

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081506

借風使力 陸上行舟-風帆動力車行進的奧秘

學校名稱：臺北縣永和市網溪國民小學

作者： 小六 施秉宏 小六 周詳霖 小六 林廷陽 小六 邵謙 小六 李逸萱	指導老師： 李萍 高美玉
--	--------------------

關鍵詞：風帆動力車 帆面 風向

借風使力 陸上行舟 — 風帆動力車行進的奧秘

摘要

我們利用廢棄的資源回收材料，製作一部以風力為動力的風帆車，並且設計實驗來探討哪些因素會影響風帆動力車的行進速度，以及風帆車在不同風向時的行進能力。我們得到主要結論如下：若要使風帆車行進速度增快，帆面面積要大、風帆形狀要選用三角形，且帆面要有點曲度；風帆桅桿要在車身中間位置，重心才會穩定；車體配重要輕、輪子要小，輪子表面具平滑材質。風帆車的風向要避免行走在正逆風左右各約 35 度角內，最佳風向角是 90~120 度及相對位置的 240~270 度，把風帆角度調整至風向線與車身龍骨線之間的平分線上前進，可獲得最快車速。

壹、研究動機

五年級下學期自然課本第三單元是「力與運動」(牛頓版)，當時老師曾說過風力是天然的接觸力，還介紹了摩擦力。學期結束前，老師讓我們利用寶特瓶做風帆車，舉行比賽，看誰的速度快，同學們玩得不亦樂乎。我們很好奇，怎樣的因素會影響風帆車的行進速度，於是我們決定以「風帆動力車的行進奧秘」作為我們這次科學展覽的研究主題。

貳、研究目的

- 一、利用環保素材，自製以風力為動力來源的四輪風帆車。
- 二、探討帆面在各種不同的變因下（形狀、面積、角度、帆桅位置、數量等），對行進速度的影響。
- 三、比較有曲度風帆及無曲度風帆動力車在行進速度上的差異。
- 四、觀察風帆動力車在不同的車體配重下，行進的情形。
- 五、探討風帆動力車車輪的大小和表面材質對行進速度的影響。
- 六、觀察風帆動力車在不同風向時(順風、側風、迎風)的行進能力。
- 七、培養創造思考，從做中學，解決問題的科學精神和態度。

參、研究設備及器材

1. 工具：熱熔槍(膠)、烙鐵、剪刀、雙面膠帶、透明膠帶、直尺、棉線、錐子
2. 材料：600cc、800cc 及 1500cc 含蓋保特瓶、吸管、長竹籤、養樂多瓶、廢棄的光碟片、橡皮筋、塑膠袋、棉布、瓦楞紙、氣球、粗砂紙、厚紙板
3. 測試器材：工業電扇、量角器、碼錶、木尺

肆、研究過程及結果

第一部分 製作風帆動力車

研究一 如何製作一部以風力為動力來源的環保風帆車？

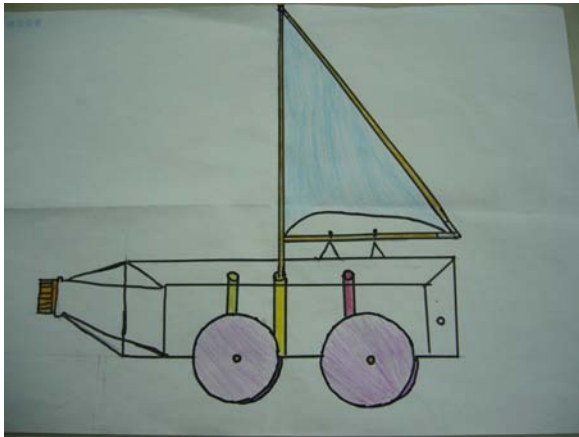
(一)製作方法與過程：

1.先畫出設計圖。(如圖一、二)

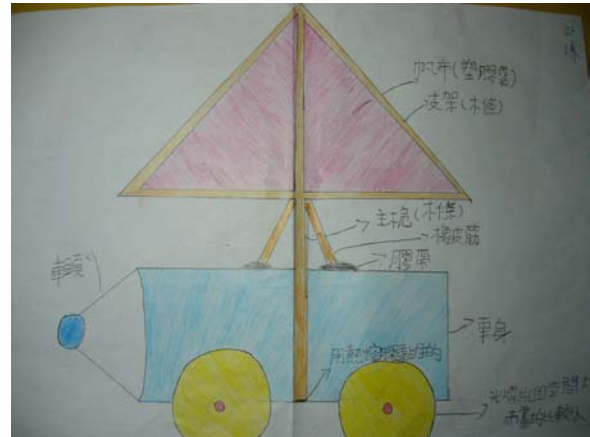
2.車身：使用 600cc、800cc 及 1500cc 空保特瓶為材料，以烙鐵在瓶子上方穿孔，立一根吸管作為放置風帆桅桿的座台。

