

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 物理科

080119

「扇」轉「風」流-橡皮筋風扇船前進因素之探討

學校名稱：新北市三重區集美國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃聿平	楊圳欽
小六 林乙玄	吳昆霖
小六 莊易展	
小六 江虹燁	
小六 高以蓁	

關鍵詞：橡皮筋動力船、風扇船、風扇扇葉

## 摘要：

我們的實驗目的主要是探討影響橡皮筋風扇船在水面航行距離的因素為何？瞭解其相同船身、相同重量且動力相同時，利用**船體的樣式、扇葉的位置、風扇支架位置、扇葉的不同樣式與大小、船頭樣式**的各種變化來瞭解影響橡皮筋動力船的行進距離的因素，並進行實驗與探討，來驗證我們的想法，希望能夠掌控一些節能的製作動力船艇技巧，加以應用與了解。

## 壹、研究動機





記得前年，上自然與生活科技康軒版四年級上學期第四單元「運輸工具與能源」時，老師教我們做『橡皮筋動力車』，當時我們覺得好有趣，紛紛拿著自己的橡皮筋動力車與同學PK比劃一下。去年上自然與生活科技康軒版五年級上學期第四單元「力與運動」，又提到橡皮筋的彈力，課堂上我們就在思考，如果將橡皮筋裝在船上，連接風扇來當作動力，會不會也像橡皮筋動力車一樣前進，所以製作了**橡皮筋風扇船**，並且能夠順利前進，讓我們不禁對影響橡皮筋風扇船能跑得又快又遠的原因表示好奇！老師也引導我們瞭解各風扇船的歷史（例如：風扇艇（Fanboat、Airboat），或稱風扇船、風扇舟，是一種由引擎驅動螺旋槳來推進的平底船，第一艘風扇艇稱作醜小鴨（Ugly Duckling））。**橡皮筋風扇船的移動是用轉軸轉動的方式來扭轉橡皮筋，待橡皮筋轉緊放鬆時釋出的彈力當動力，帶動風扇扇葉使船前進**，最後我們希望透過動手實驗來了解影響橡皮筋風扇船跑得更遠等的各項因素！

## 貳、研究目的












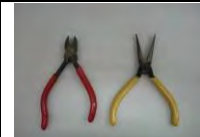






- 一、活動一：探討**風扇在相同截面積下，風扇葉數**對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 二、活動二：探討**風扇的大小與風扇葉數**對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 三、活動三：探討**船體的樣式(單體船、雙體船)**對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 四、活動四：探討**船頭形狀不同**對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 五、活動五：探討**風扇支架位置不同**對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 六、活動六：探討**風扇扇葉在船尾不同截面位置**對橡皮筋風扇船行進距離的影響。

## 參、研究設備及器材

### 一、測量器材：

			
電子秤	塑膠量杯	皮尺	數位相機




### 二、製作工具：

					
剪刀	刀片	量角器	鋼尺	砂紙	絕緣膠帶
					
保麗龍膠	油性簽字筆	原子筆	切割墊	鑽子	尖嘴鉗
					
熱熔槍	熱熔膠條	鋸子	割圓器	小型電鑽	小台鉗

### 三、裝置材料：

					
橡皮塞	透明塑膠管	長條橡皮筋	小串珠	細鐵絲	大、小迴紋針
					
檔案夾	珍珠板	魔鬼氈	鋁罐	棉花棒	

### 四、實驗器材：

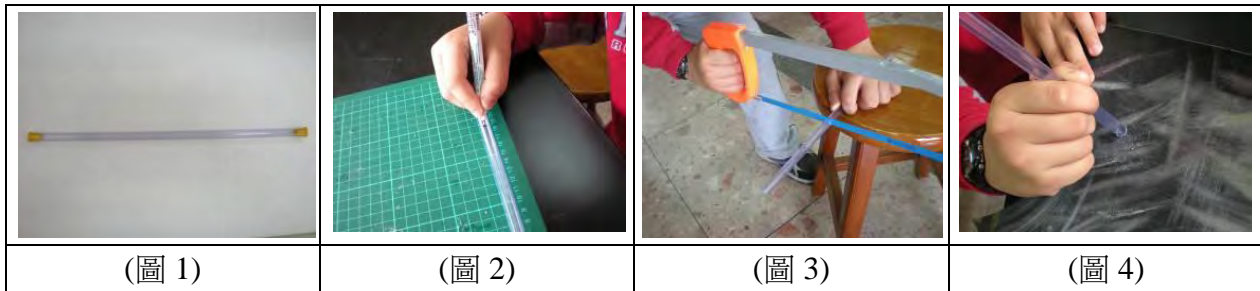
		
小橡皮圈	實驗水道	錢幣

## 肆、研究過程及方法

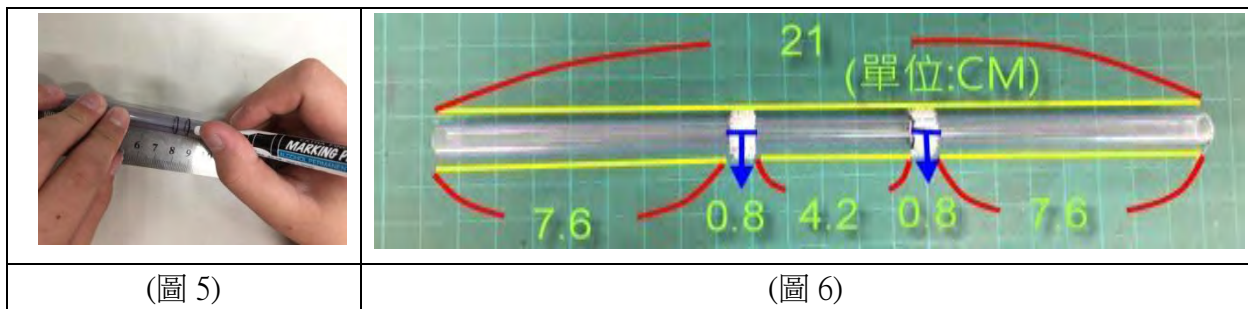
### 一、橡皮筋風扇船的製作方法：

#### (一) 橡皮筋動力風扇組製作方法：

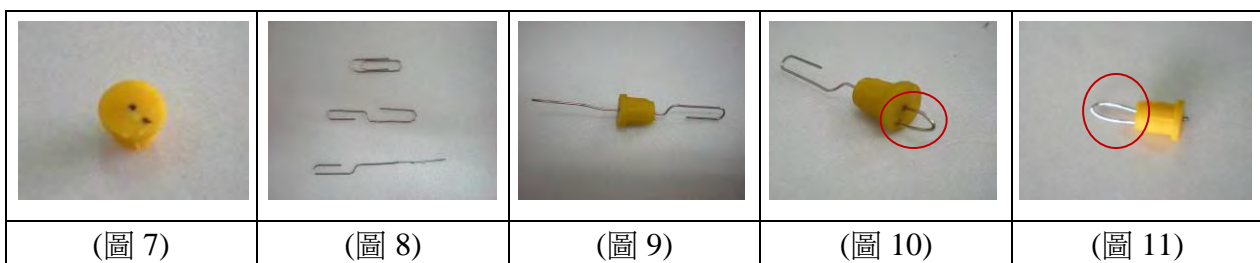
1.將裝實驗用溫度計(圖 1)的塑膠管及兩個橡皮塞取下，塑膠管量 21 公分長度鋸下(圖 2、圖 3)，再以砂紙磨平邊緣(圖 4)。



2.由塑膠管左邊算起，在 7.6 公分至 8.4 公分間以及 12.6 公分至 13.4 公分畫上刻度(圖 5)，環繞圓周貼上寬 0.8 公分的魔鬼氈，完成兩個活動替換式的風扇扇葉轉軸支架黏貼處(圖 6)。

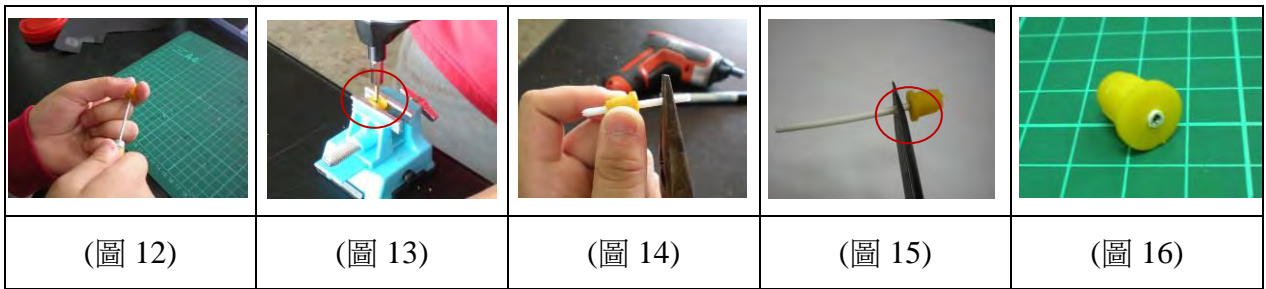


3.以鑽子將第一個橡皮塞的中央及邊緣各打一個洞(圖 7)，把小迴紋針一端折成直線，另一端折成能勾橡皮筋的勾勾(圖 8)。將迴紋針直線端由內而外穿過橡皮塞中央的洞(圖 9)，再以鉗子反折插入橡皮塞邊緣的洞，最後將其拉入橡皮塞，以此固定迴紋針(圖 10)。橡皮塞內側迴紋針的勾勾部分則修剪後繞進橡皮塞內(圖 11)。

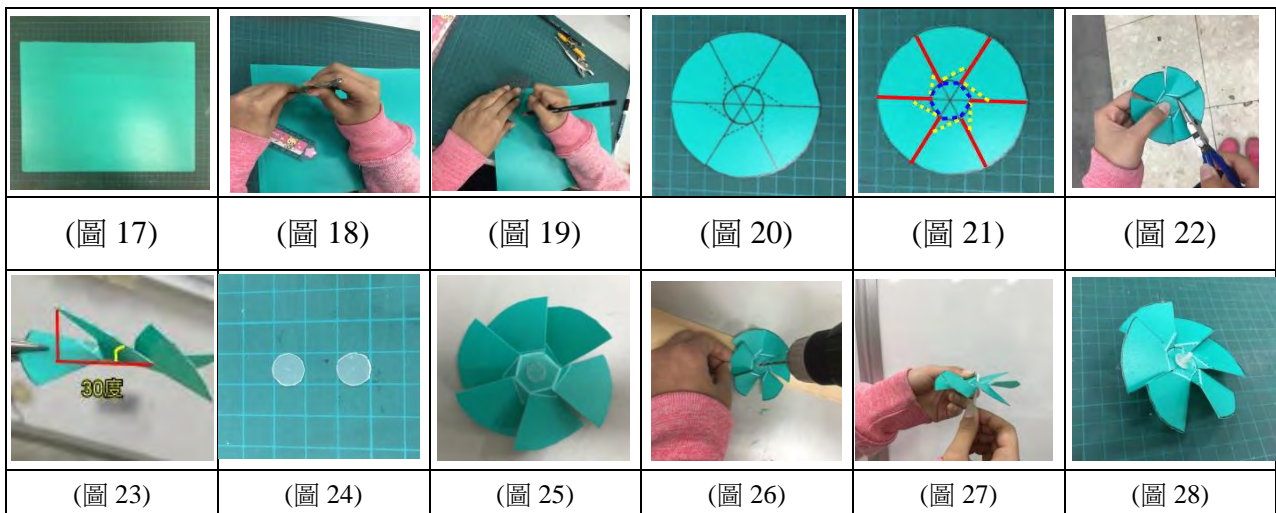


4.用鑽子將第二個橡皮塞的中央打一個洞(圖 12)，並以電鑽增加洞的口徑(圖 13)。再將原子筆筆管剪下一截插入橡皮塞中(圖 14)，修剪長度使其與橡皮塞切齊(圖 15、圖 16)。

