

# 中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 物理科

第三名

080119

「船」到橋頭自然直~探討水道船的船速變化

學校名稱：臺中市私立華盛頓國民小學

作者：  小六 曾鈺文 小五 李芝嫻 小五 宋沛璇 小五 陳品樺 小六 李承洋 小五 方紹聿	指導老師：  蕭宇青 李天佑
---	-------------------------

關鍵詞：岸壁效應、船速、船體設計

## 摘要

長 400 公尺，寬 59 公尺的長賜號(Ever Given)在寬 265 公尺的蘇伊士運河航行，因偏離軌道而擱淺 6 天，和岸壁效應有關嗎？在【力與運動】中，學到物體受外力時，運動狀態可能會發生改變。我們透過船速變化來分析螺旋槳的推進力與水的阻力。本研究設計一艘可以遠程遙控並調節 3 段速度的水道船。且在靜止無風的水面上，利用智慧光閘(smart gate)內建的雷射開關檢測器測量船速，以獲得精確數據。研究發現鈍圓船艏，在水道深度與船的吃水線比值大於 4；水道寬度與船的寬度比值大於 2.5 的情況下，船速不會受到影響。當船速增加，水的阻力也會跟著增加，船隻偏離軌道的情形越嚴重。建議進入狹窄水域的船隻減速航行，可以降低船的動量和慣性，更好操控，也能減少岸壁效應的發生。

## 壹、前言

### 一、研究動機：

2021 年 3 月 23 日長賜號在蘇伊士運河北航中意外擱淺的新聞引起了全球的關注。一週後，終於成功脫困。網上搜集資料發現強風、沙塵暴、船速、河道狹窄都是造成大船擱淺的因素。其中有專家提到「岸壁效應」。訪問已經退休的船長爺爺，他說：「岸壁效應只有大船才会有，如果河道越窄會越明顯。」所以我們好奇真的只有大船才會發生岸壁效應嗎？

### 二、研究目的：

#### (一)研究製造能直線前進的水道船

實驗 1-1 分析市售玩具船的直線前進距離

實驗 1-2 分析船艏形狀對直線前進距離的影響

實驗 1-3 分析不同船速對直線前進距離的影響

#### (二)探討水道環境對船速的影響

實驗 2-1：水道深度對船速的影響

實驗 2-2：水道寬度對船速的影響

#### (三)探討船體設計對船速影響

實驗 3-1：尖形船和方形船對船速的影響

實驗 3-2：重量分配對船速的影響

#### (四)探討不同轉速下船艏吃水線對船速的影響

實驗 4-1：在轉速 1 下，船艏吃水線對船速的影響

實驗 4-2：在轉速 2 下，船艏吃水線對船速的影響

實驗 4-3：在轉速 3 下，船艏吃水線對船速的影響

### 三、文獻回顧：

#### (一)岸壁效應

船舶偏離航道中心線而靠近航道一側岸壁時，會在船艏產生排斥力，而產生岸推現象；而在船身或船尾的部分，因為流速快速，壓力下降，造成吸引力，而產生岸吸現象。兩者加起來導致船舶觸碰岸壁，通稱為【岸壁效應】，如右圖所示。

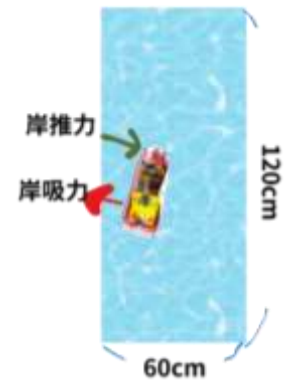


圖 1 岸壁效應

#### (二)淺水效應

淺水效應(Shallow water effect)是指當水深相對於波長很小的情況下，水波的傳播速度會受到水深的影響而變化。當水深減小，水波的傳播速度會減慢，反之則加速。這種效應在海岸線和河流等淺水區域非常顯著，尤其是在海嘯、颶風和暴雨等自然災害中，淺水效應會導致水位上升和海水進入內陸的區域擴大。同時，淺水效應也影響海洋和河流生態系統，以及水利工程的設計和運營等方面。

