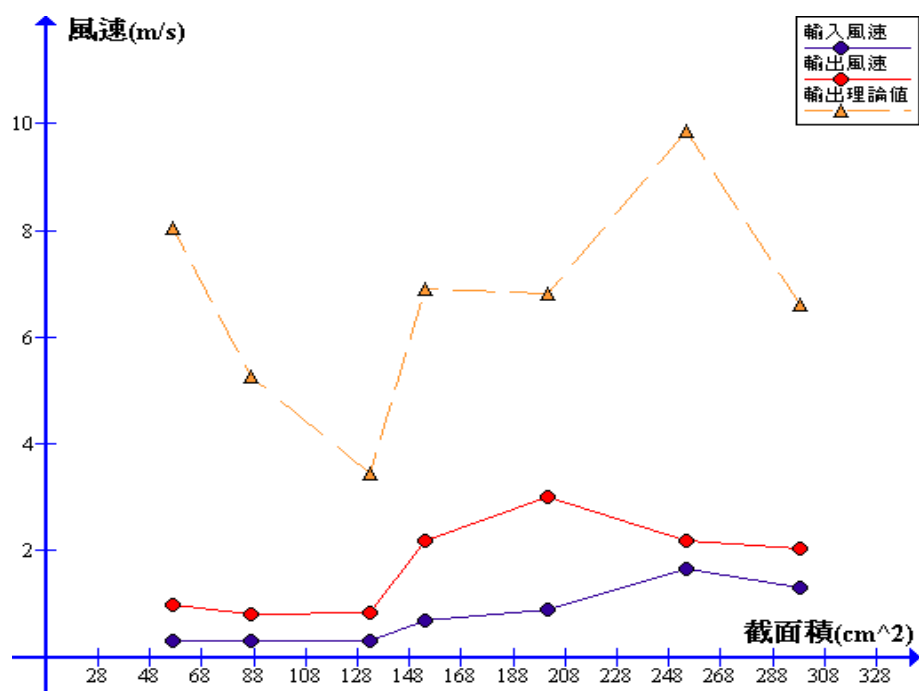


我們根據以上數據認為傳統電風扇的風在偏離中線約 15 度時最大，即有向外擴散之趨勢。而改良後的電風扇無此疑慮。

二、新型電風扇外型 由 $A_1V_1 = A_2V_2$ ，理論上穩定且不壓縮的氣流通過截面積和速度的乘積會成定值，也就是說圓錐出風口越小，風速就越大。經由實驗所測得的數據如下：

