

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

佳作

080120

御風而行的關鍵角度

學校名稱：新北市新店區北新國民小學

作者：	指導老師：
小五 鄭明敦	彭文萱
小六 李東駿	郭麗娟
小五 洪郁歲	
小五 林映恩	
小五 王歆渝	
小五 陳亦璿	

關鍵詞：救生板、白努利定律、康達效應

摘要

我們以救生板加上帆運用於水上救生的想法，深入研究帆、風與航行原理的關係，嘗試以穩定直流的風源，探討順風、側風、逆風等各種風向的吹撫之下，藉由控制帆的角度，讓風帆救生板可以在最省力的狀態下御風而行的可能性。研究發現風帆救生板須以縱帆作為設計，以風帆救生板車於陸地上模擬不同風向與各種帆的角度作用下，當風以順風方式吹拂時，帆的角度為 90 度時車行速度最快、風吹來的角度為 135 度的逆風狀態時，帆在 150 度時卻是可以逆風而行的，之後我們將陸上研究的成果，以地墊的高密度泡棉，改造成風帆救生板進行實測，水上救生的部分如以板上加帆的設計，以調整帆的角度就可航向目的地，達到御風而行的效果。

壹、研究動機

在水上活動時如果發生危難，救難人員會以救生板來執行救難活動，救生板為漂浮型器具，乘載二人後仍可浮於水面。若溺水者清醒，則溺者可依個人狀況協助划行；若溺者無意識，則須由救者獨力划回安全地點。但是用於救難的救生板總是需要一人以手划水的方式來操作，如此十分耗費體力，如果救生板在沒有加裝任何馬達或是以划水的方式來當作動力，有辦法自主前行抵達岸邊嗎？

當我們有了改造救生板的想法後，赫然發現如果在救生板上加裝一個簡易的帆，那救生板就可倚風力前行，達到省力又可以往岸邊前行的目的。當我們開始著手查詢資料後，發現「帆」好像跟我們所想像的不一樣，與我們想像的救生板加帆類似型態的風帆，似乎不是被風吹著前進的，逆風而行的帆似乎速度更快，於是我們決定深入研究風與帆的秘密，破解順風、逆風的迷思，著手打造比風帆更輕巧、更省力前行的風力救生板，期望我們可以御風而行解救更多的海上受難者。



* 救生板須划水前行

(圖片取自網路)



* 風帆倚風力前行

貳、研究目的與問題

有了製作風力救生板的想法後，我們針對「帆」進行深入研究，期許藉由控制帆，來讓救生板可以御風而行，達到最省力的狀態回到岸上的想法，而列出了三項研究的目的，希望能製作出能夠破解帆的秘密，御風而行。

- 一、探討帆的構造與風向的關係，將帆與救生板結合。
- 二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。
- 三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。

根據以上研究目的所進行的實驗及探討問題如下表。

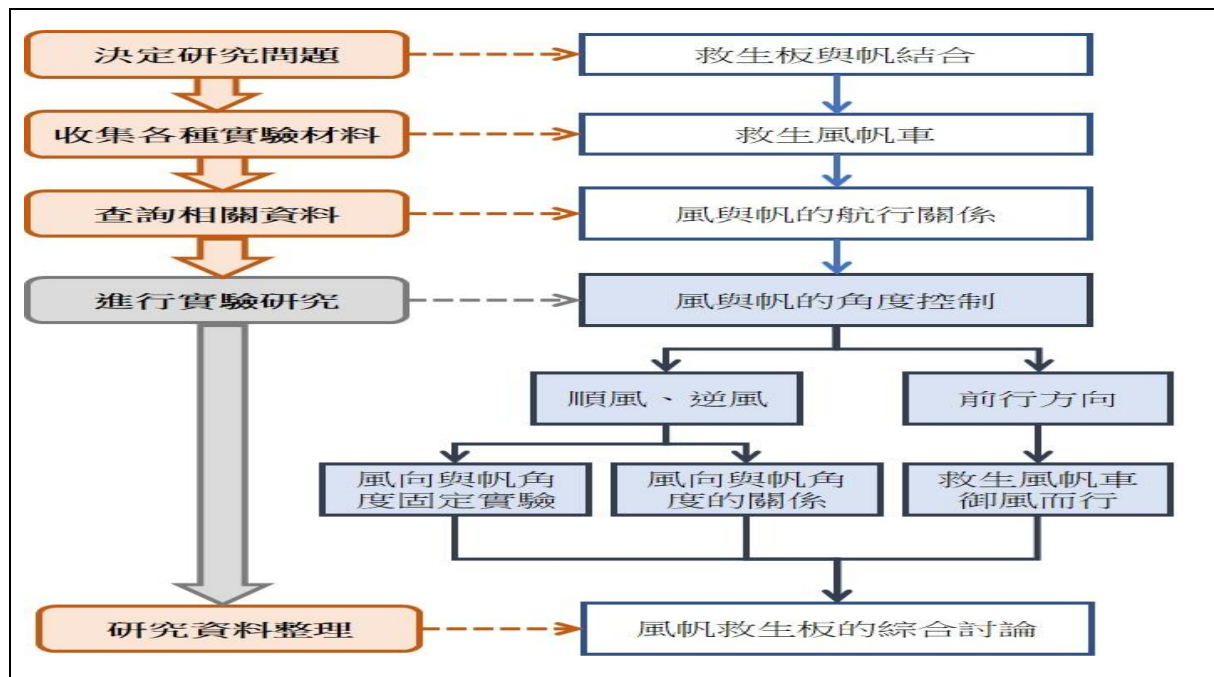
實驗目的	實驗名稱	探討問題
一、探討帆的構造與風向的關係，將帆與救生板結合。	1-1 認識帆的構造與航行的原理	有什麼不同種類的帆？ 帆與航行原理是什麼？
	1-2 橫帆與縱帆的探討與實測	橫帆與縱帆的差異在哪？ 哪一種帆可以在逆風時往目標前行？
	1-3 風源的分析與改造	電風扇的種類有許多，哪一種適合控制角度形成定向的風？
	1-4 救生板帆船車的實作與改造	如何設計在救生板上加上帆的構造？ 如何克服在水中測量不易的問題？
二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。	2-1 定風向與不定角度帆的行駛關係	固定風向時，若是帆不固定角度，那麼救生板風力車的帆與風形成的角度關係是什麼？
	2-2 定風向與定角度帆的行駛關係	固定風向時，固定帆的角度，風帆救生板車的帆與風形成的角度哪種關係會讓車前行速度最快？
	2-3 不同風向與定角度帆的行駛關係	從四面八方吹來的風向時，哪一種帆的角度會讓車往目標地前行？
	2-4 航行方向與風的關係	航行方向與風兩者的最佳關係是什麼？
	2-5 帆的曲度與行進速度的關係。	根據「康達效應」探討帆的曲度會導致於行進速度不同嗎？
	2-6 軟體模擬帆與風向關係研究	以虛擬軟體模擬板、帆與風流動的關係會是如何？
三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。	3-1 風帆救生板車改造成風帆救生板	救生板帆船車所操作的理論，可以變成水中的風帆救生板嗎？
	3-2 水中行駛的穩定性研究	如何能讓風帆救生板穩定前行呢？
	3-3 航行方向與風關係的水中實作	風帆救生板與風的關係能實踐在水上救生嗎？

參、研究設備及器材

我們依據各項實驗的性質規劃實驗的器材與方法詳列與表上，以下為我們所規劃的實驗設計表：

實驗目的	實驗器材
一、探討帆的構造與風向的關係，將帆與救生板結合。	電風扇、循環扇、雨傘布、筷子、吸管、台車、輪子、皺紋紙等。 
二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。	電風扇、雨傘布、筷子、吸管、台車、輪子、繩子、圓規等。 
三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。	電風扇、雨傘布、筷子、地墊、保麗龍、吸管、台車、輪子、水盆、戲水池等。 

肆、研究架構與流程



伍、研究結果與討論

一、探討帆的構造與風向的關係，將帆與救生板結合。

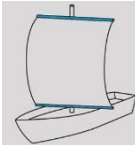
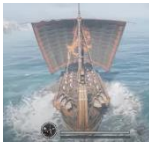
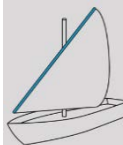

我們嘗試文獻中先了解帆的種類，各種風向的定義，如順風、頂風、逆風等的風名稱與船行方向的角度關係，並嘗試將帆與救生板結合，利用風吹的力量，達到讓救生板自主前進的意圖。

實驗 1-1：認識帆的構造與航行的原理

【實驗步驟】

1. 查詢有關帆的構造。
2. 認識有關於帆船航行的原理。

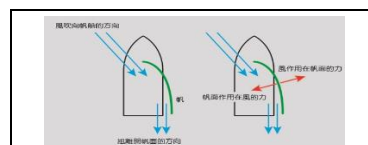
【實驗資料】

橫帆		縱帆	
			
與船體垂直方向懸掛的稱為橫帆。		與船體平行或成某一角度懸掛的稱為縱帆。	
當縱帆遇到逆風時，風會沿著帆的表面轉彎過去，此為康達效應的應用。帆會形成一個弧形，這會導致兩邊的壓力和速度都不同，形成白努利定律。			

圖照取自於網路

【實驗討論與結果】

我們了解當風從帆船的左前方吹來，風吹拂帆面，帆受到風的作用，變成一個緊繃的弧面，於是風順著帆面，改變風向往船尾吹去。帆船會藉助帆的每一面所產生的力量沿著迎風方向移動。迎風面的正向力量（推力）和背風面的負向力量（拉力）合在一起形成了合力，這兩種力量都作用於同一方向就能讓帆船速度達到最快。



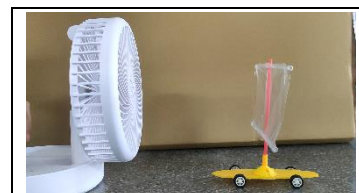
圖照取自於網路

繃緊的帆面對風施與一股力量，讓風改變方向。

實驗 1-2：橫帆與縱帆的探討與實測



【實驗步驟】

1. 以簡易的風帆車，加上橫帆和縱帆進行實驗。
2. 計算橫帆、縱帆風帆車行走 100cm 的速度。



電風扇吹橫帆和縱帆車

【實驗觀察】

橫帆						縱帆							
	次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次		次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
	秒數	3.02	3.12	3.22	3.26	3.55		秒數	3.82	3.74	3.82	3.76	3.85
平均秒數		3.23 秒				平均秒數		3.79 秒					
速率		30.9 cm/s				速率		26.4 cm/s					

【實驗討論與結果】

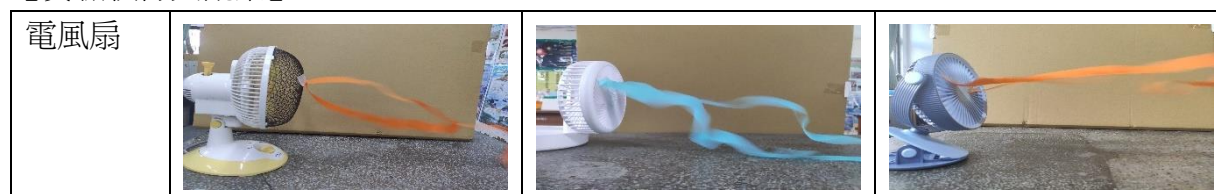
我們實驗中發現，橫帆的速率比縱帆的速率快，但是橫帆受限於一定要是順風的狀態，只要風向一改變，風帆車就不會行走，甚至於遠離目的地的倒退行走，因此就算是順風的速率快，對於航向目的地是沒有幫助的，所以我們決定捨棄橫帆，直接以縱帆的方式進行實驗操作。

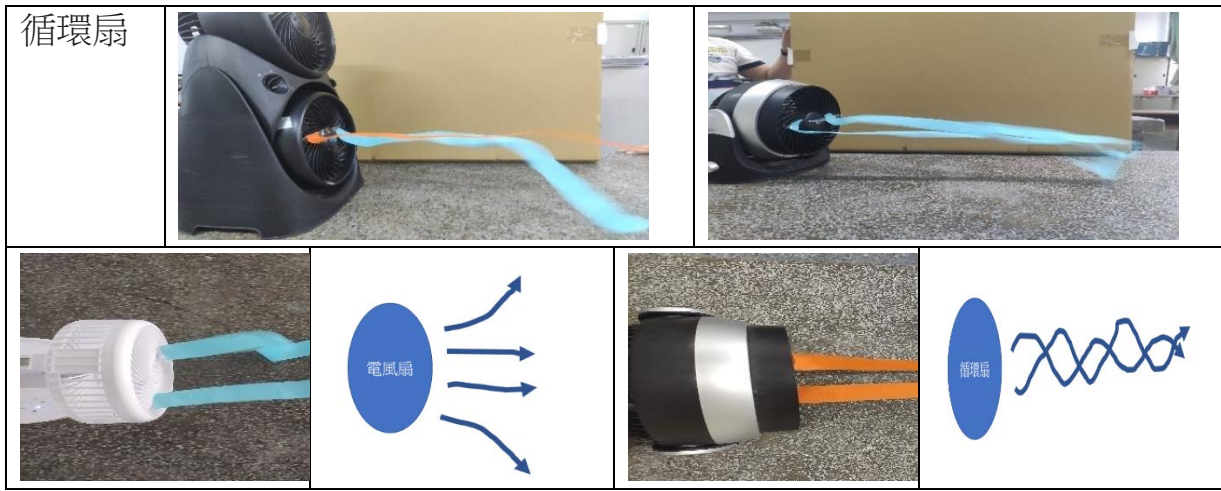
實驗 1-3：風源的分析與改造

【實驗步驟】

1. 收集各式各樣的電風扇，在電風扇的最大風力下進行操作。
2. 在電風扇上貼上皺紋紙，觀察紙張飄動的方式，尋找穩定的風源。
3. 於垂直風扇的 90 度角和 60 度角，以風力計測量風速。
4. 參考風洞的資料，以吸管改造電風扇為直進風源。

【實驗執行與觀察】





序號	循環扇(一)			循環扇(二)		
距離	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm
風速						
角度						
90°	2.4 m/s	2.0 m/s	1.4 m/s	3.0 m/s	2.6 m/s	2.4 m/s
60°	2.3 m/s	1.7 m/s	1.1 m/s	2.8 m/s	2.5 m/s	2.3 m/s

序號	電風扇(一)			電風扇(二)			電風扇(三)		
距離	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm
風速									
角度									
90°	3.0 m/s	2.7 m/s	1.4 m/s	3.0 m/s	2.3 m/s	1.5 m/s	2.9 m/s	2.2 m/s	1.3 m/s
60°	2.8 m/s	2.2 m/s	1.2 m/s	2.5 m/s	2.0 m/s	1.3 m/s	2.7 m/s	1.9 m/s	1.1 m/s

【實驗討論與結果】

以皺紋紙貼在電風扇、循環上觀察紙張飄動的情況後發現，循環扇的風向會旋轉，雖然風力較強，但是無法成為單一的直進風向，電風扇風較集中，但是有擴散的效果，垂直於電風扇的風較強，風速比側向較快。距離風扇越遠，測量到的風速越慢，所以後續實驗研究將以風扇垂直扇面的角度進行。電風扇吹出來的風會擴散往四周吹，我們決定加裝吸管在風扇上，以吸管作為風管幫助導流，讓風可直線前進。

風管導流參考於風洞模擬試驗，為風洞中安置飛行器或其他物體模型，研究氣體流動及其與模型的相互作用，以吸管安裝在風洞，成為吸管穩流器的裝置，能夠讓風單一直進，減少風的擴散吹撫。

(右圖照取自於網路，參考於飛行學院自製空氣動力學實驗裝置-Arduino 風洞機)

