

屏東縣第 65 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：氣勢非“帆”－反作用力之研究

關 鍵 詞：牛頓第三運動定律、空氣動力學、推力反向器

編號：B2006

目錄

摘要-----p.3

壹、前言-

-----p.3

貳、研究設備及器材----- p.4

參、研究過程與方法----- p.4

肆、研究結果----- p.10

伍、討論----- p.15

陸、結論----- p.18

柒、參考資料和其他----- p.22

摘要

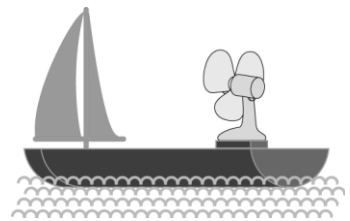
作用力和反作用力，是不能相互抵銷的，除非是內力系統。我們利用課本的範例做實驗加以驗證進而反推，發現與課本的範例答案是**相違背**的。在我們所做的風力車實驗中，風力車上自己的風扇吹向自己的帆，事實上證明是會移動的，雖然會隨著風帆的外型而有所差異，但確實是會移動，並非如題目所說的內力系統是靜止不動。

雖然理想狀況下，我們知道那是理論，應該靜止不動。但我們因為常會有人誤答其他選項，因此想研究知道真正的實際情況是如何。

壹、前言

一、研究動機：

在自然課本 3 上的第 2 章-**作用力與反作用力定律**，這個章節中有一個範例題目是：「如圖所示，一帆船原本向前航行，若於船尾裝一大型風扇（重量不計）使其向帆吹風，則下列敘述何者正確？」答案是：船速不變。因為作用力與反作用力都在同一艘船上，屬於內力系統，所以船不會動。



但我們對這個範例題目有很大的懷疑，因為在我們的認知中，船應該會動的啊！這個答案應該是有誤的，所以我們決定做更深入的研究，來證明這個答案是需要修正的。

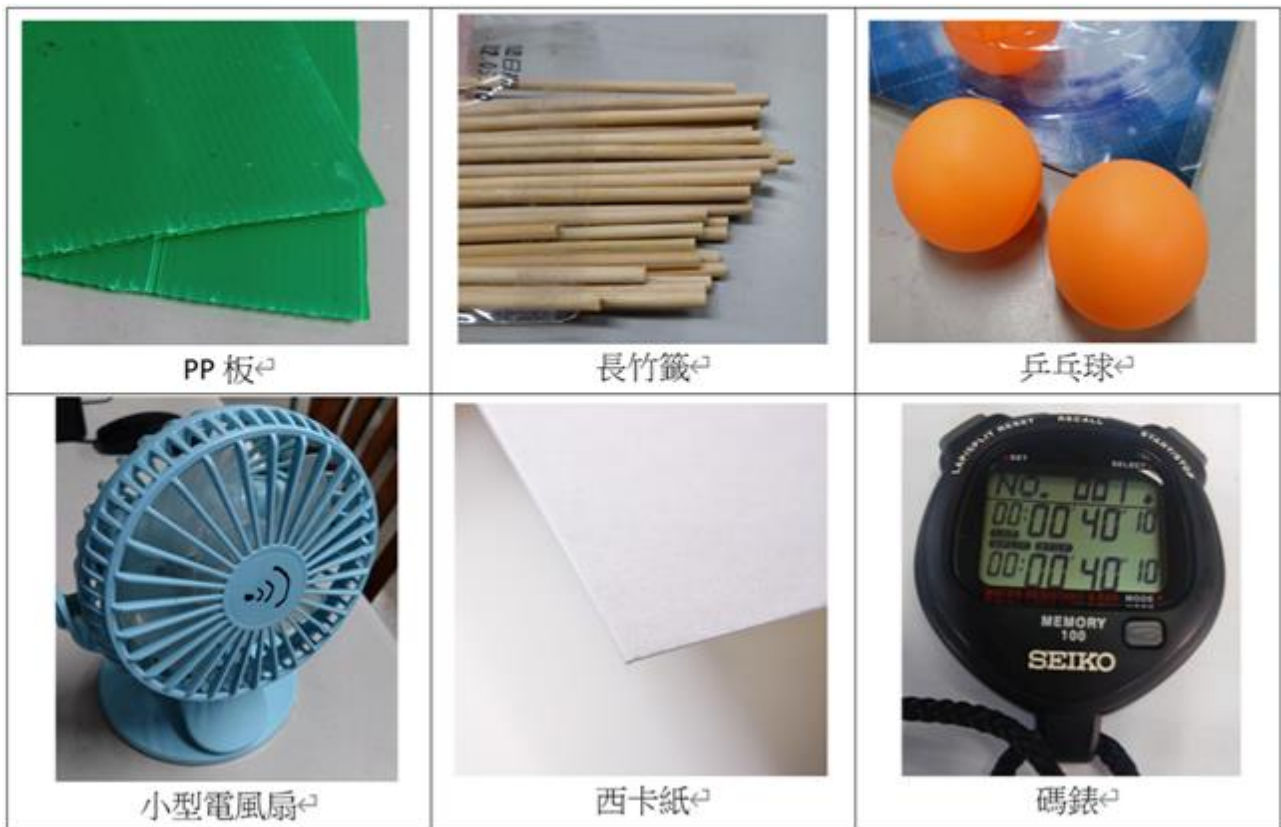
二、研究目的：

(一)、證明『電風扇反向吹向船的帆布，而**船不會動**。』這個答案是需要修正的。

三、文獻回顧：

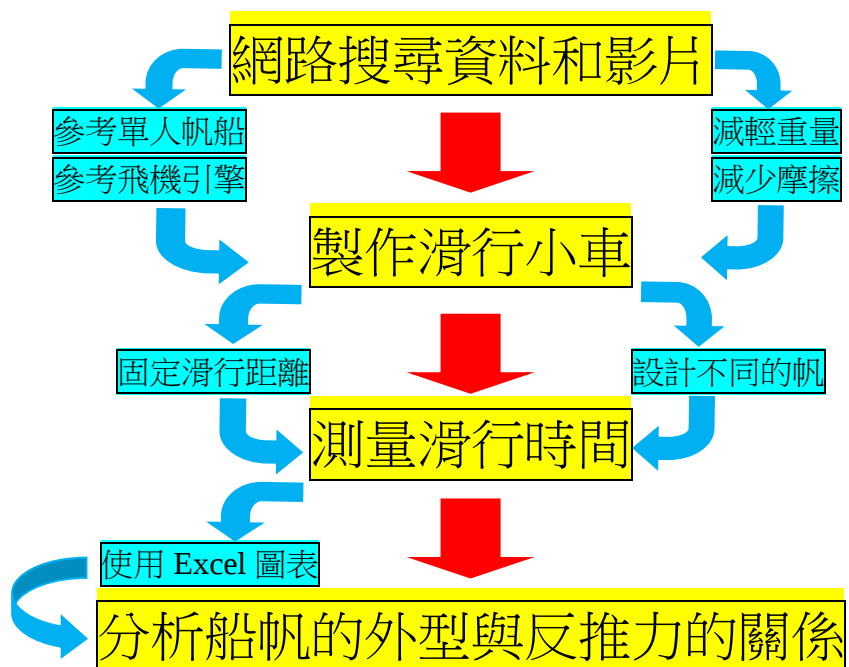
- (一)、**牛頓第三運動定律**：當兩個物體交互作用時，彼此施加於對方的力，其大小相等、方向相反。一道力稱為「作用力」；而另一道力則稱為「反作用力」；兩道力的大小相等、方向相反。
- (二)、**空氣動力學**：是流體力學與氣體動力學的一個分支，主要研究物體在空氣中運動時所產生的各種力。空氣動力學與氣體動力學常常混用，但後者研究的氣體不局限於空氣。
- (三)、**康達效應**：當噴流（射流）流經曲面時，流體（水流或氣流）與它流過的物體表面之間有表面摩擦，近物體表面的流體流速會減緩，近面流體離開原本的流動方向，改為隨著凸出的物體表面流動之傾向，並使周圍遠面流體逸入此一噴流中；由於流體流速的減緩和移動方向的改變（流線彎曲）使得噴流外界的壓力（大氣壓力）大於噴流內側和曲面交界處的壓力，因此噴流依附在曲面壁流動。噴流的附壁效應，會使曲面壁上的壓力小於噴流外界的大氣壓力，而產生向曲面壁的吸力，此稱附壁吸力。
- (四)、**推力反向器**：推力反向器是飛機發動機中一個用暫時改變氣流方向的裝置，使發動機的氣流轉向前方，而非向後噴射。這樣會使發動機的推力倒轉而使飛機減速。推力反向器一般用於噴射機，在降落以後減速，減少機輪制動器的損耗，並縮短降落距離。很多螺旋槳飛機也可以透過改變螺旋槳的揚角至反向的角度，達到反向推力的目的。