1. 扁圓錐：

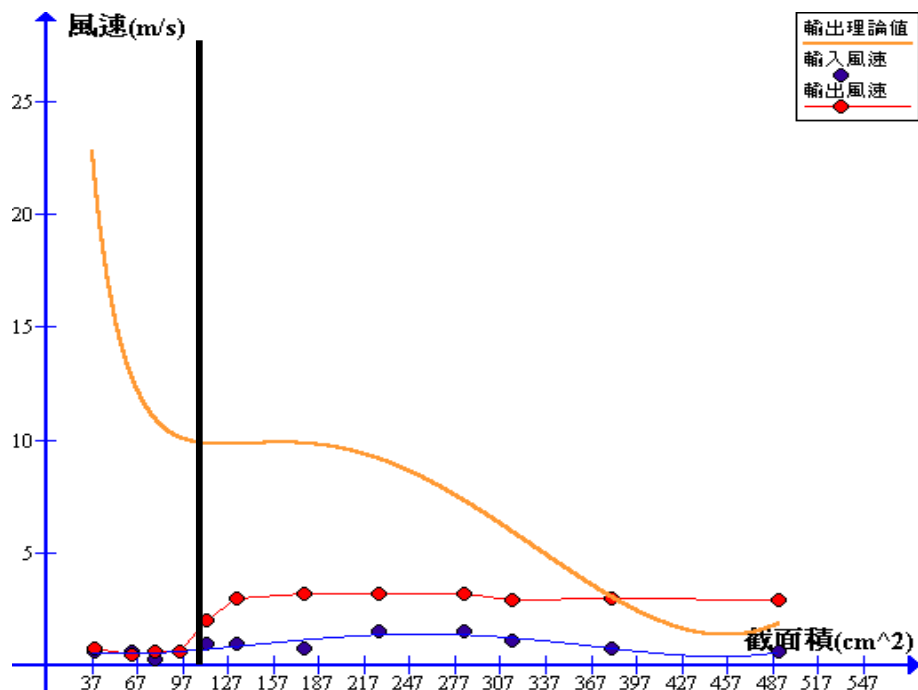
表一



本錐剪最後數據混亂且不穩定，判定是因太「扁」(風管面積驟減)，導致風的亂流加強及逆流產生。

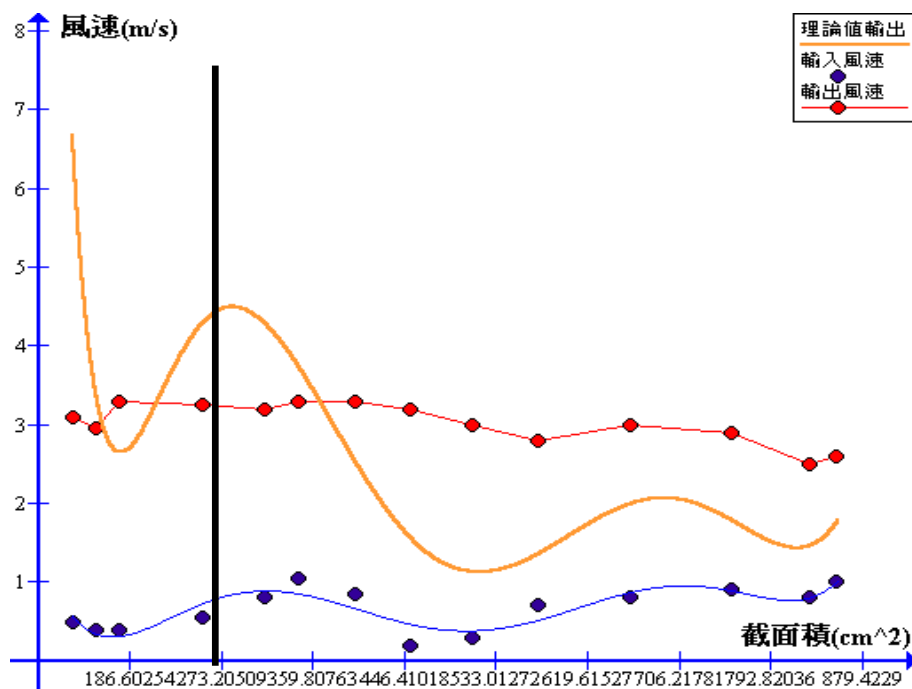
2.中圓錐：

表二



3.長圓錐：

表三



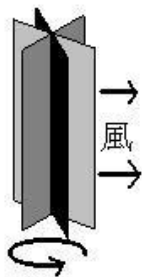
除了扁圓錐(表一)外，其他二個圓錐(表二、表三)會因出口截面積減小而使風速加大，以長圓錐為佳。

上列圖表中縱向黑線右側較符合連續方程式，左側可能有阻塞甚至還有逆流的現

象，因此我們做了一些推論：

- a.圓錐出風口面積過小，以至於空氣急速壓縮，產生極大的亂流。
- b.風扇本身輸入風速過強，又沒整流，自然產生亂流。
- c.擴大圓錐開口面積時，輸出端與輸入端距離變短，影響實驗值之風速增高，使得實驗數據該下降的現象不夠明顯。

根據連續方程式算出之圓錐輸出風速理論值與實驗值之比較，有相當大的差距。雖然如此，號角裝置仍有達到部份集中，可加強風力的效果並有效避免不必要的擴散。找到最佳圓錐後，配合長 100 公分，66 公分，33 公分之風洞發現 33 公分的效果最好。根據這個比例設計號角裝置並於本高中專題研究課程中對三十名學生做過初步調查，約有二十五人感興趣。