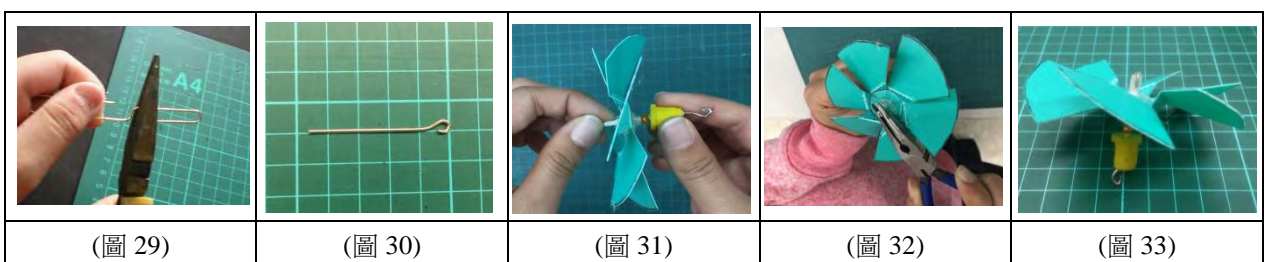




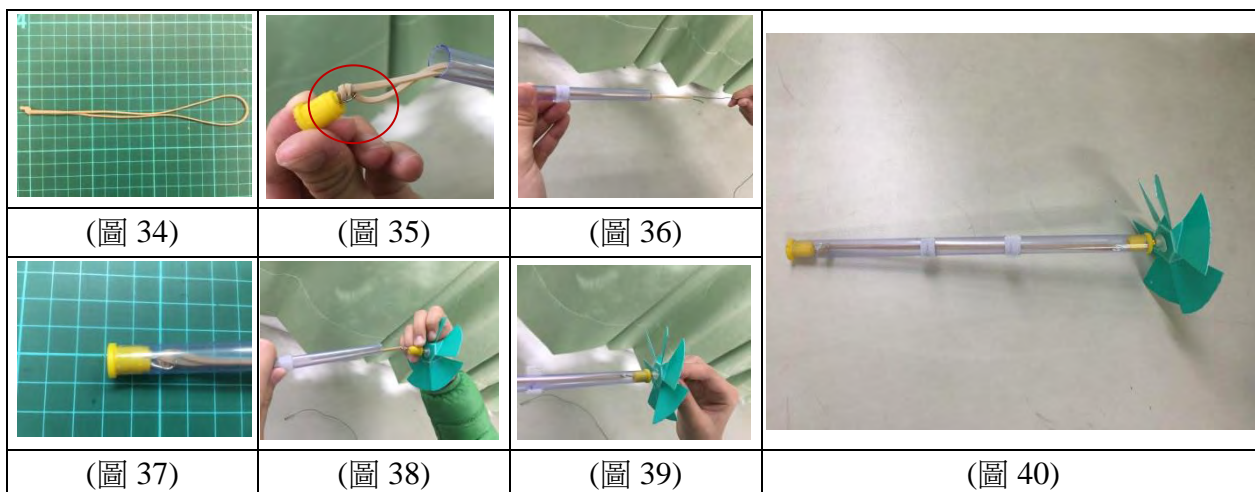
5.將塑膠檔案夾封皮取下(圖 17)，以割圓器畫出半徑 1 公分及 4 公分之同心圓(圖 18)，在圓上用量角器量出(圖 19)，再用簽字筆畫出所需等分及折線(圖 20，以 6 等分為例)，將外圓與內圓間的連線(圖 21 紅線部分)剪下，以鉗子將等分的葉片沿著(圖 21)黃色虛線部分往下折(圖 22)，另外沿著(圖 21)藍色虛線部分往上折，使葉片傾斜角度呈 30 度(圖 23)。為了防止扇葉中心過薄，導致軸心穿入後產生偏斜，我們剪了兩個半徑 0.5 公分的圓(圖 24)，以熱熔膠貼在風扇圓心部分(圖 25)，再以鑽子穿洞(圖 26)，用棉花棒之中空管穿過其中(圖 27)，修剪適當長度後塗上保麗龍膠固定，**風扇扇葉葉片**部分完成(圖 28)。



6. 把大迴紋針從中央剪斷 (圖 29)。然後將一端的迴紋針折成能勾橡皮筋的勾勾(圖 30)，把其中一半由內而外穿出步驟 4 所完成之橡皮塞，再依序穿入串珠及步驟 5 所完成之槳葉(圖 31)，最後再用尖嘴鉗將直線端尾段反折，並夾緊槳葉上的塑膠管(圖 32)，再以熱熔膠固定，**風扇扇葉組**部分完成(圖 34)。

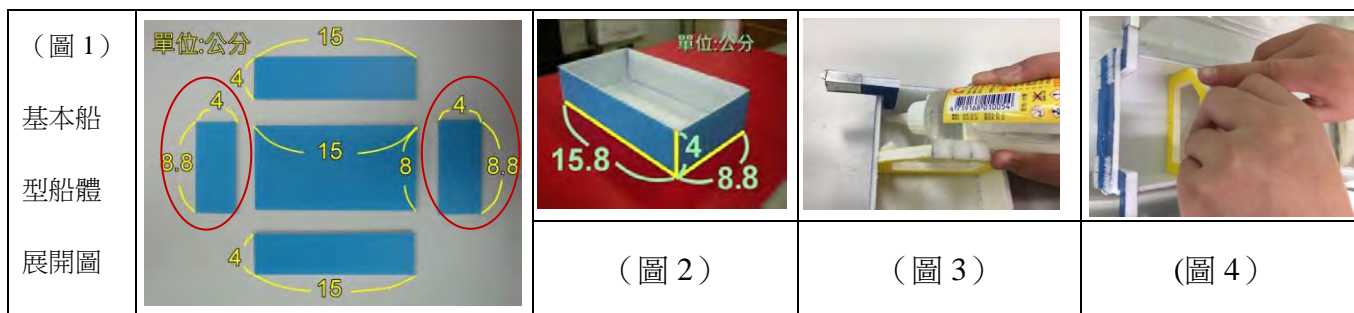


7.取一條長橡皮筋，將其環繞打結，拉直後長度固定為 18 公分(圖 34)。取出步驟 3 的橡皮塞，將橡皮筋套入橡皮塞的鉤環中，並確保橡皮筋打結部分以橡皮塞的勾子勾住(圖 35)，再將橡皮筋穿入步驟 2 之塑膠管中(圖 36)，把一端橡皮塞塞入塑膠管中(圖 37)，另一端的橡皮筋則拉出勾住步驟 6 風扇扇葉組的鉤環 (圖 38)，再將橡皮塞塞入塑膠管(圖 39)，橡皮筋動力風扇組完成(圖 40)。



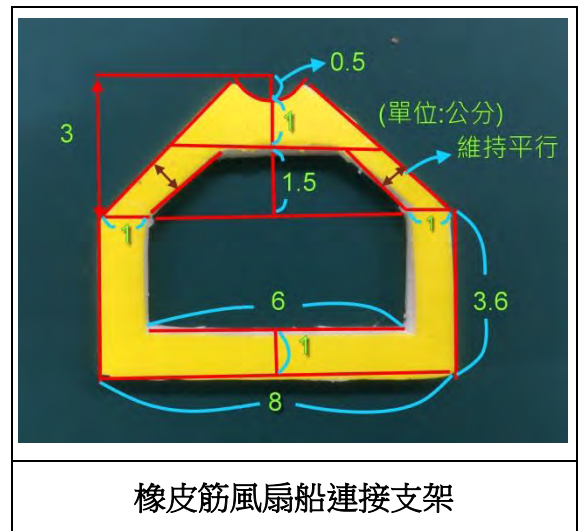
(二)基本船體製作方法：

- 1.將珍珠板裁切如下方展開圖(圖1)，以保麗龍膠黏起來，即可成基本船型船體。但要注意珍珠板本身的厚度(0.4公分)，繪製與裁切時，要預留寬度(紅圈所示)，力求船體密合。
- 2.完成後船身的長度為 15.8 公分、寬度為 8.8 公分(長寬皆含珍珠板厚度 0.8 公分)、高度為 4 公分 (圖 2)
- 3.在內外側接縫處塗上保麗龍膠，以確保船身不會進水 (圖 3)。
- 4.實驗的基本船體單體船，經測試均不滲水。(圖 4)



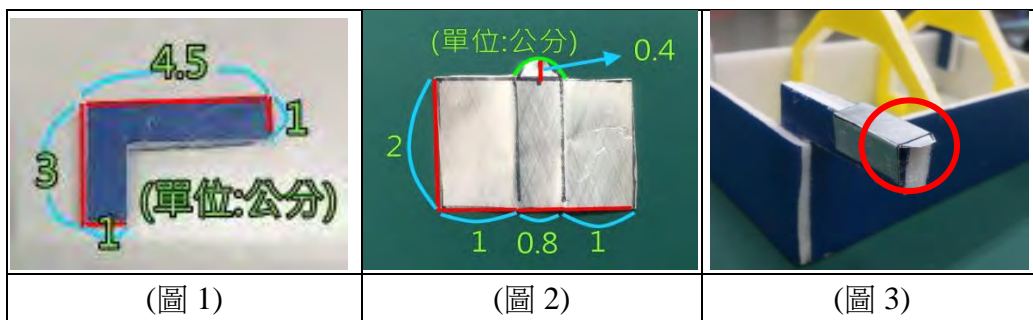
### (三)橡皮筋風扇船連接支架製作方法

- 1.將珍珠板上畫上如右圖尺寸。
- 2.上方 0.5 半徑公分圓弧，是為配合動力風扇組塑膠管的半徑。左右兩側 3.6 公分為扣掉船底厚度所留的尺寸，以保持風扇中心離點距離為 7 公分。
- 3.將其切割 4 片，兩片貼合成一組，共製作兩組。
- 4.在上方圓弧處貼上魔鬼氈，即完成橡皮筋風扇船連接支架。



### (四)鋁片支架製作

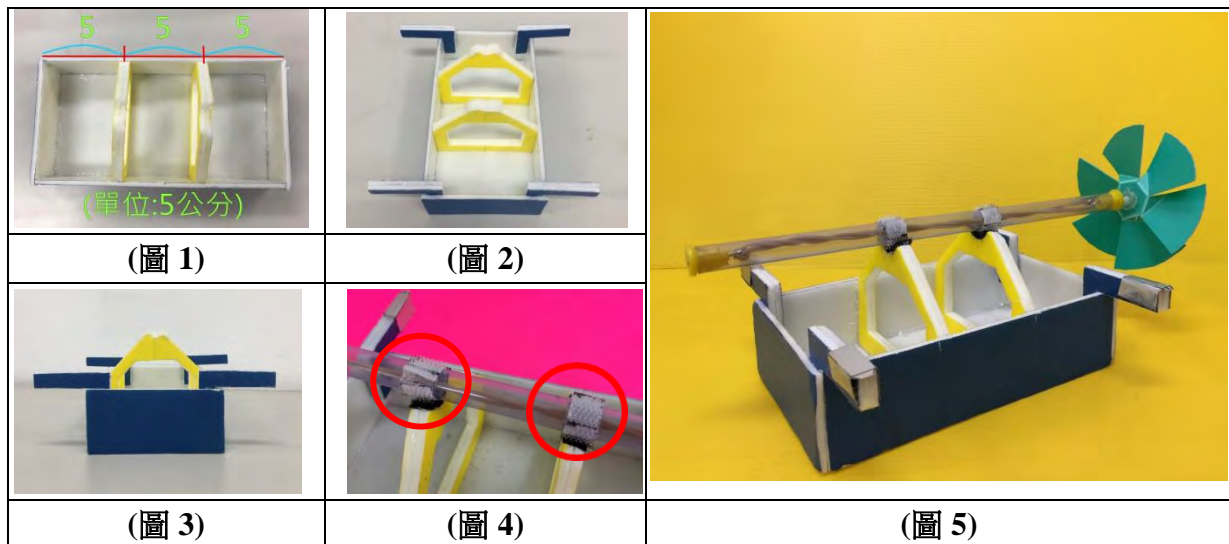
- 1.在前導實驗中我們發現，橡皮筋風扇船行進中船身側面會摩擦甚至有時貼合水槽，影響到前進距離，所以我們想到如果在船的四個角落，各製作一支支架，使船身不會接觸水槽，降低船身與水槽的摩擦，這樣應該能增加橡皮筋風扇船的前進距離。
- 2.我們以珍珠板製作了四隻 L 型支架，尺寸如(圖 1)，切割 8 支，兩兩貼合成一組。
- 3.船的四個角落黏上如(圖 2)尺寸的鋁片，這樣接觸到水道的，就只是一片薄薄的鋁片(圖 3)。



### (五) 橡皮筋風扇船的組合安裝

- 1.將(三)風扇船連接支架以保麗龍膠黏貼在(二)基本船體的 5 公分與 10 公分處(圖 1)。
- 2.將(四)鋁片支架以保麗龍膠黏貼在(二)基本船體的四個角落(圖 2)，要注意到與船身要保持水平(圖 3)。
- 3.將(一)橡皮筋動力風扇組以魔鬼氈黏貼 (三) 風扇船連接支架上(圖 4)，到此，橡皮筋風扇船終於完成了(圖 5)。





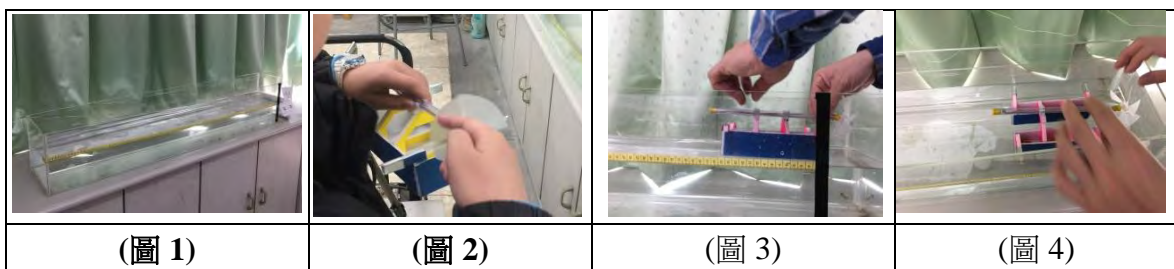
## 二、實驗記錄方式說明

### (一)測試水道設置:

由於經費與場地的限制，此次實驗室是以長 120 公分，寬 20 公分的壓克力水道來進行(圖 1)，中央有一隔板。**橡皮筋風扇船**長 15.8 公分，寬 8.8 公分，為了避免水道過寬造成船行進時偏斜而影響實驗準確度，我們利用**隔板**將水道寬縮減 4 公分。

