

屏東縣第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：物 理 科

組別：國 小 組

作品名稱：白努力效應之風力車研究

關 鍵 詞：白努力定律、康達效應、牛頓運動定律

編號：A2011

目錄

摘要-----	P.2
壹、前言-----	P.2
貳、研究設備及器材-----	P.4
參、研究過程與方法-----	P.5
肆、研究結果-----	P.11
伍、討論-----	P.13
陸、結論-----	P.14
柒、參考資料及其他-----	P.15

摘要

在不同型態的柱體旋轉之下，因為白努力定律與康達效應的影響，使得模型車往氣壓小的一側運動。再利用牛頓運動定律來測定車速與作用力的關係，進而推斷出柱體轉速與旋轉柱體表面的關係。再多次實驗取得相關數據，由實驗數據分析出何種柱體旋轉所產生的推力最佳。

實驗發現，旋轉柱表現的好壞分別是：圓柱優於四角柱在優於三葉片柱，最差是片柱。又纏繞毛根之後，整體表現均有進步。最後再將旋轉柱固定之後。表現又進步更上一層樓。

壹、前言

一、研究動機：

汽車要有汽油才能前進，gogoro 也要有電池才能驅動。雖然所有動力車都須要能量才能驅動，我們想，是否有更節省能源的方法來讓車子前進。所以開始我們的探尋之旅。

首先我們有考慮火力來驅動，實驗利用蠟燭來替代，可是會造成空氣汙染。後來又化學反應的熱能，可是實驗裝置太大，無法裝入車內。後來又考慮太陽能，可是電力的轉換效率太低，無法答到我們的預期標準。最後我們想到利用風力，接下來就是我們的研究之旅。