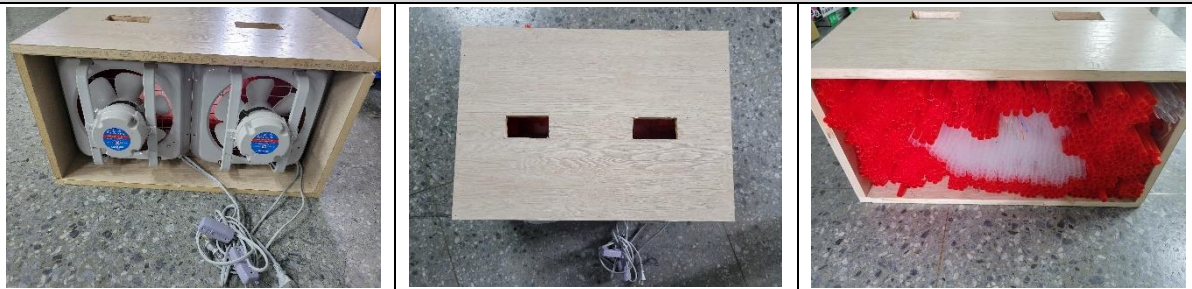


第一代風洞：以圓形電風扇當成基底，將吸管固定在電風扇上。



風速 角度	距離	5cm	10cm	20cm	30cm
	90°		2.4 m/s	2.3 m/s	2.1 m/s
60°		0.0m/s	0.0 m/s	0.0 m/s	0.2 m/s

第二代風洞：我們以吸、排兩用的風扇，將風洞擴成長寬分別為 60cm、40cm、20cm 的長方體盒子，並空出可以投入煙餅的空間。



風洞加裝吸管導流後，我們明顯發現除了垂直於電風扇正面的部分有風，其他側向的風幾乎為零，代表加裝吸管導流之後，我們成功讓風源成為單一直進的風源了，且風洞常為 60cm，讓我們有一個很長的距離為風都是同一角度的直線風，方便我們固定風源。





風速 角度	距離	5cm	10cm	20cm	30cm
	90°		2.5 m/s	2.3 m/s	2.0m/s
60°		0.0m/s	0.0m/s	0.0 m/s	0.0 m/s

實驗 1-4：救生板帆船車的實作與改造

【實驗步驟】


- 1.以收集到的救生板圖型，進行等比例，將救生板加上帆與輪子。
- 2.透過實作，修正每一次的風帆車，尋求可以穩定前行的風帆設計。
- 3.以彈簧秤拉洞上面放置 200g 砝碼的臺車，實測摩擦力對於救生板風帆車的影響

【實驗執行與觀察】




一號車	二號車	三號車	四號車
			

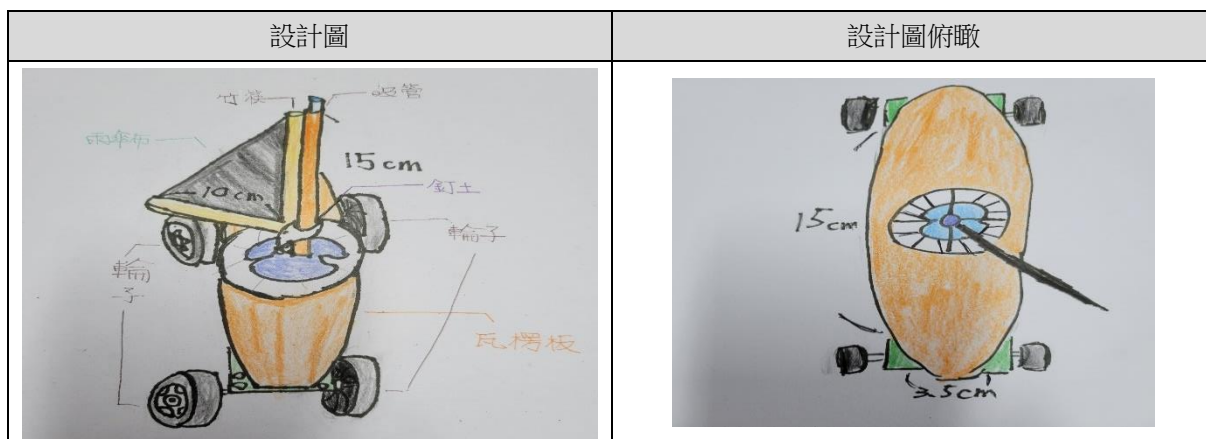
1.以玩具車輪直接加在瓦楞板上，以電風扇吹，不斷翻覆。 2.缺點車輪太小、車體太輕帆太小。	1.以現有台車當底板，行進較為流暢。 2.缺點帆太小，看不出風的影響	1.將帆面加大，為15cmX15cm。 2.帆桿用較硬的筷子做加強，讓帆桿有抵抗強風的能力。	1.將廢棄雨傘的傘面做帆，以實測後的15cmX10cm 作帆。 2.將角度旋轉器固定，並以釘土控制角度。
--	---------------------------------------	---	---

以三號車進行帆面大小的實測

								
次數 帆 長寬比例	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)	
	3:1	3.82	4.04	4.02	3.36	4.85	4.02	24.9
	3:2	2.95	3.74	3.47	3.38	2.65	3.24	30.8
	3:3	3.25	3.02	2.98	2.90	2.40	2.91	34.3

風帆車底座台車摩擦力實測(上面放置約 200G 的砝碼)

地板種類	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
毛巾 	31 gw	33 gw	32 gw	33 gw	31 gw	32.00 gw
砂紙 	45 gw	43 gw	43 gw	44 gw	46 gw	44.20 gw
磨石子地板 	10 gw	12 gw	13 gw	12 gw	11 gw	11.60 gw



設計參考(帆面)	設計參考(板身)				
					
<p>雷射型帆船是單人操控的單帆船型，操作技巧比其他船型簡單，又兼具速度快及轉向靈活的特性，是奧運標準比賽船型的一種。</p>	<p>真波 SUP 救生板是採用一種完全防水的塑膠配方可以讓板子在任何的情況下都能保持最佳的浮力。</p>				
<p>真實尺寸</p> <table border="1" data-bbox="204 958 778 1108"> <tr> <td data-bbox="204 958 491 1059">桅桿高</td> <td data-bbox="491 958 778 1059">上段 3.3 公尺、 下段 2.5 公尺</td> </tr> <tr> <td data-bbox="204 1059 491 1108">標準主帆面積</td> <td data-bbox="491 1059 778 1108">7.06 平方公尺</td> </tr> </table>	桅桿高	上段 3.3 公尺、 下段 2.5 公尺	標準主帆面積	7.06 平方公尺	<p>真實尺寸：長 10 呎,寬 25 吋。</p>
桅桿高	上段 3.3 公尺、 下段 2.5 公尺				
標準主帆面積	7.06 平方公尺				

【實驗討論與結果】

我們先以瓦楞板製作救生板模型，再加裝玩具車輪、塑膠袋依據帆船當作樣板作成一號車，但是車輪太小帆體結構也不穩當，帆易被風吹壞，因此我們改以現有的台車車體當作底座，加強帆的結構性作成了三號車，再以三號車實測 3:1、3:2、3:3 三種帆的大小順風行進 100 公分的秒數，雖然是 3:3 的速率最快，但是帆大反而車身不穩，容易翻覆，所以我們取 3:2 的帆做為改良，並以廢棄雨傘布取代塑膠袋，讓風帆車的帆更加堅固，作成的最終版的四號車，且實際考量摩擦力對於臺車的影響，在磨石子地板上操作時摩擦力會最小，因此我們決定將救生板風帆車於磨石子地板上操作，預先模擬難度較高的水上實驗。

【實驗目的的一的綜合統論】

- (一) 橫帆的速率比縱帆的速率快，但是橫帆受限於順風的狀態才會行走，縱帆才能逆風行走。
- (二) 電風扇的風有擴散效果，垂直於電風扇的風較強，風速比側向較快。以風洞模擬狀況加裝吸管導流之後，電風扇可成為單一直進的風源。
- (三) 風帆救生板車以廢棄雨傘布製作帆面，取 3：2 比例做為帆面，成為可御風而行的風帆救生板車。

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

我們以四號車進行風向與航行方向的探討，期望能夠藉由調整帆的角度，讓不管由哪一個方向吹來的風都有航向終點的可能性。

實驗 2-1：定風向與不定角度帆的行駛關係定風與定帆的行駛關係

【實驗步驟】

- 1.將帆桿的軸心作成活動式的，沒有固定帆的情況下，帆可以任意旋轉。
- 2.以平行風帆車的風進行吹撫，探討帆旋轉的方向，也就是帆被風吹成幾度。

【實驗數據】

帆與風向 差異角度	帆被風吹後旋轉至幾度				
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
0°	180°	180°	180°	180°	180°
90°	180°	180°	180°	180°	180°
180°	180°	180°	180°	180°	180°

【實驗討論與結果】

如果帆桿的軸心為活動式的，沒有固定帆的情況下，帆可以任意旋轉，那會變成不管哪一個方向的風吹來，帆就會轉成跟風向平行的狀況，前進的距離也很少，幾乎呈現不會動的狀態，所以帆一定要夠堅韌，帆桿可以擋風，且一定要將角度固定，不可以讓帆任意旋轉。

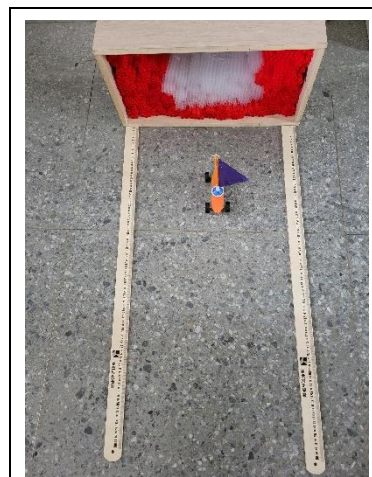
實驗 2-2：定風向與定角度帆的行駛關係

【實驗步驟】

1. 當風吹方向與風帆車車行方向平行時。
2. 將三角形的縱帆調整不同的角度，觀察車行 100 公分的距離，計算出不同的速率。

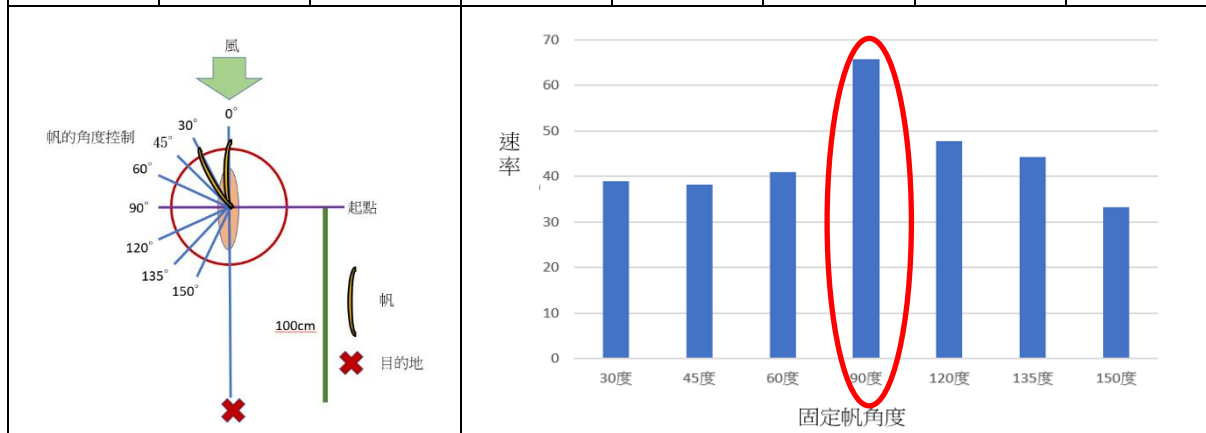
【實驗數據】

次數 固定帆角度	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
0°	X(不動)	X	X	X	X	X	X
30°	2.6	2.65	2.7	2.5	2.4	2.57	38.92
45°	2.74	2.66	2.7	2.57	2.44	2.62	38.17
60°	2.41	2.36	2.37	2.55	2.53	2.44	40.99
90°	1.62	1.32	1.63	1.35	1.71	1.52	65.79



計算車行 100 公分的距離

120°	2.08	1.98	2.25	2.24	1.93	2.09	47.85
135°	2.23	1.96	2.27	2.39	2.45	2.26	44.25
150°	3.12	3.23	2.8	2.87	3.04	3.01	33.23
180°	X	X	X	X	X	X	X



【實驗討論與結果】

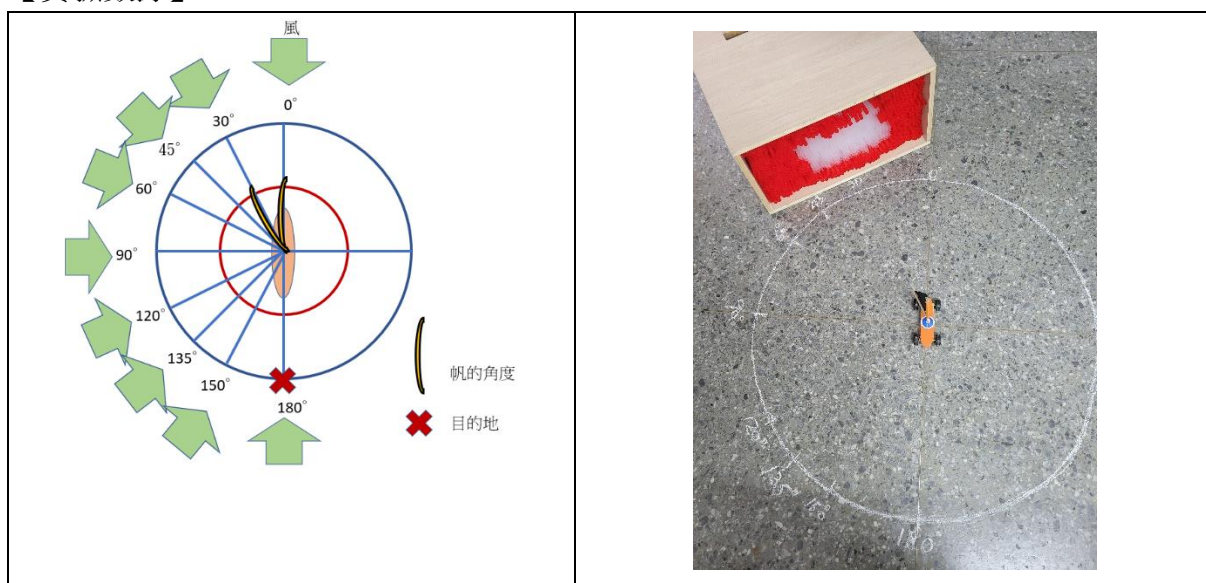
當風吹方向與風帆車車行方向平行時，帆與風吹方向垂直時速率較快，在完全順風的情況下顯示帆面與風接觸面積愈大，風帆救生板車行走愈快。

實驗 2-3：不同風向與定度帆的行駛關係

【實驗步驟】

1. 畫一個半徑為 40 公分的圓，並以量角器畫上不同的角度
2. 在風帆救生板車上固定一個量角器畫出不同角度的圓，來調整帆的角度。
3. 以加有導管的電風扇在不同角度吹，計算風帆救生板車行走 40 公分的秒數。
4. 刪除向後走(遠離目的地)、或靜止不動的數據。