2.風帆：以長竹籤為骨架先製作帆框，再依帆框尺寸，裁剪大小合適的塑膠袋黏貼作為帆面。

3.車輪：以長竹籤作為車軸，廢棄的光碟片及養樂多空瓶作為車輪，用熱熔膠黏著固定車輪於保特瓶車身。



▲圖一



▲圖二

(二)測試結果

我們把車子放在工業電扇前借助風力前進，車子經測試，走得並不太穩定，我們檢討有下列原因：

- 1.前後輪車軸不容易固定在一個面上，造成行走時，容易偏斜。
- 2.車軸沒有置中定位，也會造成車子偏離跑道不易順利直行。
- 3.風帆在行走時會晃動，在某些時候，無法兜住風，導致風帆動力車停駛不前。

(三)改良方法：

- 1.為使車軸容易固定在一個面上，我們改以方形保特瓶取代圓形保特瓶，如此車身底部會呈現出一個面，比圓形的車底容易定位及固定。
- 2.固定車軸時先用筆畫出軸長的中心位置，並在車身瓶底畫出二條平行線，再黏上熱熔膠。
- 3.為避免風帆搖晃，無法適時承接風力，要以橡皮筋和膠帶固定好帆面。

每個人都親手做二~三部風帆車後，大家累積了不少「造車經驗」，經過一番改良，我們的風帆動力車已能受風直行，跑得比之前穩定，大家開始比賽誰的車能先馳得點，抵達目的。接下來我們準備設計實驗，探討各種會影響車行速度的變因。

第二部分 研究影響風帆動力車行進的各種變因

研究二 帆面形狀會影響風帆動力車的行進速度嗎？

【想法】：為什麼一般在海面上看見的風帆多為三角形呢？帆面形狀會影響行進速度嗎？

(一)研究方法：

1.運用我們在數學課中學過的幾何圖形面積公式，以 450 平方公分為基準，做出等面積，但不同形狀的帆(如圖三)。做法如下：

- (1)利用圓形面積公式：半徑×半徑×3.14=450c m²，先求得圓半徑為 12 cm，再利用圓規畫出圓形風帆。
- (2)利用長方形面積公式：長×寬=450c m²，以長 30 cm，寬 15 cm，做出的風帆進行測試。
- (3)利用正方形面積公式：邊長×邊長=450c m²，求得邊長 21.2 公分，做出面積約 450c m²的正方形。
- (4)箏形：橫向對角線為 30 cm，直向對角線上 10 cm，下 20 cm，做出上面 30×10÷2=150c m²的三角形，加上下面 30×20÷2=300c m²的三角形，共 450c m²的箏形。
- (5)利用梯形面積公式：(上底+下底)×高÷2=450c m²，以上底 10 cm，下底 20 cm，高 30 cm，做出梯形面積 450c m²的風帆。
- (6)利用三角形面積公式：底×高÷2=450c m²，以底 30 cm，高 30 cm，做出等腰三角形的雙側風帆。

2.帆面外的桅桿長度皆保持相同。

3.風帆動力車的車身、車體配重、車輪大小與材質、行進距離、風帆的材質、風帆面積、桅桿插置位置、風速、風向皆保持相同。

4.我們用橡皮筋固定帆面，使帆面固定不因風向而偏轉。

5.每個實驗測試三次，觀察並記錄行進時間。



▲風帆動力車



▲圖三

(二)實驗結果：

距離：3 公尺

車身：800cc 保特瓶

帆面積：450 平方公分

風向：正順風

行進時間 帆面形狀	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	平均 秒數	速度 排序
圓形	3' 60"	3' 62"	3' 70"	3' 64"	6

長方形	3´47"	3´26"	3´38"	3´37"	3
正方形	3´47"	3´57"	3´46"	3´50"	5
箏形	3´35"	3´54"	3´37"	3´42"	4
梯形	3´25"	3´30"	3´29"	3´28"	2
三角形	3´09"	3´06"	3´09"	3´08"	1

(三)發現與討論：

1. 經過測試結果，我們發現帆面形狀不同的確會影響行進速度。三角形風帆所花的時間最少，行進速度最快，難怪在海面上看到的風帆多為三角形帆，和我們實驗的結果相吻合。
2. 我們上網查資料也發現舊式的帆船通常為四角帆，但航行時較不易控制方向，近年來通常利用三角帆。
3. 長方形的長寬、箏形的對角線長度、梯形的上下底長及高，可以有不同的組合，我們選擇數據相差不多的組合來做測試，避免太長或太高的帆面受風後容易重心不穩而傾倒。