二、研究目的：

(一)、不同旋轉柱對車速的影響。

1. 旋轉柱有：圓柱、四角柱、三葉片柱、片柱。

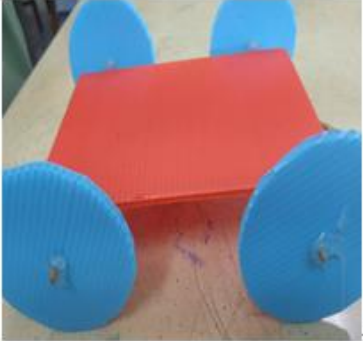







(二)、旋轉柱纏繞毛根。

(三)、旋轉柱用鐵絲固定。

三、文獻回顧：

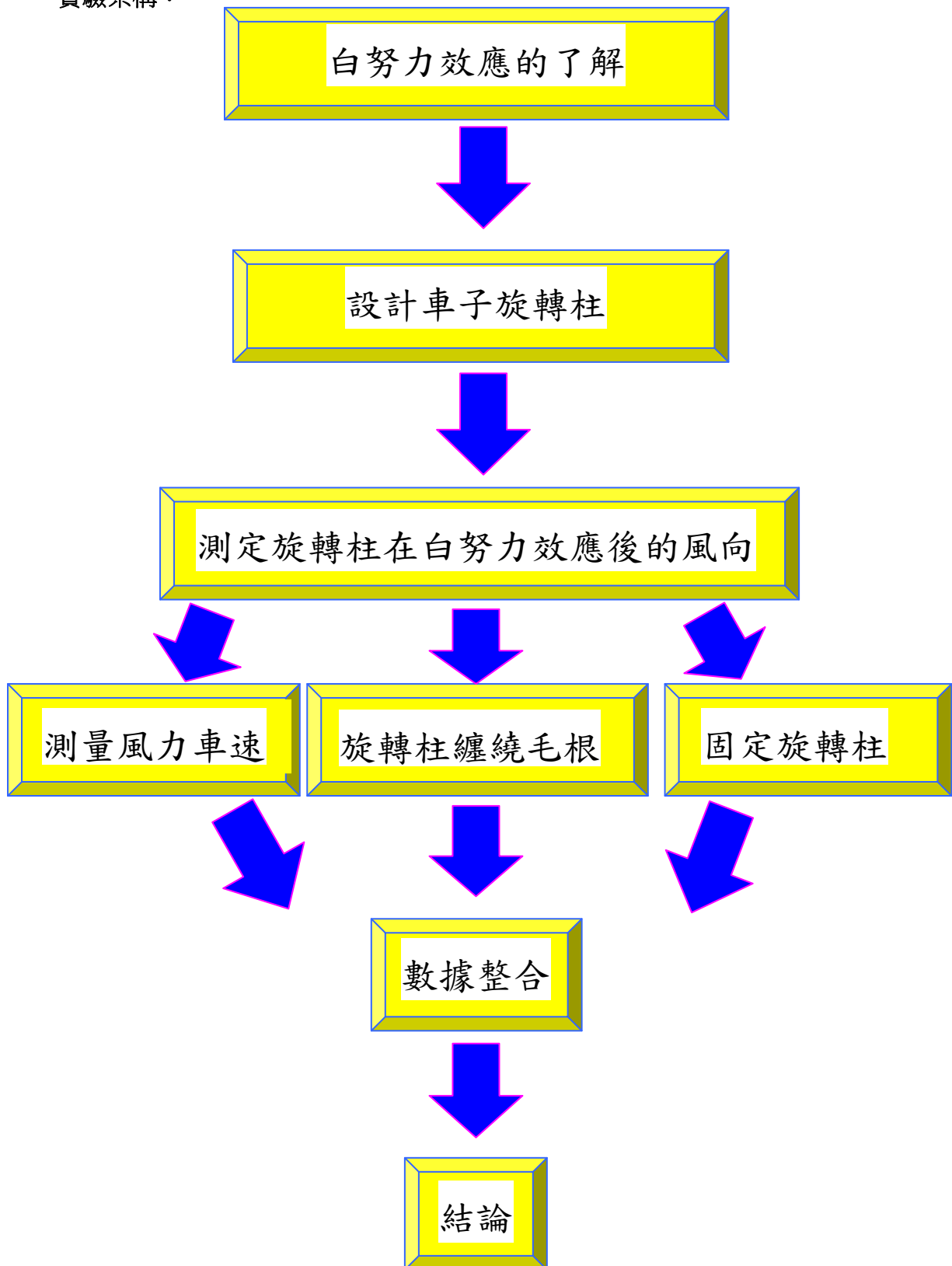
1. 白努利原理，是流體力學中的一個定律，描述流體沿著一條穩定、非黏性、不可壓縮的流線移動行為。在流體動力學，白努利原理指出，無黏性的流體的速度增加時，流體的壓力能或位能（位能）總和將減少。白努利原理，也可以直接由牛頓第二定律推演。說明如下：如果從高壓區域往低壓區域，有一小體積流體沿水平方向流動，小體積區域後方的壓力自然比前方區域的壓力更大。所以，此區域的力量總和必然是沿著流線方向向前。在此假設，前後方區域面積相等，如此便提供了一個正方向淨力施於原先設定的流體小體積區域，其加速度與力量同方向。此假想環境中，流體粒子僅受到壓力和自己質量的重力之影響。先假設如果流體沿著流線方向作水平流動，並與流體流線的截面積垂直，因為流體從高壓區域朝低壓區域移動，流體速度因此增加；如果該小體積區域的流速降低，其唯一的可能性必定是因為它從低壓區朝高壓區移動。因此，任一水平流動流體之內，壓力最低處有最高流速，壓力最高處有最低流速。
2. 康達效應，亦稱附壁效應。流體離開本來的流動方向，改為隨著凸出的物體表面流動之傾向，並使周圍流體逸入此一噴流中。由於流體移動方向改變，使得周圍產生壓力較低的區域，此稱為寬德效應。
3. 牛頓運動定律，描述施加於物體的外力與物體所呈現出的運動彼此之間的關係。這定律被譽為古典力學的基礎，是英國物理泰斗艾薩克·牛頓所提出的三條運動定律的總稱。這定律的現代版本通常表述為：
第一定律：假若施加於某物體的外力為零，則該物體的運動速度不變（慣性定律）
第二定律：施加於物體的外力等於此物體的質量與加速度的乘積（加速度定律）
第三定律：當兩個物體交互作用於對方時，彼此施加於對方的力，其大小相等、方向相反（作用力與反作用力定律）