貳、研究設備及器材



參、研究過程與方法

一、實驗架構：



二、實驗步驟：

(一)、網路搜尋資料和相關影片，如下圖 01 所示。

1. 閱讀各版本的牛頓第三運動定律。包括翰林版、南一版的第五冊第二章的內容。
2. 上網搜尋維基百科與相關網站，了解有關本實驗的相關資料。包括：牛頓第三運動定律、空氣動力學、康達效應、推力反向器、反作用力。
3. 搜尋相關的影片，包括：帆船為何能逆風行駛、飛機如何煞車、作用力與反作用力的相關影片。



圖 01 上網搜尋資料

(二)、風力車的製作，如下圖 02 所示：

1. 我們原本製造的風力車是含有輪胎的，後來效果不好。因此我們設計再改良。
2. 將輪胎改為乒乓球軌道風力飄移車。
3. 原先的乒乓球軌道太細，改為長板片，然後配合風車的車身寬度製作車身。在 PP 板車的車身寬度 25 公分、長度 40 公分時，表現出來的效果最佳。

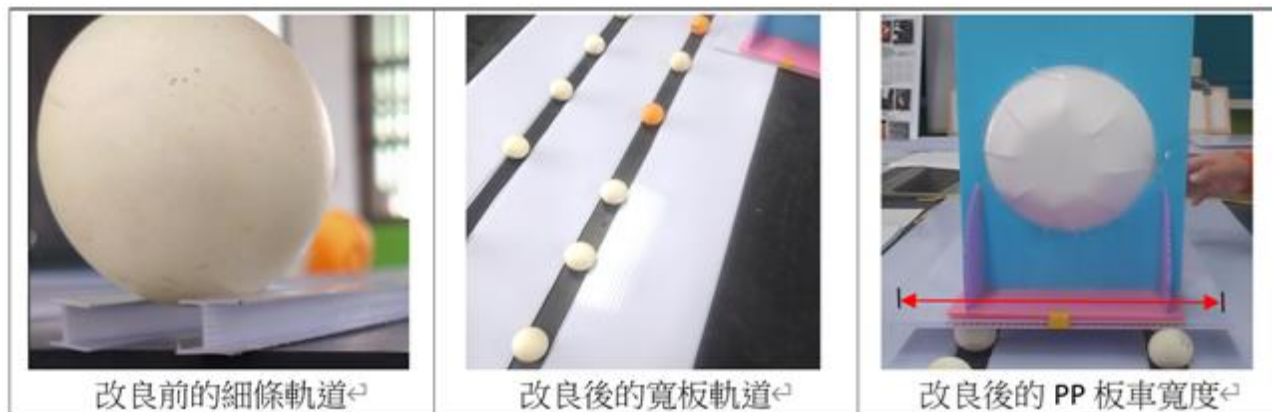


圖 02 為風力車的製作

(三)、反射風帆的設計，我們分為兩大類。第一類，類似碗狀的圓錐；另一類是長方形的風帆。如下圖 03 所示。

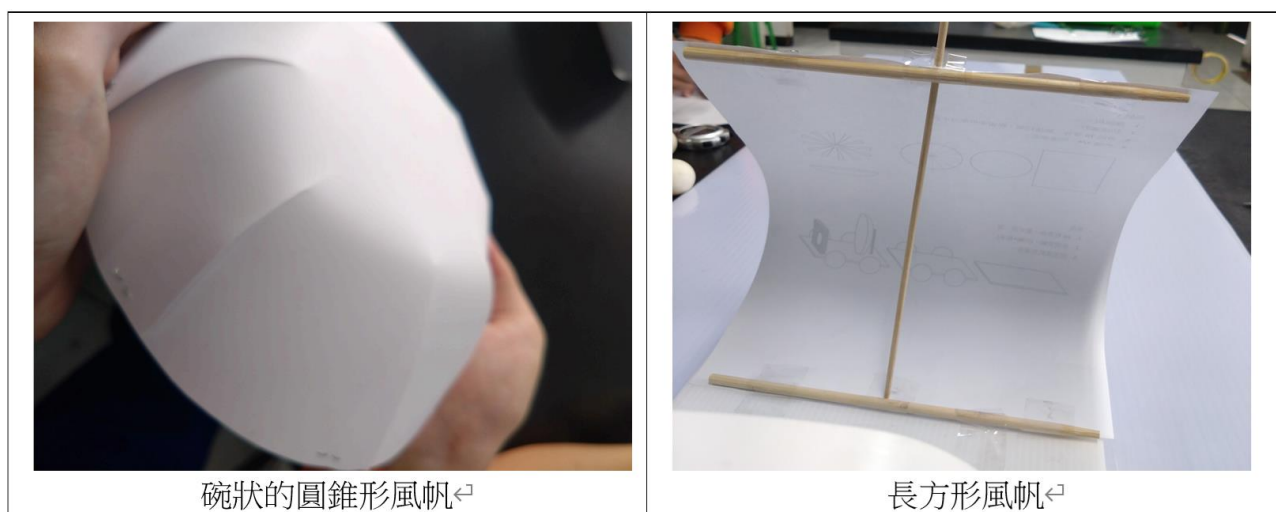


圖 03 為風帆的種類

1. 碗狀的圓錐形風帆的種類。設計圖如下圖 04 所示。

- (1) 首先取半徑 15 公分的西卡紙 9 張。
- (2) 然後將西卡紙分成八等分，再依照原來的圓心，分別在畫出內圓 4 公分、5 公分、6 公分各 3 張。
- (3) 在每一種圓的八等分線的最外圍，分別在畫上 1.0 公分、1.5 公分、2.0 公分的剪裁線。
- (4) 由外圍將裁剪線剪至內圍的圓周線上，然後將外圍剪開的紙張，依原八分線上內縮之後，用釘書機固定，使西卡紙的外上翹。
- (5) 依此方式，我們可得到九種不同的內半徑和內縮上翹角度的錐狀圓形風帆。