### (二)橡皮筋風扇船啟動技巧說明






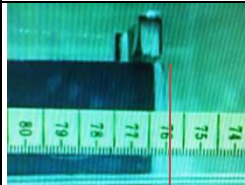
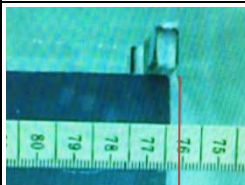
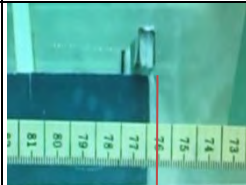
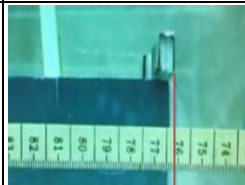
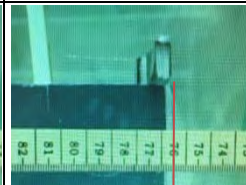
- 1.橡皮筋風扇船啟動前須用手將風扇船的扇葉順時針方向轉指定圈數後，用手輕捉住**橡皮筋動力風扇組塑膠管部分** (圖 2)。
- 2.將橡皮筋風扇船輕輕放置於水道上，此時，手仍輕捉住風扇扇葉並須將橡皮筋風扇船調整船首方向，直到橡皮筋風扇船沒有偏斜為止(圖 3)。
- 3.注意手勿壓入水面，等待水面波紋較小後手輕放風扇扇葉後啟動。(圖 4)。



### (三) 橡皮筋風扇船的行進距離記錄方式











為了準確測試橡皮筋風扇船的行進距離，我們將實驗水道處垂直貼上黑色膠布(圖 5)當作起點，側邊再貼上皮尺。我們裝上腳架與拖車組合成移動攝影機 (圖 6)，讓它對著風扇船，在船前進時，攝影機跟著平移到風扇船停止處(圖 7)，這樣就可以拍出船尾停止的瞬間。測量

完畢之後，將各次的實驗影片存入電腦，利用影片撥放軟體(如 potplayer，圖 8)，以**定格方式**找出船的**停止位置**(圖 9~14 為從影片所擷取之定格相片，圖中紅線為船尾位置)，增加測量之精確度。以下圖為例，(圖 8~10)船行進距離為 75.5 公分，(圖 11~13)船行進距離為 75.6 公分，(圖 14)船行進距離為 75.5 公分，這顯示風扇船行進至 75.6 公分後，已經沒有前進的動力了，所以才會有**停滯或往後飄移**的情況，我們就可以記錄此次實驗中，船的行進距離為 75.6 公分。

				
(圖 5)	(圖 6)	(圖 7)	(圖 8)距離 76.2 公分	(圖 9)距離 75.5 公分
				
(圖 10)距離 75.5 公分	(圖 11)距離 75.6 公分	(圖 12)距離 75.6 公分	(圖 13)距離 75.6 公分	(圖 14)距離 75.5 公分

#### (四) 橡皮筋風扇船的行進距離記錄方式

為了避免橡皮筋彈性疲乏，影響橡皮筋風扇船的實驗結果，**每一類的實驗活動均更換新的橡皮筋**，因此每一條橡皮筋僅會使用 **10 至 20 次** 左右。但為了更進一步確保風扇船的行進距離不會受橡皮筋彈性疲乏影響，每一條橡皮筋在實驗之前與實驗之後均會使用電子吊秤做彈性測試(圖 1)，測試方法為在木板上釘上鐵釘，然後將橡皮筋之一端固定(圖 2)，再依序拉長 5 公分、10 公分、15 公分以及 20 公分再測量橡皮筋的拉力，當伸長量達 20 公分時，已超過橡皮筋的原長，實驗中轉的圈數並不會讓橡皮筋伸長到這樣的長度，所以測試結束。所得的結果如下：

	原長 18 公分橡皮筋	伸長量 5 公分	伸長量 10 公分	伸長量 15 公分	伸長量 20 公分
	實驗前橡皮筋拉力				
(圖 1)		0.11 公斤	0.25 公斤	0.34 公斤	0.45 公斤
	實驗後橡皮筋拉力				
(圖 2)		0.12 公斤	0.25 公斤	0.31 公斤	0.46 公斤



由以上結果得知橡皮筋在實驗前後的拉力，在不同的伸長量時，並未產生明顯變化，所以可以說明在實驗活動當中橡皮筋並沒有明顯的彈性疲乏現象產生。

#### (五)各活動橡皮筋圈數擬定測試

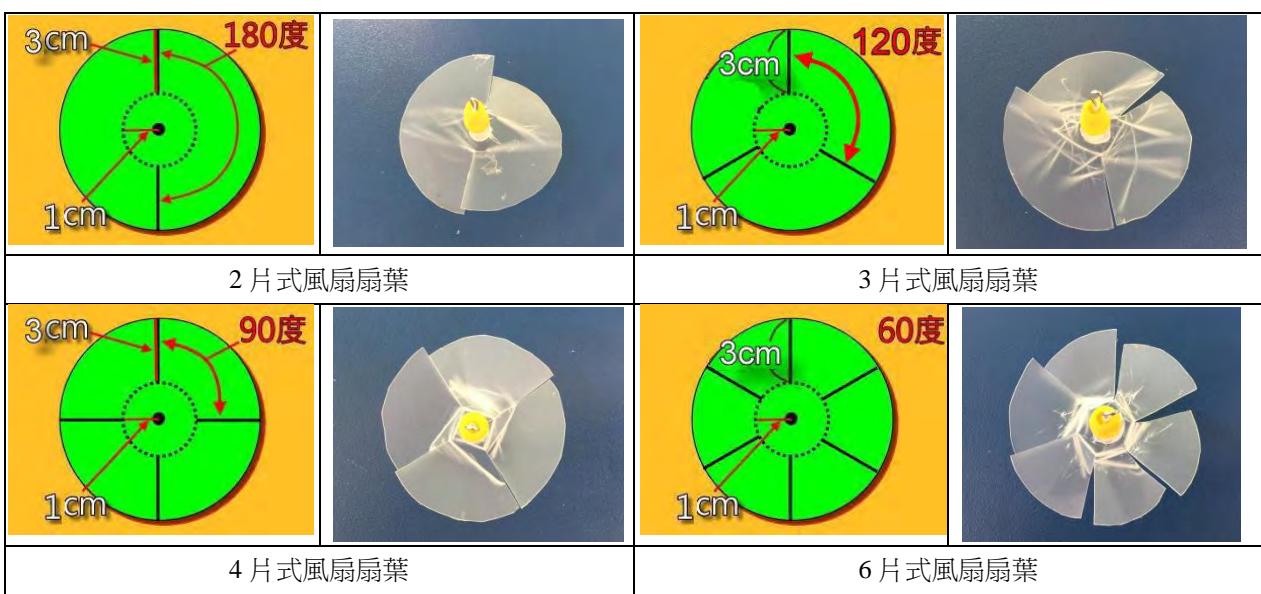
我們進行一連串的活動目的實驗後發現了解，受限於水槽長度，我們並無法各活動中採取相同橡皮筋圈數。若圈數過大，有些活動的船隻行進距離會超過 120 公分；若圈數過小，可能有一些活動的各類船隻因為行進距離過小，差異並不顯著。所以我們會進行橡皮筋圈數預備測試，如果行進距離不理想，則調整預設圈數，再進行實驗。以此類推，各活動橡皮筋圈數測試依此方法施行。

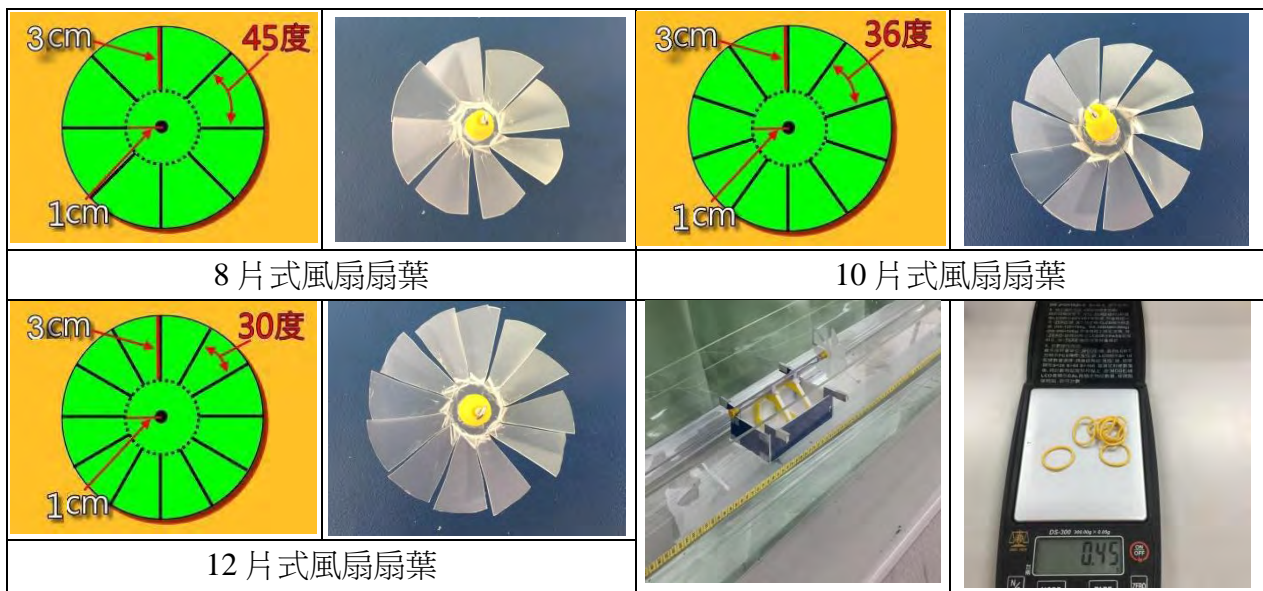
#### 四、活動一：探討在相同截面積下，風扇扇葉葉數對橡皮筋動力風扇船行進距離的影響。

一般我們在市面上所看到的風扇，扇葉與扇葉間有一定的間距，所以我們想如果把一個圓直接裁切成葉片，這樣就可以增加扇葉面積，來測試是否能增加風扇船的行進距離。

##### (一)實驗步驟

1. 採用基本船型船體為測試船，風扇扇葉葉數分別置換下列 6 種樣式全圓分割式風扇扇葉 (旋轉半徑4.0cm，槳葉長3cm，如下圖)：2片式風扇扇葉、4片式風扇扇葉、6片式風扇扇葉、8片式風扇扇葉、10片式風扇扇葉、12片式風扇扇葉，且在船身置入小橡皮圈來讓八類具有不同扇葉的風扇船整體重量相同，旋轉圈數設定為三十圈，每次採計的測量單位為公分，以四捨五入方式計算到小數第一位，每個實驗項目做12次，扣除兩次極端值，共計記錄10次。





2. 利用電子秤來測得船體重，並使用小橡皮圈置於船身補其差額，使各類船隻重量一致。

空杯+ 2片式風扇扇葉組 =8.40 公克， 須補 0.75 公克小橡皮圈	空杯+ 3片式風扇扇葉組 =8.50 公克。須補 0.65 公克小橡皮圈	空杯+ 4片式風扇扇葉組 =8.45 公克。須補 0.70 公克小橡皮圈	空杯+ 6片式風扇扇葉組 =9.15 公克。須補 0.00 公克小橡皮圈	空杯+ 8片式風扇扇葉組 =8.70 公克。須補 0.45 公克小橡皮圈	空杯+ 10片式風扇扇葉組 =8.10 公克。須補 0.25 公克小橡皮圈	空杯+ 12片式風扇扇葉組 =8.50 公克。須補 0.65 小橡皮圈

## (二)實驗結果

公分 樣式	次第										平均	總長度
	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	第四次實驗	第五次實驗	第六次實驗	第七次實驗	第八次實驗	第九次實驗	第十次實驗		
2片式風扇船	5.6	7.2	5.3	6.6	4.9	6.9	7.4	5.2	6.2	5.8	6.1	61.1
3片式風扇船	31.4	23.3	31.8	22.4	24.8	27.2	23.1	28.2	27.2	25.2	26.5	264.6
4片式風扇船	33.4	25.3	25.8	35.6	33.8	32.5	34.6	27.2	29.7	36.5	31.4	314.4
6片式風扇船	45.6	53.4	35.7	46.7	39.8	36.8	36.1	47.6	40.1	50.6	43.2	432.4
8片式風扇船	43.1	39	53.2	54.2	56.5	46.2	49.9	44.2	47.3	53.2	48.7	486.8
10片式風扇船	35	51.4	43.8	49.7	55.7	48.8	50.4	43.6	40.1	38.1	45.7	456.6
12片式風扇船	33.9	43.8	51.8	48	42.7	37.7	51.1	45.1	43	51.7	44.9	448.8