貳、研究設備及器材

<p>PP板</p> 	<p>馬達和電池盒</p> 	<p>熱熔槍</p> 
<p>吹風機</p> 	<p>毛根</p> 	<p>碼表</p> 
<p>鐵絲</p> 	<p>白膠</p> 	<p></p>

參、研究過程與方法

一、實驗架構：



二、實驗步驟

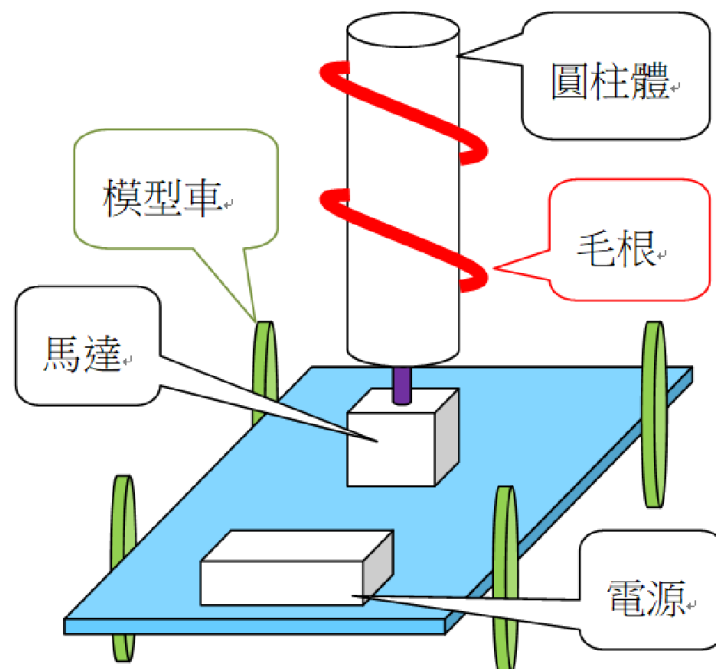
(一)、製作簡易模型車：

1. 使用 PP 板來製作模型車。同時製作四台，並做相同的實驗。取數據來統計並平均之後分析。
2. 四種模型車，裝上四種不同的馬達如下圖(1)所示，然後製作不同的旋轉柱，來測試車速。