(四)想法：

帆面形狀不同會影響行進速度，那麼帆面大小會影響行進速度嗎？

研究三 帆面大小會影響風帆動力車的行進速度嗎？

(一)研究方法：

1. 以研究一所製作出的風帆動力車為實驗對象。
2. 以研究二發現行進速度最快的三角形風帆為研究對象。
3. 我們做出 200c m^2 (底 20 cm、高 20 cm)、 312.5c m^2 (底 25 cm高 25 cm)、 612.5c m^2 (底 35 cm、高 35 cm)、 800c m^2 (底 40 cm、高 40 cm) 四個大小不同等腰三角形風帆，和研究二 450c m^2 (底 30 cm、高 30 cm) 的等腰三角形風帆做行進速度快慢的比較。(如圖四)
4. 帆面外的桅桿長度皆保持相同。
5. 風帆動力車的車身、車體配重、車輪大小與材質、行進距離、風帆的材質、風帆形狀、桅桿材質與插置位置、風速、風向皆保持相同。
6. 我們用橡皮筋固定帆面，使帆面固定不因風向而偏轉。
7. 每個實驗測試三次，觀察並記錄行進時間。



▲圖四

(二)實驗結果：

距離：3 公尺 車身：800cc 保特瓶 帆面形狀：三角形 風向：正順風

行進時間 面積	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	平均 秒數	速度 排序
200 c m ²	3' 43"	3' 53"	3' 59"	3' 52"	5
312.5 c m ²	3' 51"	3' 38"	3' 49"	3' 46"	4
450 c m ²	3' 33"	3' 47"	3' 34"	3' 38"	3
612.5 c m ²	3' 29"	3' 23"	3' 29"	3' 27"	2
800 c m ²	3' 18"	3' 22"	3' 26"	3' 22"	1

(三)發現討論：

1. 測試之後發現帆面大小會影響行進速度，形狀相同的情況下，帆面越大行進速度越快。
2. 但我們也發現帆面若過大，車體配重未隨著帆面增大而加大車身或車體配重時，車子易重心不穩而向前傾倒。

(四)想法：

帆面大小及形狀都會影響行進速度，那麼帆面曲度會影響行進速度嗎？

研究四 帆面曲度會影響風帆動力車的行進速度嗎？

(一)研究方法：

1. 以研究一所製作出的風帆動力車為實驗對象。
2. 以研究二發現行進速度最快的等腰雙側三角形風帆為研究對象，框底長固定為 30 cm。
3. 我們做出帆面底長為 35 cm、40 cm、45 cm 三種大小不同曲度的三角形風帆，和研究二底長 30 cm 的三角形風帆做行進速度快慢的比較。帆面底部與帆框框底不做黏貼，當帆面底長 > 帆框底長時，讓塑膠袋帆面自然形成曲度。(如圖五~八)
4. 帆面外的桅桿長度皆保持相同。
5. 風帆動力車的車身、車體配重、車輪大小與材質、行進距離、風帆的材質、形狀、面積、桅桿材質與插置位置、風速、風向皆保持相同。
6. 每個實驗測試三次，觀察並記錄行進時間。



▲圖五



▲圖六



▲圖七



▲圖八

(二)實驗結果：

距離：3 公尺

車身：800cc 保特瓶

帆面形狀：三角形

風向：正順風

帆底曲 度排序	時間 帆面底長	第一次	第二次	第三次	平均 秒數	速度 排序
		(秒)	(秒)	(秒)		
4	30 cm	3´46"	3´47"	3´47"	3´47"	2
3	35 cm	3´33"	3´44"	3´50"	3´42"	1
2	40 cm	3´58"	3´57"	3´53"	3´56"	3
1	45 cm	3´88"	3´65"	3´76"	3´76"	4

(三)發現與討論：

1.行進速度：帆面底長 35 cm > 30 cm > 40 cm > 45 cm。

2.由測試結果，我們發現帆面有點曲度，行進速度最快，因為帆的邊緣是彎曲的，所以被風吹得鼓漲起來時，它的形狀就像飛機的機翼，風吹過了這片弧形曲面時，產生了相當於支撐飛機在空中的浮力，使得船向前移動。但帆面曲度越大，行進速度反而減慢，可能是風從縫隙中流失，留的縫隙越大，風流失得越多，帆面因受風力較弱，無法產生最大的推力而使速度減慢。