表 4-1 各類全圓分割扇葉風扇船平均行進距離紀錄

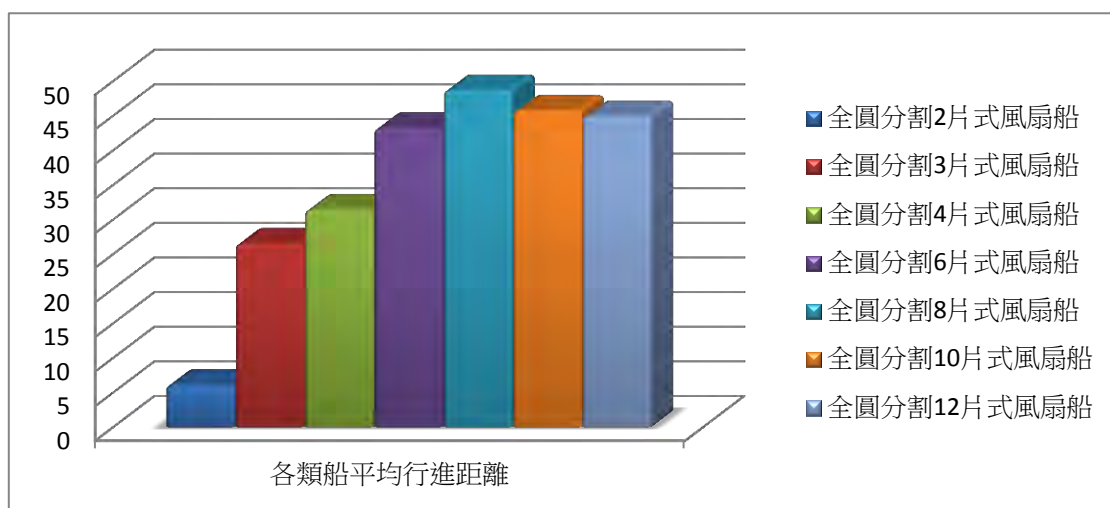


圖 4-1 各類全圓分割扇葉風扇船平均行進距離直條圖

### (三)討論

- 1.本活動扇葉片數原本設定是 2、4、6、8、10、12 分 6 類來討論，但因平時看到不少 3 片式的扇葉在日常生活中，才想把 3 片式扇葉組的放入。
- 2.相同半徑長度的風扇扇葉比較，基本上風扇扇葉片到 8 片前，風扇扇葉數愈多，橡皮筋風扇船得越遠，但風扇扇葉片過了 8 片後，行進距離呈現遞減的現象。
- 3.上述原因分析推論如下：在全圓分割 8 片式之前，則分割較多的風扇扇葉轉動時推動的氣流較多，當然受氣流的阻力也會更大，但其**整體的淨推力較大**。而在全圓分割 8 片式之後，會呈現氣流分流過多，淨推力雖有增加，但**空氣阻力的增加會多更多**，導致行進距離變少。

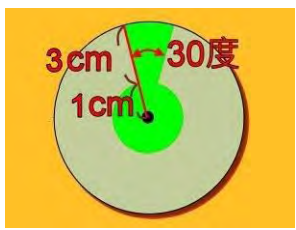






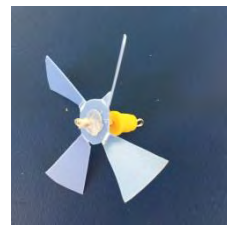
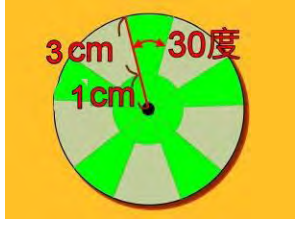

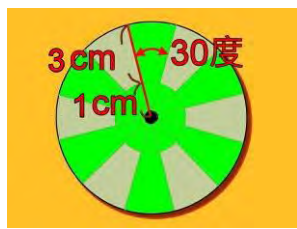
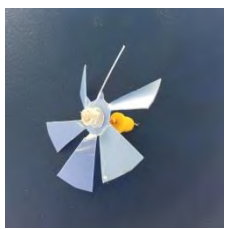
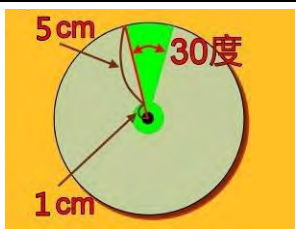
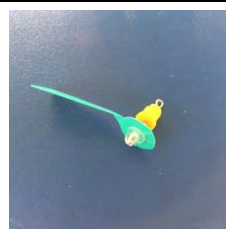
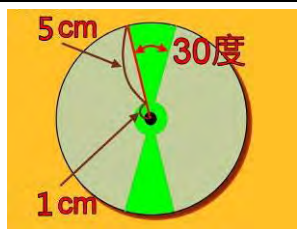
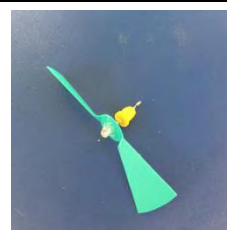
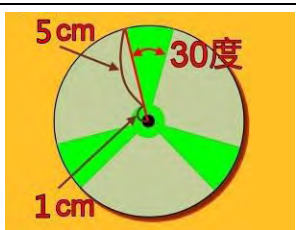
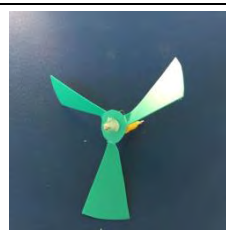

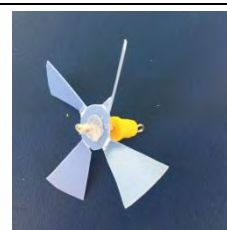




### 五、活動二：探討風扇的大小與風扇葉數對橡皮筋風扇船行進距離的影響。

一般飛機的螺旋槳是比較窄，所以活動二我們即採用此類葉片，看看是否適用於風扇船。而為了等分和切割方便，我們設定葉片的張開角度為**30度**，並用兩種扇葉長**3.0cm**與**5.0 cm**來做實驗。

#### (一)、實驗步驟

1. 採用基本船型船體為測試船，風扇葉數分別置換下列大小兩類各6種樣式：**旋轉半徑4.0 cm**，**風扇扇葉長3.0cm**的1片式風扇、2片式風扇、3片式風扇、4片式風扇、5片式風扇、6片式風扇以及**旋轉半徑6.0cm**，**風扇扇葉長5.0 cm**的1片式風扇、2片式風扇、3片式風扇、4片式風扇、5片式風扇、6片式風扇(如下圖)，且使用**小橡皮圈**來讓十二類具有不同樣式與大小的船整體重量相同，**旋轉圈數設定為三十圈**，其餘條件同活動一實驗步驟。



			
旋轉半徑 4.0 cm，扇葉長 3.0cm 的 1 片式風扇		旋轉半徑 4.0 cm，扇葉長 3.0cm 的 2 片式風扇	
			
旋轉半徑 4.0 cm，扇葉長 3.0cm 的 3 片式風扇		旋轉半徑 4.0 cm，扇葉長 3.0cm 的 4 片式風扇	
			
旋轉半徑 4.0 cm，扇葉長 3.0cm 的 5 片式風扇		旋轉半徑 4.0 cm，扇葉長 3.0cm 的 6 片式風扇	
			
旋轉半徑 6.0 cm，扇葉長 5.0cm 的 1 片式風扇		旋轉半徑 6.0 cm，扇葉長 5.0cm 的 2 片式風扇	
			
旋轉半徑 6.0 cm，扇葉長 5.0cm 的 3 片式風扇		旋轉半徑 6.0cm，扇葉長 5.0cm 的 4 片式風扇	
			
旋轉半徑 6.0cm，扇葉長 5.0cm 的 5 片式風扇		旋轉半徑 6.0 cm，扇葉長 5.0cm 的 6 片式風扇	

3.利用電子秤來測得風扇扇葉組重，並使用小橡皮圈來補其差額方法如活動一。

(二) 實驗結果

公分 樣式與大小	次第	第一	第二	第三	第四	第五	第六	第七	第八	第九	第十	平均	總 長度
		次實 驗	次實 驗	次實 驗	次實 驗	次實 驗	次實 驗	次實 驗	次實 驗	次實 驗	次實 驗		
1片式小扇葉		19.6	19.9	24.8	25.6	26.4	20.8	18.4	24.5	27.8	26.2	23.4	234
2片式小扇葉		54.6	55.9	53.5	52.5	52.7	50.6	48.4	51.6	47.1	52.3	52.0	520
3片式小扇葉		62.1	54.0	57.1	53.2	53.8	48.8	62.8	56.4	53.2	52.5	55.5	555
4片式小扇葉		61.0	51.5	55.2	54.6	58.4	56.2	53.3	52.9	60.5	54.8	55.8	558
5片式小扇葉		54.0	63.1	55.0	57.6	58.2	53.2	60.3	53.9	56.8	59.0	57.1	571
<b>6片式小扇葉</b>		<b>65.7</b>	<b>55.3</b>	<b>56.8</b>	<b>54.9</b>	<b>60.6</b>	<b>62.7</b>	<b>59.2</b>	<b>57.2</b>	<b>63.7</b>	<b>57.4</b>	<b>59.4</b>	<b>594</b>
1片式大扇葉		36.5	20.2	21.5	36.8	29.5	34.2	25.6	34.8	37.1	23.6	30.0	300
2片式大扇葉		66.5	70.7	76.5	74.6	76.1	67.8	72.5	72.1	67.8	75.4	72.0	720
3片式大扇葉		69.5	76.2	80.6	73.5	74.6	68.1	75.2	74.6	68.1	71.1	73.2	732
4片式大扇葉		73.6	69.8	73.5	80.5	75.6	71.0	81.6	78.6	76.2	72.5	75.3	753
5片式大扇葉		74.6	73.3	74.5	82.2	76.3	77.5	70.9	79.6	73.9	75.9	75.9	759
<b>6片式大扇葉</b>		<b>86.3</b>	<b>75.1</b>	<b>76.9</b>	<b>73.0</b>	<b>78.6</b>	<b>74.3</b>	<b>80.6</b>	<b>76.9</b>	<b>77.8</b>	<b>79.3</b>	<b>77.9</b>	<b>779</b>