圖三 此外新的直立式吹風機(如圖三)使用「鼓風機」原理產生風，但效率較螺

旋槳式低，也產生較大噪音，使用本設計之電風扇可避免此弊病並提升效率。本電風扇之設計異於傳統電扇甚多，具有創新性與現代感。

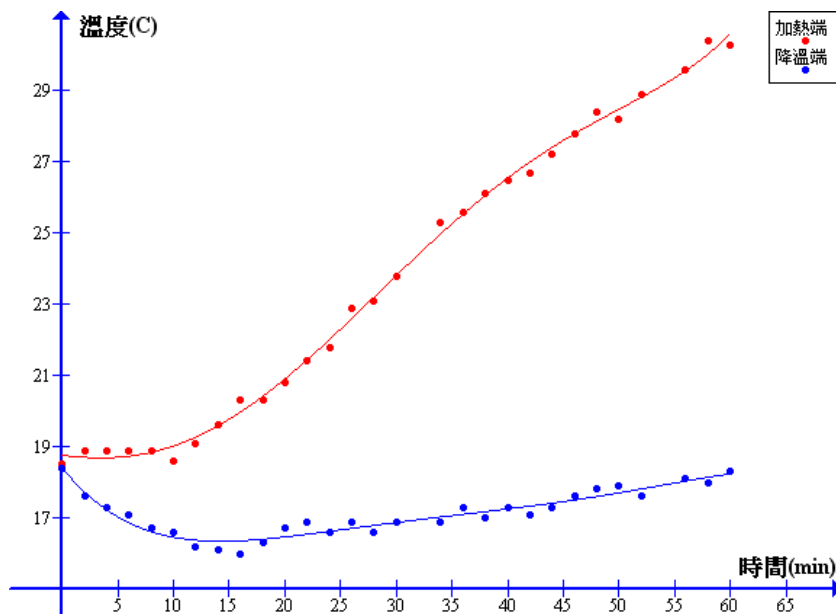
三、致冷器效果

依照說明書上的規格表，致冷版在最大電壓 12V 時，兩側應產生 60°C 的溫差；就我們實驗設計而言，冷的一端越冷越好，熱的一端便需要降溫。但測試的結果，電壓超過 11.5V 時，冷的一端便開始升溫；而在 11.5V 時，最低溫約為 2°C，兩端溫差約為 56°C，實際操作後與我們所預期降低風的溫度的效果，還是有一段距離。以下我們歸納出幾點：

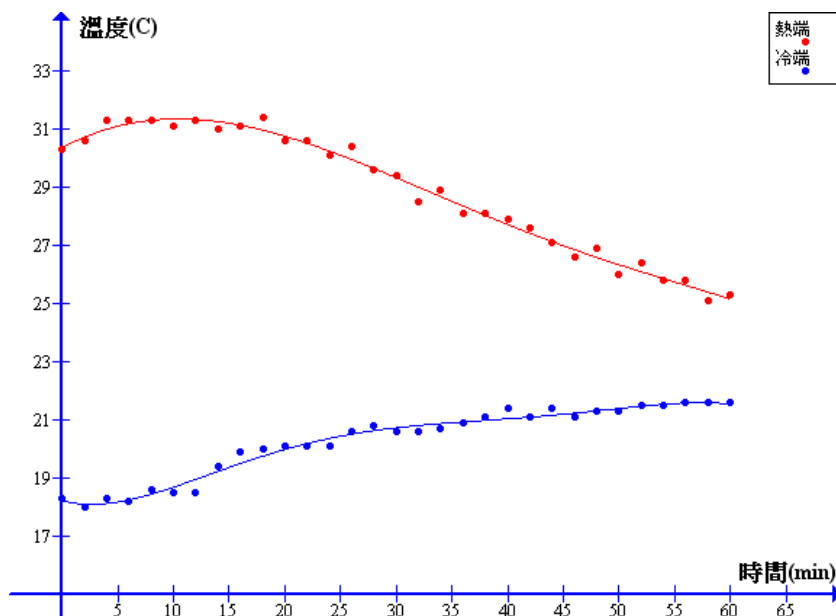
- 1.散熱風散功能不夠強，以至於無法將熱有效的排開。
- 2.受到外界溫度的干擾，使熱不容易散去。
- 3.致冷板兩端過於靠近，使溫度互相干擾。