3.這個結果和我們一般在海面上看到的風帆有點曲度是相吻合的。

(四)想法：

由以上實驗，證明帆面形狀、大小、曲度都會影響行進速度。接著我們想探討立著風帆的桅桿位置會影響行進速度嗎？

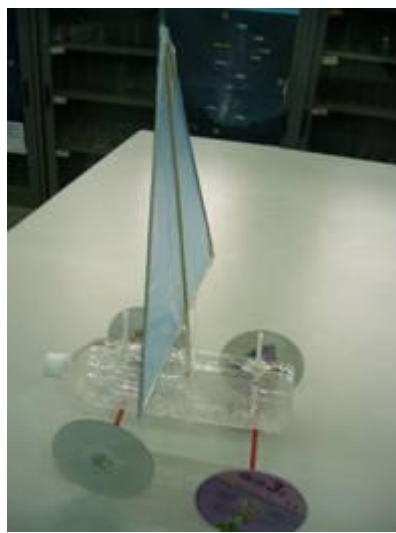
研究五 桅桿所在位置會影響風帆動力車的行進速度嗎？

(一)研究方法：

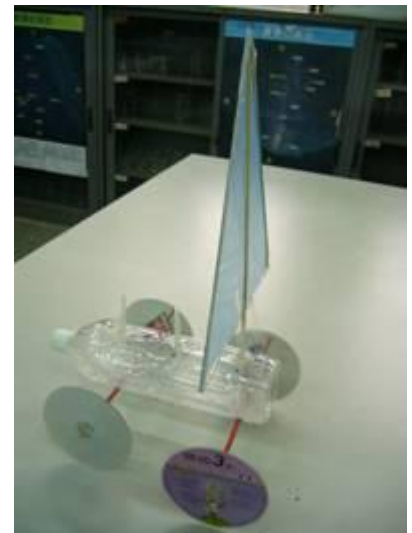
- 1.爲了讓桅桿位置有較明顯的差距，這次我們用 1500cc 的寶特瓶做車身。我們在距離瓶蓋 10 cm、18 cm、26 cm 三處用烙鐵各鑽一個孔，以備插桅桿用。其餘做法、使用材料和研究一相同。(如圖九~十一)
- 2.風帆用研究二 30 cm×30 cm 三角形風帆做實驗。
- 3.帆面外的桅桿長度保持相同。
- 4.風帆動力車的車身、車體配重、車輪大小與材質、行進距離、風帆的材質、形狀、面積、桅桿材質、風速、風向皆保持相同。
- 5.每個實驗測試三次，觀察並記錄行進時間。



▲圖九



▲圖十



▲圖十一

(二)實驗結果：

距離：3 公尺

車身：1500cc 保特瓶

帆面形狀：三角形

風向：正順風

桅桿與車頭間距	第一次(秒)	第二次(秒)	第三次(秒)	平均秒數	速度排序
10 cm (前)	3' 75"	3' 75"	3' 84"	3' 78"	2
18 cm (中)	3' 59"	3' 62"	3' 62"	3' 61"	1
26 cm (後)	3' 81"	3' 81"	3' 85"	3' 82"	3

(三) 發現與討論：

實驗發現：桅桿插在車身最中間位置（18 cm）處，重心最穩，行進速度最快；插在前端（10 cm）處，風帆車重心不穩，有向前傾倒的跡象；插在後面（26 cm）處，行進速度最慢。

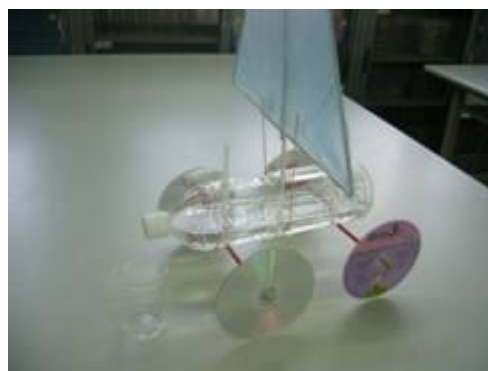
(四)想法：

車子若重心不穩容易傾倒，接下來我們想討論增加車體配重會影響車子行進速度嗎？

研究六 車體配重會影響風帆動力車的行進速度嗎？

(一)研究方法：

1. 我們用研究五所做的車身作為實驗對象，風帆則採用 30 cm×30 cm 沒有曲面的三角帆。(如圖十二)
2. 我們用燒杯裝水，每次倒入 100 cc 做測試。
3. 風帆動力車的車身、車輪大小與材質、行進距離、風帆的材質、形狀、面積、桅桿材質與所在位置、風速、風向皆保持相同。
4. 每個實驗測試三次，觀察並記錄行進時間。



▲圖十二

(二)實驗結果：

距離：3 公尺 車身：1500cc 保特瓶 帆面形狀：三角形 風向：正順風

花費時間 水量多少	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	平均 秒數	速度 排序
0 cc	3' 59"	3' 62"	3' 62"	3' 61"	1
100 cc	4' 01"	3' 90"	3' 97"	3' 96"	2
200 cc	5' 02"	4' 93"	5' 13"	5' 03"	3
300 cc	5' 91"	5' 92"	5' 81"	5' 88"	4
400 cc	6' 27"	6' 14"	6' 10"	6' 17"	5
500 cc	8' 00"	x	x	x	6