圖(1) 模型車製作與馬達安裝

3. 白努力模型車整體示意圖，如下圖(2)所示：



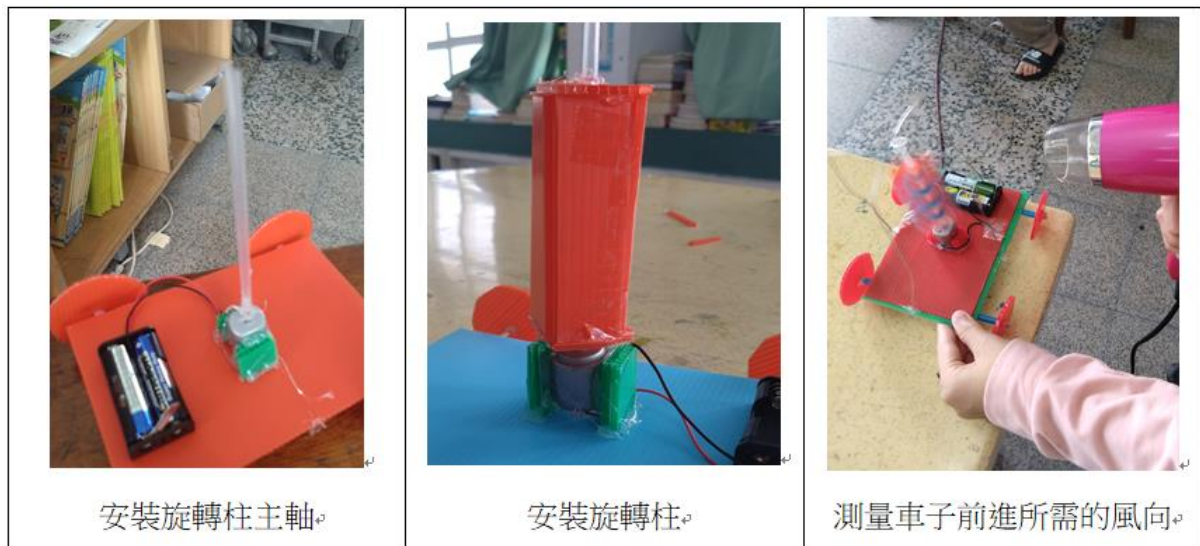
(二)、不同旋轉柱對車速的影響。

1. 旋轉柱分別有：圓柱狀、四角柱、片狀、三葉片，共四種。如下圖(3)所示。



圖(3)為說明旋轉主體的種類

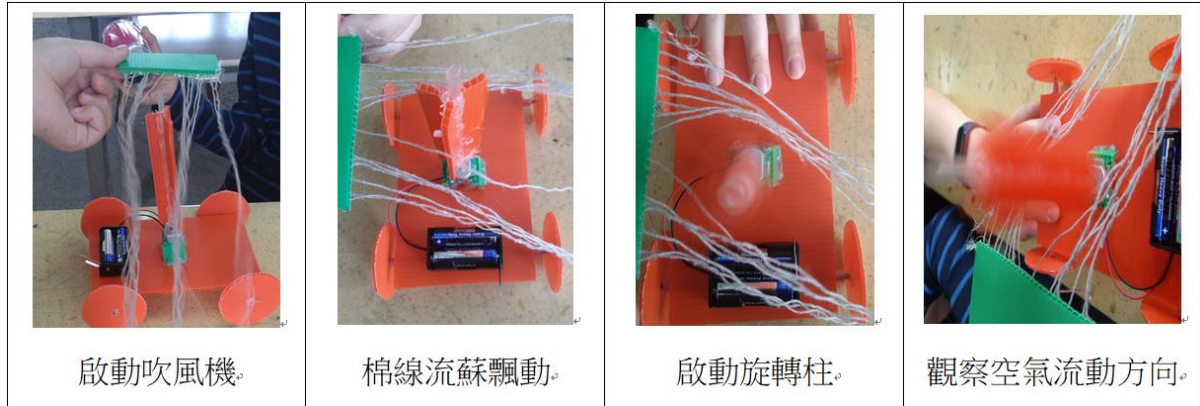
2. 將四種不同的旋轉柱安裝在馬達上。並測量風速的方向。如下圖(4)所示。



圖(4) 測試馬達的轉速與風向作用力的方向

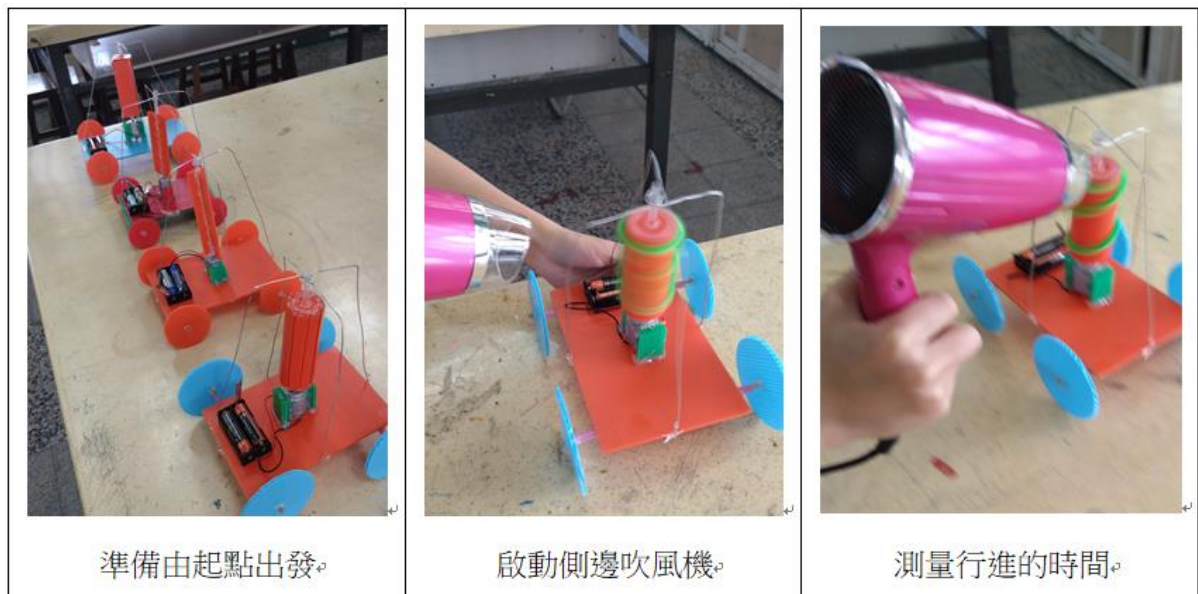
3. 測量不同的旋轉柱，所需要的方向：如下圖(5)所示。

- (1). 啟動吹風機，讓棉線的流蘇穿越旋轉柱的周圍。