#### (三)水波阻力

水波會對船舶造成影響，這種影響通常被稱為水波阻力(Wave resistance)。當船舶航行在水面上時，會產生波浪，這些波浪會向船舶周圍傳播，並且產生壓力和阻力，影響船舶的運動和速度。船舶在行進中會撞擊到波峰和波谷，這會使船舶產生額外的阻力和震動，影響船舶的速度和穩定性。此外，波浪也會對船舶產生航向和姿態的影響，特別是在強風大浪的情況下，波浪會使船舶產生偏航和搖晃，進一步影響船舶的穩定性和安全性。為了減少水波阻力的影響，船舶的設計和造型通常會針對水波阻力進行優化，例如：改變船體形狀、安裝減震裝置等。此外，船舶在選擇航線和航速時也需要考慮波浪和海象等自然條件的影響，以確保船舶的運行安全和經濟性。

(四)當水道深度和寬度同時受到限制時，將同時發生淺水效應和岸壁效應，這兩種效應疊加，使岸壁效應和淺水效應更加嚴重，這種效應稱為**阻塞效應**。發生阻塞效應時，由於船舶排開的水流空間受到限制，使相對流速更為增大，則岸壁效應、船體下沉、船舶降速等現象更為劇烈。阻塞效應與船舶橫截面積和航道橫截面積之比有關，該比值越大，阻塞效應愈明顯。

## (五)歷屆科展作品

我們搜尋了歷屆全國科展的研究，找到了與船速相關的研究，整理如下：

屆數組別	作品名稱	作品相關內容	作品分析
第 45 屆	水中四腳獸-探討船體及槳與船速的關係	流線型的船形速度最快，槳的吃水量少，速度慢；槳與船體的夾角 45 度，速度快。	我們固定船形，注意螺旋槳的吃水深度與角度。
第 51 屆	無敵艦號—水中惡霸的剋星	提到馬達放置船底後方，航行速度最快，因為後方產生的波浪影響船隻較小，所產生的反作用力最不會被抵銷，所以推動船前進的力量最大。	我們將馬達設計在船底後方。
第 61 屆	逆水「停」舟，不進則測阻力	重心在前阻力較大；載重越重，阻力越大；寬的船阻力比較大。利用 micro:bit 套裝原件，Grove 的擴展版、四位數顯示器及紅外線感測器，及能測量距離 1cm 內的反光片距離感應器，測量通過一段距離下，所需要的時間。	要確認船體配重與船速的關係。因為反光片感應距離只有 1cm，最後找到 pasco 的智慧光閘加上水平儀雷射器，用來測量船速。
第 62 屆	展能環保風動力船	採用 18650 鋰電池提供風扇動力的風動船。以 Arduino 為撰寫基礎的 e32Daul 程式碼，輸入對應的電壓、電流方向，使馬達執行正轉及逆轉的效果，達到操作馬達運動的目標。	利用 5 年級學過的 micro:bit 控制馬達轉速的方法，來控制船速，達到遙控 3 段船速的目標。

## 貳、研究設備及器材

### 一、研究設備：

筆電、ipad、玻璃水槽(長:120cm、寬:60cm、深:30cm)、壓克力水槽:(長:110cm、寬:20cm、深:20cm)、智慧光閘(smart gate)、電子秤、轉速測試儀器、雷射裝置、BBC micro:bit Board RF52833 V2.21 開發版、4 號 2 節電池盒帶開關端子(micro:bit 專用)、MbitBot Lite 擴展版+ Circus L9110 馬達驅動模組。

1.玻璃水槽	2.智慧光閘(正面)	3.智慧光閘(反面)
		
4.壓克力水槽	5.轉速測試儀器	6.電子秤
		
7.micro:bit Board RF52833 V2.21 開發版+電池盒	8.MbitBot Lite 擴展版+ Circus L9110 馬達驅動模組	9.雷射裝置
		