※註：「x」代表車子無法前進。

(三)發現與討論：

1. 實驗後我們發現水量越少，行進速度越快；水量越多，行進速度越慢。寶特瓶內沒有裝水時（0 cc）行進速度最快，瓶內裝 500 cc 的水，已經達到車體載重的極限，第一次勉強前進，第二次、第三次無法到達終點。

2.風帆動力車的動力來源來自風力，因此車體越輕，行進速度越快；車體越重，行進速度越慢。

(四)想法：

除了帆面形狀、大小、曲度、桅桿位置、車體配重外，我們想進一步討論車輪的大小也會影響行進速度嗎？

研究七 車輪大小會影響風帆動力車的行進速度嗎？

(一)研究方法：

- 1.我們用寶特瓶另外又做了一個車身，沒有輪子，其餘部分和研究二的車子相同。
- 2.用圓規在厚紙板上畫半徑 2 cm、3 cm、4 cm、5 cm、6 cm的圓各 12 個，同規格尺寸以 3 片黏貼成 1 個輪子，以增加輪子的厚度。(如圖十三、十四)
- 3.爲了實驗精確起見，每個輪子邊緣用粗砂紙磨平，以達到最接近圓形的狀態。
4. 風帆動力車的車身、車體配重、車輪材質、行進距離、 風帆的材質、形狀、面積、桅桿材質與所在位置、風速、風向皆保持相同。
- 5.每個實驗測試三次，觀察並記錄行進時間。



▲圖十三



▲圖十四

(二)實驗結果：

距離：3 公尺 車身：800c 保特瓶 帆面形狀：三角形 風向：正順風

時間 車輪大小	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	平均 秒數	速度 排序
半徑 2 cm	3' 19"	3' 19"	3' 18"	3' 19"	1
半徑 3 cm	3' 20"	3' 27"	3' 28"	3' 25"	2
半徑 4 cm	3' 43"	3' 43"	3' 43"	3' 43"	3
半徑 5 cm	3' 55"	3' 55"	3' 57"	3' 56"	4
半徑 6 cm	3' 83"	3' 83"	3' 85"	3' 84"	5

(三)發現與討論：

- 1.實驗後，我們發現行進速度：半徑 2 cm > 3 cm > 4 cm > 5 cm > 6 cm，也就是輪子越小，行進速度越快；輪子越大，行進速度越慢。
- 2.查資料後，發現有一個公式可以解釋這樣的現象： $F=ma$ ，輪子重量和速度成反比，輪子越大越重，速度較慢；輪子越小越輕，速度較快。

(四)想法：

輪子的大小會影響速度，輪子的外表材質是不是也會影響行進速度呢？

研究八 不同的車輪表面材質會影響風帆動力車的車速嗎？

(一)研究方法：

- 1.以 600cc 保特瓶風帆車身為實驗對象，使用養樂多空瓶作為車輪，車輪直徑 4.2 cm，輪寬 3.2 cm；採用的帆面規格：面積 450 c m²三角帆。
- 2.在車輪外表黏貼不同材質的胎皮：氣球皮、棉布、砂紙、瓦楞紙、透明膠帶，改變車輪接觸地面的材質。(如圖十五~ 二十)
- 3.其他如路面、風向、風帆等其它變因，均保持不變。
- 4.每個實驗測試三次，觀察並記錄行進時間。



▲圖十五



▲圖十六



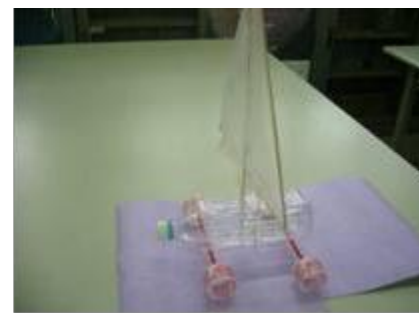
▲圖十七



▲圖十八



▲圖十九



▲圖二十

(二)實驗結果

距離：3 公尺 車身：600cc 保特瓶 帆面形狀：三角形 風向：正順風

車輪材質	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	平均 秒數	速度 排序
氣球皮	3´34"	3´47"	3´69"	3´50"	2
棉布	3´55"	3´79"	3´91"	3´75"	4
砂紙	4´27"	4´32"	4´39"	4´33"	6
瓦楞紙	4´21"	4´22"	4´32"	4´25"	5
透明膠帶	3´68"	3´71"	3´56"	3´65"	3
維持原狀(塑膠瓶)不外貼材料	3´21"	3´24"	3´23"	3´23"	1