- (2). 啟動旋轉柱，觀察流蘇的流動方向，即可看到空氣流動的方向。
- (3). 每一種旋轉柱都要測定，確定各種旋轉柱所需的風力方向。



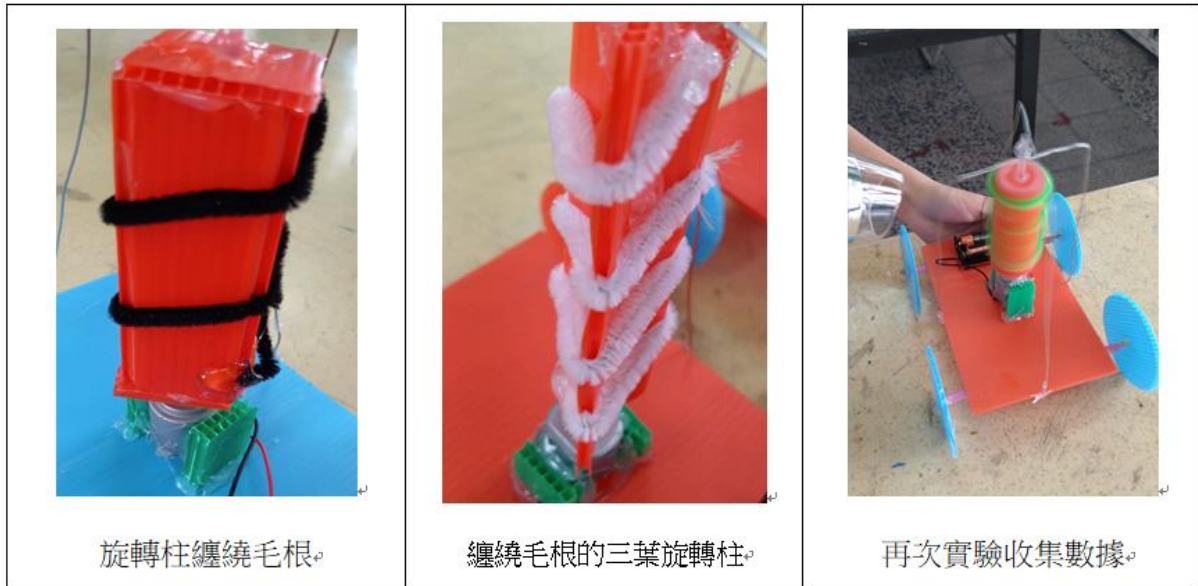
圖(5)為測定旋轉柱周圍空氣流動方向

3. 使用不同的旋轉柱，並開始測量其速度。如下圖(6)所示。



圖(6) 開始測量不同的圓柱車的速度

4. 在不同的圓柱纏繞上毛根，並開始測量其速度。如下圖(7)所示。



圖(7) 纏繞毛根的模式圓柱車，測量其的速度

(三)、實驗過程中的控制變因：如下圖(8)所示。

1. 將距離固定為 2 公尺，恰好為實驗桌的長度，並測量模型車行進所花的時間。
2. 吹風機維持在各車種的最佳角度，恰為側邊與車子行進維持垂直的方向。
3. 吹風機和車子必須維持 1 個車身的距離。並一直維持相同的距離。