## 二、研究器材：

游標卡尺、熱熔膠槍、小型扁圓形直流馬達（DC1.5-9V，3V 轉速 7800/分鐘，直徑 24mm，高度 12.2mm，軸徑 2mm）、LG 16850 鋰電池 2600mAh 平頭、泡棉板 3mm，奇異筆，美工刀(剪刀)，直尺，量角器、智高積木、砝碼 10g、鋁線(線徑 0.3cm)、體積 2.5cm\*2.5cm\*2.5cm 的木塊(10gw)、鋁塊(45gw)、鐵塊(120gw)、銅塊(130gw)、隨意貼貼土、雙腳釘。



圖 2-1 自製船隻支架

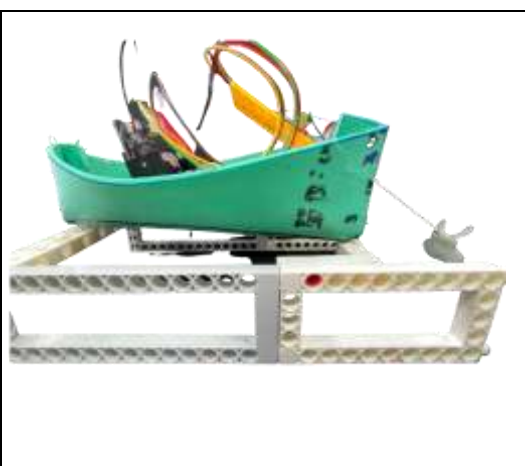


圖 2-2 自製尖形船(船長 20cm，寬 12cm)



圖 2-3 自製方形船(船長 20cm，寬 12cm)

實驗數據分析軟體

PASCO 智慧光閘 儀器加上行動裝置 sparkvue APP 可於平板上採集實驗數據



### 三、 實驗裝置設計：

從網路搜尋和實際測試後，發現 pasco 智慧光閘可以透過船體遮蔽雷射光的時間，來測量船速。為了能準確測量各種變因對水道船船速的影響。我們設計製作能遙控水道船的裝置，並且能調整 3 種不同的船速。

自製「micro:bit 泡棉船」固定船底形狀與船身長度的，以鐵片當作龍骨的「水道船」，讓船能順利走直線。並且訂出測量的標準實驗流程，讓測量更加精準。

#### (一)船體設計

鈍圓形水道船(吃水線：2cm；船底長：23cm；船底寬：12cm；船艙高：6cm；船艙高 7cm；螺旋槳：15cm；船重 260gw)

製作方法：

- 1.準備 0.3cm 厚泡棉板。
- 2.將設計好的船形剪下來。
- 3.利用雙腳釘固定。
- 4.安裝動力裝置，使用橡皮筋扣住船身。
- 5.安裝檢測旗(長 20cm，寬 5cm。)