(三)發現與討論：

- 1.行進速度：塑膠瓶>氣球皮>透明膠帶>棉布>瓦楞紙>砂紙。
- 2.經過測試，我們發現表面平滑的材質，如塑膠、氣球皮、膠帶等包覆在車輪外，摩擦阻力較小，能使風帆動力車走得比較快些。
- 3.外表愈是粗糙、凹凸不平的材質，如瓦楞紙、砂紙，產生的摩擦力較大，會影響風帆動力車的行進速度。

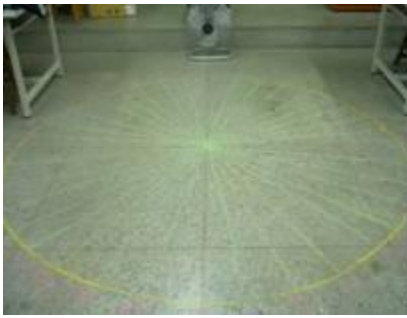
(四)想法：

帆船在海面上可能會遇到各種不同的風向，我們的風帆動力車除了順風能行走外，大家也很好奇在其他的風向之下，風帆車能不能順利前行？於是設計以下實驗。

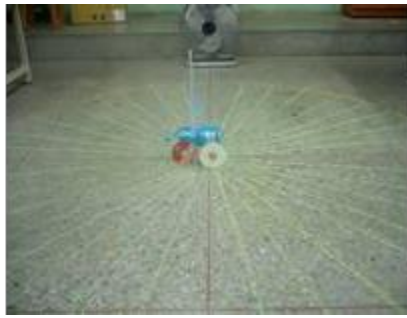
研究九 風帆動力車遇到不同風向時(迎風、側風、順風)，能否順利前進？

(一)研究方法：

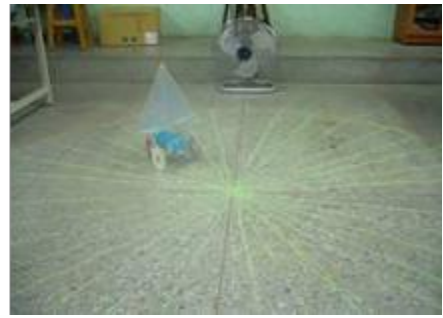
- 1.在地面以 120cm 為半徑，以粉筆拉住棉線畫出一個圓形，並以量角器輔助，畫出圓的各角度。(如圖二十一)
- 2.電扇由 0 度方向將風吹過來，界定風向如下：
迎風：車頭朝向 271~89 度之間，其中車頭朝向 0 度(即 360 度)處為正逆風。
側風：車頭朝向 90 度、車頭朝向 270 度。
順風：車頭朝向 91~269 度之間，其中 180 度處為正順風。
- 3.將車身放置在圓心，以工業電扇吹風，觀察風帆車能否抵達至圓周。(如圖二十二、二十三)
- 4.以三角形單側帆及雙側帆分別測試。



▲圖二十一



▲圖二十二



▲圖二十三

(二)實驗結果

距離：1.2 公尺

車身：800cc 保特瓶

帆面形狀：三角形 (單側、雙側)

風向	正 逆風	迎風	迎風	迎風	迎風	側風	順風	順風	順風
角度	0 度	30 度	35 度	45 度	60 度	90 度	120 度	135 度	150 度
雙側帆車 能否前進	×	×	△	○	○	○	○	○	○
單側帆車 能否前進	×	×	△	○	○	○	○	○	○

風向	正 順風	順風	順風	順風	側風	迎風	迎風	迎風	迎風
角度	180 度	210 度	225 度	240 度	270 度	300 度	315 度	325 度	330 度
雙側帆車 能否前進	○	○	○	○	○	○	○	△	×
單側帆車 能否前進	○	○	○	○	○	○	○	△	×

※註：測試三次，「○」代表三次均能抵達圓周，「△」代表可前進但無法到圓周，「×」代表車子無法前進。

(三)發現與討論：

- 1.風帆動力車的行進會受到車身與風向之間的角度而有所限制，在正逆風左右各約 35 度角內，就無法產生有效的前進力量。
- 2.在正逆風左右各約 35 度角之外，即使是迎風而行，風帆車也能往前行進。
- 3.車身與風向呈 90 度側風及和各種順風角度都能使風帆車順利前進。
- 4 三角單側及雙側風帆車，在本實驗測試時，行進能力結果一致。