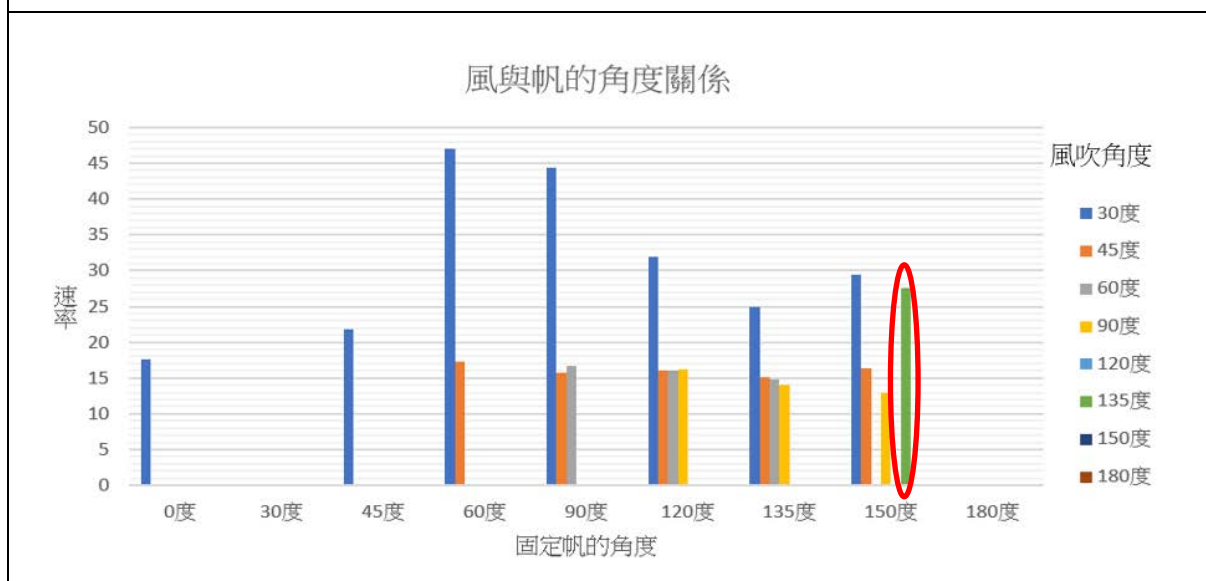
【實驗數據】



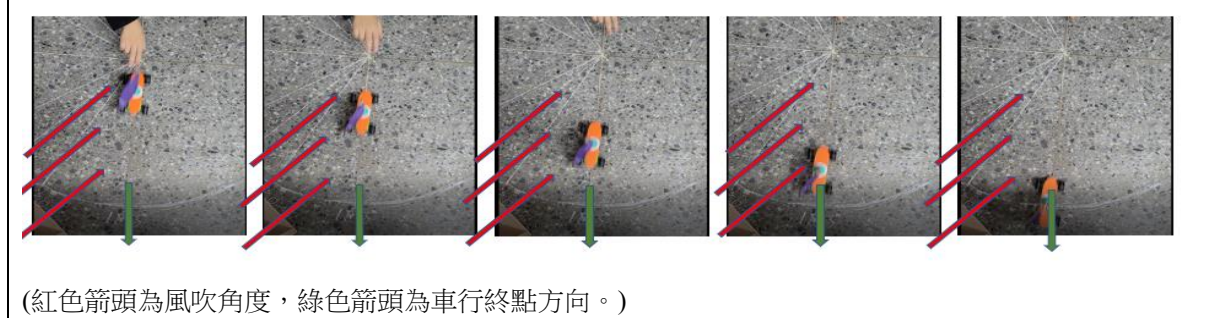
風於 30 度角吹							
次數 固定帆角度	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
0°	2.29	2.24	2.34	2.32	2.19	2.28	17.55
30°	X(不動)	X(不動)	X(不動)	X(不動)	X(不動)	X(不動)	X(不動)
45°	1.98	1.90	1.83	1.68	1.78	1.84	21.74
60°	0.87	0.93	0.72	0.88	0.85	0.85	47.06
90°	0.91	0.94	0.88	0.90	0.87	0.9	44.45
120°	1.05	1.36	1.33	1.40	1.08	1.25	32.00
135°	1.59	1.63	1.47	1.73	1.62	1.61	24.85
150°	1.41	1.33	1.38	1.31	1.34	1.36	29.42
180°	X(不動)	X(不動)	X(不動)	X(不動)	X(不動)	X(不動)	X(不動)
風於 45 度角吹							
次數 固定帆角度	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
60°	2.39	2.26	2.10	2.30	2.25	2.32	17.25
90°	2.47	2.41	2.71	2.35	2.72	2.54	15.75
120°	2.48	2.39	2.59	2.62	2.34	2.49	16.07
135°	2.95	2.92	2.36	2.59	2.37	2.64	15.16
150°	2.43	2.42	2.58	2.41	2.32	2.44	16.40
帆的角度為 0°、30°、180° 時，風帆救生板車不動或是往後退，故數據省略。							
風於 60 度角吹							
次數 固定帆角度	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
90°	2.42	2.63	2.21	2.35	2.39	2.4	16.67
120°	2.32	2.21	2.87	2.29	2.69	2.48	16.13
135°	2.58	2.81	2.73	2.66	2.77	3.11	12.87
帆的角度為 0°、30°、45°、60°、150°、180° 時，風帆救生板車不動或是往後退遠離目的地，故數據省略。							
風於 90 度角吹							
次數 固定帆角度	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
120°	2.42	2.52	2.57	2.61	2.53	2.47	16.20
135°	2.88	2.67	2.73	2.92	3.01	2.85	14.04
150°	3.28	3.31	3.20	2.95	2.84	3.1	12.91
帆的角度為 0°、30°、45°、60°、90°、180° 時，風帆救生板車不動或是往後退遠離目的地，故數據省略。							
風於 135 度角吹							

次數 固定帆角度	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
150°	1.57	1.30	1.75	1.35	1.25	1.44	27.50

帆的角度為 0°、30°、45°、60°、90°、135°、180° 時，風帆救生板車不動或是往後退遠離目的地，數據省略。



風吹角度為 135°，帆的角度為 150° 的錄影檔截圖。



【實驗討論與結果】

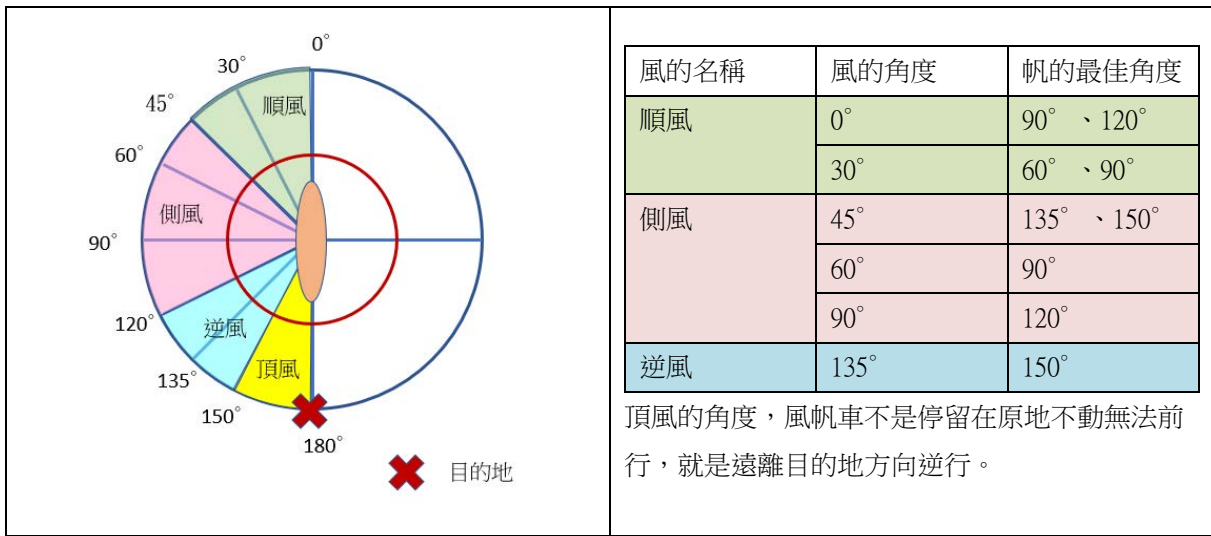
當風向與風不是平行的情況下，我們試著讓風從不同的角度吹，觀察不同角度的帆和風的行駛關係。當風吹角度為 30° 帆的角度為 60°、90° 時車行的速率較快；風吹角度為 45° 時帆在 60° 到 150° 都還有前行的力量，但是很明顯的速率較慢風吹角度為 0°、30° 慢得多；風吹角度 90° 時，只剩下帆的角度為 90°、120°、135° 時可以緩慢前行；風吹角度 120° 開始進入逆風的狀態，風帆車幾乎都是往遠離目的地的方向後退，或是根本不動，但是令人驚訝的是風吹角度為 135°，帆的角度為 150° 時，風帆車居然往前行，而且速率還蠻快的。

實驗 2-4：航行方向與風的關係

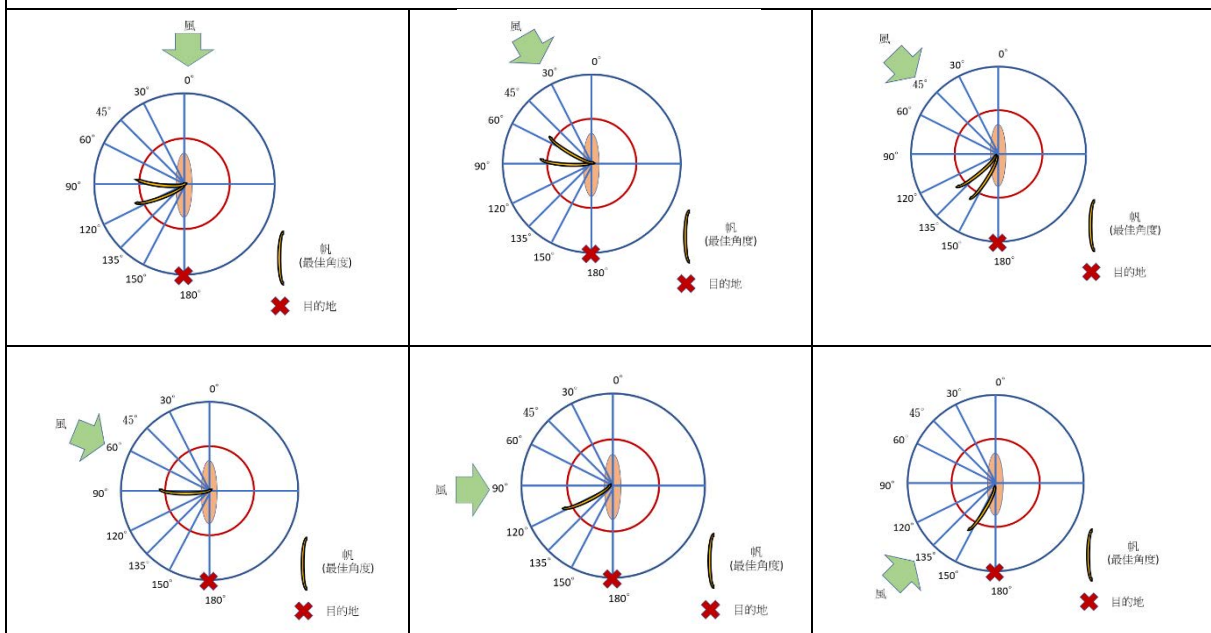
【實驗步驟】

將所有的風吹來的角度和固定的帆船角度進行彙整，了解風帆車行向目的地的關係，整理出倚靠只有轉動帆，而直行航向目的地的風和帆的關係。

【實驗數據】



以圖形歸納風吹來的角度和固定帆角度時形成最快速率的角度。



【實驗討論與結果】

配合文獻所查詢到順風、側風、逆風以及頂風的狀況，依據實驗數據及圖表中我們可以發現，風帆救生板車在順風(風吹角度為 0° 和 30°)的狀況下風帆車大部分都可以往前，除非是帆和風剛好呈平行的方向時，風帆車就會停在原地，無法往目的地前進，側風時帆角度在 90° 到 120° 時與帆的角度，可以合成一個前行的力的時候風帆車就會往前走，只是行走的速度遠小於順風時的狀況，進入逆風狀態的風帆車是不能朝向目的地行走的，不是不動就是遠離目的地，但是在風吹來的角度為 135 度的逆風時，帆在 150 度時卻可以行走，且速率還蠻快的，可以擁有最快順風狀態約一半的速率，這就是帆船可以逆風而行的關鍵角度。

實驗 2-5：帆的曲度與行進速度的關係

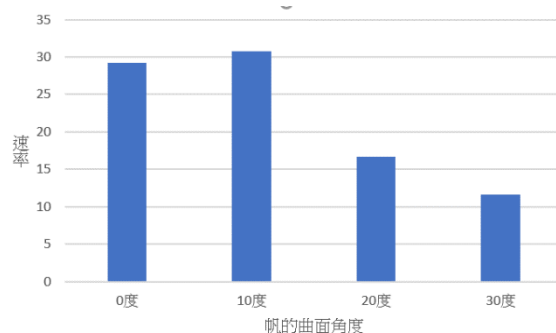
【實驗步驟】

1. 將兩傘布的帆底部與竹筷相連的地方拆開，以熱熔膠和鐵絲固定帆底部。
2. 以鐵絲改變帆底部的弧形，直接呈現風吹的弧形。
3. 以不同的曲面角度的帆，觀察於風吹角度 135° 、帆固定角度為 150° 的風帆救生板車行走 40 公分的秒數，計算出速率。
4. 以煙餅從風洞吹出煙霧，以錄影觀察含煙的風吹動帆的情形，再加以判讀。

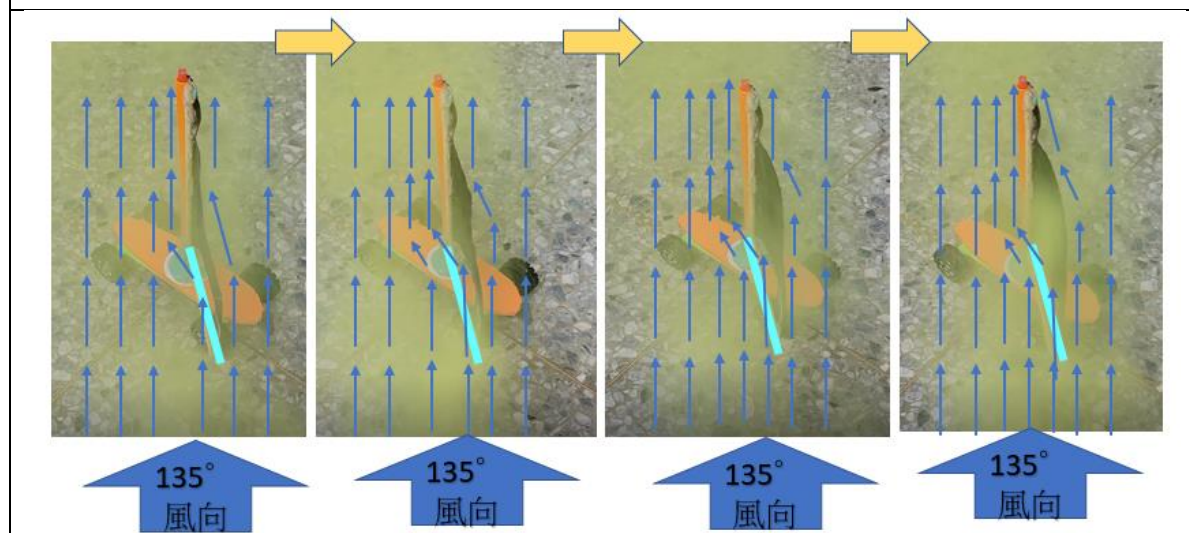


【實驗數據】

次數 固定帆角度	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
0°	1.57	1.30	1.75	1.05	1.15	1.37	29.2
10°	1.34	1.03	1.96	1.08	1.06	1.3	30.77
20°	2.17	2.02	2.26	2.76	2.79	3.4	16.67
30°	3.54	3.59	3	3.68	3.30	3.43	11.67