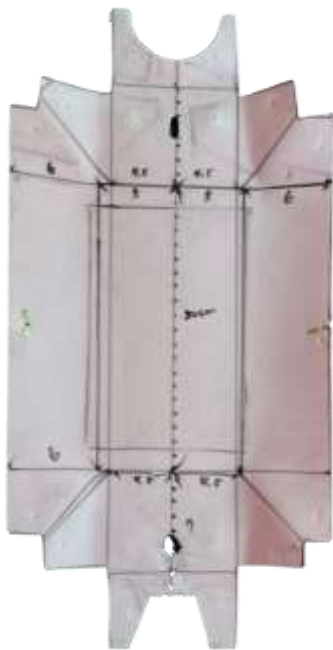


圖 3-1 鈍圓形船展開圖



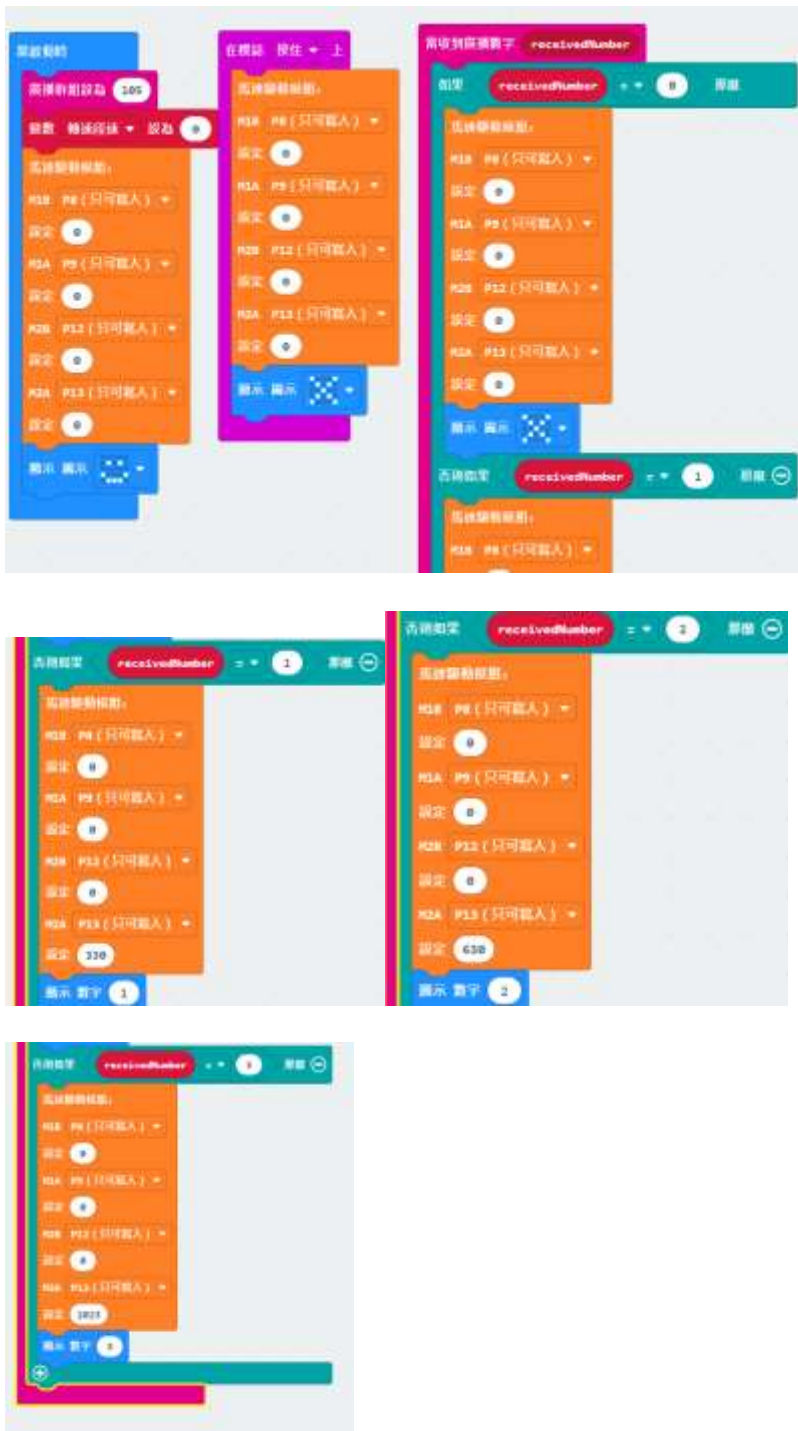
圖 3-2 鈍圓形船組裝圖



圖 3-3 鈍圓形船  
安裝動力裝置圖

(二)micro:bit 程式撰寫

1.micro:bit 擴展版接收端(B)



2.micro:bit 發射端(B)





### (三)「船速」標準檢測流程

1. 測量船體基本資料：測量檢測船體的尺寸和重量，將基本資料記錄在表格中。
2. 固定雷射儀與智慧光閘：將雷射儀與智慧光閘固定在水道兩側上，將船放入水槽中，雷射光必須打在 20cm 的船旗上。
3. 固定船的啟航位置：將船放置於水道上，固定船與後面槽壁的距離。
4. 按壓 micro:bit 開關：以固定船速對船施力，讓船能順利航行。
5. 量化檢測項目：測量「船隻航行效果」，我們分成「船速」與「航行軌跡」。
6. 當船身長度固定，透過船通過雷射光閘，遮蔽雷射光的時間，換算成船速。
7. 使用 sparkvue APP 可於平板上採集實驗數據。