表5-1 不同樣式與大小的扇葉平均行進距離紀錄表

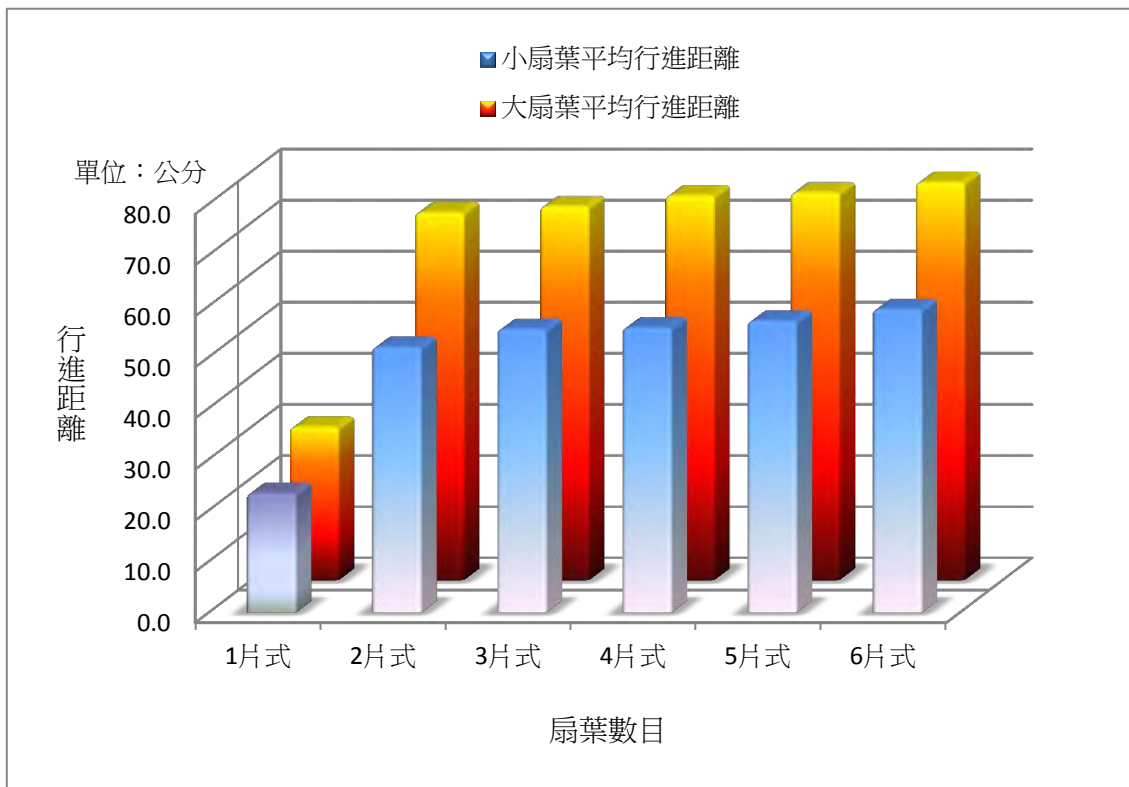


圖 5-1 不同樣式與大小的扇葉風扇船平均行進距離直條圖



### (三)討論

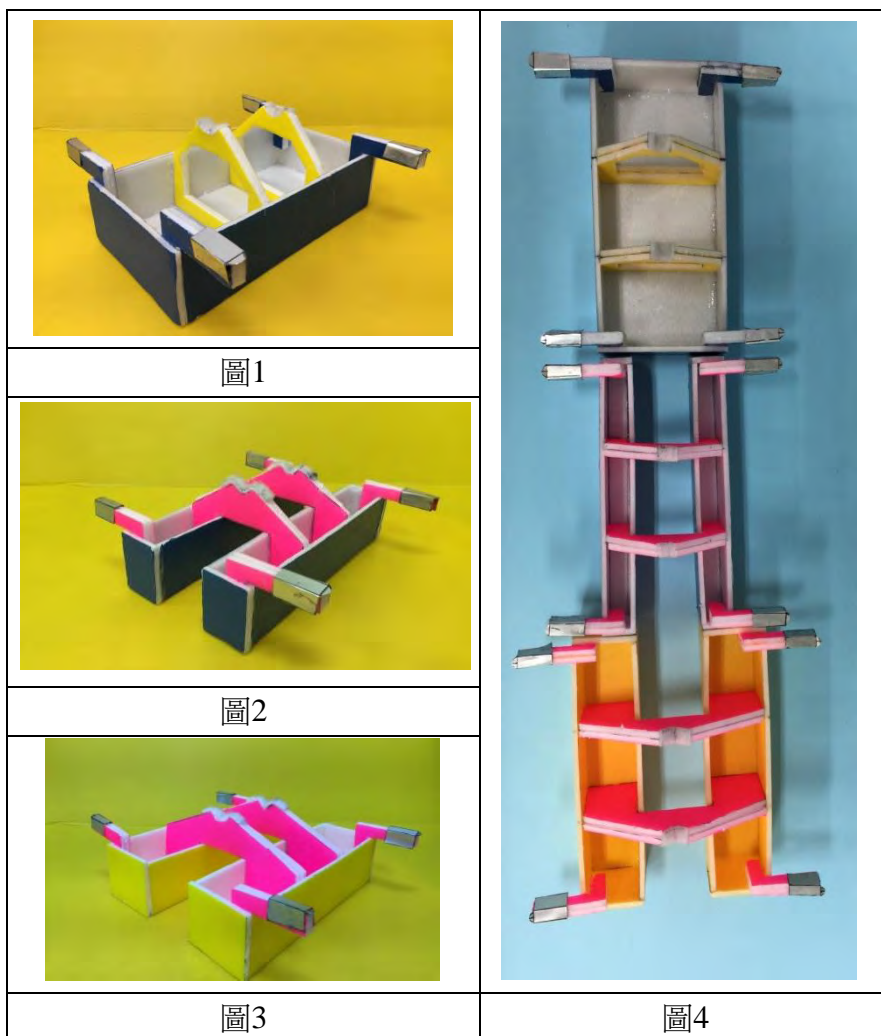
1. 在活動二中發現：相同半徑長度的扇葉比較，基本上扇葉片數愈多行進的距離較遠，推測可能原因：使用檔案夾為扇葉的材質，**扇葉重量可能差異不大**時(例如:1片至6片扇葉)，扇葉片數愈多整體面積較大，則轉動時推動的氣流較多，當然受氣流的阻力也會更大，但其整體的淨推力較大，橡皮筋風扇船行進距離會較遠。
2. 不管是1片式小扇葉或1片式大扇葉，其行進距離皆遠低於2片式扇葉，經實驗觀察後討論發現，一片式扇葉的風扇船在行進時因**船體重心有偏斜與晃動**的狀況產生，且風流較不平穩，所以航行距離較短。
3. 扇葉片數相同時，但扇葉長度面積不同時，扇葉長度較長面積較大(6.0公分>4.0公分)，則橡皮筋風扇船行進距離較遠，推測可能原因，**當扇葉重量差異不大時，扇葉長度較長面積較大，則轉動時推動的氣流較多，當然受到氣流的阻力也會更大，但其整體的淨推力較大，橡皮筋風扇船行進距離會較遠。**
4. **推測若大小扇葉的重量差異若較大**（如果是較重的材質來做扇葉），大扇葉重量大到抵消大扇葉所產生更多的淨推力，則大小扇葉片數相同時，大小扇葉橡皮筋動力風扇船可能行進距離**差異會較小**；反之，推測若大小扇葉的重量差異若**更大**（如果是有**更重**的材質來做扇葉），且大扇葉重量大到不僅抵消大扇葉所產生更多的淨推力，反而產生的重量使船行更加困難，則扇葉片數相同時，大扇葉的橡皮筋風扇船可能行進距離**遠不及**小扇葉的橡皮筋風扇船。
5. 活動一及活動二的綜合比較:
  - (1) 旋轉半徑 4.0cm，扇葉長 3cm 的 2 片式扇葉平均行進距離為 52.0 公分，和全圓分割的 2 片式扇葉平均行進距離為 6.1 公分相較：雖然後者扇葉面積較大，**但其扇葉的切割縫最少，扇葉轉動的推進力反而不足，扇葉面積大成為氣流阻力變大的原因。**
  - (2) 扇葉長 3cm 的 3 片式、4 片式、6 片式扇葉平均行進距離分別為 55.5 公分、55.8 公分、59.4 公分，與全圓分割 3 片式、4 片式、6 片式扇葉平均行進距離 26.5 公分、31.4 公分、43.2 公分相較：**由於全圓分割的切割縫由 2 處增為 3 處、4 處、6 處，扇葉轉動的推力會增加(風流由切縫處流動推動扇葉)，故與小扇葉推力差異縮小，兩者前進距離差異變小。**

## 六、活動三：探討船體的樣式對橡皮筋風扇船行進距離的影響。

近年來由於工業發達，出現了雙體船，它的優點是可以減少水流阻力，所以我們將船體改造成雙體船，來測試是否能增加風扇船的行進距離。

### (一)實驗步驟

1. 採用活動一全圓分割8片式扇葉組，分別置換三組不同船型：第一類船體（單體船，圖1。長15公分，寬8公分，尺寸比較如圖4）、第二類船體（小雙體船，圖2。長15公分，寬8公分，中央簍空寬4公分，尺寸比較如圖4），第三類船體（大雙體船，圖3。尺寸比較如圖4），為單體船對切隔開，中央簍空寬4公分與小雙體船同，支架中央距離船底，垂直高度皆為7公分。



2. 旋轉圈數設定為四十圈，其餘條件同活動一實驗步驟。

3. 利用電子秤來測得風扇扇葉組重，並使用小橡皮圈來補其差額方法如活動一。

## (二)實驗結果

公 分 船型	次第										平 均	總 長 度
	第一 次 實 驗	第二 次 實 驗	第三 次 實 驗	第四 次 實 驗	第五 次 實 驗	第六 次 實 驗	第七 次 實 驗	第八 次 實 驗	第九 次 實 驗	第十 次 實 驗		
第一類船體（單體船）	41.6	55.9	58.3	54.0	52.1	47.3	49.6	53.2	43.9	51.4	50.7	507
第二類船體（小雙體船）	89.2	86.5	82.4	85.0	76.5	77.6	86.4	82.9	81.4	78.7	82.1	821
第三類船體（大雙體船）	74.5	69.7	72.0	60.0	73.1	61.4	67.6	65.1	72.2	71.8	68.7	687

表6-1 不同船體平均行進距離紀錄表

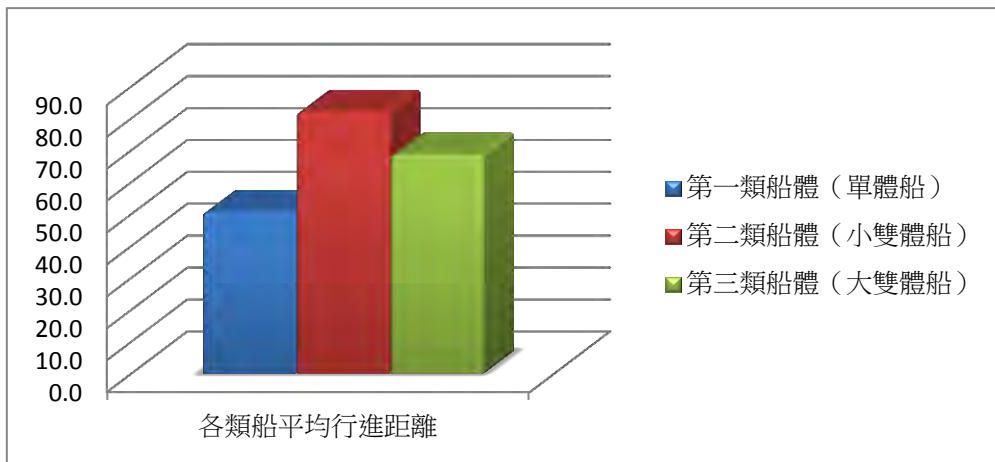


圖 6-1 不同船體平均行進距離直條圖

## (三)討論

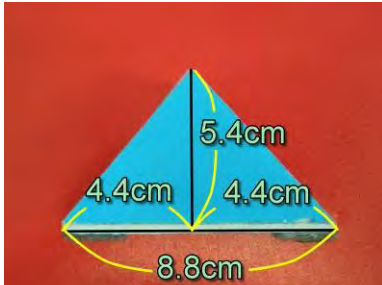
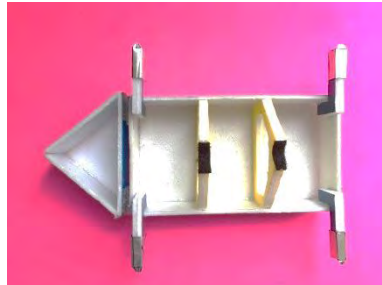

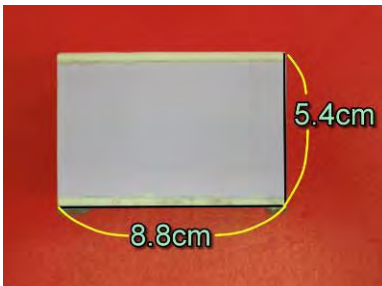
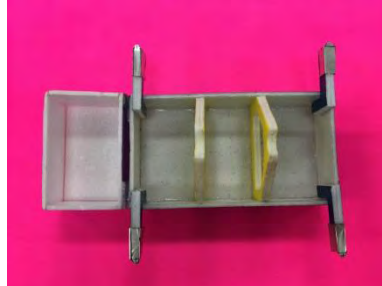

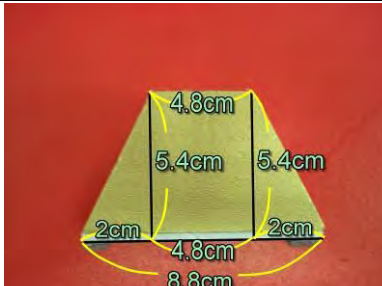


- 1.從表6-1中發現平均行進距離：小雙體船>大雙體船>單體船。小雙體船、單體船、大雙體船其長度皆為15公分。而大雙體船為兩艘寬4公分長15公分的船體所組成，小雙體船為兩艘寬2公分長15公分的船體所組成，兩類雙體船體中央皆相距4公分。受水流直接衝擊時，中央通過的水流相等，但小雙體船的總寬度只有4公分，明顯小於大雙體船的總船寬8公分。所以水流衝擊船身寬度變小，船身受的阻力較小，平均行進距離增加。
- 2.大雙體船是由兩艘寬度4公分，長度15的船體所組成，其兩個船體總寬度恰等於單體船的寬度。但是水流直接衝擊大雙體船的兩側船體各只有4公分寬，遠小於單體船船寬8公分，由實驗觀察及數據討論後推測，其可能原因是大雙體船各船體中間到兩側船邊只有2公分，遠小於單體船中間到兩側船邊有4公分，所以水流衝擊船頭時，較窄的船頭較易形成分流，減少所受的水流阻力。

**七、活動四：探討船頭形狀不同對橡皮筋風扇船行進距離的影響。**

我們設計了六種不同的船頭，希望能透過實驗，找出船頭形狀與風扇船行進距離的關係。

(一)實驗步驟

1. 採用**活動一第五類全圓分割8片式扇葉組**，分別置換六組不同船型(如下圖)：第一類船型(三角形船頭)、第二類船型(方型船頭)、第三類船型(等腰梯形船頭)，第四類船型(五邊形船頭)、第五類船型(雙三角形船頭)、第六類船型(類半圓形船頭)且使用小橡皮筋圈來讓測試船整體重量相同，**旋轉圈數設定為四十圈**，其餘條件同活動一實驗步驟。

		
<p>三角形船頭尺寸圖</p>	<p>三角形船體俯視圖</p>	<p>三角形船體立體圖</p>
		
<p>方形船頭船尺寸圖</p>	<p>方形船體俯視圖</p>	<p>方形船體立體圖</p>
		
<p>等腰梯形船頭尺寸圖</p>	<p>等腰梯形船體俯視圖</p>	<p>等腰梯形船體立體圖</p>



五邊形船頭尺寸圖	五邊形船體俯視圖	五邊形船體立體圖
雙三角形船頭尺寸圖	雙三角形船體俯視圖	雙三角形船體立體圖
<p>單位：公分</p>		
類半圓形船頭尺寸圖	類半圓形船體俯視圖	類半圓形船體立體圖