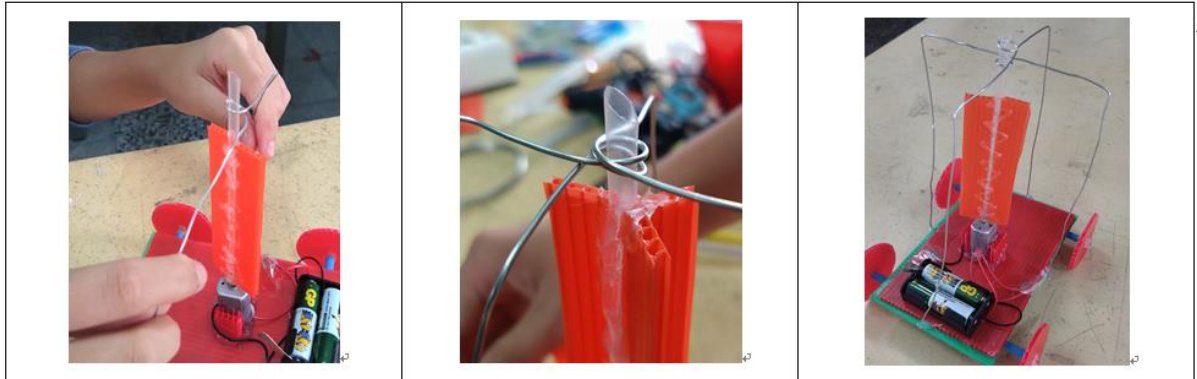


圖(8) 測量各車種和不同狀態下的行走 2 公尺的控制變因

4. 其他控制變因還包含：相同的桌子、相同的吹風機，同一個人的操作、纏繞的毛根長度，每台車子的重量、車子的長寬、車子輪胎直徑……等。

(四)、車體改良：如下圖(8)所示。

1. 車子旋轉柱在快速旋轉時，會很容易脫落或傾斜。所以我們安裝固定的鐵絲再進行測試。
2. 使先在旋轉柱纏繞一圈的鐵絲，然後左右和前後各一條。如此就完美固定轉軸。



圖(8)為車子旋轉軸的固定

(五)、每一種實驗均測試 5 次，然後統計取平均值。

肆、研究結果

一、測試在 2 公尺的實驗桌上，白努力風力車的行進時間。如下表(9)所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均(秒)	距離	平均速度(m/s)
2	圓柱	2.34	3.06	4.56	3.56	2.87	3.278	2	0.610128127
3	四角柱	3.45	3.65	5.54	4.65	4.87	4.432	2	0.451263538
4	片柱	11.21	13.21	9.6	9.12	10.32	10.692	2	0.187055743
5	三葉片	6.54	5.21	5.45	4.56	6.31	5.614	2	0.356252227

表(9)為白努力風力車 2 公尺的行進時間

二、將旋轉柱纏繞毛根之後，測試在 2 公尺的實驗桌上，白努力風力車的行進時間。如下表(10)所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均(秒)	距離	平均速度(m/s)
2	圓柱	2.45	3.21	3.02	2.03	1.87	2.516	2	0.79491256
3	四角柱	3.02	4.51	5.03	3.21	3.98	3.95	2	0.506329114
4	片柱	9.87	8.64	9.64	9.45	8.88	9.296	2	0.215146299
5	三葉片	5.56	4.65	4.87	5.12	6.03	5.246	2	0.381242852