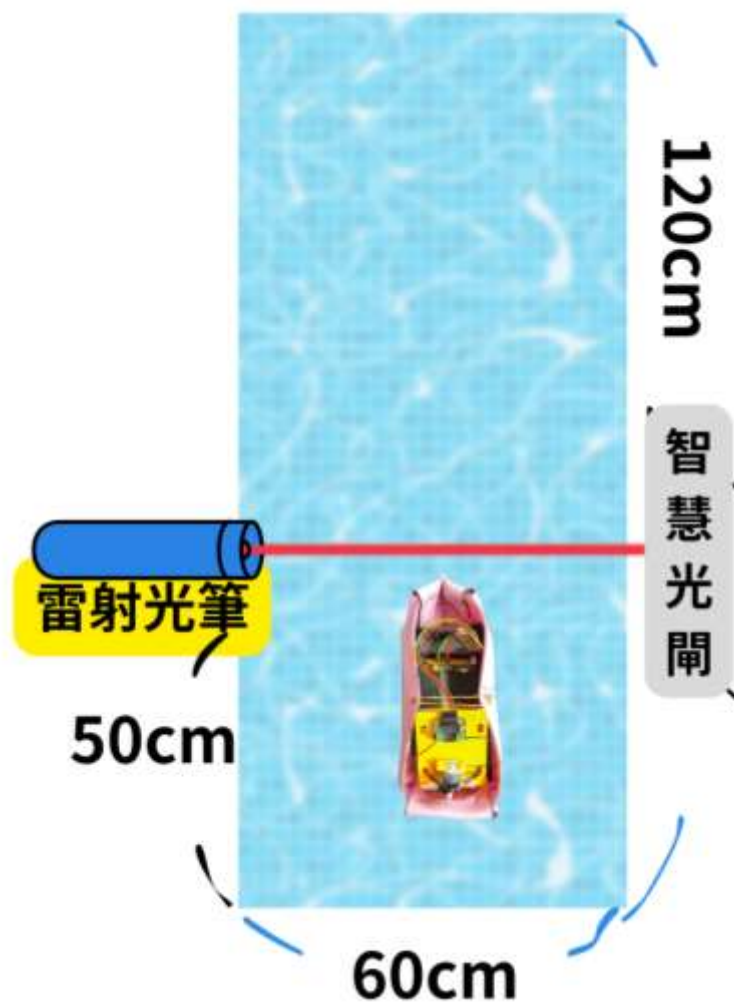