以煙餅產生煙霧後，煙隨風吹過帆面，以錄影截圖後可以顯示出，逆風吹向帆面後帆會漸漸鼓起形成弧面，讓帆兩側的風流動路徑長短不同，變成逆風前行的動力。



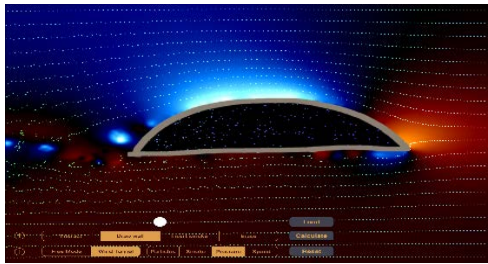
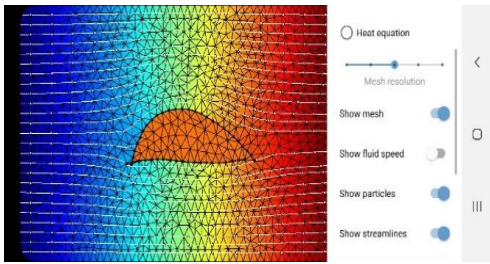
【實驗討論與結果】

風吹角度在逆風而行的資訊，帆船則運用「康達效應」和「白努利定律」，當縱帆遇到逆風時，風會沿著帆的表面轉彎過去，此為康達效應的應用。帆會形成一個弧形，這會導致兩邊的壓力和速度都不同，形成白努利定律。而我們想要更深入的瞭解，風於逆風狀態時，往前推進風帆救生板車的情形，搭配帆與風的角度形成一個弧面進而讓車子逆風。雨傘布弧面帆因為本身為軟帆，受到風吹撫會自然形成弧面，如果以鐵絲固定弧面 0 度與 10 度差別不大，而超過 20 度的弧面則開始減速時，弧面過大時，風無法順利流通弧面與另一彎曲面間，反而形成一個風阻讓風帆車速率變慢，因此如果是可以順利張開的帆，只要能夠承受風力，帆會自然形成一個約 10 度角的弧面，讓帆兩邊的壓力形成不同，造成前行動力。

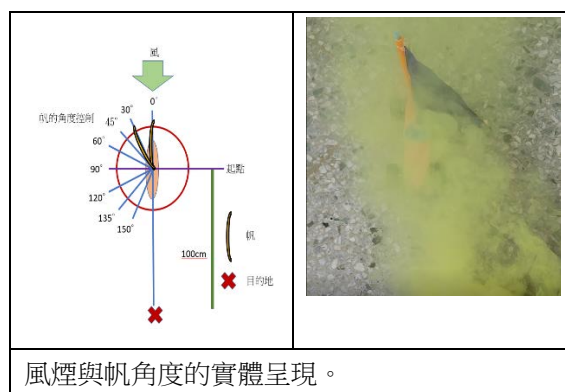
實驗 2-6：軟體模擬帆與風向關係研究

【實驗步驟】


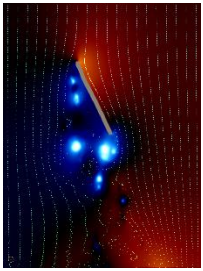
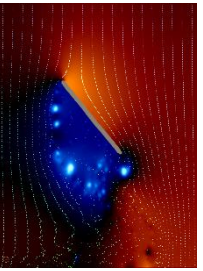
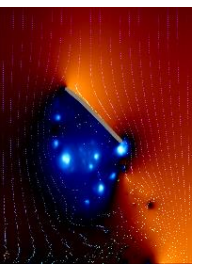

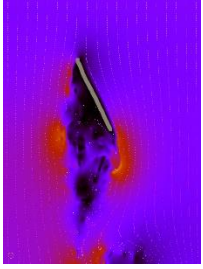
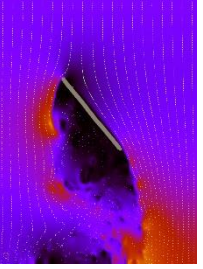
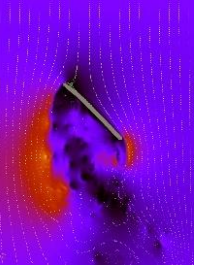
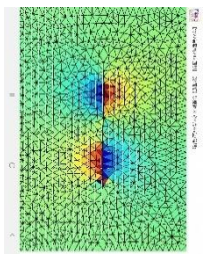
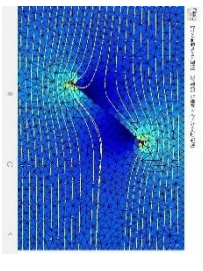
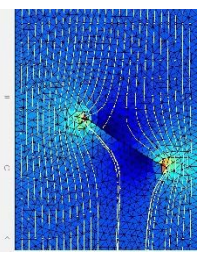
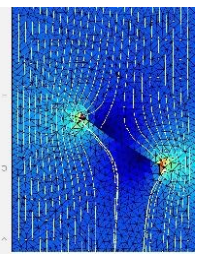
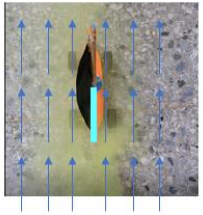
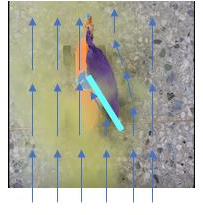
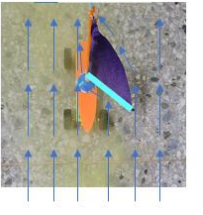
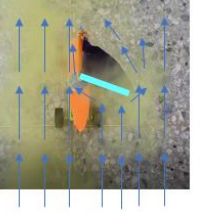
1. 結合流體模擬 app 程式，IOS 系統採 Windtunnel、安卓系統以 mesfFlow 等流體模擬軟體進行。
2. 利用模擬風和帆的關係，探討風在吹時，對於帆形成的壓力和流向。

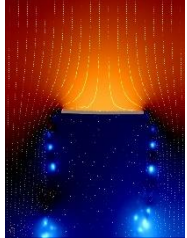
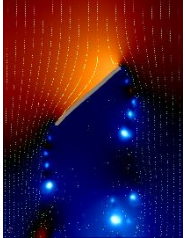
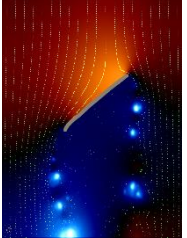
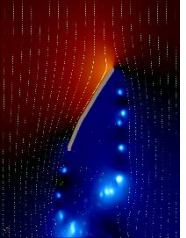
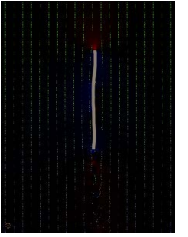
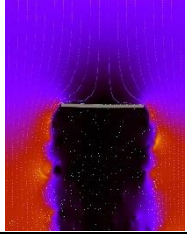
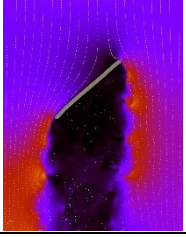
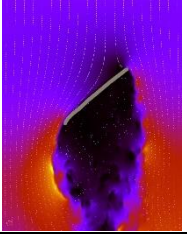
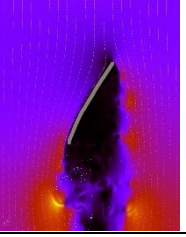

	
<p>Windtunnel 程式畫面：可模擬風的相互作用，利用 Draw wall 畫出阻風的障礙物(帆)，分別呈現風給予帆的壓力和風的流速。</p>	<p>mesfFlow 程式畫面：可用 mesh 的方式，模擬風的壓力，流體速度，並用流線的呈現來呈現風的走向，畫面精緻度不如 Windtunnel 程式，但可同時呈現壓力與流速。</p>

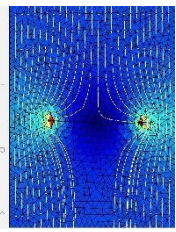
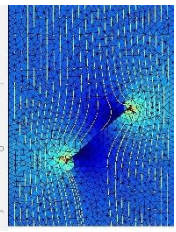
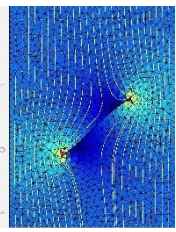
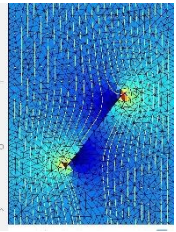
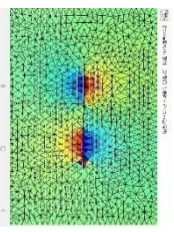
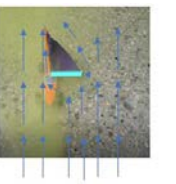
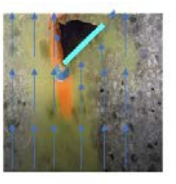
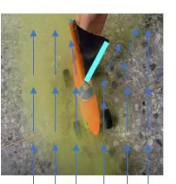
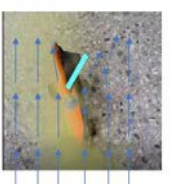
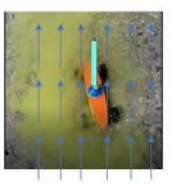
3. 利用煙餅從風洞吹出煙霧，以風帆車的帆調整角度，將風化作可以看見的流體比較與帆角度的關係。
4. 含有煙霧的風，對比流體模擬程式的呈現，將兩者進行比較。
5. 當風吹方向與帆方向平行時，在虛擬程式中畫出帆的角度，當成阻礙風行的障礙物，並以壓力和流速分別進行討論。



【實驗數據】

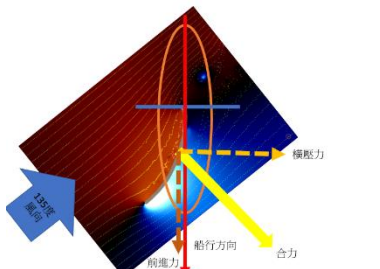
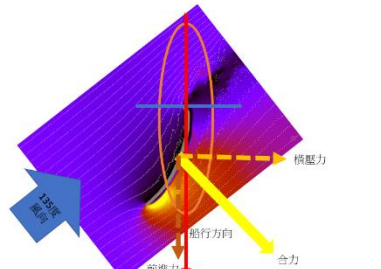
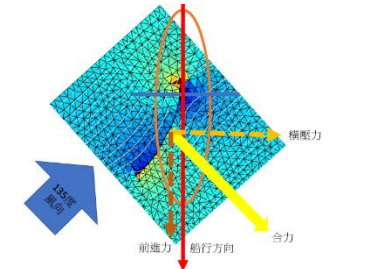
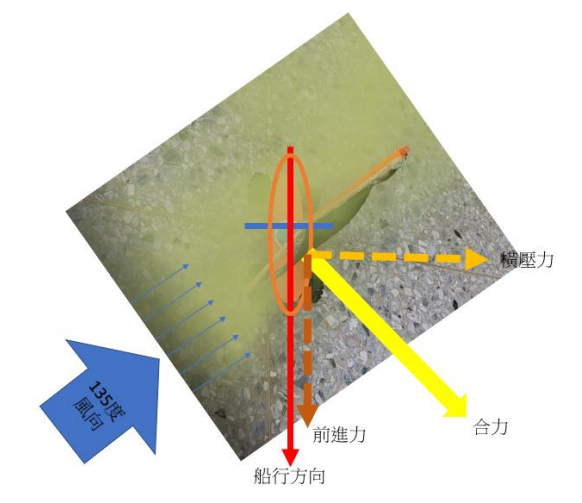
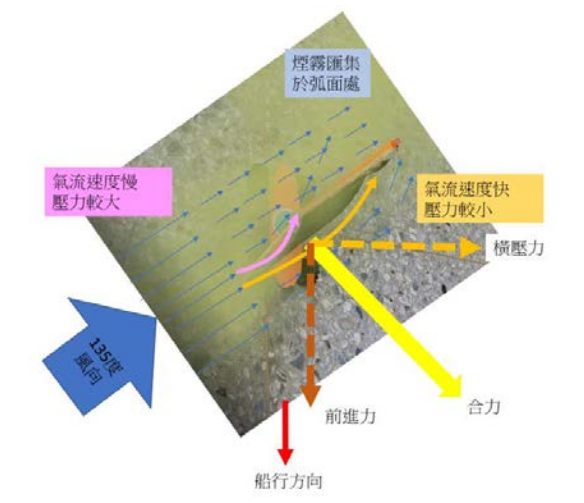
帆的角度	0 度	30 度	45 度	60 度
Windtunnel 程式壓力				
Windtunnel 程式流速				
mesFlow 程式壓力與流速				
實體的煙霧模擬				
<p>帆呈現 0 度或 180 度平行於風時，從模擬轉體呈現出來的結果可以看出，風會從帆邊流過，無法形成前行的動力。</p>		<p>風吹來時觸碰到帆面，風的流速變慢形成較大的壓力，經過帆的側端後，流速又會變快。</p>		

帆的角度	90 度	120 度	135 度	150 度	180 度
Windtunnel 程式壓力					
Windtunnel 程式流速					

mesFlow 壓力與流速					
實體的煙霧 模擬					
<p>風的氣流流速，會受到帆的角度影響，當流速較慢，壓力較大，流速較快，壓力小時。於帆面為 90 度，垂直於風時，帆的阻礙風的面積最大，流速變慢，壓力變大，形成白努利定律。</p>					

【實驗討論與結果】

以實驗 2-5 為基礎，模擬船逆風而行的狀態。

		
<p>Windtunnel 程式壓力模擬可看出受風的壓力大於背風面。</p>	<p>Windtunnel 程式流速模擬可看出背風處因弧面較長，壓力較小導致風的流速較快。</p>	<p>mesFlow 程式壓力與流速模擬後，可看出背風處的風流線較長，流速快，且壓力小。</p>
		
<p>風帆救生板逆風而行時，帆上的風氣流於逆風時，會流過弧面，此為康達效應。康達效應是指流體流過弧面時會傾向於沿著弧面的表面流動。弧面的風行路徑較短，氣流的速度較慢，壓力較大，但後方背風處鼓起的弧面風的路徑較長，流速較快，壓力較小，產生了一股力量。風的流線達到後緣時速度就會比較快，形成「白努利定律」，造成一股影響前行的合力，合力可分解成前進力和橫壓力，橫壓力會被只能直行救生板風帆車抵銷掉，故救生板風帆車可以逆風而行。</p>		

【實驗目的二的綜合統論】

- (一)風帆救生板車的角度必須固定，不可以讓帆任意旋轉。
- (二)當風吹方向與風帆車車行方向平行時，帆與風吹方向垂直時速率較快，在完全順風的情況下顯示風時帆面與風接觸角度愈大，風帆救生板車行走愈快。
- (三)風從不同的角度吹，觀察不同角度的帆和風的行駛關係。
當風吹角度為 30° 帆的角度為 60° 、 90° 時車行的速率較快；風吹角度為 45° 時帆在 60° 到 150° 還有前行的力量，但速率較慢；風吹角度 90° 時，只剩下帆的角度為 90° 、 120° 、 135° 時可以緩慢前行。風吹角度 120° 進入逆風的狀態，風帆車幾乎都是往遠離目的地的方向後退。風吹角度為 135° ，帆的角度為 150° 時，風帆車居然往前行，而且速率還蠻快的。
- (四)風吹來的角度為 135° 的逆風時，帆在 150° 時卻可以行走，且速率還蠻快的，可以擁有最快順風狀態約一半的速率，這就是帆船可以逆風而行的關鍵角度。
- (五)承受風力時帆會自然形成一個約 10 度角的弧面，讓帆兩邊的壓力形成不同，造成前行動力。
- (六)以煙餅產生的煙和流體模擬程式來看，風的流線達到後緣時速度就會比較快，形成「白努利定律」，造成前行的合力，往目的地方向形成前進力導致逆風而行。

三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。

實驗 3-1：風帆救生板車改造成風帆救生板

【實驗步驟】





- 1.將風帆救生板車改造，放入水中進行實驗。
- 2.先以長 40 公分、寬 30 公分的水盆進行測試，製作可在水中行駛的風帆救生板。
- 3.將水中加入食鹽，模擬海水的情境。
- 4.將可以順利浮起的風帆救生板放入長、寬分別 122 公分測試浮沉情形。

【實驗數據】

水中加鹽模擬海水：

文獻資料顯示世界海水大約每一升海水中就含有 35 克的鹽。因此我們依比例在水中加入食鹽進行實驗。水中加了足量的食鹽後，浮力也增加了，本來無法順利浮起來的風帆救生板有浮起來的情形，但是效果還是有限。