2. 利用電子秤來測得風扇扇葉組重，並使用小橡皮圈來補其差額方法如活動一。

各類船型 行進 距離 測量			
	第一類三角形船頭	第二類方型船頭	第三類等腰梯形船頭
	第四類五邊形船頭	第五類雙三角形船頭	第六類類半圓形船頭



## (二)實驗結果

公分 船型	次 第										平均	總 長 度
	第一 次 實 驗	第二 次 實 驗	第三 次 實 驗	第四 次 實 驗	第五 次 實 驗	第六 次 實 驗	第七 次 實 驗	第八 次 實 驗	第九 次 實 驗	第十 次 實 驗		
第一類船型(三角形船頭)	72.5	56.9	74.6	74.5	73.0	74.5	74.6	68.9	78.3	79.3	72.7	727
第二類船型(方型船頭)	66.3	57.8	63.0	63.1	67.7	62.2	64.5	64.3	62.3	61.4	63.3	633
第三類船型(等腰梯形船頭)	73.8	63.1	60.5	72.7	68.0	57.1	60.4	66.3	67.5	64.3	65.4	654
第四類船型(五邊形船頭)	71.2	75.7	75.7	74.6	67.5	72.3	65.8	68.1	70.4	67.1	70.8	708
第五類船型(雙三角形船頭)	58.0	62.6	68.1	63.6	62.6	67.7	56.2	58.1	62.1	60.1	61.9	619
第六類船型(類半圓形船頭)	65.5	66.4	72.3	69.4	74.0	59.7	70.3	66.4	71.2	62.1	67.7	677

表 7-1 不同船型平均行進距離紀錄表

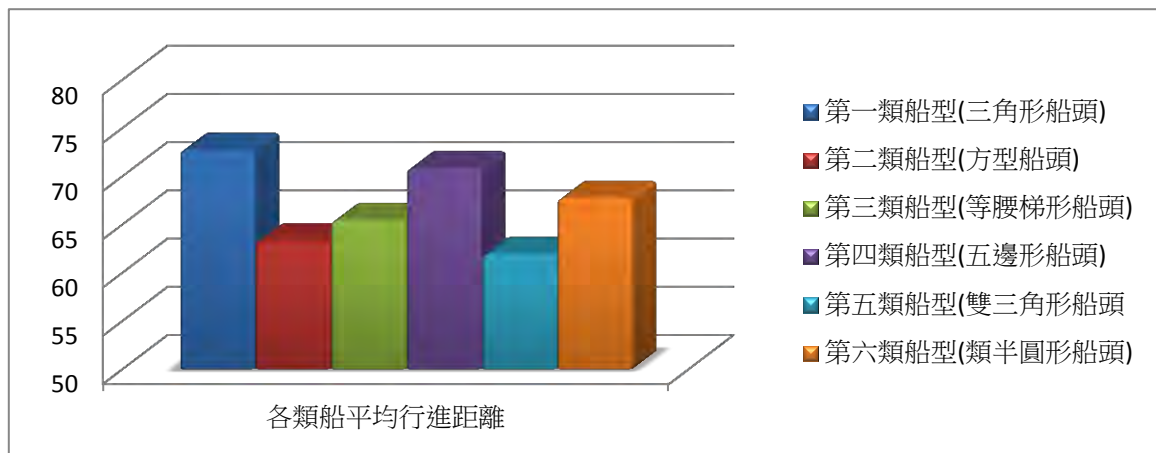


圖 7-1 各類船頭平均行進距離直條圖

## (三)討論

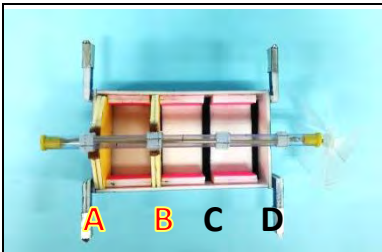
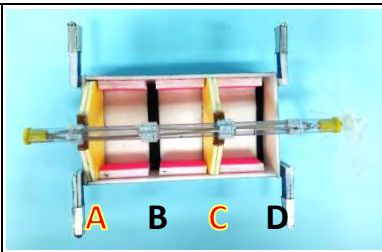
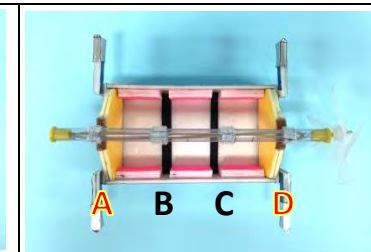
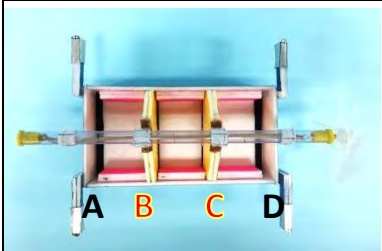
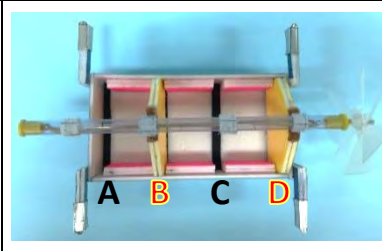
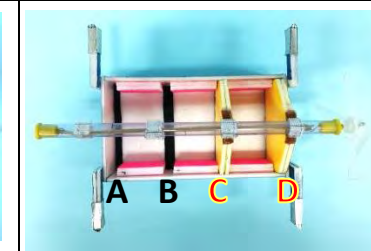
- 1 從表 7-1 中發現平均行進距離與船頭的形狀有關。船頭為三角柱體時，水流的阻力最小，船行進距離最遠；船頭為五邊形柱體時，阻力次之，船行進距離第二遠；船頭為類半圓形柱體時，水流的阻力再次之，船行進距離第三遠；船頭為雙三角柱體時，阻力最大，船行進距離最近；船頭為長方體柱體時，水流的阻力第二大，船行進距離第二近；船頭為等腰梯形柱體時，阻力第三大，船行進距離第三近。
2. 在生活中較常見的船體其船頭形狀大多為第一類船型與第六類船型，即船頭為三角柱體與類半圓柱體居多，第四類船型(五邊形船頭) 為外形介於三角柱體與類半圓柱之間的實驗項目。

**八、活動五：探討風扇連接支架位置對橡皮筋動力風扇船行進距離的影響。**

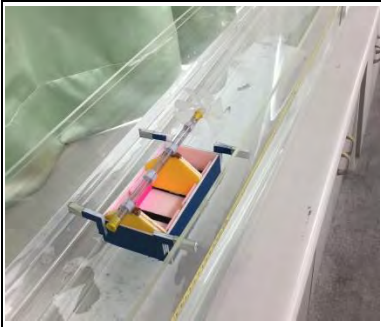


活動一到四中，我們的風扇連接支架是位於船身1/3與3/2的位置，於是我們思考，如果改變支架的位置，是否也會改變風扇船的行進距離。所以我們利用兩個支架和四個位置的排列組合，找出適當的支架位置，看看是否能讓風扇船跑得更遠。

**(一)實驗步驟**

1. 將船身內部設計成四個插槽位置，分別位於船身前端(A)、1/3位置(B)、2/3位置(C)以及尾端(D)，每個位置相隔5公分，並在底部貼上魔鬼氈，方便風扇連接支架固定。
2. 將兩組支架依序同時放入船身的不同位置，完成6組變化如下圖例表示：

		
第一類支架位置(A、B)	第二類支架位置(A、C)	第三類支架位置(A、D)
		
第四類支架位置(B、C)	第五類支架位置(B、D)	第六類支架位置(C、D)

3. 採用活動一第五類全圓分割8片式扇葉組，旋轉圈數設定為四十圈，其餘條件同活動一實驗步驟。

		
第二類支架位置風扇船 實驗相片	第二類支架位置風扇船 實驗相片	第三類支架位置風扇船 實驗相片

## (二)實驗結果

公分 支架位置	次 第										平均	總 長 度
	第一 次 實 驗	第二 次 實 驗	第三 次 實 驗	第四 次 實 驗	第五 次 實 驗	第六 次 實 驗	第七 次 實 驗	第八 次 實 驗	第九 次 實 驗	第十 次 實 驗		
第一類支架位置	70.6	76.1	67.2	78.1	74.9	82.2	75.6	79.5	73.8	75.4	75.34	753.4
第二類支架位置	73.7	68.6	71.4	81.4	67.1	75.6	78.2	79.7	74.6	73.9	74.42	744.2
第三類支架位置	65.3	71.0	68.5	77.5	72.5	73.8	70.6	74.8	77.8	74.9	72.67	726.7
<b>第四類支架位置</b>	<b>78.4</b>	<b>72.8</b>	<b>80.0</b>	<b>83.6</b>	<b>86.6</b>	<b>77.1</b>	<b>77.5</b>	<b>81.6</b>	<b>73.2</b>	<b>79.2</b>	<b>79.00</b>	<b>790.0</b>
第五類支架位置	86.0	75.3	77.2	69.1	81.1	78.4	76.3	71.5	73.5	74.2	76.26	762.6
第六類支架位置	60.9	64.1	69.6	75.9	72.2	70.8	67.6	72.6	71.7	73.1	69.85	698.5

表 8-1 各類風扇連接支架位置平均行進距離紀錄表

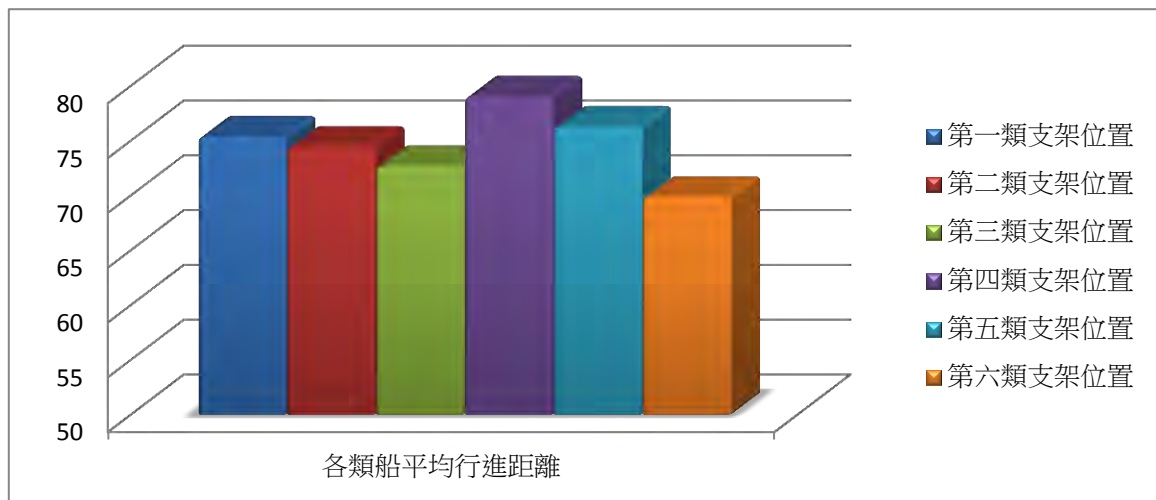
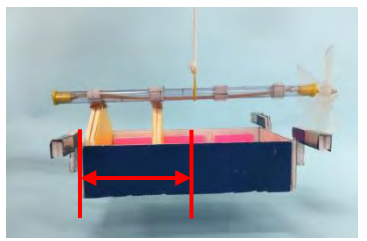
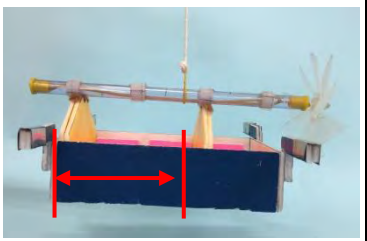
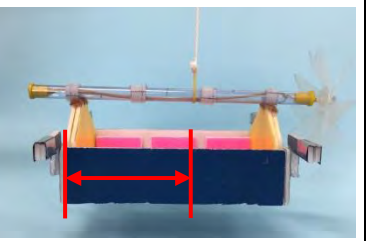
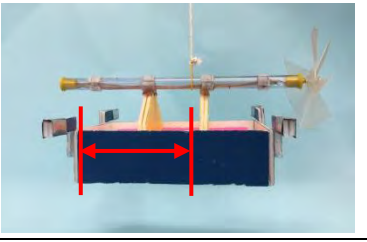
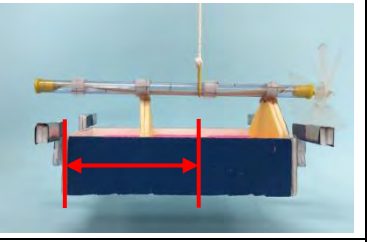
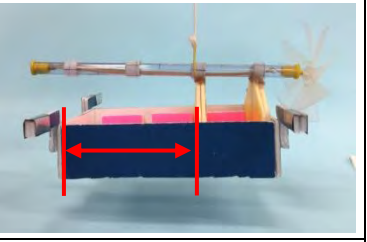


圖8-1 風扇連接支架位置平均行進距離直條圖

## (三)討論

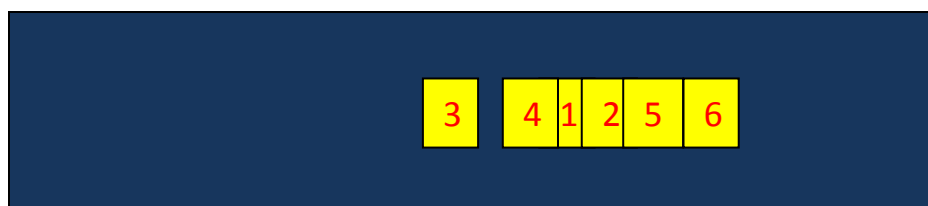
- 1.原本活動設計的連接支架為空心，其目的是為了減輕船身重量，但本活動的支架因為必須拆換位置，必須加強結構，所以改採實心。
- 2.在活動六中，透過實驗來發現由平均值直條圖得知，風扇船直線行進距離由遠至近分別為：**第四類支架位置、第五類支架位置、第一類支架位置、第二類支架位置、第三類支架位置、第六類支架位置。**
- 3.由以上實驗結果分析，**不同的扇葉支架位置會改變風扇船重心，進而影響到風扇船的行進距離**，所以我們利用繩子將風扇船吊起來，當船身呈現水平時，即可找出各類船的重心位置，