表(10)為白努力風力車旋轉柱纏繞毛根，2 公尺的行進時間

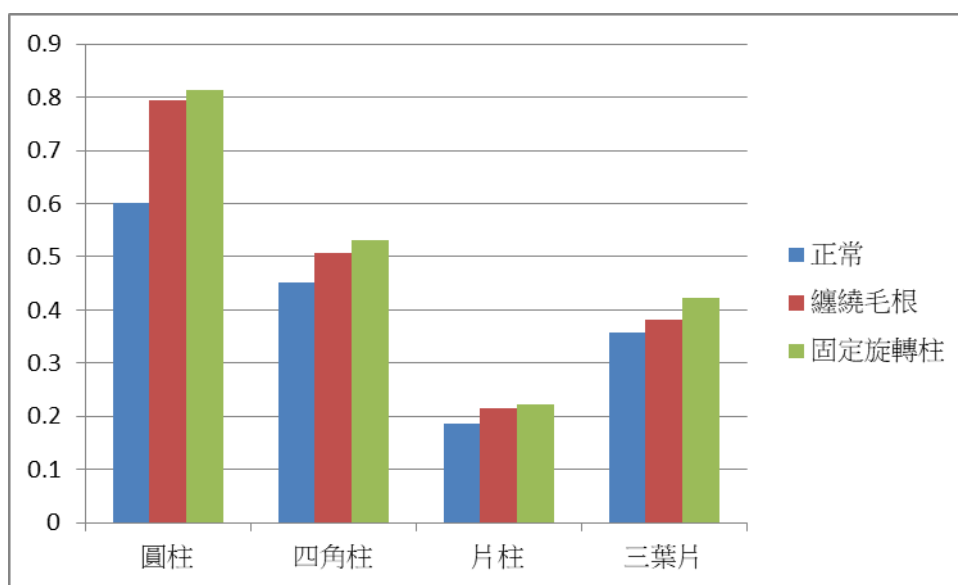
三、將旋轉柱纏繞毛根之後，再利用鐵絲固定旋轉柱。測試在 2 公尺的實驗桌上，白努力風力車的行進時間。如下表(11)所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均(秒)	距離	平均速度(m/s)
2	圓柱	2.34	3.02	2.87	1.97	2.08	2.456	2	0.814332248
3	四角柱	3.45	3.56	4.32	3.45	4.02	3.76	2	0.531914894
4	片柱	7.98	9.45	8.64	11.02	7.98	9.014	2	0.22187708
5	三葉片	5.46	5.64	3.01	4.65	4.91	4.734	2	0.422475708

表(11)為白努力風力車纏繞毛根鐵絲固定旋轉柱，2 公尺的行進時間

四、將各種旋轉柱的速度獨立出來比較。如下圖(12)所示

	A	B	C	D
1		正常	纏繞毛根	固定旋轉柱
2	圓柱	0.6001	0.7949	0.8143
3	四角柱	0.4513	0.5063	0.5319
4	片柱	0.1871	0.2151	0.2219
5	三葉片	0.3563	0.3812	0.4224



圖(12) 各種旋轉柱的速度分析圖

伍、討論

一、使用 PP 板來做為車體的材料，優點有：

1. 質量輕，在車子使用風力行進時，可以容易表現出來。不會因為重量而導致摩擦力變大而造成誤差更大。
2. 裁切方便。做車體，作圓形輪胎，做柱體...等等，只要一把美工刀、直尺、圓規就能搞定。
3. 熱熔膠沾黏度高。設計完車體之後，在裁切組裝時，只要用熱溶膠固定即可。而且沾黏之後又很牢靠。

二、使用 PP 板來做為車體的材料，缺點有：

1. 因為 PP 板不是很強化的材質，所以會因為不小心的施力而產生彎折。所以我們會在容易變形的車體加裝成二片 PP 板。
2. 因為車體太輕，所以吹風機的距離不可以太近。