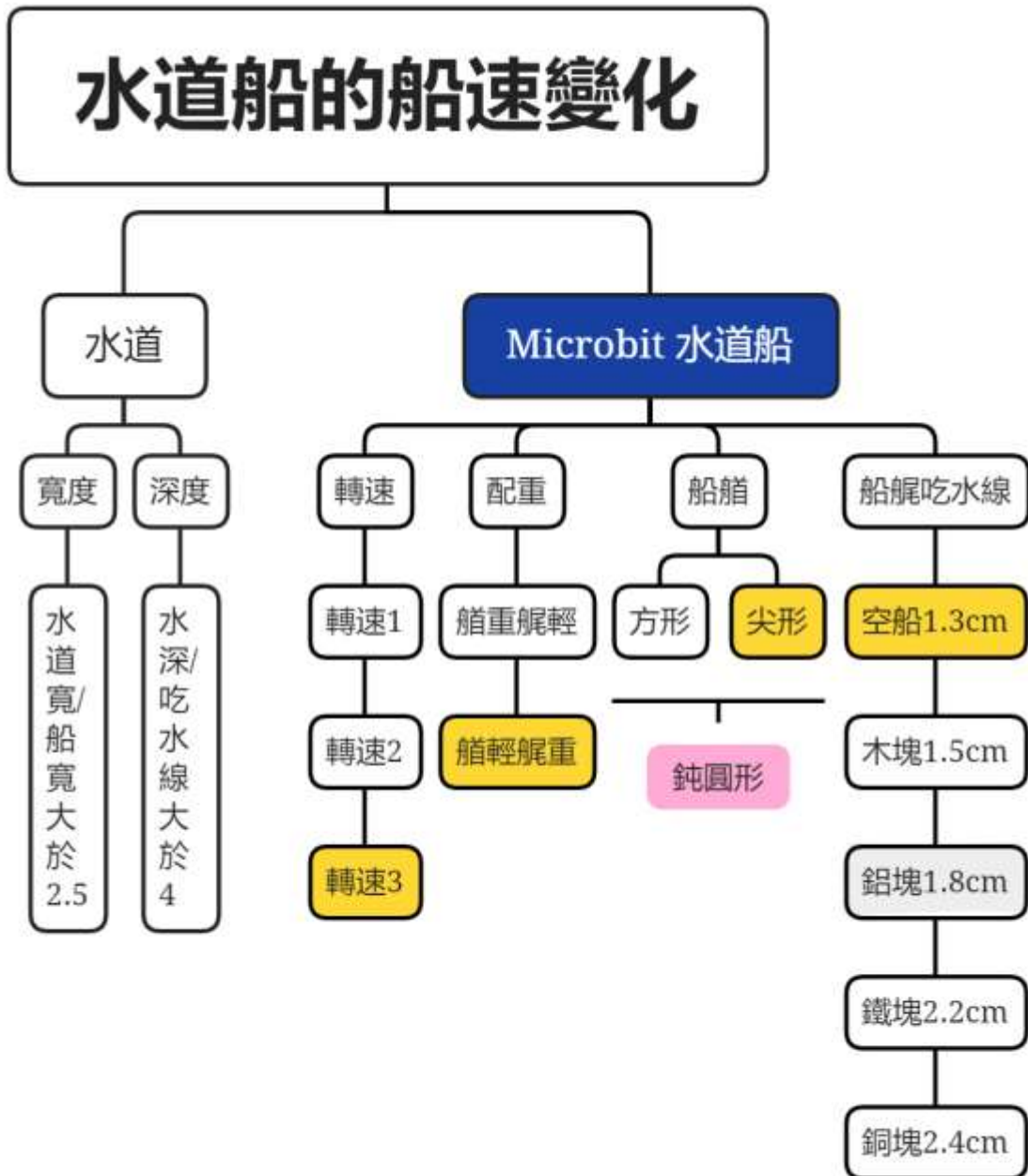