如下圖例表示：

		
第一類支架(A、B)重心位置 (離船頭 8.4 公分)	第二類支架(A、C)重心位置 (離船頭 8.9 公分)	第三類支架(A、D)重心位置 (離船頭 9.5 公分)
		
第四類支架(B、C)重心位置 (離船頭 9 公分)	第五類支架(B、D)重心位置 (離船頭 9.3 公分)	第六類支架(C、D)重心位置 (離船頭 10.1 公分)

4.從實驗觀察後發現風扇船的重心會落在船身中央(船身長 15.8 公分,中央處離船頭 7.9 公分)稍微偏後的位置,原因是扇葉置於尾端,將重心往後移動。

5.風扇船以**第四類支架(重心離船頭 9 公分)**時,行進距離最遠;接著重心往後,以**第五類支架(重心離船頭 9.3 公分)**行進距離第二遠;然後重心移至最前,以**第一類支架(重心離船頭 8.4 公分)**行進距離第三遠;接著重心再往後,以**第二類支架(重心離船頭 8.9 公分)**行進距離第四遠;重心再繼續往後,以**第三類支架(重心離船頭 9.5 公分)**行進距離第五遠;最後,重心移至最後,**第六類支架位置(重心離船頭 10.1 公分)**行進距離第六遠。其重心的轉移,由行進距離的遠到近如下圖表示(數字代表船行進距離的名次,最遠的是第 1 名):



6.由於風扇船的重心位置位於**中間偏後**,導致行進時船頭會有微微上揚情形,所以我們由實驗結果推論,**風扇船行進距離跟船頭吃水的深度,以及船尾下壓所造成的水流阻力有關**,當重心距船頭 9 公分時,其船頭的上傾的角度,與水流阻力的交互作用,恰能使風扇船走的最遠;但過於傾斜的船身(如:第六類支架),造成船尾下壓所增加的阻力,則可能阻礙風扇船的前進,至於船身角度與水流阻力之關係,則有待後續研究同學加以探討。

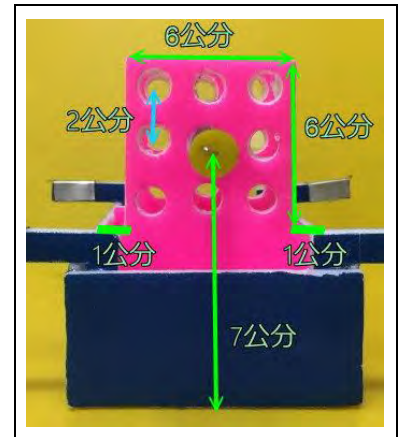


**八、活動六：探討風扇扇葉在船尾不同截面位置對橡皮筋風扇船行進距離的影響。**

一般風扇船的風扇架設位置大部分都是在中央上方，所以我們設計了一個九宮格支架，想找出是否有其他風扇位置能讓風扇船的行進距離變得比較遠。

(一)、實驗步驟

1. 採用活動一全圓分割 8 片式扇葉組(旋轉半徑 4.0cm，扇葉長 3cm)，將船內部寬度 8 公分，左右內縮 1 公分，取中央 6 公分寬，均分為 3 等份，以距離船底 7 公分為中心，製成 3 乘以 3 的九宮格(如右圖)支架，中央挖洞讓扇葉組能夠穿入，洞與洞之間相隔 2 公分。共製作兩片分別裝置於船身長度的 5 公分與 10 公分處。



2. 扇葉轉軸位置的圖例說明如下:

第一類風扇扇葉位置	第二類風扇扇葉位置	第三類風扇扇葉位置	第四類風扇扇葉位置	第五類風扇扇葉位置
第六類風扇扇葉位置	第七類風扇扇葉位置	第八類風扇扇葉位置	第九類風扇扇葉位置	測量圖

3. 旋轉圈數設定為四十圈，每次採計的測量單位為公分(以船底的移動為測量依據)，以四捨五入方式計算到小數第一位，每個實驗項目原則上做十次，扣除兩次上下極端值，共計實驗十二次。



## (二)、實驗結果

公分 風扇扇葉位置	次第										平均	總長度
	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	第四次實驗	第五次實驗	第六次實驗	第七次實驗	第八次實驗	第九次實驗	第十次實驗		
第一類風扇扇葉位置	69.6	69.7	71.2	74.7	71.2	65.3	63.1	66.8	63.5	70.5	<b>68.6</b>	<b>686</b>
第二類風扇扇葉位置	<b>72.4</b>	<b>72.7</b>	<b>73.7</b>	<b>70.0</b>	<b>68.6</b>	<b>72.9</b>	<b>77.3</b>	<b>69.9</b>	<b>75.7</b>	<b>72.8</b>	<b>72.6</b>	<b>726</b>
第三類風扇扇葉位置	73.9	62.8	71.9	61.3	64.8	68.4	67.5	66.8	66.3	65.7	<b>66.9</b>	<b>669</b>
第四類風扇扇葉位置	39.7	50.3	43.6	47.0	51.1	42.4	45.8	48.5	47.9	44.1	<b>46.0</b>	<b>460</b>
第五類風扇扇葉位置	47.0	51.7	46.1	44.8	54.8	52.2	52.7	48.4	45.7	49.8	<b>49.3</b>	<b>493</b>
第六類風扇扇葉位置	48.7	46.7	41.9	38.2	42.3	45.7	50.2	47.1	43.0	42.3	<b>44.6</b>	<b>446</b>
第七類風扇扇葉位置	32.1	32.4	31.7	34.8	28.1	30.8	33.6	34.2	31.8	29.0	<b>31.9</b>	<b>319</b>
第八類風扇扇葉位置	31.2	28.4	37.3	37.1	30.6	36.2	32.3	33.6	31.6	35.8	<b>33.4</b>	<b>334</b>
第九類風扇扇葉位置	33.1	30.6	27.1	34.6	27.8	32.3	31.3	34.2	30.8	29.1	<b>31.1</b>	<b>311</b>

表 9-1 各類風扇扇葉的位置平均行進距離紀錄表

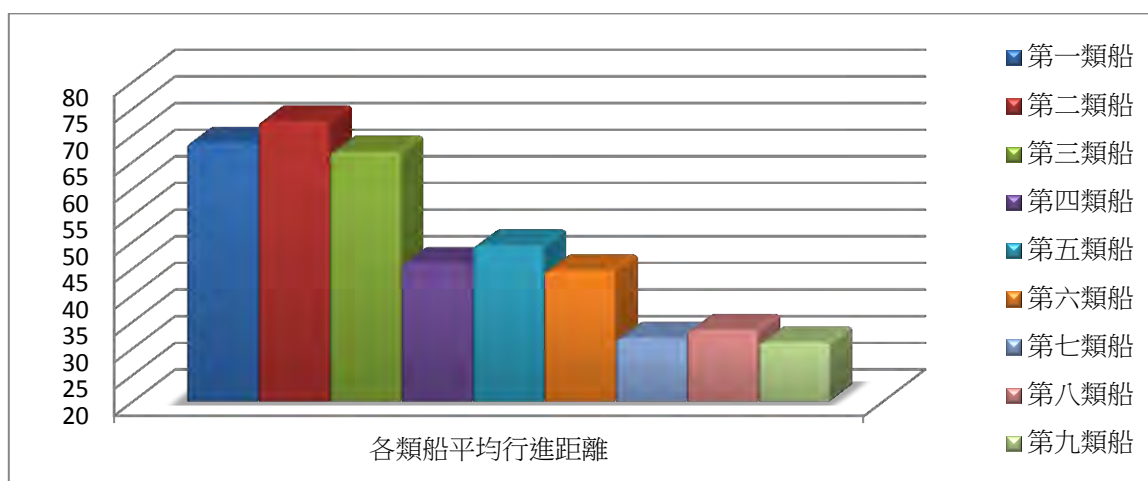


圖9-1 各類風扇扇葉的位置平均行進距離直條圖

## (三)討論

- 1.在活動六中，透過實驗來發現由平均值直條圖得知，各層中行進距離皆以中間扇葉位置距離較遠，而同層左右兩邊的風扇位置彼此的行進距離與中間扇葉位置相比較，似乎彼此行進距離差異較小。
- 2 再觀察上層、中層、下層的行進距離比較：可以清楚的發現，上層的行進距離約大於中層的行進距離約 22 公分上下，中層的行進距離約大於下層的行進距離約 13-16 公分，綜觀世界上風扇船，風扇的架設位置約略較符合實驗中上層的中間風扇位置應可為佐證。

## 伍、結論

- 一、橡皮筋風扇船若動力大，橡皮筋風扇船行進的距離會較遠，因為受水槽長度的限制，故討論後，分別選用固定橡皮筋的轉數為三十圈、四十圈來從事實驗。而每次實驗後，須將橡皮筋風扇船重新整理，除換橡皮筋外，並留意橡皮筋風扇船內有無進水，如有須評估此次實驗的可靠性，將橡皮筋風扇船的水倒掉並重新修理，以免進水的水量影響實驗結果。如果船行歪斜或碰撞軌道，或卡住無法順行，須稍為調整，排除無法正常運作的原因，減少船行歪斜對船行的影響。船行歪斜或碰撞軌道過於離譜，必須重新實驗，求得較準確實驗結果。在活動一至活動四的實驗中，使用小橡皮圈等來補齊船體相同重量時，使用電子秤操作時要小心，確實將待秤物放在秤中，將誤差減到最小。
- 二、在活動一中(三)發現討論(1)發現：4 公分半徑長度的扇葉比較，基本上風扇扇葉片到 8 片前，風扇扇葉數愈多，橡皮筋風扇船得越遠；扇葉數大於 8 片，風扇扇葉數愈多，橡皮筋風扇船得越近。
- 三、在活動二中(三)發現討論(1)(2)發現：相同半徑長度的扇葉比較，基本上扇葉片數愈多可以讓行進的距離較遠。
- 四、在活動二中(三)發現：討論(3)發現相同：扇葉片數相同時，但扇葉長度面積不同時，扇葉長度較長面積較大，則橡皮筋動力風扇船行進距離較遠。
- 五、對輕材質重量相差不大的扇葉而言，扇葉數目與半徑長度相同，但扇葉樣式不同（以 30 度角扇葉與全圓分割扇葉為例），全圓分割扇葉總面積雖較大，其扇葉淨推力卻較小，原因與所受的氣流阻力較大有關。但扇葉間的風流量、扇葉的角度、扇葉形狀也有不少影響。
- 六、風扇船行進距離與水流衝擊船頭寬度有關。雙體船水流衝擊單一船身寬度變小，且船身中央的開口可以水流通過，船身受的阻力較小，所以平均行進距離增加，。
- 七、從活動四中發現不同直線行進距離與水流阻力有關，船頭的形狀攸關水流阻力的大小。行走距離遠近比較如右：三角形船頭>五邊形船頭>類半圓形船頭>等腰梯形船頭>長方形船頭>雙三角船頭。而絕大部份的船型介於第一類船型（船頭是三角形）與第六類船型（船頭是類半圓形）應有其科學原理。

- 八、由於風扇船的重心位置位於中間偏後，所以行進時船頭會有微微上揚情形，我們由活動五實驗結果推論：**風扇船行進距離跟船頭吃水的深度，以及船尾下壓所造成的水流阻力有關，而過於向上傾斜的船身，造成船尾下壓所增加的水阻，則可能阻礙風扇船的前進。**
- 九、從活動六中，透過實驗來發現船風扇扇葉轉動軸位置在第一層的**第二類風扇扇葉位置**、**第二層的第五類風扇扇葉位置**、**第三層的第八類風扇扇葉位置**是船風扇扇葉位置在各層中橡皮筋風扇船跑得比較遠，而第一層的第二類**風扇扇葉位置**位置是三層九類船槳位置中最遠的。比較各類船的船槳位置中發現：船風扇扇葉都在船體**尾部中間**的位置。
- 十、橡皮筋動力風扇船的扇葉的補充實驗發現：
- (一)扇葉若使用太薄的材質，扇葉的行進距離及方向均不理想，容易產生亂流(擾流)。
- (二)扇葉若使用太軟的材質，扇葉的行進距離及方向均不理想，也有類似現象。
- (三)扇葉的轉速若增快(例如:橡皮筋轉得圈數增多很多)，活動一及活動二扇葉次數較多的橡皮筋風扇船，行進距離比原推估的距離還遠，尤其以活動二較多片式扇葉表現為佳，推論：轉速越高風扇扇葉角度相對的要越小,風扇扇葉角度越小 相對的推力也越大。
- (四)由(三) 推論:一般小船的船用有一個適合高推力低轉速耐撞擊的**螺旋槳**，此扇葉較厚，扇葉粗短(如**陸、參考資料(四)**)：反之轉速較高,會使用很薄較修長及小角度的扇葉，而風扇船屬於後者。