一號風帆救生板	二號風帆救生板	三號風帆救生板	四號風帆救生板
			

風帆救生板車連同輪子入水後會沉在水裡，所以我們直接將風帆救生板車輪子拆掉，結果還是沉入水裡。	將瓦楞板製作的救生板下方加上保麗龍，結果船身太輕，加上帆結果就翻覆了。	地墊材質的高密度泡棉，防水又好切割，固定在瓦楞板製作的救生板下方可順利在模擬海水中浮起，但風一吹會因板身太小翻覆。	我們將救生板等比例放大 1.5 倍，再加上帆後，板身的穩定度提高，不會因為風力而翻覆。
--	-------------------------------------	---	---

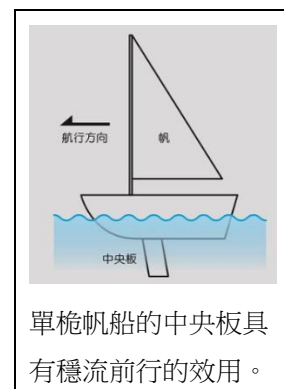
【實驗討論與結果】

風帆救生板車下水測試後，事實上需要克服的問題好多，並不是直接放到水裡就可以浮在水面上，結果只是要讓做成可以浮的風帆救生板就有好大的難度。首先是單只有瓦楞板製作的救生板、板身以保麗龍固定都可以浮，但是加上帆、就會沉，幸好後來尋找材質的過程中我們找到的地墊，地墊是一種高密度泡棉，可以防水，又可以浮起來，只是板身太小，加了帆以後不平衡，風一吹就翻覆了，所以我們將救生板等比例，1.5 倍放大，風帆救生板順利完成。


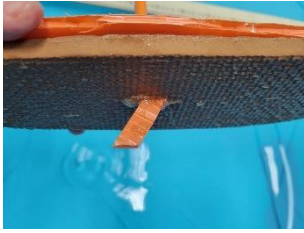
實驗 3-2：水中行駛的穩定性研究

【實驗步驟】

1. 風帆救生板在水中會因為風而開始旋轉，無法順利直行。
2. 參考文獻在風帆救生板下方加裝中央板。
3. 分別製作出為高 1 公分、長為 1 公分、2 公分、3 公分的平行四邊形，當成中央板。
4. 以風吹方向與風帆救生板方向平行時，帆的角度為 90 度時計算前行 40 公分的秒數，與直行到目的地時偏離終點的橫向距離。



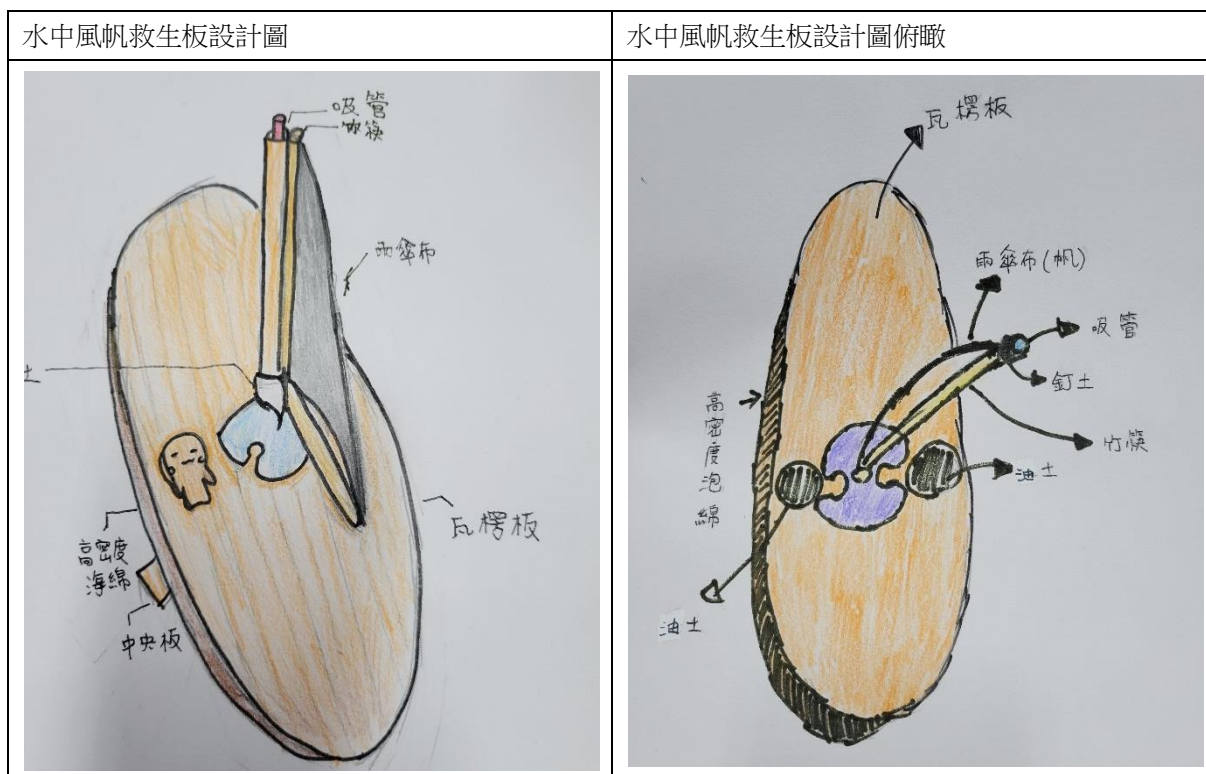
【實驗數據】

		風吹時，沒有中央板的風帆救生板在水中旋轉，沒有固定方向可以計算。					中央板參考帆船的製作方式，以高 1 cm、長為 1 cm、2 cm、3 cm 的平行四邊形製作，再進行測量。	
中央板長度	測量項目	第一次(秒)	第二次(秒)	第三次(秒)	第四次(秒)	第五次(秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
1cm	秒數	1.27	1.67	1.27	1.24	1.1	1.31	30.54
	偏離公分數	20	23	15	17	21	19.2	
2cm	秒數	1.62	1.94	1.30	1.46	1.68	1.6	25
	偏離公分數	10	9	7	9	6	8.2	
3cm	秒數	1.72	1.34	1.67	1.64	1.82	1.64	24.43
	偏離公分數	5	6	8	7	3	5.8	

加入 50 克重的油土，穩定風帆救生板的重心								
中央板 長度	測量 項目	第一次 (秒)	第二次 (秒)	第三次 (秒)	第四次 (秒)	第五次 (秒)	平均秒數	速率 (cm/s)
3cm	秒數	1.32	1.45	1.57	1.31	1.25	1.38	28.99
	偏離 公分數	2	0	4	3	1	2	

【實驗討論與結果】

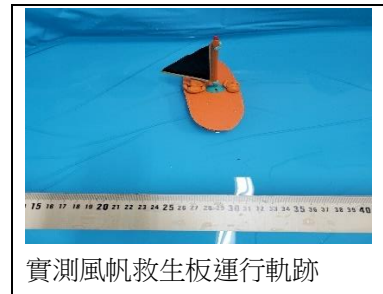
當我們的風帆救生板順利浮起來以後，以平行於板身前行方向的風進行吹撫，並以順風最佳的帆前行角度 90 度角固定帆，結果風帆救生板在水中不斷旋轉，無法穩定前行，所以我們參考了單桅帆船的做法，加入中央板來穩流，希望風帆救生板可以順利往目的地前行，以高 1 公分(與救生板高相同)、長為 1 公分、2 公分、3 公分的平行四邊形製作中央板後測量，結果發現長為 2 公分、3 公分時，風帆救生板前行速率差不多，但是 3 公分時與直行到目的地時偏離終點的橫向距離較小，表示中央板 3 公分的穩流執行效果較好。但是我們實驗過程中也發現風帆救生板的重心偏轉嚴重，帆會讓風帆救生板重心偏向帆的一邊，所以以 50 克重的油土來平衡重心，而風帆救生板在擁有 3 公分長的中央板後，以平行於板身前行方向的風進行吹撫，帆的角度在 90 度時可以穩穩的走直線。在先前的實驗中我們可以發現弧面風的路徑較長，流速較快，壓力較小，產生了一股力量為合力，合力可分解成前進力和橫壓力，橫壓力會造成風帆救生板往側向前行，故需要中央板來穩定流體。



實驗 3-3：航行方向與風關係的水中實作

【實驗步驟】

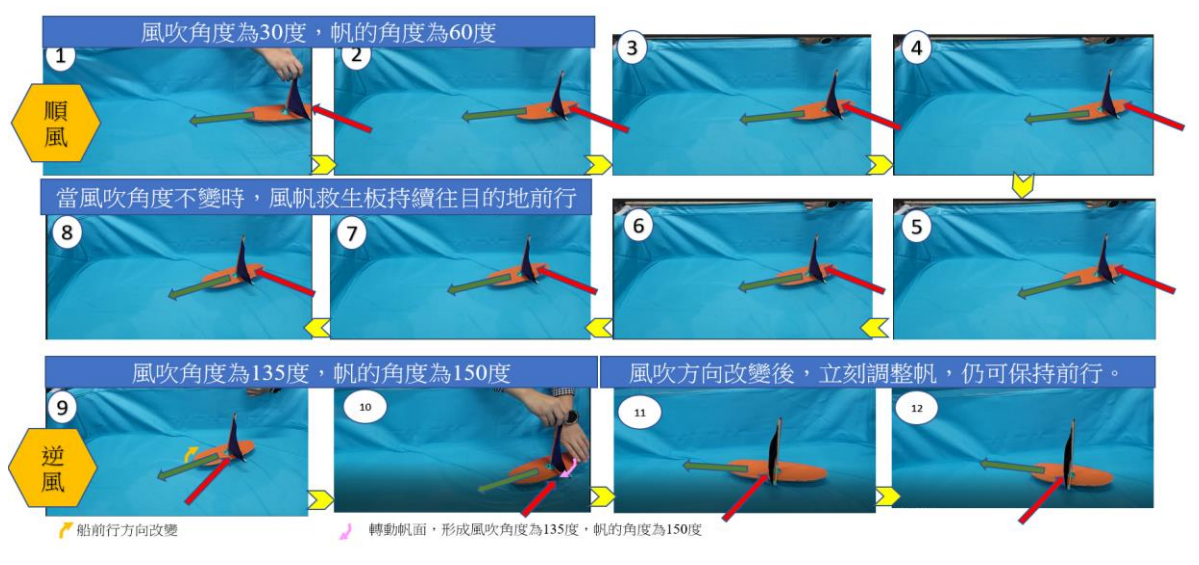
- 1.將水中風帆救生板實際測量出來的風吹來角度和固定帆角度時形成最快速率的角度，於 122 公分長寬的正方形水池中實作。
- 2.以目測及錄影的方式探討風角度與風帆救生板的運行軌跡。



【實驗數據】

風的名稱	順風		側風			逆風
風的角度	0 度	30 度	45 度	60 度	90 度	135 度
帆的最佳角度	90 度	60 度	135 度	90 度	120 度	150 度
風帆救生板的行進軌跡 (綠色箭頭為軌跡歸納成直進的方向)						
			風帆救生版在海上航行時，難免遇到逆風風向改變的情形，此時不管是右逆風或是左逆風，只須秉持風吹角度為 135°，帆的角度為 150° 則可逆風前行。			

由順風轉成逆風的風帆救生板錄影檔截圖。



因為風向會隨時改變，所以在順風模擬風吹角度為 60°，帆的角度為 90° 時，風帆救生板會快速往前移動，風向突然轉成逆風時，風吹角度為 135°，此時立刻將帆的角度為 150°，風帆救生板可繼續往前行，不至於偏離目的地太遠。

【實驗討論與結果】

將水中風帆救生板實際測量出來的風吹來角度和固定帆角度時形成最快速率的角度時，航行時容易不穩且偏斜，船無法像車子一樣筆直的前進，我們以中央板加以穩流控制後，風帆救生板大致上仍然可以前進，當風與板行方向平行，帆的角度為 90 度時，可以近乎筆直的前進，也就是順風狀態可以直行；風的角度為側風時，雖然可以直行，風力會導致於風帆救生板慢慢偏離目的地；逆風時水中風帆救生板可以前行，因在水面上時康達效性和白努利定律形成的合力可分解成前進力和橫壓力，橫壓力雖靠中央板可抵消一些，但還是會偏離目的地，因此必須以隨時調整讓船行方向與風吹角度為 135°，帆的角度為 150° 的狀態，風帆救生板可繼續向目的地前行，此為御風而行的逆風關鍵角度。

【實驗目的三的綜合統論】

- (一) 以高密度泡棉製作救生板後，風帆救生板可順利於水中行駛。
- (二) 風帆救生板在擁有 3 公分長的中央板後，以平行於板身前行方向的風進行吹撫，帆的角度在 90 度時可以穩穩的走直線。
- (三) 順風狀態可直行；風的角度為側風時，雖然可以直行，風力會導致於風帆救生板慢慢偏離目的地；逆風時水中風帆救生板可以前行。

陸、結論

一、探討帆的構造與風向的關係，將帆與救生板結合。

縱帆能逆風行走，故當我們參考奧運會帆船比賽雷射型帆船製作出的風帆救生板車以廢棄雨傘布製作為比例 3:2 帆面時，成為可御風而行的風帆救生板車。

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

風從不同的角度吹，觀察不同角度的帆和風的行駛關係可發現，順風時行進速度快，當風吹角度為 45° 時，風為側風，速度減慢為緩慢前行。進入逆風的狀態，風帆車幾乎都是往遠離目的地的方向後退。但風吹來的角度為 135° 的逆風時，帆在 150° 時卻可以行走，且速率還蠻快的，可以擁有最快順風狀態約一半的速率，這就是帆船可以逆風而行的關鍵角度。藉由流體模擬程式與實際煙餅吹出的風做對照，也可以發現康達效應和白努利定律會於逆風時造成一股影響前行的合力，讓風帆救生板車可以逆風而行。

三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。

水中風帆救生板必須加入中央板進行穩流控制，讓風帆救生板可以直行，於順風狀態可直行；風的角度為側風時，雖可直行，但風力會水中風帆救生板慢慢偏離目的地；若風向改為逆風時，必須調整帆的角度，讓水中風帆救生板可以前行。

柒、研究心得

這一次科展主要的想法是克服以手划水的方式作為動力的救生板救援行動，期望能夠以帆作為輔助，讓水上救生更加輕鬆容易，我們在研究中發現了逆風而行的秘密，也藉由許多的實驗，改變風的角度與帆的角度，讓輕鬆調整帆就往目的地前進的想法畫作真實可實現的設計，例如我們發現當風吹角度為 135 度逆風時，帆的角度為 150 度就可以順利前進，達到真正的「御風而行」。期望在未來的研究中，我們可以將風帆救生板實體化，變成真正可以在海上行駛的救生器具，讓我們所研究的御風而行的角度化為御風手冊，在執行在海上救難變成一大助力。。

捌、參考文獻

1. 逆風行駛帆船 - 科學 Online - 國立臺灣大學
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=16748>
2. 帆船-維基百科
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B8%86%E8%88%B9>
3. 帆船活動競技與海氣象的關係
<http://www.comc.ncku.edu.tw/dapeng/Downloads>
4. 康軒書局（2020）。國小自然與生活科技課本第一冊。新北市：康軒文教事業。
5. 康軒書局（2020）。國小自然與生活科技課本第三冊。新北市：康軒文教事業。
6. 帆船活動-高雄市政府海洋局
<https://kcmb.kcg.gov.tw/cp.aspx?n=652C62FB33C7A17B>
7. 帆船-中華奧林匹亞委員會
<https://www.tpenoc.net/sport/sailing/>

【評語】 080120

本作品研究不同風帆的曲率、角度對於船的速度，實驗先探討較易操作的陸地實驗，再以所得之經驗討論水面的狀況，為一明智的選擇。控制變因相當完整，現象觀察紀錄仔細並利用軟體模擬來對應實驗結果，最後改造風帆救生板車，相當具有創意。