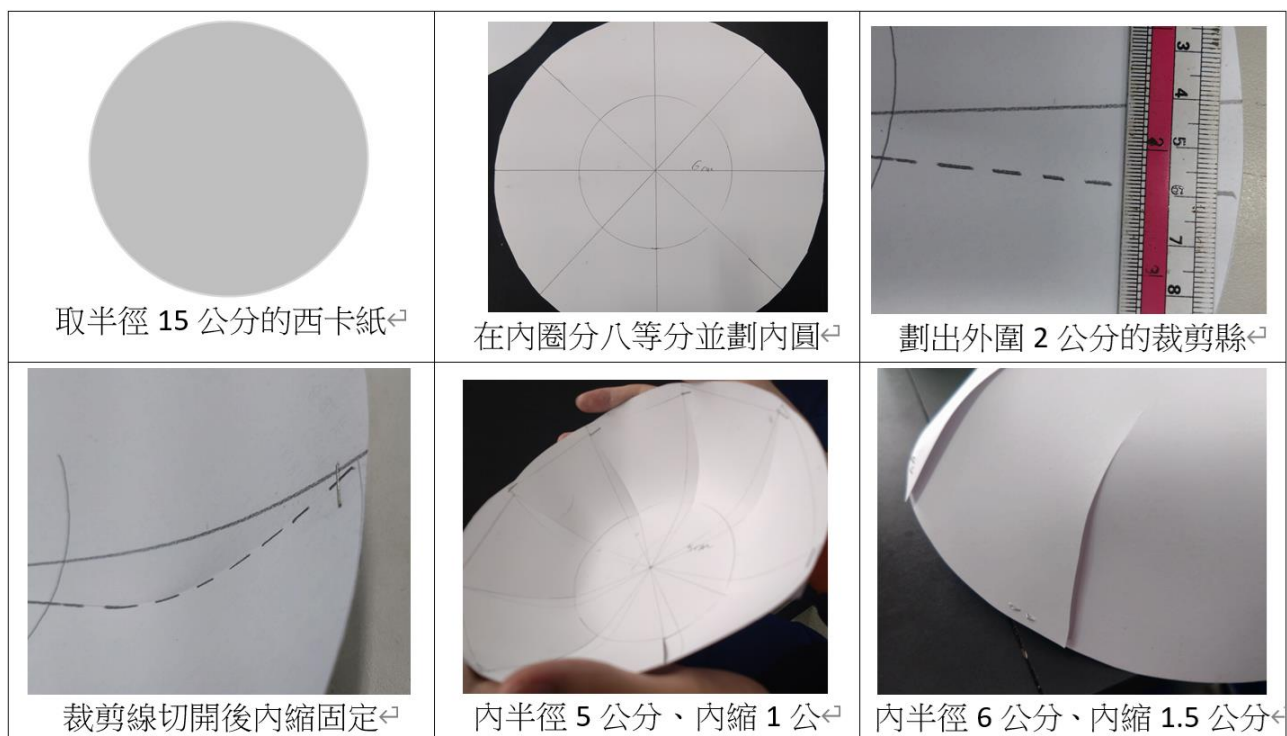


圖 04 為碗狀的圓錐形風帆的製作流程

2. 將碗狀圓錐形的帆固定在風力船上，如下圖 05 所示。

- (1) 取一寬 25 公分，長度 30 公分的 PP 板。然後在其中心處挖取一個半徑 10 公分的簍空圓。
- (2) 將碗狀圓錐形的帆塞入簍空的洞中，然後用熱溶膠固定。
- (3) 在將此帆用三角固定在風力車上。

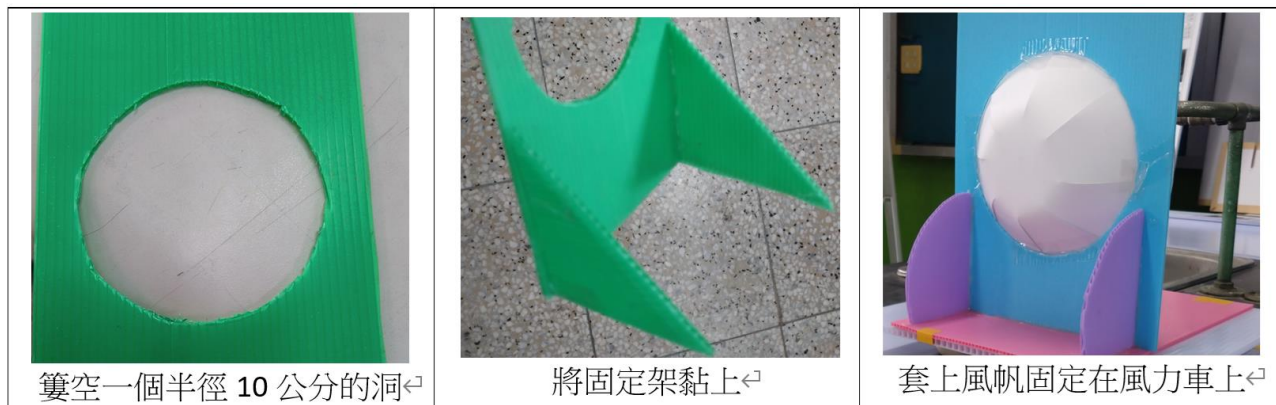


圖 05 為碗狀圓錐形帆的固定架製作

3. 長方形風帆的種類，如下圖 06 所示。

- (1) 將 A4 紙的前後端黏上竹筷固定。
- (2) 在竹筷的中點串上長竹籤，此長竹籤當船桅。
- (3) 將長竹籤固定在 PP 板的車底板上。
- (4) 長竹籤的船桅是活動式的，可以上下滑動。
- (5) 如此簡易的長方型帆船，就可以在乒乓球軌道上滑行。

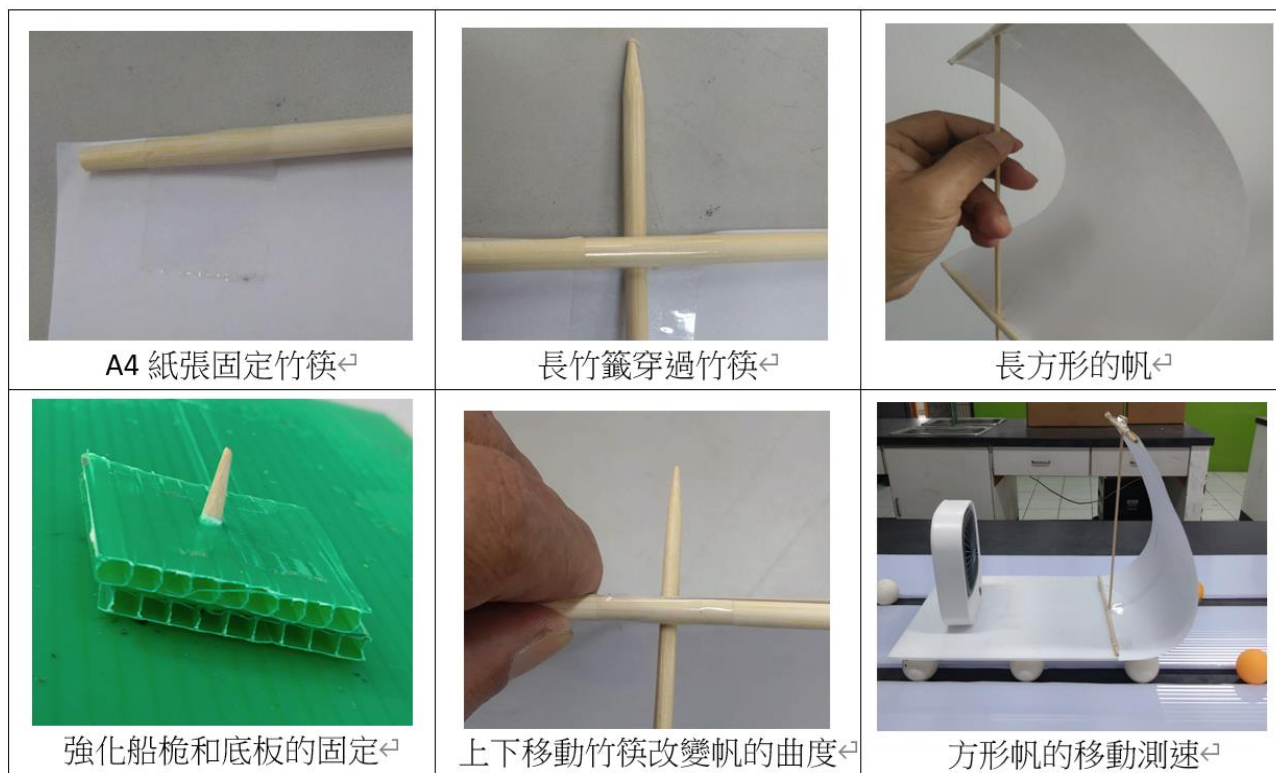


圖 06 為長方形帆的風力車製作

(四)、風力車的車底板測試：

1. 直接將小型風扇放置在車底板的中央，然後開啟風扇，讓車底板因為反作用力而反向移動。
2. 然後測量哪一種車底板最不容易翻車；摩擦力最小，速度最快。
 - (1) 車底板長度分別有 30 公分、35 公分、40 公分三種。
 - (2) 車底板寬度分別有 20 公分、25 公分、30 公分、35 公分、40 公分五種。
3. 哪一種間距的乒乓球軌道摩擦力最小，可以讓風力車速度最快，如下圖 07 所示。共測試三種軌道方式