致冷器再水中的試也可看出以上三點，其數據如下：

表一，致冷器打開時



表二，致冷器關後



從上圖中可看出加熱端的溫度有逐漸升高，但降溫端的溫度過了約十六分鐘後反而開始上升，推判其原由即冷端因受熱端散熱不佳影響而不能繼續降溫。因為在任何電風扇中物質接以動態流過，所以需要再考慮流速的問題。

我們取用致冷器開啓時前十六分鐘(冷端仍有降溫時)之數據以公式

$$\Delta H = MS\Delta T$$

計算運作過程中散失於空氣中的能量(熱)在致冷器輸入能量中佔的比例以得知其運作效益。

電壓(V)	電流(A)	熱端水量(g)	冷端水量(g)	15 分內輸入能量	
4.0	2.0	100.00	100.00	7200 J	
熱端溫度變化量		冷端溫度變化量		總溫度變化量	
1.5 °C (630 J)		-2.7 °C (1134 J)		4.2 °C (1764 J)	
鋁片散失能量	空氣散失能量	總散失能量	總散失量占之比例	鋁散失量占之比例	空氣散失量占比例
1710.66 J	3725.34 J	5436 J	75.5%	23.78%	51.72%

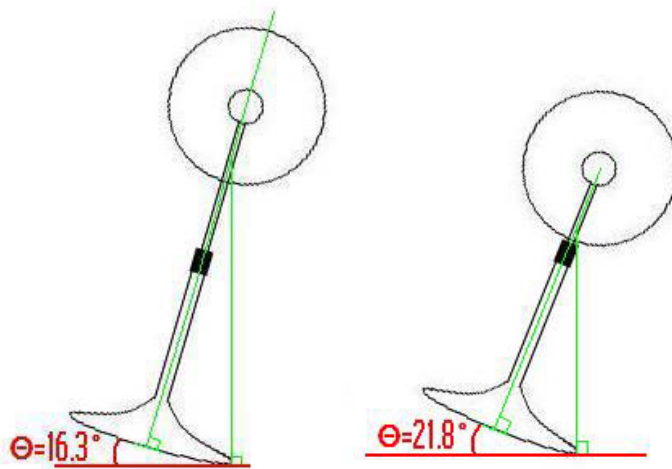
本實驗以水模擬空氣。我們已知在十五分鐘內可讓水降溫攝氏 2.7 度，現在假設欲以同樣的方式使空氣降溫十度；根據公式($\Delta H=MS\Delta T$)計算出所需空氣質量為 112.5 公克；再經由於網路上查得之理想空氣密度與理想氣體方程式($PV=nRT$)可知 112.5 公克的空氣在攝氏 18 度下占 23.88 公升。再經由下列公式：

$$v(\text{m/sec}) = \Delta M / \Delta t(\text{g/sec}) \cdot \Delta V / \Delta M(\text{m}^3/\text{g}) \cdot 1/A(1/\text{m}^2)$$

得知理想風扇速率約為 6.91(m/sec)；當流速太快時降溫有限，而流速太慢時反而會變熱。

四、重心與安全性

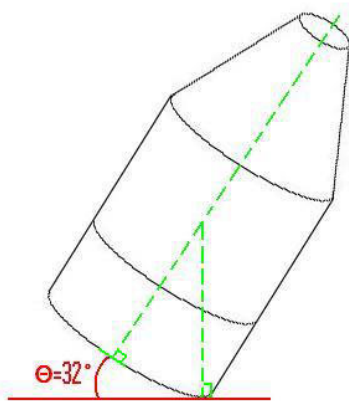
1. 傳統風扇所測出的結果：



最長	部位	質量	高度	中點座標 (地面為 0)	傾倒角度
	頭部	4 kg	45 cm	102 cm	$\Theta=16.3^\circ$
	支架	1 kg	80 cm	47 cm	
	底座	1 kg	6 cm	3 cm	
最短	部位	質量	高度	中點座標 (地面為 0)	傾倒角度
	頭部	4 kg	45 cm	70 cm	$\Theta=21.8^\circ$
	支架	1 kg	50 cm	31 cm	