(四)想法：

之前的實驗，風帆與車身的龍骨線(即車身長度的中分線)，都是呈 90 度的垂直狀態，接下來我們想試試若改變風帆和車身的角度，車速會有什麼不一樣？

研究十 風帆動力車行進時的最佳風帆角度為何？

(一)研究方法：

- 1.在地面以 100cm 為半徑，以粉筆拉住棉線畫出一個圓形，並以量角器輔助，畫出圓的各角度。
- 2.在車身正中央畫出一條與車身平行的中分線，此線為風帆車的龍骨線。
- 3.實驗時以膠帶固定風帆方向，將風帆角度調整成三種角度：(以側風 90 度為例，如下圖)
 - A.風帆靠近風向線(圖二十四)
 - B.風帆在風向線與龍骨線之間的平分線上(圖二十五)
 - C.風帆靠近龍骨線(圖二十六)



▲圖二十四



▲圖二十五



▲圖二十六

- 4.選定順風 135 度、側風 90 度及迎風 45 度，測試風帆車行進的時間。
- 5.每個實驗測試三次，計算平均值。

(二)實驗結果

距離：1 公尺

車身：800cc 保特瓶

帆面形狀：三角形

行 進 時 間 風 帆 角 度	風 向	順風 135 度	側風 90 度	迎風 45 度	速度排序
風帆靠近龍骨線		3' 21"	4' 01"	無法行進	3
風帆在風向線與龍骨線之間的平分線上		1' 91"	1' 84"	2' 61"	1
風帆靠近風向線		2' 43"	3' 18"	3' 27"	2

(三)發現與討論：

- 1.在三種風向的測試下，我們發現若把風帆角度調整在風向線與車身龍骨線之間的平分線上行進，均可獲得最快的車速；而當風帆靠近龍骨線時，則走得最慢，在迎風 45 度時，甚至根本無法前進。
- 2.經過觀察，我們發現風帆角度調整在風向線與車身龍骨線之間的平分線上，因為較容易兜住風，所以能產生較大的推力。

(四)想法：

在實驗九和十中，我們知道在正逆風左右各約 35 度角之外的迎風及順風角度，風帆車都能行進，而風帆角度調整在風向線與車身龍骨線之間的平分線上則是最佳風帆角。接下來我們想進一步了解，在最佳的風帆角度下，何種風向角可讓風帆動力車的車速達到最快？

研究十一 風帆動力車行進時的最佳風向角度為何？

(一)研究方法：

- 1.在地面以 120cm 為半徑，以粉筆拉住棉線畫出一個圓形，並以量角器輔助，畫出圓的各角度。
- 2.為能順利攬住各角度風，選用有曲度帆面，底長 23cm、高 33 公分的單側三角帆為測試對象。
- 3.選定風帆車可順利前行，45 度~315 度範圍內的九個風向角，分別為：60 度、90 度、120 度、150 度、180 度、210 度、240 度、270 度、300 度。
- 4.帆面調整至最佳角度：風向線與車身龍骨線之間的平分線。
- 5.為增加受風範圍，使風帆車能順利行至終點，以三架電扇同時由 0 度方向將風吹過來。
- 6.每個風向角測試三次，觀察並記錄行進時間，算出平均值。(如圖二十七~二十九)



▲圖二十七



▲圖二十八



▲圖二十九

(二)實驗結果

距離：1.2 公尺

車身：800cc 保特瓶

帆面形狀：三角形

風向	迎風	側風	順風	順風	順風	順風	順風	側風	迎風	
角度	60 度	90 度	120 度	150 度	180 度	210 度	240 度	270 度	300 度	
行 進 時 間	第一 次	3´71"	2´02"	2´09"	2´42"	2´29"	2´37"	2´22"	2´18"	3´56"
	第二 次	4´07"	2´03"	2´15"	2´43"	2´29"	2´34"	2´22"	2´02"	3´59"
	第三 次	4´02"	2´07"	2´11"	2´48"	2´27"	2´47"	2´19"	2´16"	3´59"
	平 均 值	3´93"	2´04"	2´12"	2´44"	2´28"	2´39"	2´21"	2´12"	3´58"
速度排序	左 5	左 1	左 2	左 4	左 3 右 3	右 4	右 2	右 1	右 5	

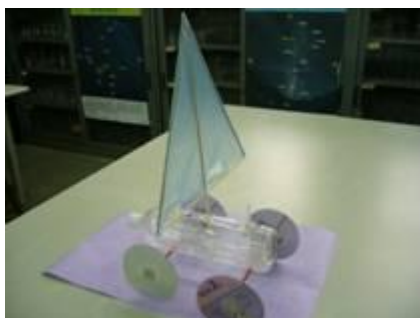
(三) 發現與討論：

1. 實驗後，我們發現在相對的風向角度測出的風帆車行進速度，呈現對稱現象，在 90 度及其相對位置 270 度都是最快的，120 度及 240 度都是次快的，而在 60 度及相對位置 300 度都是最慢的。
2. 由以上結果，我們推測風向 90~120 度及相對位置的 240~270 度，是風帆車行進時的最佳風向角度。