圖 07 為軌道間距的測試

(五)、開始測試：

1. 將九種碗狀圓錐形的帆，裝在風力車上，然後在 150 公分的軌道上行駛。然後測量秒數，如下圖 08 所示：
 - (1) 出風面小的強風下，測量九種碗狀圓錐形的帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。
 - (2) 出風面小的中風下，測量九種碗狀圓錐形的帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。
 - (3) 出風面大的強風下，測量九種碗狀圓錐形的帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。
 - (4) 出風面大的中風下，測量九種碗狀圓錐形的帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。

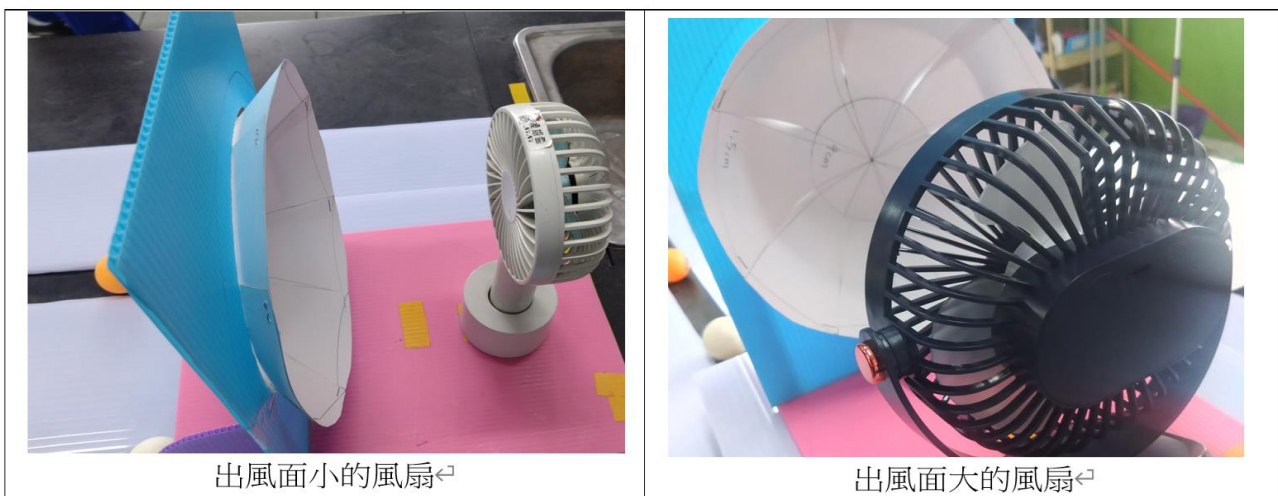


圖 08 為兩種不同出風面的風扇

2. 將長方形的 A4 紙風帆，裝載風力車上，然後在 150 公分的軌道上行駛。然後測量秒數，如下圖 09 所示：

- (1) 在船桅的長竹籤上，畫上四個不刻度，每個刻度尖闊 1 公分，代表長方形紙帆的不同彎曲程度。當調整的刻度越下面時，代表紙帆彎曲的程度越大。
- (2) 出風面小的強風下，測量四種不同曲度的長方形 A4 紙風帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。
- (3) 出風面小的中風下，測量四種不同曲度的長方形 A4 紙風帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。
- (4) 出風面大的強風下，測量四種不同曲度的長方形 A4 紙風帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。
- (5) 出風面大的中風下，測量四種不同曲度的長方形 A4 紙風帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。

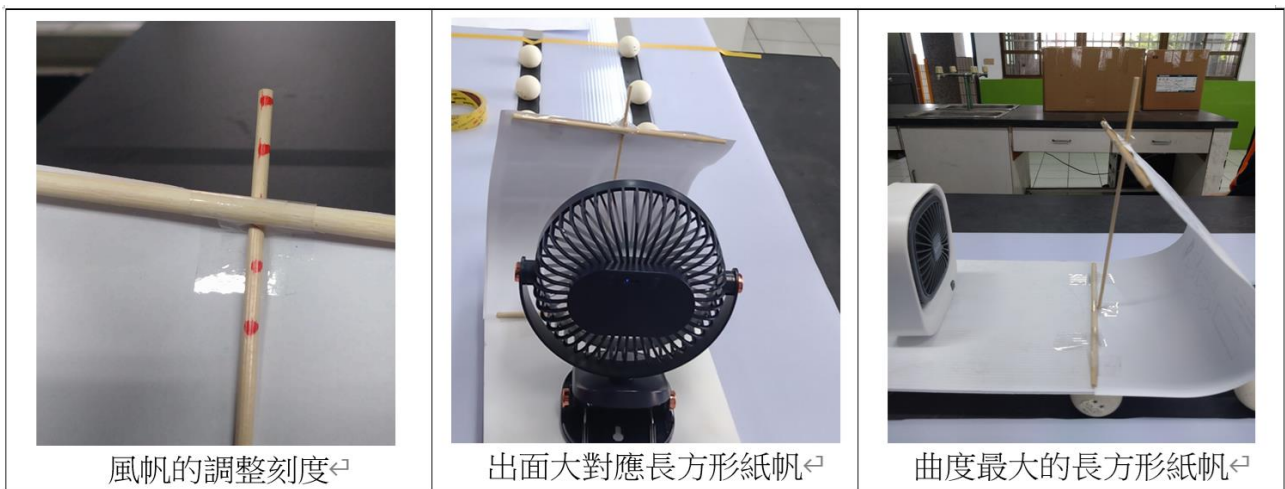


圖 09 為長方形紙帆的各類實驗

肆、研究結果

一、最佳風力車的研究結果：

(一)、針對乒乓球風力車的長、寬長度，對應 15 公分寬的車軌，在 150 公分長的车軌上行

	A	B	C	D	E	F
1	車種	長30公分	長30公分	長30公分	長30公分	長30公分
2		寬20公分	寬25公分	寬30公分	寬35公分	寬40公分
3	一		3.6	4.1	3.2	3.1
4	二		3.7	3.6	3.9	4.7
5	三	3.8		3.8	3.8	3.8
6	平均秒數	3.8	3.65	3.833333333	3.633333333	3.866666667

	A	B	C	D	E	F
1	車種	長35公分	長35公分	長35公分	長35公分	長35公分
2		寬20公分	寬25公分	寬30公分	寬35公分	寬40公分
3	一	3.2	2.6	3.1	3.2	4.1
4	二		2.4	3.6	4.1	3.4
5	三		2.4	3.2	3.7	3.8
6	平均秒數	3.2	2.466666667	3.3	3.666666667	3.766666667

	A	B	C	D	E	F
1	車種	長40公分	長40公分	長40公分	長40公分	長40公分
2		寬20公分	寬25公分	寬30公分	寬35公分	寬40公分
3	一		2.3	2.8	3.2	3.3
4	二	2.5	2.4	3.6	3.4	3.4
5	三		2.2	2.9	2.8	2.8
6	平均秒數	2.5	2.3	3.1	3.133333333	3.166666667

進的最佳車底板研究。研究數據如下表 10 所示。(空白代表翻車，不列入平均)

表 10 為乒乓球車底板的最佳風力車紀錄數據

(二)、依數據和考慮翻車率，討論之後我們決定，就固定車底板的長為 40 公分，寬為 25 公分。

二、車軌間距的量結果，我們明顯的發現：

- (一)、乒乓球若懸空行駛，會經常因為軌道的切割不平滑而停止行進，甚至因為兩側懸空高度不一致而翻車。
- (二)、若乒乓球恰接觸桌面，也就是和軌道之間間距也會剛剛好，所以若軌道稍有凸出，就會完全卡住乒乓球。
- (三)、基於以上二大因素，我們幾乎不需要數據的輔助，就決定採用第三種軌道模式。就是乒乓球和軌道之間需要有些許的間距。

三、在九種碗狀圓錐形風帆的外型之下，我們發現：

- (一)、內半徑越大，則外圍的彎曲上翹的角度越大。
- (二)、內縮的長度越多，則外圍的彎曲上翹的角度也會越大。
- (三)、上列最大的差別在於上翹彎曲的面積大小不同。例如：內半徑小且內縮長度大，則上翹角度大且上翹的面積也大。若內半徑大但內縮長度大，即使上翹角度大但上翹的面積就少了一些。如下圖 11 示意圖所示。