圖 3-4 測量船速裝置圖

## 參、研究過程與方法

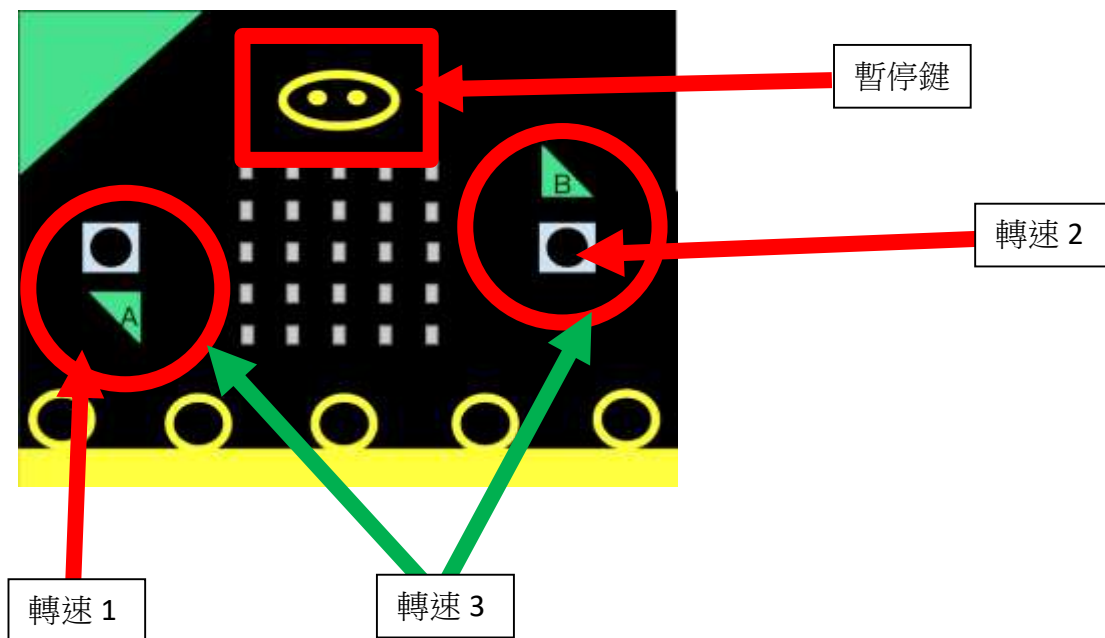
### 一、研究架構：



## 二、研究原理：

### (一)控制船的螺旋槳轉速方法：

按 micro:bit 的 A 是轉速 1，B 是轉速 2，A+B 是轉速 3，按上方的 micro:bit 標誌可暫停。  
轉速 1 的程式數值設定是 330；轉速 2 數值設定是 630；轉速 3 數值設定是 1023。



### (二)利用轉速計，測量空氣中螺旋槳的轉速

表 2-1 前測實驗表、轉速 1、轉速 2、轉速 3 的 rpm 平均值

轉速(rpm)	轉速 1	轉速 2	轉速 3
1	900	7102	9797
2	896	7112	9451
3	896	7324	9456
4	899	7501	9584
5	916	7289	9577
6	940	7289	9502
7	903	7343	9558
8	907	7386	9516
9	944	7316	9527
10	936	7522	9454
平均	913.7	7318.4	9542.2