	底座	1 kg	6 cm	3 cm	
--	----	------	------	------	--

2. 改良風扇所測出的結果：



部位	質量	高度	中點座標 (地面為 0)	傾倒角度
圓錐	4 kg	1.29 cm	74.1 cm	$\Theta=32^\circ$
圓筒	1 kg	2.5 cm	40.5 cm	
底座	4 kg	24 cm	12 cm	

由上面所測出之數字可顯示改良後風扇較不易傾倒。

伍、結論與應用

一、結論

- 1.實驗傳統電風扇風力遞減及擴散狀況。
- 2.根據連續方程式使圓錐號角裝置仍有達到部分集中，加強風力的效果。
- 3.發現熱電半導體製程的致冷器降溫效率欠佳，耗損過多能量。
- 4.考慮到新型電風扇廣大的擴充性。

二、應用

原設因致冷器之一端會產生許多熱能，為避免浪費特設保溫裝置吸收其餘熱，用途可包含泡茶或咖啡保溫。但是號角裝置可包含芳香劑、空氣清淨或音箱功能充當喇叭。尤其是喇叭的可行性最好。

陸、參考資料、附錄

一、網路資源

1. <http://www.thermoelectrics.com/> Thermoelectrics.com
2. <http://www.zts.com/ztreports/vin97a/> The Thermoelectric Process
3. <http://www.its.org/> International Thermoelectric
4. <http://www.chinahbo.org.cn/books/sygyyx/11.htm> 中华高压医学资讯网

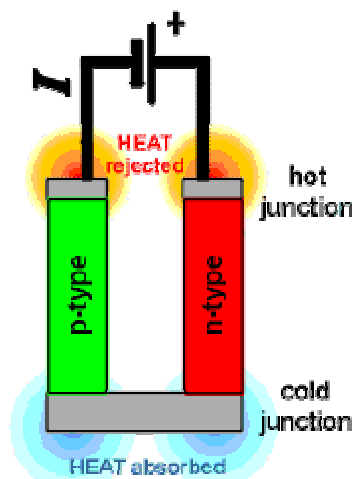
二、書籍

1. 南一書局；高級中學物質科學物理篇教科書下冊
2. 九章出版社，G. Polya；怎樣解題 第二版，中華民國九十一年八月
3. 國立編譯館；國民中學理化教科書第一冊 再版，中華民國八十九年八月

三、熱電半導體運作原理

Peltier 效應：

Electrical power input

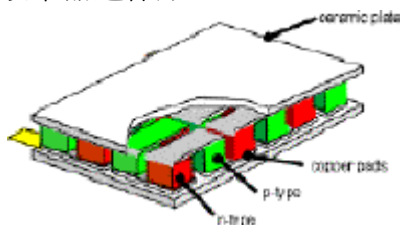


如上圖所示，將溫差電偶(由 N-Type 與 P-Type 半導體構成)通過電流，熱會自「冷端」(Cold Junction)導至「熱端」(Hot Junction)排出。只要熱端有持續排熱，冷端之溫度將急速降低。其熱端及冷端之溫差會受電流大小影響，其關係為：

$$T \propto I$$

即通過的電流和所產生之溫差成正比。

致冷器運作原理：



↑ 電流通過時上下會一邊冷一邊熱

上為一個典型的「熱電模組」(致冷器)。此模組包含了數對由 N-Type 與 P-Type 半導體構成的溫差電偶。通電時熱會因上述之 Peltier 效應從其中一邊排出，另一邊則會降溫。

評語及建議事項

利用圓錐套的幾何形狀探討電風扇效能的提昇，基本上是一創意的，但在學理上整體是有待加強，而應用的層面應有適當的考量。