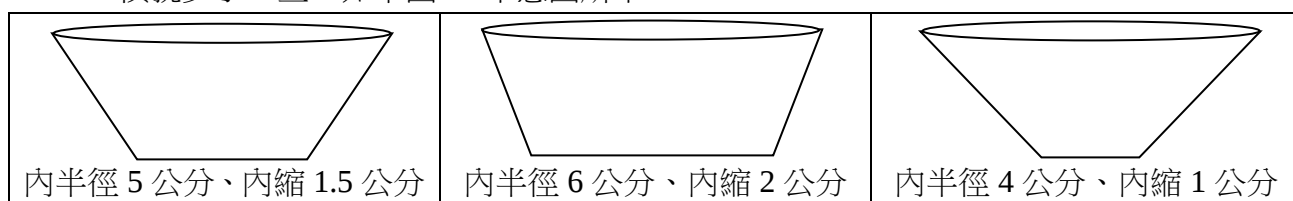


圖 11 為不同內半徑和內縮長度的示意圖比較

- (四)、由此可知，反射的氣流量和氣流角度也會有所影響。

四、下表 12 為出風面小的強風下，九種碗狀圓錐形風帆，在 150 公分的軌道上行駛時的秒數。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		第一次	第二次	第三次	第四次	平均秒數	內徑平均	內縮平均
2	內徑4公分.內縮1.0公分	5.4	5.6	4.7	4.9	5.15		
3	內徑4公分.內縮1.5公分	4.5	4.6	4.8	4.7	4.65	4.6	
4	內徑4公分.內縮2.0公分	4.1	4.2	3.8	3.9	4		
5	內徑5公分.內縮1.0公分	4.5	4.6	5.7	5.8	5.15		
6	內徑5公分.內縮1.5公分	4.2	4.3	5.2	4.8	4.625	4.575	
7	內徑5公分.內縮2.0公分	3.8	3.7	3.9	4.4	3.95		
8	內徑6公分.內縮1.0公分	5.7	5.6	7.4	4.9	5.9		16.2
9	內徑6公分.內縮1.5公分	3.6	4.2	4.3	3.8	3.975	4.508333	13.25
10	內徑6公分.內縮2.0公分	3.2	3.4	4.2	3.8	3.65		11.6
11	總平均秒數					4.561111		

表 12 為碗狀圓錐形風帆，在強風下 150 公分的軌道上行駛時的秒數

內縮 1cm、1.5cm、2cm 平均

五、下表 13 為出風面小的中風下，九種碗狀圓錐形風帆，在 150 公分的軌道上行駛時的秒數。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		第一次	第二次	第三次	第四次	平均秒數	內徑平均	內縮平均
2	內徑4公分.內縮1.0公分	5.9	6.5	5.4	5.6	5.85		
3	內徑4公分.內縮1.5公分	4.9	4.6	5.1	4.7	4.825	5.116667	
4	內徑4公分.內縮2.0公分	4.2	5.8	4.5	4.2	4.675		
5	內徑5公分.內縮1.0公分	5.4	5.4	6.8	6.1	5.925		
6	內徑5公分.內縮1.5公分	5.2	4.8	5.2	5.1	5.075	5.041667	
7	內徑5公分.內縮2.0公分	4.1	3.8	4.1	4.5	4.125		
8	內徑6公分.內縮1.0公分	5.7	5.9	6.8	5.8	6.05		17.825
9	內徑6公分.內縮1.5公分	3.5	4.3	4.3	4.5	4.15	4.708333	14.05
10	內徑6公分.內縮2.0公分	3.5	3.6	4.7	3.9	3.925		12.725
11	總平均秒數					4.955556		

表 13 為碗狀圓錐形風帆，在強風下 150 公分的軌道上行駛時的秒數

六、下表 14 為出風面大的強風下，九種碗狀圓錐形風帆，在 150 公分的軌道上行駛時的秒數。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		第一次	第二次	第三次	第四次	平均秒數	內徑平均	內縮平均
2	內徑4公分.內縮1.0公分	5.6	6.4	5.4	5.5	5.725		
3	內徑4公分.內縮1.5公分	4.9	4.5	5	4.4	4.7	4.891667	
4	內徑4公分.內縮2.0公分	3.9	4.5	4.2	4.4	4.25		
5	內徑5公分.內縮1.0公分	5.1	4.8	5.6	5.7	5.3		
6	內徑5公分.內縮1.5公分	4.8	4.3	4.9	5.1	4.775	4.791667	
7	內徑5公分.內縮2.0公分	4.2	4.2	4.1	4.7	4.3		
8	內徑6公分.內縮1.0公分	4.8	4.9	4.8	5.6	5.025		16.05
9	內徑6公分.內縮1.5公分	4.2	4.6	4.1	3.9	4.2	4.441667	13.675
10	內徑6公分.內縮2.0公分	4.5	3.8	4.2	3.9	4.1		12.65
11	總平均秒數					4.708333		

表 14 為碗狀圓錐形風帆，在強風下 150 公分的軌道上行駛時的秒數

七、下表 15 為出風面大的中風下，九種碗狀圓錐形風帆，在 150 公分的軌道上行駛時的秒數。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		第一次	第二次	第三次	第四次	平均秒數	內徑平均	內縮平均
2	內徑4公分.內縮1.0公分	6.2	6.4	6.6	6.9	6.525		
3	內徑4公分.內縮1.5公分	5.1	5.6	5.8	5.8	5.575	5.666667	
4	內徑4公分.內縮2.0公分	4.6	4.9	4.7	5.4	4.9		
5	內徑5公分.內縮1.0公分	6.4	6.8	5.6	6.8	6.4		
6	內徑5公分.內縮1.5公分	5.2	5.1	5.4	5.9	5.4	5.6	
7	內徑5公分.內縮2.0公分	4.8	4.5	5.1	5.6	5		
8	內徑6公分.內縮1.0公分	5.8	5.9	6.1	5.7	5.875		18.8
9	內徑6公分.內縮1.5公分	5.1	5.6	4.8	5.1	5.15	5.291667	16.125
10	內徑6公分.內縮2.0公分	5.2	4.5	4.9	4.8	4.85		14.75
11	總平均秒數					5.519444		

表 15 為碗狀圓錐形風帆，在強風下 150 公分的軌道上行駛時的秒數

八、下表 16 為出風面小的強風下，測量四種不同曲度的長方形 A4 紙風帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。

	A	B	C	D	E	F
1		第一次	第二次	第三次	第四次	平均秒數
2	下降1cm	2.8	3.1	3.4	3.2	3.125
3	下降2cm	2.9	2.8	3.1	2.9	2.925
4	下降3cm	2.4	2.8	2.9	2.5	2.65
5	下降4cm	3.1	3.4	2.9	3.2	3.15
6	總平均					2.9625

表 16 為長方形 A4 紙帆，在 150 公分的軌道上行駛時的秒數

九、下表 17 為出風面小的中風下，測量四種不同曲度的長方形 A4 紙風帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。

	A	B	C	D	E	F
1		第一次	第二次	第三次	第四次	平均秒數
2	下降1cm	3.3	3.7	3.4	3.5	3.475
3	下降2cm	3.2	3.4	3.5	3.4	3.375
4	下降3cm	2.9	2.8	3.4	3.1	3.05
5	下降4cm	3.9	3.7	3.4	3.6	3.65
6	總平均					3.3875

表 17 為長方形 A4 紙帆，在 150 公分的軌道上行駛時的秒數

十、下表 18 為出風面大的強風下，測量四種不同曲度的長方形 A4 紙風帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。

	A	B	C	D	E	F
1		第一次	第二次	第三次	第四次	平均秒數
2	下降1cm	2.1	2.3	2.1	2.2	2.175
3	下降2cm	2.3	2.4	2.6	2.4	2.425
4	下降3cm	2.1	2.2	2.4	2.3	2.25
5	下降4cm	2.6	2.3	2.2	2.4	2.375
6	總平均					2.30625