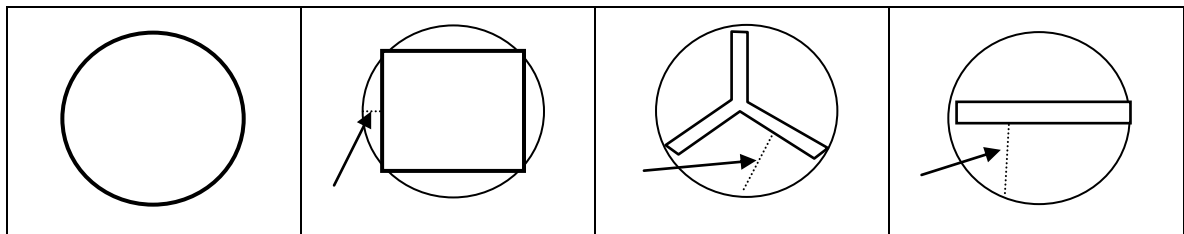
三、為了平衡車體的重心，我們會刻意將旋轉柱安裝靠前一些，電池安裝靠後一些。如此才會讓車子在行進時更穩定。

四、因為時間的關係，在實驗後討論中，有人提出，若纏繞更多的毛根是否會讓車速再提升。關於這一點，我們的討論是，應該還是可以，只是會有一個極限，然後就無法再提升了。不過這畢竟只是討論，沒有數據佐證。

五、有同學也提出，如果使用不同的材質或是不同的表面，是否也會造成不同的效果。例如使用光滑的寶特瓶，或是有凸點的可樂瓶，或是紙張做成圓柱。討論的結果是，此次科展實驗確實有很大往後發展的空間。

陸、結論

- 一、由實驗數據結果可以很明顯的發現，圓柱體的超速表現最好。然後是四角柱的表現其次。再來就是三葉片柱。最後就是片柱，表現速度最慢。
- 二、圓柱和四角柱的表現最優，主要是本身接觸空氣的表面積大。所以因為康達效應的關係，表現優於三葉片柱和片柱，這種接觸空氣表面積少的旋轉柱。
- 三、纏繞毛根之後，使康達效應更明顯，所以所檢測到的車速也多明顯的增加。
- 四、在固定旋轉柱之後，車速又再提升一個檔次。因為旋轉柱的震動明顯減少，所有的電能都用來旋轉。我們都可以明顯地感覺轉速變快，旋轉更穩定。所以白努力效應更強，導致車速更快。
- 五、由實驗數據也可以很明顯的發現，纏繞毛根之後，無論哪一種柱體均會使車子的速度提升。還有，無論是哪一種旋轉柱，只要將旋轉柱固定穩定之後，速度依樣會提升。以上兩種都可以由實驗數據明顯觀察到。
- 六、由行進速度的統計數據，可以總結以下幾點：如下圖(13)所示。
 1. 白努力效應，康達效應，和旋轉柱的旋轉接觸空氣面積有關。月旋轉的外圍，其接觸面積越多，白努力效應，康達效應表現越好。所以圓柱表現最好，單片柱表現最差。
 2. 沒有接觸外圍空氣的旋轉柱，若整體表面離圓心越遠，越接近圓周，則白努力效應，康達效應表現越明顯。例如圓柱優於四角柱；四角柱優於三片柱。



圓柱

四角柱

三片柱

片柱

完美重疊

表面接近外圓周

表面遠離外圓周

柒、參考資料及其他

1. 維基百科，白努力定律：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BC%AF%E5%8A%AA%E5%88%A9%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

2. 維基百科，康達效應：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AF%AC%E5%BE%B7%E6%95%88%E6%87%89>

3. 維基百科，牛頓定律：

<https://zh-yue.wikipedia.org/wiki/%E7%89%9B%E9%A0%93%E9%81%8B%E5%8B%95%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

4. YouTube 影片，橡皮筋動力車製作：

https://www.youtube.com/watch?v=II0Z_gWWX-I

5. YouTube 影片，How to make very simple battery car - at home

<https://www.youtube.com/watch?v=URfpuWqCv5k>

6. YouTube 影片，迴力杯-白努力原理：

<https://www.youtube.com/watch?v=BzTPHZ97EOq>

7. YouTube 影片，【Fun 科學】康達效應

<https://www.youtube.com/watch?v=guUm5eBNfl4>

8. 南一出版社，三上自然科第二章，牛頓運動定律。