## 陸、參考資料與其他

- 一、自然與生活科技～四年級上學期第四單元:運輸工具與能源(民 99) ，台南：康軒。
- 二、自然與生活科技～五年級上學期第四單元: 力與運動: (民 99) ，台南：康軒。
- 三、中國古代機械工程，取自：<http://www.chiculture.net/0811/html/c26/0811c26.html>
- 四、產品資訊：產品資訊：不銹鋼 4 葉片船用螺旋槳，取自：  
[http://www.cens.com/cens/html/zh/product/product\\_main\\_37327.html](http://www.cens.com/cens/html/zh/product/product_main_37327.html)
- 五、寶麗龍板 diy-風扇船，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=ZOMpZLE2jiw>

## 【評語】 080119

這個實驗設計了良好的控制變因，在相同船型、質量與橡皮筋動力下，去探討船頭樣式、扇葉位置、重心造成船體的傾斜等因素所造成之行進距離差異。具體地顯示出一個完整的研究工作。值得肯定。



# 壹、研究動機

記得四年級上自然「運輸工具與能源」單元，老師教我們騎「橡皮筋動力車」，當時我們覺得好有趣。去年上「力與運動」單元時，又提到橡皮筋的彈力，所以在課堂上我們就思考，如果將橡皮筋裝在船上，這樣風扇來當作動力，會不會也像橡皮筋動力車一樣前進，所以製作了橡皮筋風扇船，並且希望透過動手實驗來了解影響橡皮筋風扇船前進速度的各項因素！

# 貳、研究目的

- 一、活動一：探討風扇在相同載重下，風扇葉數對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 二、活動二：探討風扇的大小與風扇葉數對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 三、活動三：探討船體的橫式對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 四、活動四：探討船頭形狀不同對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 五、活動五：探討風扇安裝位置不同對橡皮筋風扇船行進距離的影響。
- 六、活動六：探討風扇葉在船尾不同位置對橡皮筋風扇船行進距離的影響。


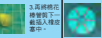
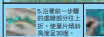
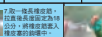
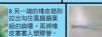

# 參、研究設備及器材

- 一、測量器材：電子秤、塑膠量杯、皮尺、數位相機。
- 二、製作工具：剪刀、刀片、量角器、鋼尺、砂紙、絕緣膠帶、保麗龍膠、活性碳字號、原子筆、切割器、鑷子、尖嘴鉗、熱熔槍。
- 三、裝置材料：橡皮塞、透水性膠膜、長夜燈燈殼、小車架、組鐵絲、大、小圓盤針、橡皮夾、砂紙條、魔鬼蛇、鉗嘴、棉花棒。
- 四、實驗器材：小橡皮圈、實驗水道、鏈帶。

# 肆、研究過程及方法

一、橡皮筋風扇船的制作方法：橡皮筋風扇船的移動是用轉軸轉動的方式來控制橡皮筋，待橡皮筋轉鬆弛時釋出的彈力當動力，帶動風扇使船前進，所以下面將橡皮筋風扇船分成4個部分製作，並加以組合。

(一) 橡皮筋動力風扇船製作方法：

	1. 將橡皮圈用溫度計的塑膠管剪切成21公分長，環繞兩端貼上魔鬼蛇。		2. 將圓盤針直線穿過橡皮塞中央的洞，並固定。		3. 再將棉花棒剪下一截插入橡皮塞中。		4. 將塑膠檔案夾封皮割出半徑4公分的圓，在圓上用數字標量出所需等分及折線(以6等分為例)。
	5. 沿著前一步驟的虛線部分往上折，使葉片傾斜角度呈30度。		6. 把勾勾由內而外穿過橡皮塞，再依序穿入車軸及檔案夾，以熱膠固定。		7. 取一條長橡皮筋，拉直後長度固定為18公分，將橡皮筋塞入橡皮塞的鉤環中。		8. 另一端的橡皮筋則拉出勾在風扇葉架的鉤環，再將橡皮塞塞入塑膠管。
	9. 橡皮筋動力風扇組完成。						

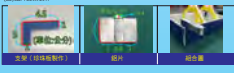
(二) 基本船體製作：



(三) 橡皮筋風扇船連接支架製作



(四) 船片支架製作



(五) 橡皮筋風扇船的組合安裝

	1. 將橡皮筋動力風扇組以保麗龍膠黏貼在基本船體長的5公分與10公分處。		2. 將船片支架以保麗龍膠黏貼在基本船體的百個角處。		3. 將橡皮筋動力風扇組以魔鬼蛇黏起風扇組連接支架上。		4. 橡皮筋風扇船終於完成了。
--	--------------------------------------	---	----------------------------	---	-----------------------------	--	-----------------

二、實驗記錄方式說明

(一) 測試水道設置：

由於經費與場地的限制，此次實驗是以長120公分，寬20公分的履克力水道來進行(圖1)。

(二) 橡皮筋風扇船的行進距離記錄方式

為了準確測試橡皮筋風扇船的行進距離，我們就上游架與車組合或移動攝影機，這樣就可以拍出船尾停止的瞬間，以定格方式找出船停止位置(圖2-5)。



(三) 橡皮筋 拉力測試

為了避免橡皮筋彈性過之影響實驗結果，每一類的實驗活動均更換新的橡皮筋，因此每一條橡皮筋僅會使用20次左右，但為了更進一步確保風扇船的行進距離不會受橡皮筋彈性差之影響，每一條橡皮筋在實驗之前與實驗之後均會使用電子秤秤測彈性測試，以此證明橡皮筋在實驗前後之拉力，並未產生明顯變化。

	原長18公分橡皮筋	伸長量5公分	伸長量10公分	伸長量15公分	伸長量20公分
實驗前橡皮筋拉力					
		0.11公斤	0.25公斤	0.34公斤	0.45公斤
實驗後橡皮筋拉力					
		0.12公斤	0.25公斤	0.31公斤	0.46公斤

(四) 各活動橡皮筋數額定測試

因為實驗水槽長度有限，我們並無法在各活動中採取相同橡皮筋數額，所以必須進行橡皮筋數額預備測試，調整預設數額。

四、活動一：探討在相同載重下，風扇葉數對橡皮筋動力風扇船行進距離的影響

(一) 實驗步驟

採用基本船型船體為測試船，採用全圖分別式風扇葉架(旋轉半徑4.0cm，葉架長3cm)，分七類，旋轉數額設定為30圈，共計記錄10次。

2片式風扇葉架	3片式風扇葉架	4片式風扇葉架	6片式風扇葉架
8片式風扇葉架	10片式風扇葉架	12片式風扇葉架	



## (二)實驗結果



圖2-1 各類全圓分割扇葉風扇平均行進距離值

五、活動二：探討風扇的大小與扇葉數對橡皮筋風扇行進距離的影響。

### (一)實驗步驟

採用基本船型船體為測試船，扇葉數分別置換下列大小兩種各6種樣式(如下圖)，且使用小橡皮筋來讓十二類具有不同樣式大小的船整體重量相同，旋轉圈數設定為30圈。



## (二)實驗結果

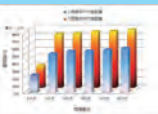


圖2-1 不同樣式大小之扇葉對行進距離平均值比較圖

六、活動三：探討船體的樣式(單體船、雙體船)對橡皮筋風扇船行進距離的影響。

### (一)實驗步驟

採用活動一全圓分割扇葉式扇葉組，分別置換三組不同船型，旋轉圈數設定為40圈，其餘條件同活動一實驗步驟。



## (二)實驗結果

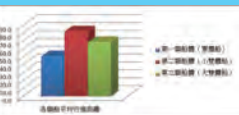


圖2-1 各類船體平均行進距離值

七、活動四：探討船身形狀不同對橡皮筋風扇船行進距離的影響。

### (一)實驗步驟

1. 採用活動一第五類全圓分割扇葉式扇葉組，分別置換六組不同船型，旋轉圈數設定為四十圈，其餘條件同活動一實驗步驟。



## (二)實驗結果



圖2-1 各類船型平均行進距離值

### (三)討論

1. 全圓分割兩片式扇葉雖然扇葉面積較大，但切割線最少，單片扇葉面積大成為氣流阻力，所以行進距離較短。
2. 扇葉數目在8片之前，葉數愈多，橡皮筋風扇船行進距離越遠，但過了8片後，行進距離反而減短，其原因可能是氣流過多，增加空氣阻力大於葉片所增加的推力。

### (三)討論

1. 扇葉數愈多整體面積較大，所以旋轉時推動的氣流較多，橡皮筋風扇船行進距離會較遠。
2. 一片式扇葉的風扇船因船體重心有偏斜與晃動的狀況產生，所以航行距離較短。

### (三)討論

1. 由實驗發現，水流衝擊船身寬度越細，船身受的阻力越細，平均行進距離增加。
2. 水流衝擊船頭時，較窄的船頭較易形成分流，減少所受的水流阻力。

### (三)討論

1. 平均行進距離與船頭的形狀有關，船頭為三角形體時，水流的阻力最小，船行進距離最遠；船頭為雙三角形體時，阻力最大，船行進距離最近。
2. 在生活中較常見的船體其船頭形狀大多以三角形體與半圓柱體佔多數。

#### 八、活動五：探討風扇連接支撐位置對推動力風扇船行進距離的影響。

##### (一)實驗步驟

1. 將船身內部設計成四個插槽位置，分別位於船身前端(A)、1/3位置(B)、2/3位置(C)以及尾端(D)，每個位置相隔8公分，並在底部貼上龍角紙，方便風扇連接支撐固定。
2. 將兩組支撐依序同時放入船身的不同位置，完成6種變化如下圖例表示：



##### (二)實驗結果

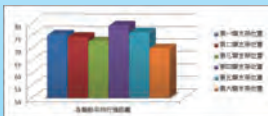


圖1-1 各類風扇連接支撐位置平均行進距離柱狀圖



##### (三)討論

1. 由以上實驗結果分析，不同的扇葉支撐位置會改變風扇船重心，進而影響到風扇船的行進距離，所以我們利用繩子將風扇船吊起來，找出各類船的重心位置，如下圖例表示：



2. 風扇船重心的轉移，由行進距離的遠近如下圖表示 (數字代表船行進距離的名次，最遠的是第1名)：



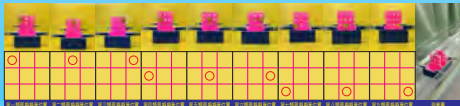
3. 風扇船行進距離跟船頭吃水的深度，以及船尾下垂所造成水流阻力有關，但過於傾斜的船身，造成船尾下垂所增加的阻力，則可能阻礙風扇船的前進。

#### 九、活動六：探討風扇葉在船尾不同軸位置對推動力風扇船行進距離的影響。

##### (一)、實驗步驟

1. 採用活動一全面分割8片扇葉(旋轉半徑4.0cm，扇葉長3cm)，並製成3架以3的九宮格(如右圖)支撐，中央挖洞讓扇葉能跨穿入，洞與洞之間相隔2公分，共製作兩片分別裝於船身長度的8公分與10公分處。

2. 扇葉轉軸位置的圖例說明如下：



3. 旋轉角度設定為四十度，其餘條件同活動一實驗步驟。

##### (二)實驗結果

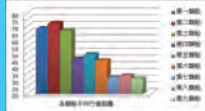


圖3-1 各類風扇葉位置平均行進距離柱狀圖

##### (三)討論

1. 如果同一層(同一水平)的風扇位置來比較，扇葉在船體中央的，船行進距離較遠。
2. 如果以不同層的風扇位置(垂直高度)來比較，無論在右側，中間或是左側：船的行進距離皆是第一層扇葉位置>第二層扇葉位置>第三層扇葉位置。



## 伍、結論

- 一、全面分割扇葉風扇船，當扇葉片數小於8片，片數越多行進距離越長；當扇葉片數大於8片，雖然推力有增加，但阻力也加大，反而造成行進距離較短。
- 二、活動二(30度角葉片)，片數愈多風扇船行進距離愈長。
- 三、30度角葉片在扇葉片數相同下，扇葉長度較長或面積較大，則風扇船行進距離較遠。
- 四、全面分割葉片及30度角葉片綜合比較發現，如果葉片長度相同，隨著葉片數2、3、4、6增加時，兩者行進距離差異縮小。
- 五、大雙轉軸及單轉軸的水流衝擊角度相同(8公分)，但大雙轉軸中央的空隙，較易讓衝擊船頭的水產生分流，減少阻力，行進距離明顯增加。
- 六、船頭所受水流阻力愈大則行進距離愈短。
- 七、風扇船的重心位置於中間稍偏後，當其重心距船頭8公分時(第四類轉軸)，其船頭上傾的角度，與水流阻力的交互作用，他能使風扇船走得最遠。但過於向上傾斜的船身(第六類支撐)，造成船尾下垂所增加的阻力，則可能阻礙風扇船的前進。
- 八、風扇位置會影響行進距離，位置在各層中央風扇船跑得比較遠，而扇葉位置愈高的第一類扇葉船，行進距離是九類風扇船中最遠的。

## 陸、參考資料與其他

- 一、自然與生活科技—四年級上學期第四章元：運輸工具與能源(R09)，台南：康軒。
- 二、自然與生活科技—五年級上學期第四章元：力與運動(R09)，台南：康軒。
- 三、中國古代機械工程，取自：<http://www.chiculture.net/0011/html/c26/0011c26.html>
- 四、產品資訊：不銹鋼4葉片船用螺旋槳，取自：[http://www.cens.com/cens/html/zh/product/product\\_main\\_37327.html](http://www.cens.com/cens/html/zh/product/product_main_37327.html)
- 五、寶貴經驗diy-風扇船，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=Z0mPzLE2jw>