表 18 為長方形 A4 紙帆，在 150 公分的軌道上行駛時的秒數

十一、下表 19 為出風面大的中風下，測量四種不同曲度的長方形 A4 紙風帆，在風力車上行駛 150 公分軌道的秒數。

	A	B	C	D	E	F
1		第一次	第二次	第三次	第四次	平均秒數
2	下降1cm	3.4	3.2	2.9	3.4	3.225
3	下降2cm	3.2	2.9	2.7	3.1	2.975
4	下降3cm	3.1	2.5	2.4	2.9	2.725
5	下降4cm	3.2	3.4	3.1	2.9	3.15
6	總平均					3.01875

表 19 為長方形 A4 紙帆，在 150 公分的軌道上行駛時的秒數

伍、討論

一、想要證明船上開風扇吹自己的帆，船是會動的。一開始我們商量在水上用船來做實驗，但在實驗是這個地點確實不方便，在校園又找不到適當的地點。最後我們討論之後，將「船」改為「車」。

二、我們一開始所製作的「車」，為了減輕摩擦力，我們作了以下的設計，如下圖 20 所示：

- (一)、為了減輕重量，我們將車體設計成 PP 板製作。
- (二)、為了容易讓車體行進，我們加大了輪胎，讓車體行進的力矩加大，更容易前進。
- (三)、為了減少輪軸和車體間的摩擦力，我們加高軸承和車體間間距，避免軸承和車體接觸。

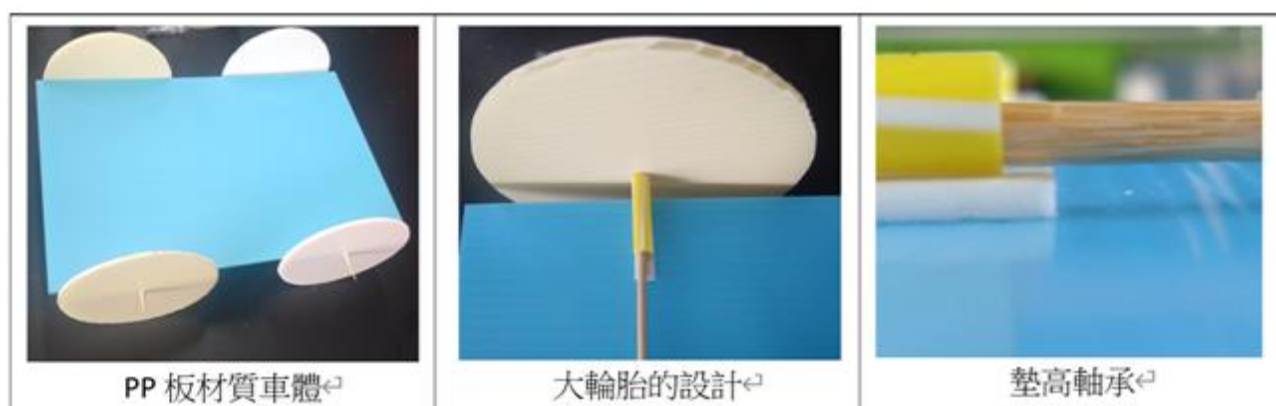
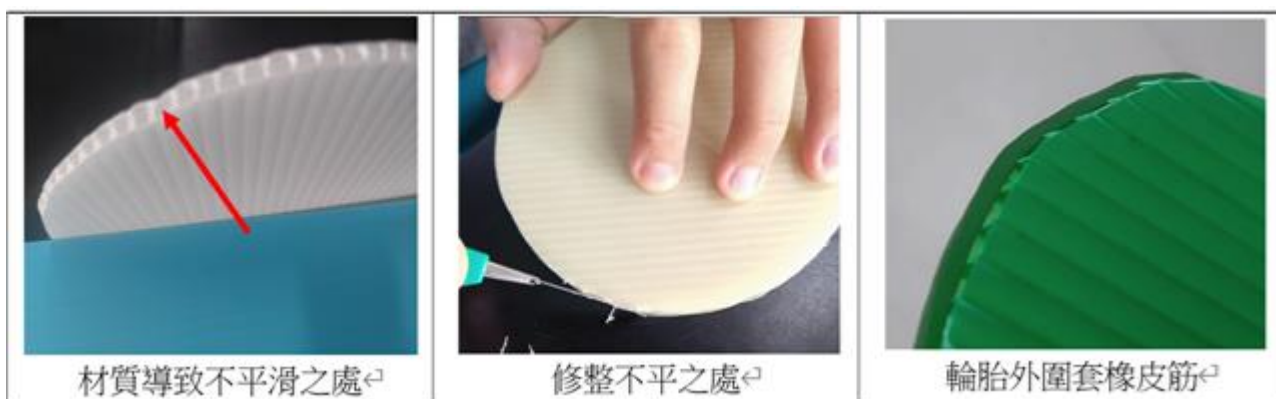


圖 20 為車體減少摩擦力的設計

三、在開始進行實驗時，輪胎因為沒有 100% 的正圓和平滑，所以我們在輪胎上作了以下改良方式，如下圖 21 所示：

- (一)、因為 PP 板材質的關係，所以在切割後，還是有一些不平滑之處。
- (二)、將輪胎的不平滑之處，用美工刀修整。



- (三)、為了讓輪胎的外圍更圓滑，我們在輪胎的外圍在套上一條橡皮筋，讓輪胎在滾動時不會顛簸。

圖 21 為車輪改良方式

四、使用 PP 板車子來測量風的反作用力行駛，在行駛過程中，還是經常會因為輪胎的摩擦力太大或輪胎未完全正圓平滑，而導致車子行駛到一半或輪胎轉半圈之後停下來。最後在我們討論之後，我們將輪胎風車改良成乒乓球飄移車。如下圖 22 所示。

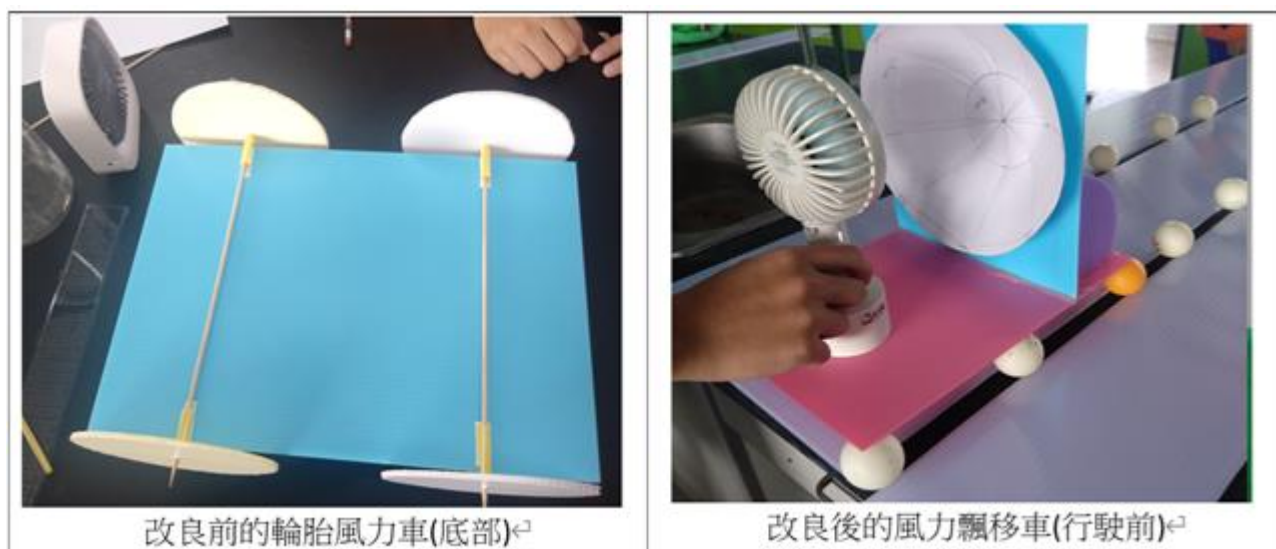


圖 22 為風力車的改良前後版本

五、原先的乒乓球軌道和風力車，在測試期間，因為有以下缺點，導致磨擦會使風力車受到行駛速度的誤差，所以我們又做了一些微調，如下圖 23 所示：

- (一)、因為軌道較細，所以放置在桌面時，會因為有些微的彎曲，時常導致風力車產生摩擦而發生行駛變慢或停止不前。
- (二)、風力車的底板不夠寬，導致行駛時容易脫離軌道而翻車。
- (三)、若軌道太寬，車身太大，則會因為重量太重，導致摩擦力過大。