作品簡報

- ▶ 科 別：物理科
- ▶ 組 別：國小組

御風而行的關鍵角度



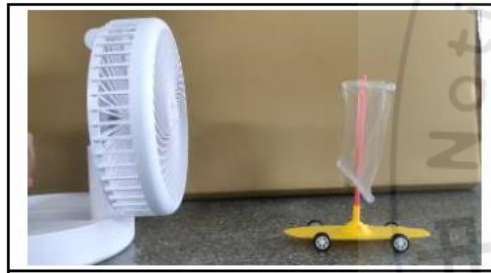
壹、研究動機

以救生板加帆的類似型態，研究風與帆的秘密，破解順風、逆風的迷思，著手打造比風帆更輕巧、更省力前行的風力救生板，期望我們可以御風而行解救更多的海上受難者。



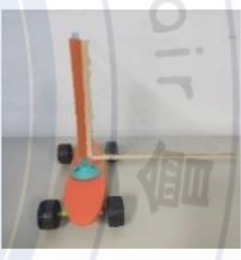

貳、研究目的

參、研究方法

一、探討帆的構造與風向的關係，將帆與救生板結合。

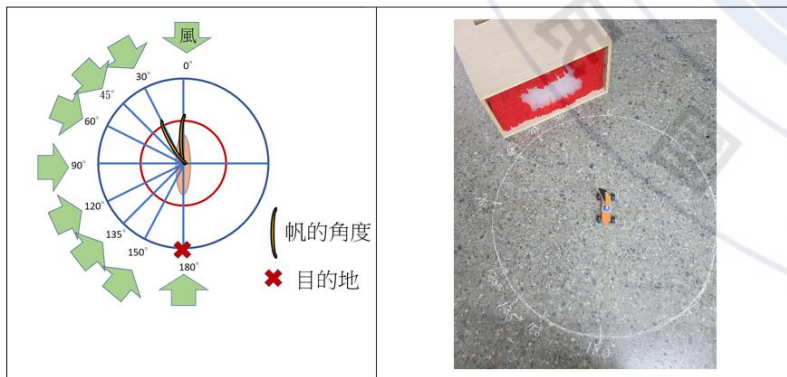






電風扇吹橫帆和縱帆車

一號車	二號車	三號車	四號車
			

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。



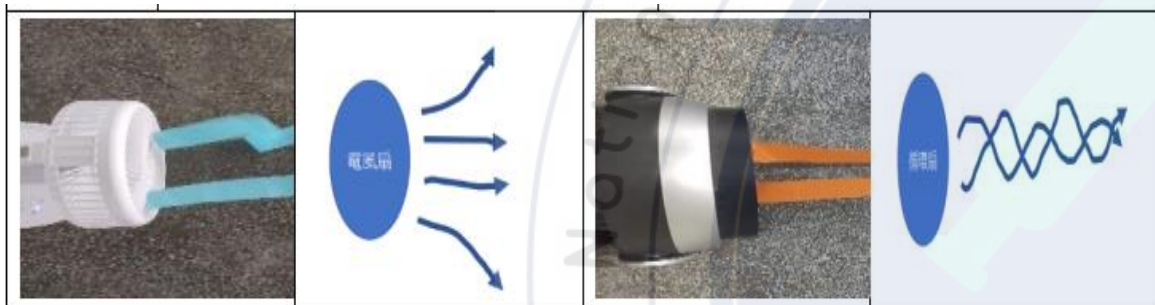
一號風帆救生板	二號風帆救生板	三號風帆救生板	四號風帆救生板
			

肆、研究結果與討論

一、探討帆的構造與風向的關係，將帆與救生板結合。

風源的分析與改造

●循環扇與電風扇

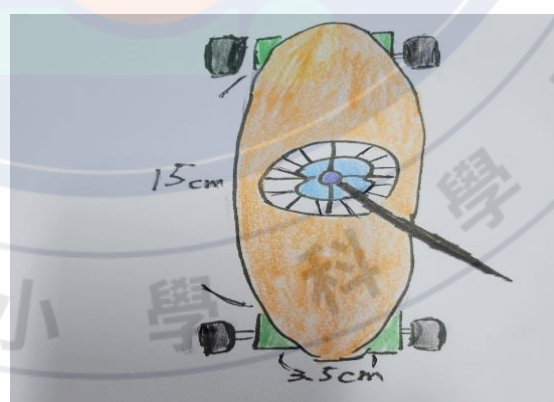
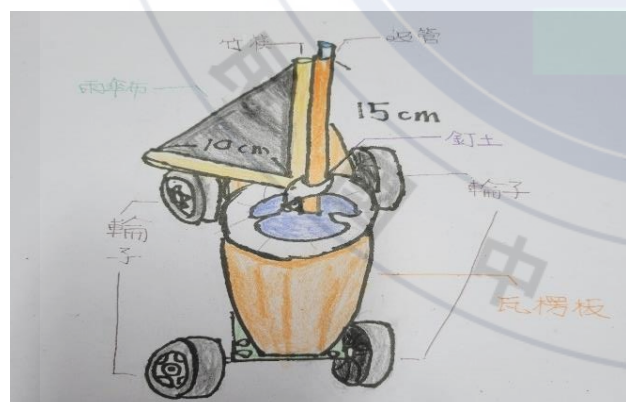


●第二代風洞



風洞加裝吸管導流後，除了垂直於電風扇正面的部分有風，側向的風幾乎為零，且風洞長60cm為風都是同一角度的直線風，方便我們固定風源。

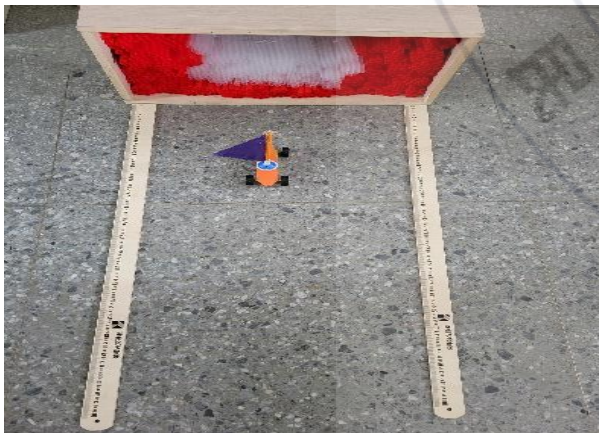
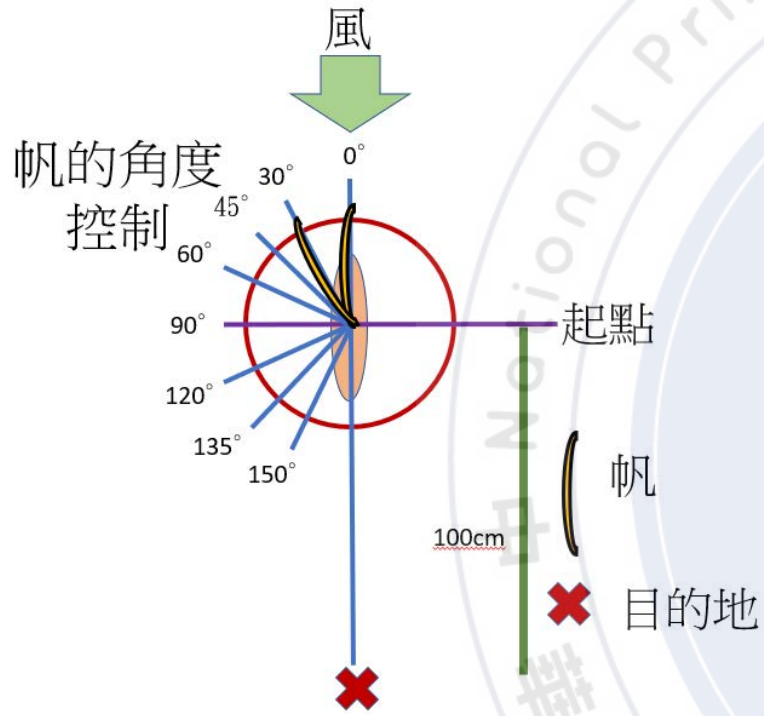
帆船車的實作與改造



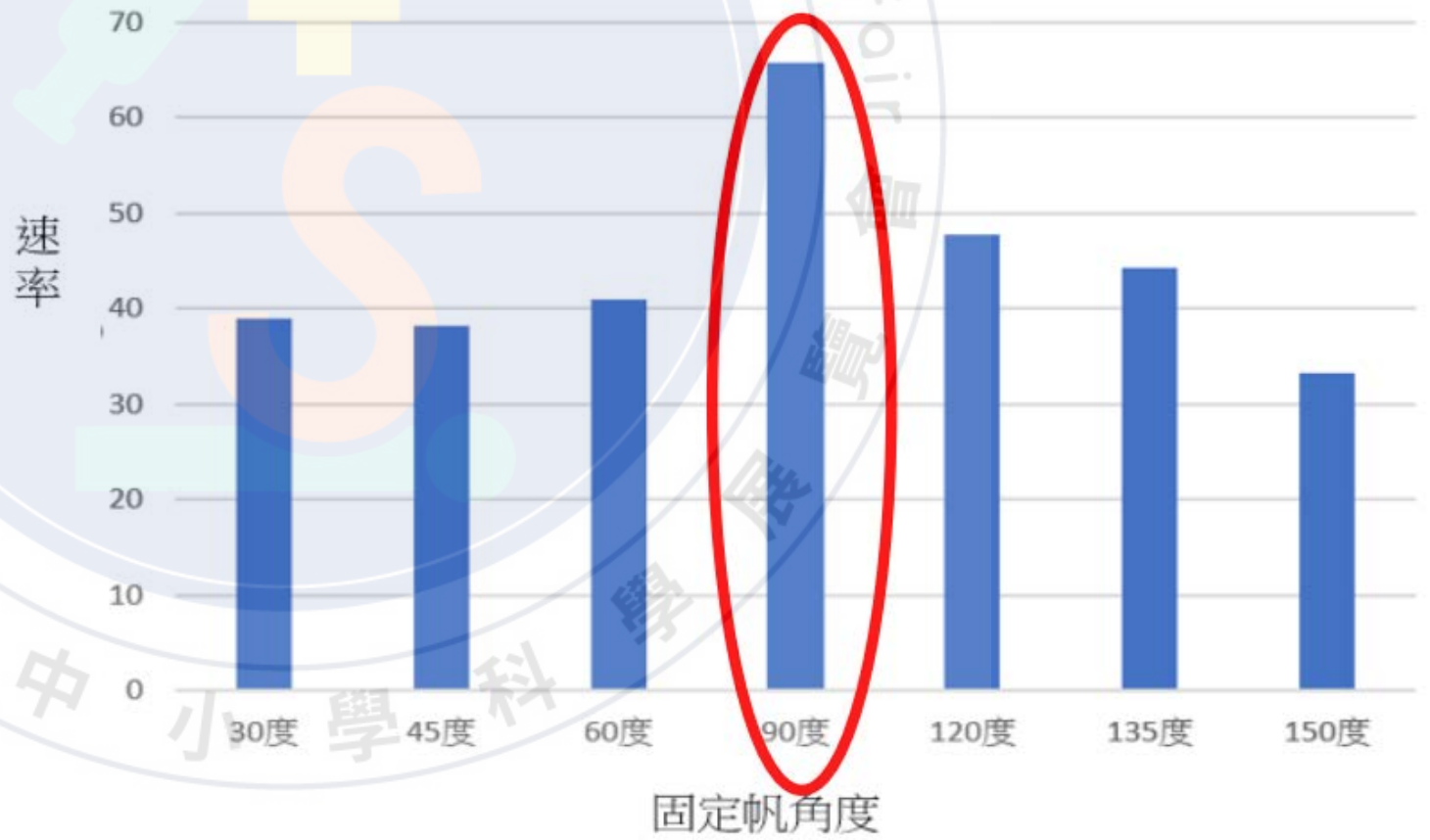
風帆救生板車以廢棄雨傘布製作帆面，取**3:2**比例做為帆面，成為可御風而行的風帆救生板車。