研究十二 比較單桅、雙桅及三桅的風帆動力車，在行進速度上有何差異？

(一)研究方法：

1. 在地面以 120cm 為半徑，以粉筆拉住棉線畫出一個圓形，並以量角器輔助，畫出圓的各角度。
2. 每次測試時，均把風帆調整在風向線與龍骨線之間的平分線上。
3. 增加風帆數量，以單桅、雙桅及三桅分別測試風帆車行進的時間。(如圖三十~三十二)
4. 每個實驗測試三次，計算平均值。



▲圖三十



▲圖三十一



▲圖三十二

(二)實驗結果

距離：1.2 公尺

車身：1500cc 保特瓶

帆面形狀：三角形

行 進 時 間 帆 的 數 量 風 向	順風 135 度	側風 90 度	迎風 45 度
單桅(帆在車身中央)	2' 73"	2' 35"	5' 08"
雙桅(帆在車身前、後)	2' 44"	1' 91"	無法行進
三桅(帆在車身前、中、後)	2' 76"	2' 39"	無法行進

(三) 發現與討論：

1. 在順風 135 度及側風 90 度行走時，雙桅風帆車的速度較快，比單桅和三桅走得快。
2. 在迎風 45 度時，雙桅和三桅風帆車都停滯不前，無法前進，此時單桅風帆車反而比雙桅和三桅表現得佳，能緩速前行。

伍、結論

(一)風帆動力車製作時，四輪要定位好，帆面要能兜住風，才能走得快。

(二)使風帆動力車行進速度快的變因如下：

1.就帆面而言—

- (1) 面積相同的情況下，等腰三角形雙側風帆所花的時間最少，行進速度最快。
- (2) 帆面大小會影響行進速度，形狀相同的情況下，帆面越大行進速度越快。
- (3) 帆面有點曲度，能兜住風，使帆面張滿，產生最大的推力，所以行進速度最快。

2.就桅桿而言—

桅桿插在車身最中間位置（18 cm）處，重心最穩，行進速度最快。

3.就車體配重而言—

水量越少，車體越輕，行進速度越快；水量越多，車體越重，行進速度越慢。

寶特瓶內沒有裝水時（0 cc）行進速度最快。

4.就車輪而言—

- (1) 輪子小比較輕，行進速度較快；輪子大比較重，行進速度較慢。
- (2) 表面平滑的材質，如塑膠、氣球皮、膠帶等包覆在車輪外，摩擦阻力較小，能使風帆動力車走得比較快些；外表愈是粗糙、凹凸不平的材質，如瓦楞紙、砂紙，產生的摩擦力較大，會影響風帆動力車的行進速度。

5.就風向而言—

- (1)風帆動力車的行進會受到車身與風向之間的角度而有所限制，在正逆風左右各約 35 度角內，就無法產生有效的前進力量。

(2)在正逆風左右各約 35 度角之外，無論是迎風、側風、順風，風帆車都能往前行進。

6.就風帆角度而言—

若把風帆角度調整在風向線與車身龍骨線之間的平分線上前進，可獲得最快的車速；而當風帆靠龍骨線時，走得最慢；在迎風 45 度時，甚至根本無法前進。

7.就風向角度而言—

我們發現在 90 度及其相對位置 270 度都是最快的，120 度及 240 度都是次快的，我們推測風向 90~120 度及相對位置的 240~270 度，是風帆車行進時的最佳風向角度。

8.就帆面數量而言—

(1)在順風 135 度及側風 90 度行走時，雙桅風帆車的速度較快，比單桅和三桅走得快。

(2)在迎風 45 度時，雙桅和三桅風帆車都停滯不前，無法前進，此時單桅風帆車反而比雙桅和三桅表現得佳，能緩速前行。

陸、參考資料

1. 自然與生活科技(牛頓版)第六冊第三單元「力與運動」。牛頓教科書。

2. 網路資料：

①風帆車(無日期)。國立大里高中生活科技網。2006 年 9 月 15 日，取自

http://mail.dali.tcc.edu.tw/~tech/activities/act4_3.html

②帆船的航行原理(無日期)。台灣帆船網。2006 年 9 月 20 日，取自

<http://www.sailing.org.tw/knowledge/theory.html>

③帆船教室(無日期)。台北市帆船協會。2006 年 9 月 20 日，取自

<http://www.taipeisailing.org.tw/>

3. 第 42 屆全國中小學科學展覽優勝作品專輯(無日期)。國立台灣科學教育館。2006 年 9 月 15 日。取自 <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1.asp>

【評語】 081506 借風使力 陸上行舟-風帆動力車行進的奧祕

1. 對於風帆等變因進行研究，這是很不錯的。
2. 題目及內容可以再增加一點創意，那麼將會更佳。
3. 桅桿的高度未列入考慮。
4. 使用水增加重量有問題。