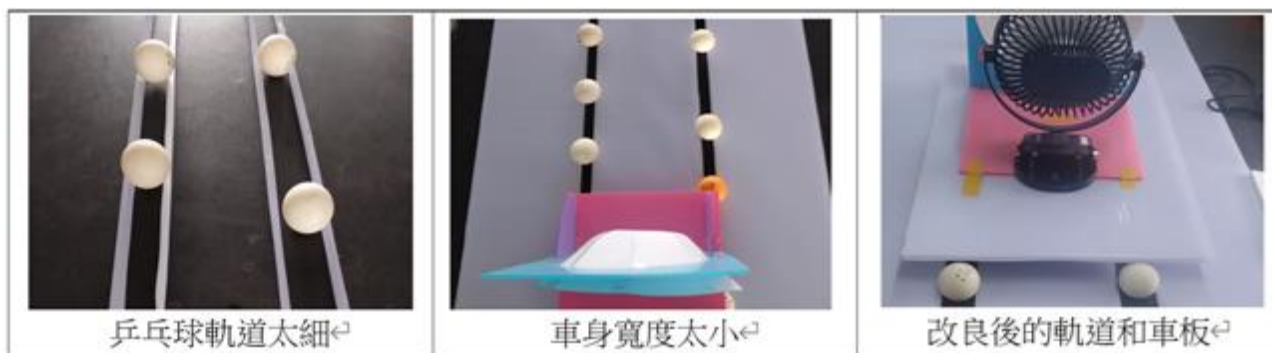


圖 23 為改良後車子和軌道的最佳狀態

六、長竹籤的船桅固定在風力船的底板時，我們用熱溶膠將其固定。但是在風扇一吹之後，很容易在固定處彎曲，在我們嘗試各種方法之後，如下圖 24 所示，為我們發現最佳的方法。不只固定更牢靠，也不會增加多餘的重量，而且還可以增加墊片的數量，讓固定點更牢靠。

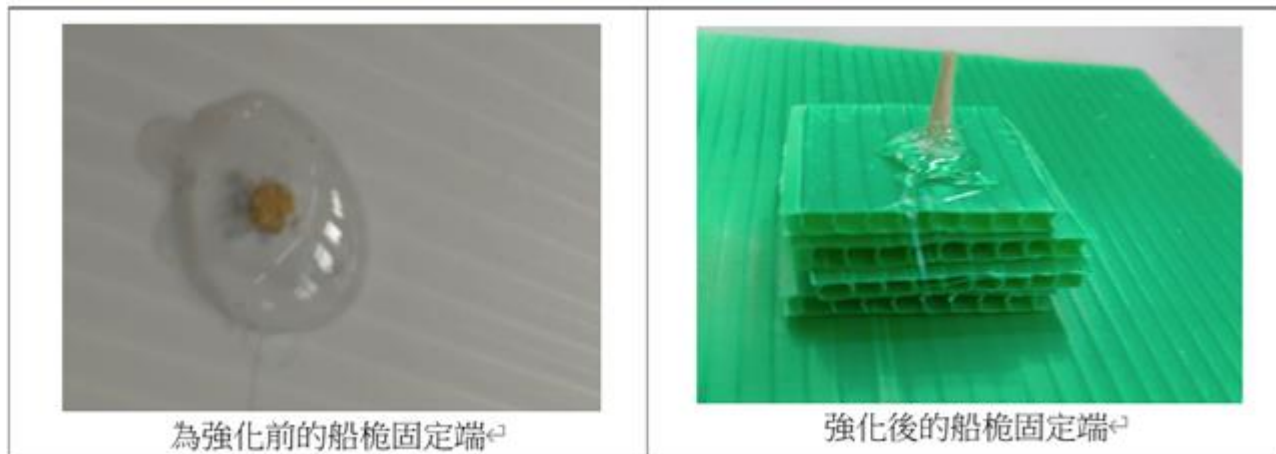


圖 24 為船桅的強化前後差異圖

七、在測試風力車行駛時間時，我們總共有二種小風扇。一種是出風面小的，另一種是出風面大的，如下圖 25 所示。因為我們想知道反射的風，會不會受到原發射出的風影響，而導致風力車的行駛受影響。而且我們的風扇都有三段開關，分別是強、中、弱風，但是實驗時，弱風時風力車幾乎走不動，或是很容易走一半而停下來。所以我們討論之後，就放棄弱風這個選項。

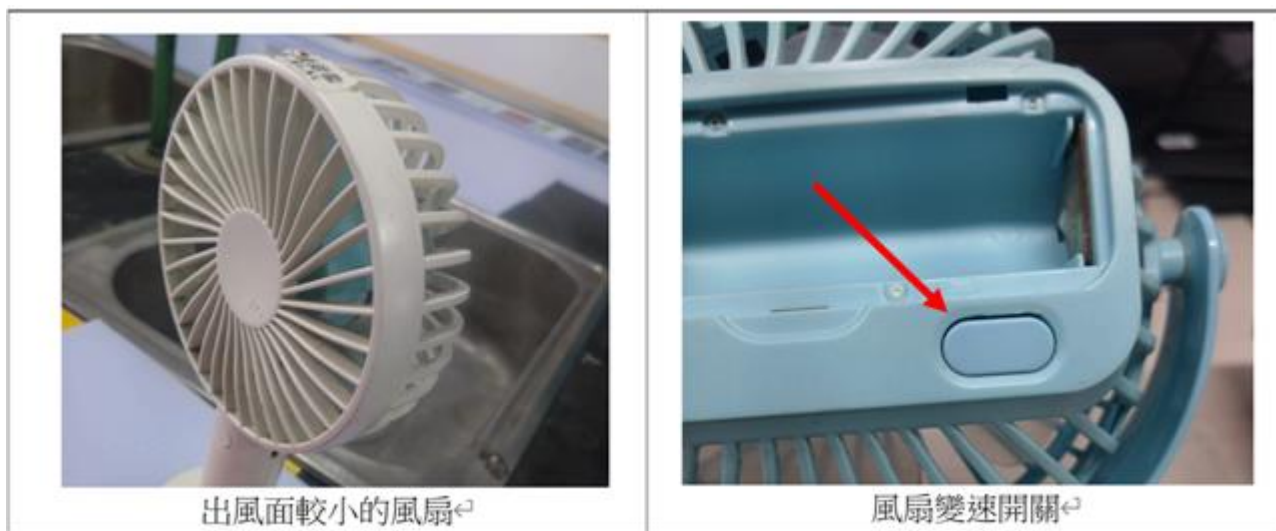


圖 25 為使用的風扇種類和風速開關

陸、結論

一、捨棄最先設計的風力車，我們的結論有以下幾個原因：

- (一)、摩擦力太大是最大的原因，不容易因為風力而帶動。
- (二)、PP 板的材質還是太軟，因為輪胎而導致車體的中間沒有支撐。所以當小風扇放置上器之後，車身容易向下凹陷，導致實驗容易產生誤差。
- (三)、輪胎表面很難平整平滑，所以容易在轉動中受外力影響，而使風力車停止運行。

二、在做風力車的大小長寬實驗中，摩擦力一直是我們考慮的重點之一，依據車底板實驗的數據中，我們依據數據和考慮翻車率，最後的結論就固定車底板的長為 40 公分，寬為 25 公分。主要有下列幾項考量：

- (一)、摩擦力最小，行駛速度最快。
- (二)、將變因固定，方便討論其他變因。
- (三)、商店剛好有現成的商品，不需要我們在進行切割，造成切面不整的困擾。

三、捨棄水船，決定使用風力車，主要的原因只有一個，那就是容易控制方向。其他優點當然還是有，比如：實驗地點方便、可以不受船體浸水或船體不牢固的影響、水的沾粘性還是有的....等。