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

定風向與定角度帆的行駛關係

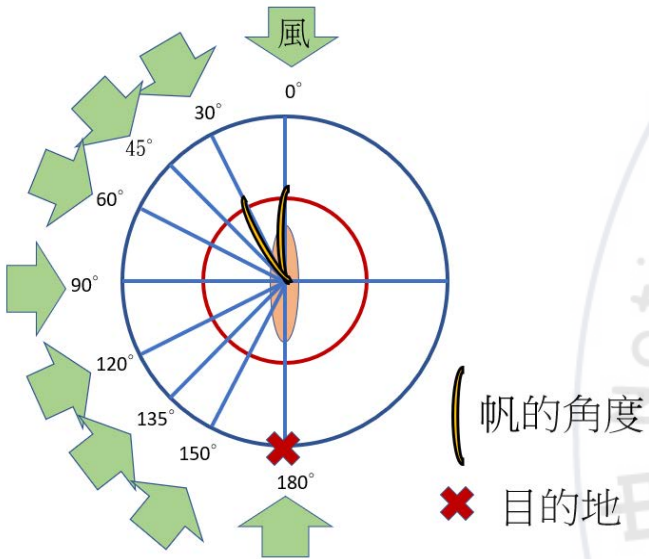


當風吹與車行方向平行時，帆垂直風吹時速率較快，故順風時帆面與風接觸面積愈大，風帆救生板車行走愈快。

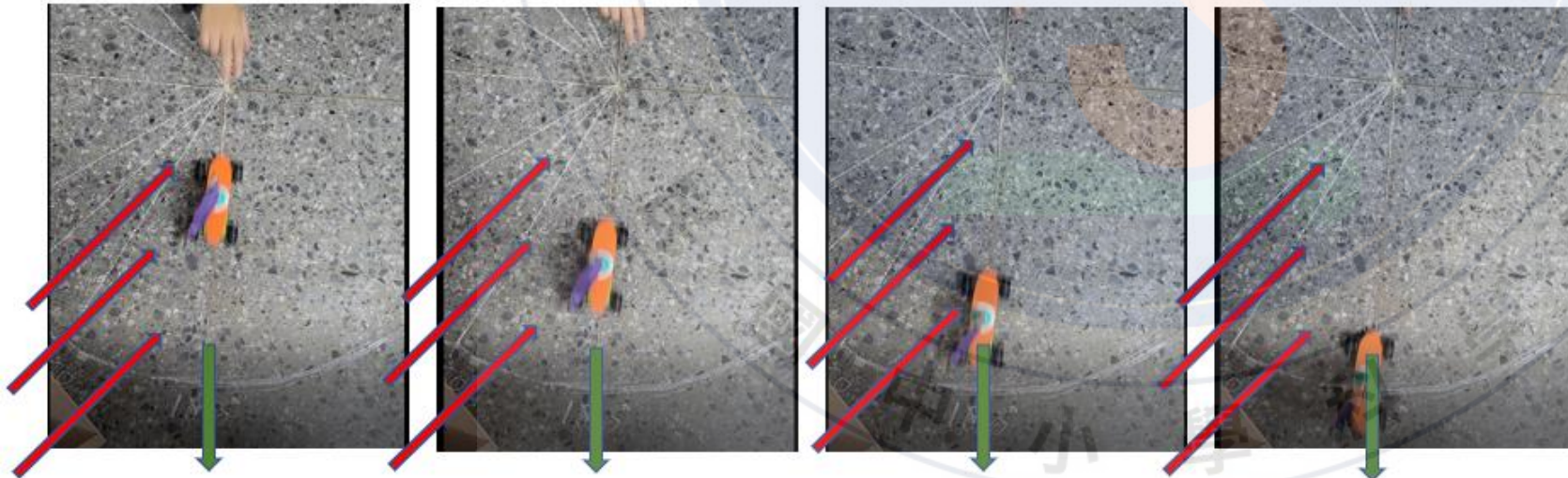
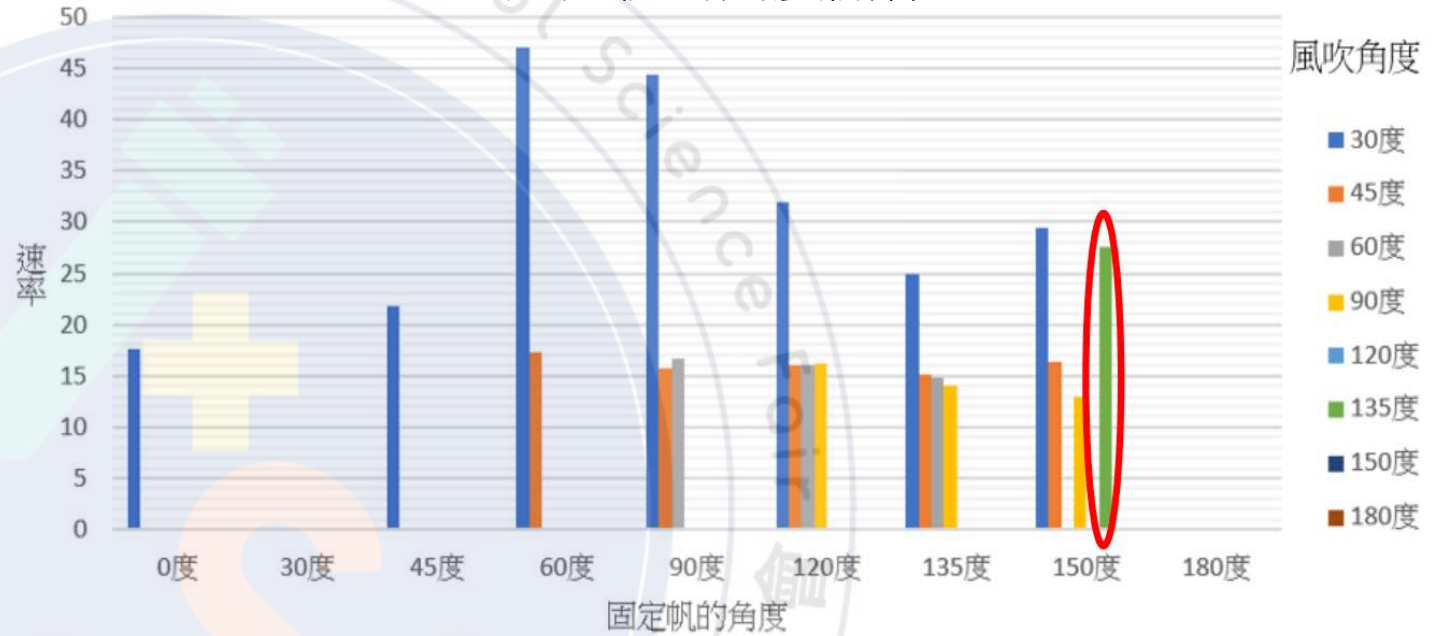


二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

不同風向與定角度帆的行駛關係



風與帆的角度關係

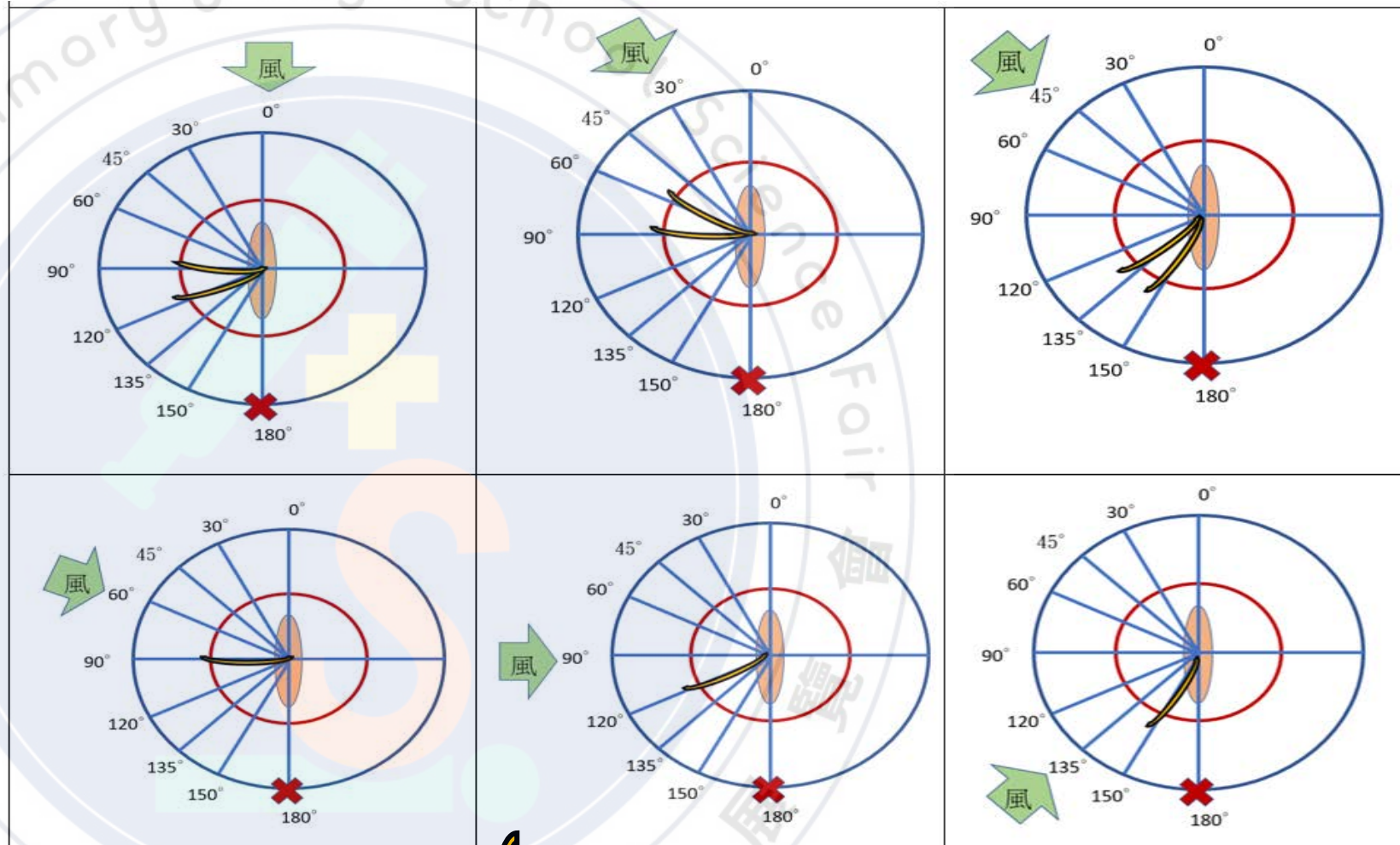
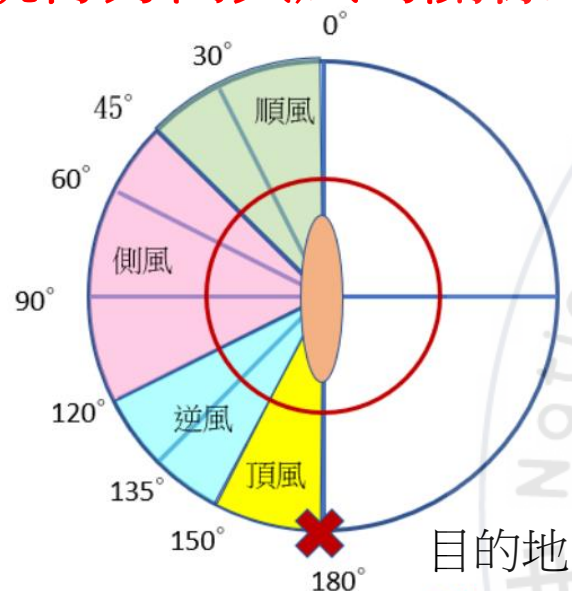


逆風關鍵角度：
風吹角度為 135°
帆的角度為 150°

(紅色箭頭為風吹角度，綠色箭頭為車行終點方向。)

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

航行方向與風的關係



風的名稱	風的角度	帆的最佳角度
順風	0°	90°、120°
	30°	60°、90°
側風	45°	135°、150°
	60°	90°
	90°	120°
逆風	135°	150°
頂風	180°	X

帆(最佳角度) ❌ 目的地

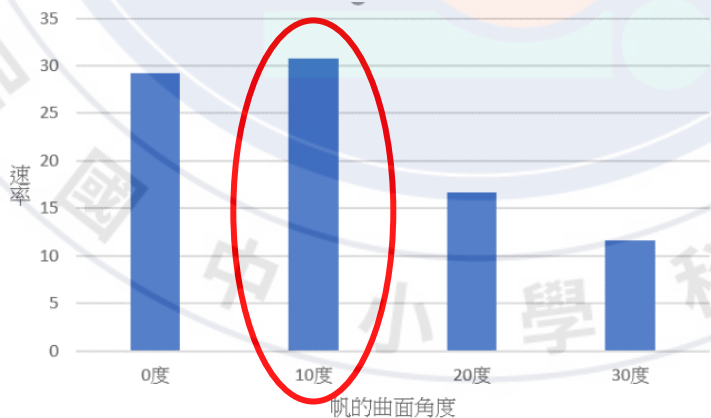
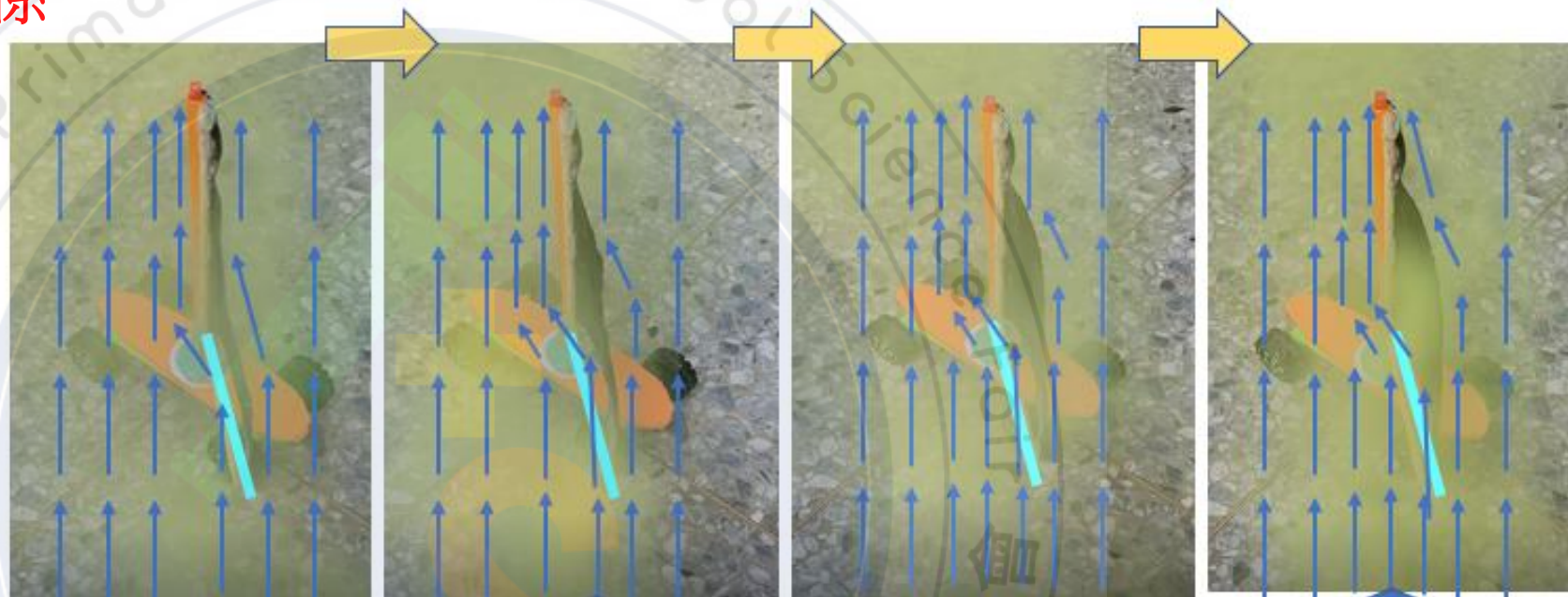
風吹角度為135°的逆風時，帆在150°時可擁有最快順風狀態約一半的速率，這就是帆船可以逆風而行的關鍵角度。

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

帆的曲度與行進速度的關係



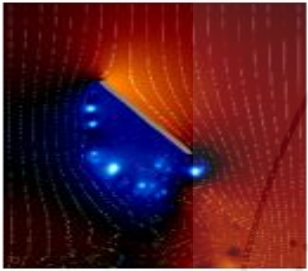


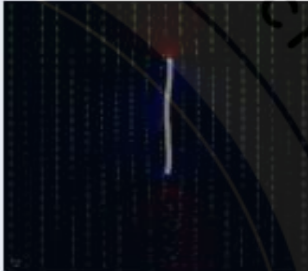
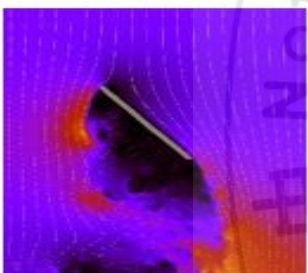
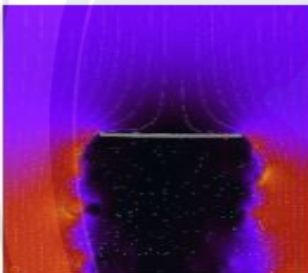
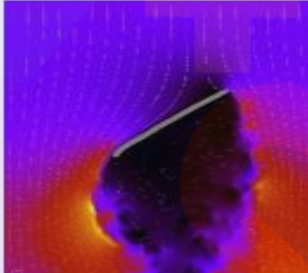
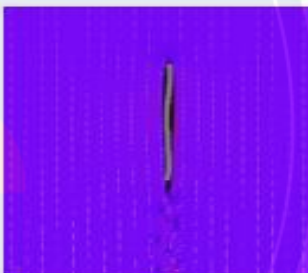
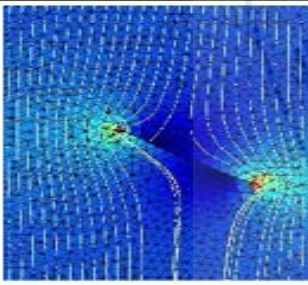
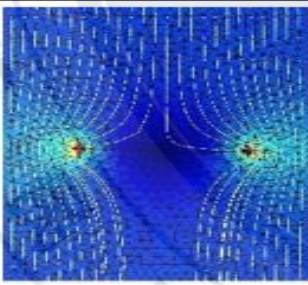
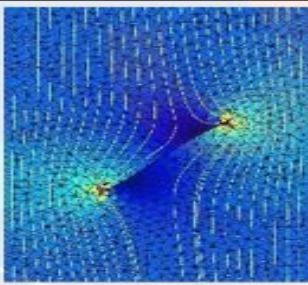
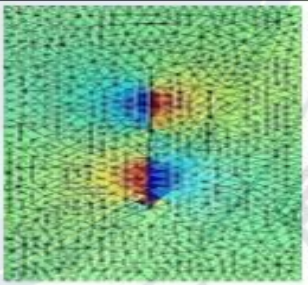
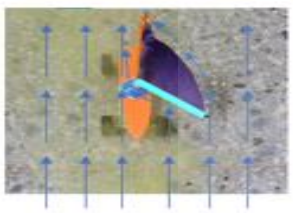
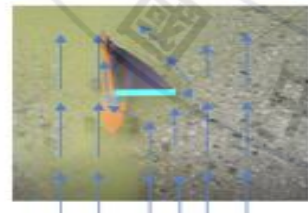