四、將碗狀圓錐形帆和長方形紙帆的總平均秒數中，如下圖 26 所示。我們做出以下幾個結論：

	A	B	C	D	E	F
1		一	二	三	四	平均
2	錐形帆	4.56	4.95	4.71	5.52	4.935
3	長方帆	2.96	3.39	2.31	3.02	2.92

圖 26 碗狀圓錐形帆和長方形紙帆的總平均秒數統計表

- (一)、我們發現長方形紙帆的秒數很明顯的比碗狀圓錐形帆來的少。經過我們的討論之後，我們一致認為，因為長方形的紙帆的風力車重量非常輕，所以導致行駛的速度較快。
- (二)、在強風和弱風的比較之下，也很明顯的發現，強風的行駛速度比弱風的速度快。
- (三)、碗狀圓錐形帆和長方形紙帆，理論上是無法相提並論的，因為他們的變因還是有很多的。以下是我們的結論：
 - 1. 最主要是重量的差異。
 - 2. 風帆的受風面積大小不同。
 - 3. 碗狀圓錐形帆的固定面板，還是會影響反作用力的方向，因為在面板的周圍還是會產生渦流，導致車速受影響。

五、在九種碗狀圓錐形風帆，在 150 公分的軌道上行駛時的實驗中，我們將內徑距離固定，比較內縮不同距離的數據中，如下表 27 所示，可以發現。

	A	B	C	D	E	F
1	內徑4cm	出風小強風	出風小中風	出風大強風	出風大中風	平均秒數
2	內縮1cm	5.15	5.85	5.73	6.53	5.815
3	內縮1.5cm	4.65	4.83	4.7	5.58	4.94
4	內縮2cm	4	4.68	4.25	4.9	4.4575
5						5.0708333
	A	B	C	D	E	F
1	內徑5cm	出風小強風	出風小中風	出風大強風	出風大中風	平均秒數
2	內縮1cm	5.15	5.93	5.3	6.4	5.695
3	內縮1.5cm	4.63	5.08	4.78	5.4	4.9725
4	內縮2cm	3.95	4.13	4.3	5	4.345
5						5.004167
	A	B	C	D	E	F
1	內徑6cm	出風小強風	出風小中風	出風大強風	出風大中風	平均秒數
2	內縮1cm	5.9	6.05	5.03	5.88	5.715
3	內縮1.5cm	3.98	4.15	4.2	5.15	4.37
4	內縮2cm	3.65	3.93	4.1	4.85	4.1325
5						4.739167

表 27 為碗狀圓錐形風帆內徑距離固定，比較內縮不同距離的數據表

- (一)、由數據我們可以發現，內徑 6cm 的行駛速度最快，但三者之間相差並不大。
- (二)、明顯可以看出，內縮 1cm 的風帆，行駛速度最慢。
- (三)、稍微可以看出，內縮的距離越大，行駛的速度越快。

六、在碗狀圓錐形風帆的風力車中，我們得到以下的結論：

- (一)、表現時間最短，速度最快的是：出風面積小、在強風力吹襲下的風力車。
- (二)、表現時間最長，速度最慢的是：出風面積大、在中風力吹襲下的風力車。
- (三)、風帆表現最好的是，內徑 6 公分、內縮 2 公分的風帆。
- (四)、風帆表現最差的是，內徑 4 公分、內縮 1 公分的風帆。

七、在九種碗狀圓錐形風帆，在 150 公分的軌道上行駛時的實驗中，我們將內縮距離固定，比較內徑不同距離的數據中，如下表 28 所示，可以發現。

	A	B	C	D	E	F
1	內縮1cm	出風小強風	出風小中風	出風大強風	出風大中風	平均秒數
2	內徑4cm	5.15	5.85	5.73	6.53	5.815
3	內徑5cm	5.15	5.93	5.3	6.4	5.695
4	內徑6cm	5.9	6.05	5.03	5.88	5.715
5						5.7416667

	A	B	C	D	E	F
1	內縮1.5cm	出風小強風	出風小中風	出風大強風	出風大中風	平均秒數
2	內徑4cm	4.65	4.83	4.7	5.58	4.94
3	內徑5cm	4.63	5.08	4.78	5.4	4.9725
4	內徑6cm	3.98	4.15	4.2	5.15	4.37
5						4.7608333

	A	B	C	D	E	F
1	內縮2cm	出風小強風	出風小中風	出風大強風	出風大中風	平均秒數
2	內徑4cm	4	4.68	4.25	4.9	4.4575
3	內徑5cm	3.95	4.13	4.3	5	4.345
4	內徑6cm	3.65	3.93	4.1	4.85	4.1325
5						4.311667

表 28 為碗狀圓錐形風帆在內縮距離固定，比較內徑不同距離的數據表

- (一)、由數據表中，我們可以明顯的發現，內縮的距離越大，行駛的速度越快。
- (二)、內縮 1 公分的速度，明顯的行駛速度的時間比其他 2 種多了 1 秒。而其他 2 種之間的秒數相差約只有 0.4 秒。可以看出內縮的距離只有 1cm 的情況之下，因為彎曲的角度太小，導致反射的風向不大，所以行駛時間才會拉長偏大。
- (三)、因為內縮的距離越大，導致邊緣上翹的角度越大，所以反作用的風力越筆直向正後方的方向反射，所以內縮的距離越大，速度越快。

八、在長方形 A4 紙風帆的行駛時間數據中，我們固定風帆下降距離，比較出風面積大小和風力強弱，在 150 公分的軌道上行駛時的實驗中，如下表 28 所示，可以發現。

	A	B	C	D	E	F
1		出風小強風	出風小中風	出風大強風	出風大中風	平均秒數
2	下降1cm	3.13	3.48	2.18	3.23	3.005
3	下降2cm	2.93	3.38	2.43	2.98	2.93
4	下降3cm	2.65	3.05	2.25	2.73	2.67
5	下降4cm	3.15	3.65	2.38	3.15	3.0825
6	平均秒數	2.965	3.39	2.31	3.0225	2.921875

表 28 為出風面積大小、風力強弱和風帆下降距離的風力車行駛秒數數據表

- (一)、由數據表中我們可以明顯的發現，強風力明顯的快於中風力。
- (二)、出風面積大的風扇，行駛速度越大於出風面積小的。

九、結論

- (一) 風力車上的風扇吹向自己的帆，風力車是不會靜止不動的，而是會隨著反作用力的方向移動。
- (二) 移動的速度還會隨著風帆的外型而改變，長方形紙帆的秒數很明顯的比碗狀圓錐形帆來的少。而碗狀圓錐形風帆的風力車，速度最快的是出風面積小、在強風力吹襲下的風力車。
- (三) 風扇大小中出風面積大的風扇，行駛速度越大。

柒、參考資料及其他

一、翰林出版社，自然科學第五冊，第 2 章-力與運動。

二、南一出版社，自然科學三上，第 2 章-力與運動

三、維基百科，牛頓第三運動定律。

取自：

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%89%9B%E9%A1%BF%E7%AC%AC%E4%B8%89%E8%BF%90%E5%8A%A8%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

四、維基百科，空氣動力學。

取自：

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A9%BA%E6%B0%94%E5%8A%A8%E5%8A%9B%E5%AD%A6>

五、影片：帆船為何能逆風行駛，甚至超過風速？

取自：<https://www.youtube.com/watch?v=0nBm7SMfT1w>

六、維基百科，康達效應。

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

七、影片：以前都理解錯了，飛機降落時反推，並不是發動機倒著轉。

取自：<https://www.youtube.com/watch?v=-t0HXPae4ik>

八、波音 787 發動機反推 Boeing787 Engine Thrust Reversal

取自：<https://www.youtube.com/watch?v=AcF72XcIAI4>

九、維基百科，推力反向器。

取自：

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%8E%A8%E5%8A%9B%E5%8F%8D%E5%90%91%E5%99%A8>

十、影片：【科學不一樣】「康達效應」驚喜 手掌微氣流指揮飛機

取自：<https://www.youtube.com/watch?v=7Wlk0I2TFFc>