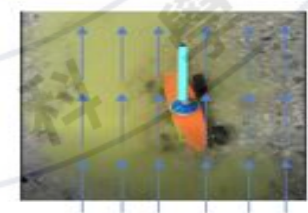
以鐵絲改變帆底部的弧形



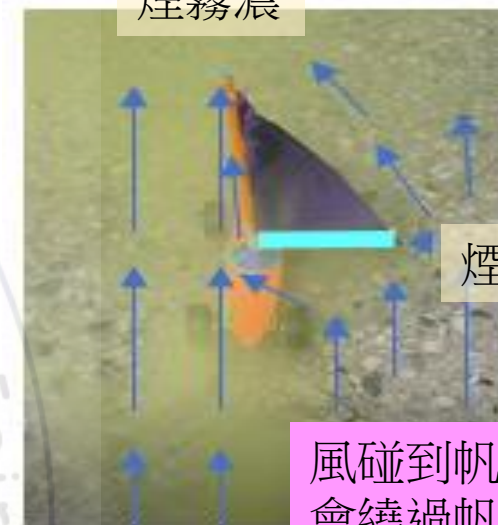
煙隨風吹過軟帆面，逆風吹向帆面後帆會漸漸鼓起形成約10度角弧面，讓帆兩側的風流動路徑長短不同，成逆風前行的動力。

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

軟體模擬帆與風向關係研究

帆的角度	45 度	90 度	135 度	180 度
Windtunnel 程式壓力				
Windtunnel 程式流速				
mesFlow 程式 壓力與流速				
實體的 煙霧模擬				

煙霧濃



煙霧淡

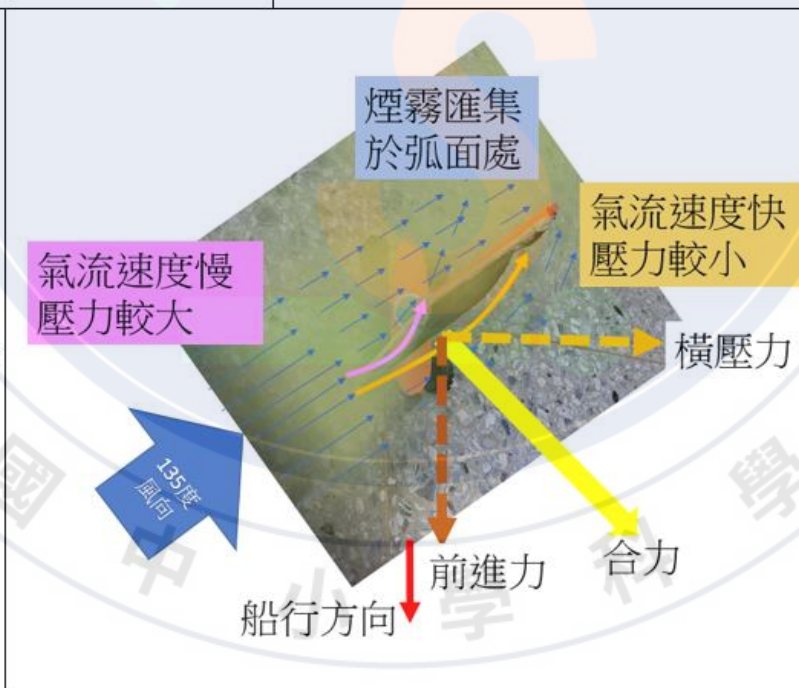
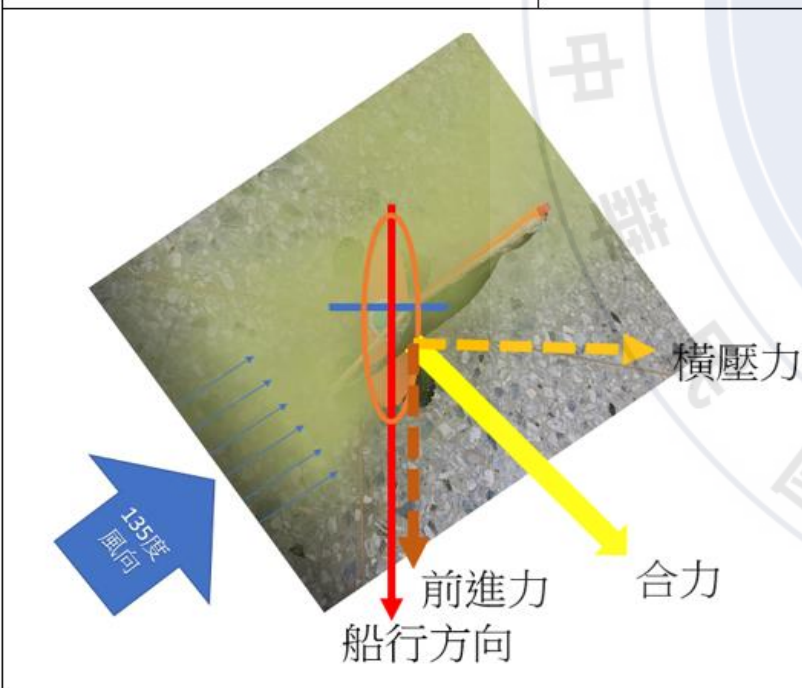
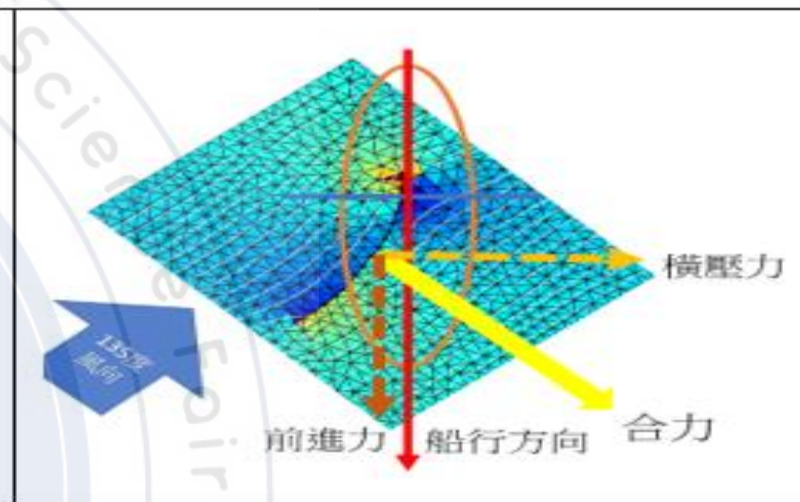
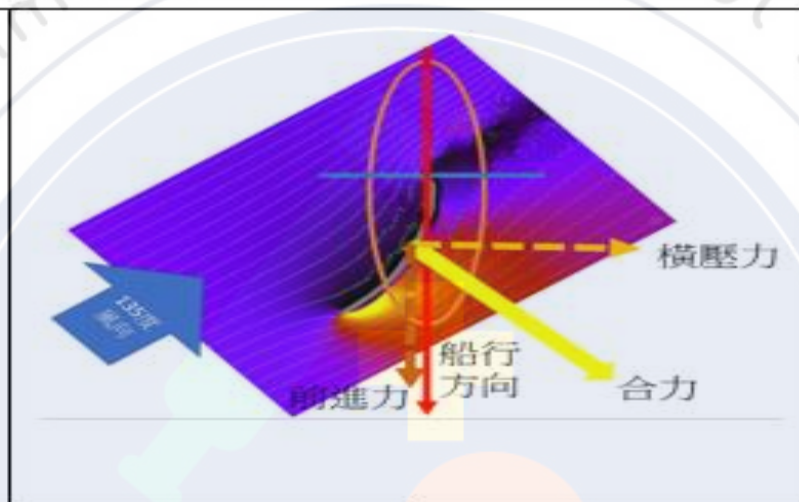
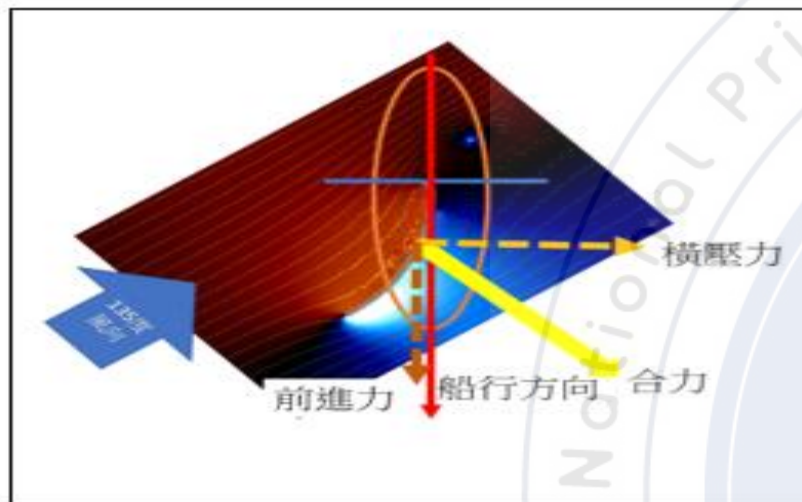
風碰到帆面
會繞過帆面

●風吹來時觸碰到帆面，風的流速變慢，形成較大的壓力。

●帆面垂直於風時，帆的阻礙風的面積大，風流速慢，壓力大。

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

軟體模擬帆與風向關係研究



迎風弧面路徑較短，流速慢，壓力大，但背風處鼓起路徑長，流速快，壓力小，造成一股影響前行的合力，合力可分解成前進力和橫壓力，橫壓力會被只能直行的車抵銷掉，故風帆車可逆風而行。

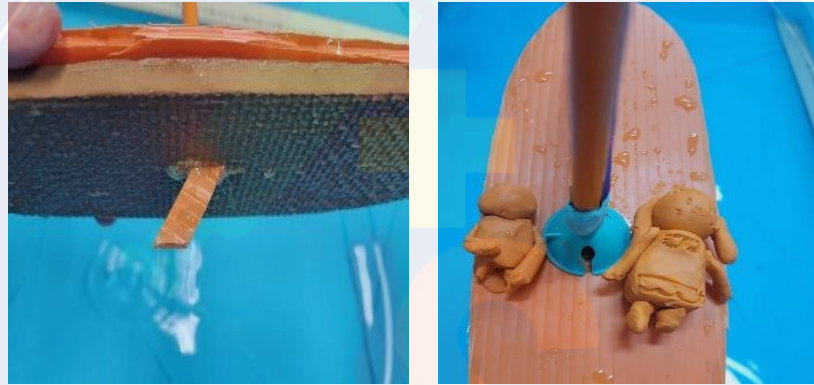
三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。

風帆救生板車改造成風帆救生板

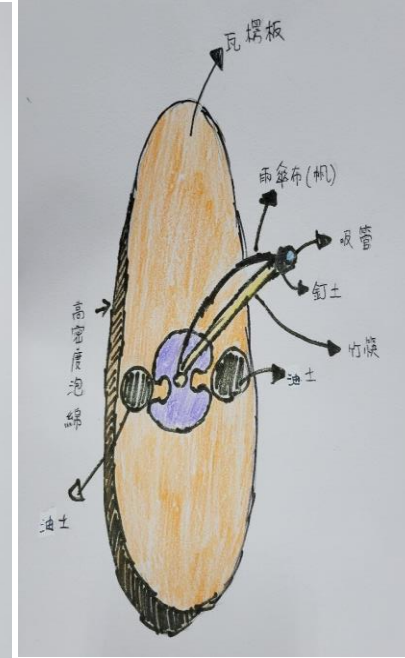
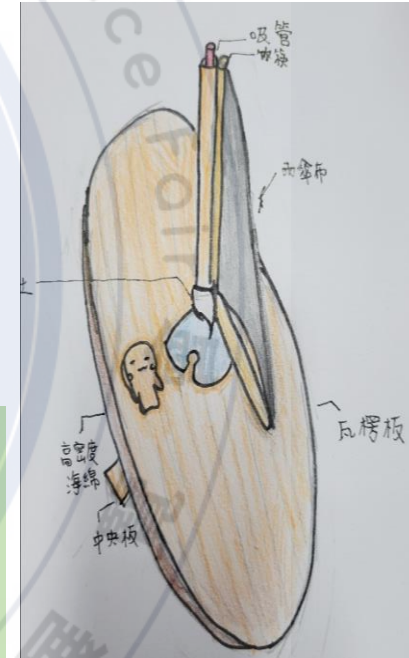
水中加鹽模擬海水



實測風帆救生板運行軌跡



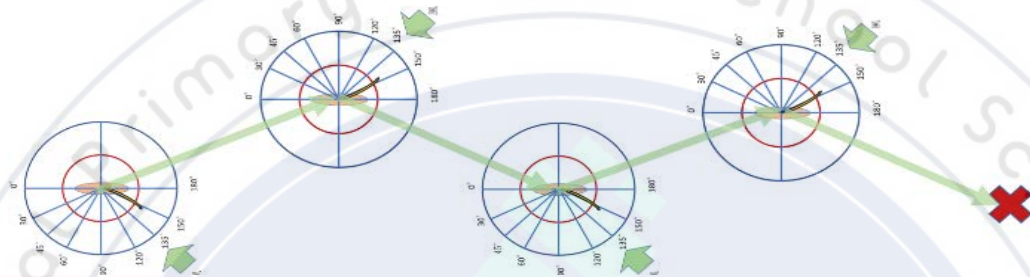
船身：高密度泡棉(地墊)
穩流：中央板
穩定船身：油土



風帆救生板的弧面風路徑較長，流速較快，壓力較小，產生了一股力量為合力，合力可分解成前進力和橫壓力，橫壓力會造成風帆救生板往側向前行，故需要中央板來穩定流體，其功用類似風帆救生板車的直進車輪。

三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。

航行方向與風關係的水中實作



不管右或左逆風，須秉持風吹角度 135° ，帆的角度 150° 可逆風前行。

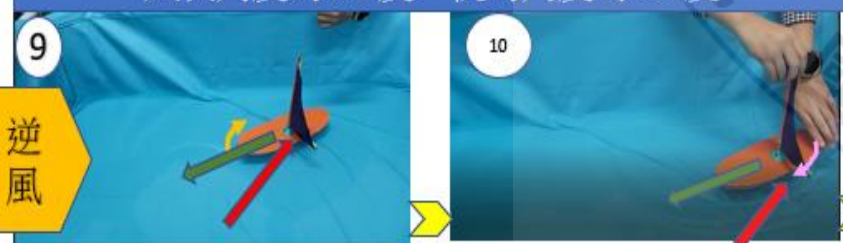
風吹角度為 30° ，帆的角度為 60°



當風吹角度不變時，風帆救生板持續往目的地前行



風吹角度為 135° ，帆的角度為 150°



風吹方向改變後，立刻調整帆，仍可保持前行。



●海上風向會隨時改變，所以在順風模擬風吹角度為 60° ，帆的角度為 90° 時，會快速往前移動。

●風向突轉逆風時，風吹角度為 135° ，立刻將帆的角度為 150° ，風帆救生板可繼續往前行，不至於偏離目的地太遠。

船前行方向改變

轉動帆面，形成風吹角度為 135° ，帆的角度為 150°

伍、結論

一、探討帆的構造與風向的關係，將帆與救生板結合。

縱帆能逆風行走，我們參考奧運會帆船比賽雷射型帆船製作出的風帆救生板車製作為比例3:2帆面時，成為可御風而行的風帆救生板車。

二、以自製風帆救生板車來探討順風與逆風等風向角度的關係。

順風行進快，風吹來的角度為 135° ，帆在 150° 時，風帆救生板車可以逆風而行。以流體模擬程式與煙餅吹出的風對照，發現康達效應和白努利定律於逆風時造成影響前行合力，讓風帆救生板車可逆風而行。

三、改造風帆救生板車，應用於水中行駛。

水中風帆救生板必須加入中央板進行穩流控制，若風向改為逆風時，必須調整帆的角度，讓水中風帆救生板可以前行。

陸、參考文獻

1. 逆風行駛帆船 - 科學Online - 國立臺灣大學
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=16748>
2. 帆船-維基百科
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B8%86%E8%88%B9>

3. 帆船活動競技與海氣象的關係
<http://www.comc.ncku.edu.tw/dapeng/Downloads>
其餘省略

以上是我們的報告，謝謝評審老師！