註 1：轉速 1 代表 913.7rpm，轉速 2 代表 7318.4rpm，轉速 3 代表 9542.2rpm。

註 2：測的空氣中螺旋槳的轉速，轉速值越大，代表螺旋槳轉得越快。

### (三)測量船速的方法



三、名詞定義：

(一)轉速：馬達的轉動速度。

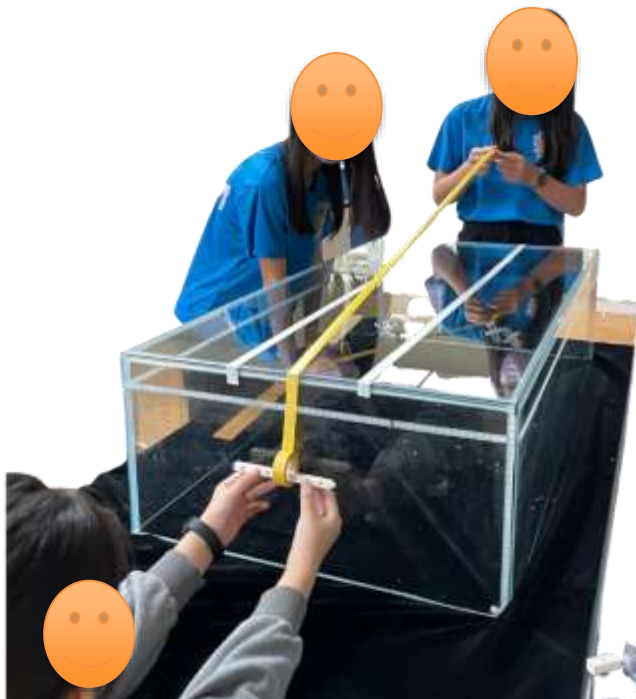
(二)船速：利用智慧光閘測出的船速 (cm/s)。

(三)吃水線(cm)：船在水中，自船體底部至液面的距離。

(四)碰壁點：船行駛時偏掉碰到牆壁的地方稱為碰壁點。

(五)航道設計如下表。

平板上的 SPARKvue app 獲得通過智慧光閘的船速。



圖三:在船底每隔 10cm 處貼上有刻度的紙膠帶。方便測量距離。

(六)配重設計使：用體積大小相同，密度不同的木塊與鋁塊，不同位置的配重，木塊 8gw，鋁塊 45gw。

## 肆、研究結果與討論

### 研究一、研究製造能直線航行的水道船

實驗 1-1：分析市售玩具船的直線前進距離

一、研究假設：船身越大越重，航行越穩定，直線前進距離越長。

二、研究方法：

- (一)將 3 種玩具船分別放入長 120cm 水槽。
- (二)調整船體位置在距離岸邊 10cm 位置，開船。
- (三)分別觀察測量船的直線前進距離 10 次，求平均。

三、 研究結果：

表 1-1:分析市售玩具船的直線前進距離			
船名	軌道船	發條氣墊船	4 通道遙控船
動力源	電池	發條彈簧	電池遙控
船艙	尖形上揚	鈍圓	尖形上揚
船長(cm)	9	20	20
船重(gw)	21.5	32.8	131.2
船體設計			
實驗描述	舵與船身成一直線， 可以直線前進，船速 最快。	舵槳與船身成一直 線，可以直線前進， 船速最弱。	槳與船身成一直線， 可以直線前進，船速 次之。
平均距離 (cm)	10.52	30.49	10.53
平均船速 (cm/s)	30.59	20.78	25.32

四、討論：

- (一)發條氣墊船的平均直線前進距離最遠，卻不是最重的船。
- (二)軌道船的船長只有 9cm，平均直線前進距離卻和遙控船一樣 10cm。
- (三)推測船速與船體配重是影響直線前進距離的關鍵。

實驗 1-2：分析船艏形狀對直線前進距離的影響

一、研究假設：鈍圓形船艏，直線前進距離越長。

二、研究方法：

(一)自製雙艏水道船，一端鈍圓形，一端方形。

(二)分別測量鈍圓形作為船艏與方形作為船艏的直線前進距離。

(三)測量船艏偏離主線 5cm 的位置 5 次，求平均。

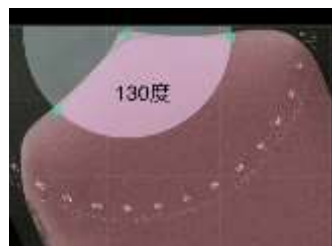


圖 4-1-2  
船艏角度。

三、研究結果：

表 1-2:分析不同船艏軌道船的直線前進距離		
船艏形狀	鈍圓形艏(130 度)	方形艏(180 度)
船艏照片		
1	80	50
2	80	80
3	80	70
4	80	60
5	80	60
平均距離 (cm)	80	64

四、討論：

(一)鈍圓型船艏，直線前進距離 80cm 比方型船艏直線前進距離 64cm 長。

(二)船速大是否能穿透水的阻力，讓船走直線距離長一點呢？

實驗 1-3-1：鈍圓形船艏在不同船速下，直線前進距離

一、研究假設:船速越快，直線前進距離越長。

二、研究方法：

(一)將鈍圓形船艏水道船放入水槽，按 micro:bit 的 A 鍵是轉速 1，B 鍵是轉速 2，A+B 鍵是轉速 3，按 micro:bit 的標誌是暫停。

(二)分別調整 3 段不同轉速，開船。

(三)觀察測量船的直線前進距離 5 次，求平均直線前進距離。

(四)使用智慧光閘+SPARKvue- app 測量 5 次船速，求平均船速。



圖 4-1-3-1  
鈍圓形船艏裝置圖。

三、研究結果：

船速(cm/s) 偏移位置 (cm)	9.39(cm/s)	19.21(cm/s)	26.64(cm/s)
1	80	80	80
2	80	80	80
3	80	80	80
4	80	80	80
5	80	80	80
平均	80	80	80

四、討論:

1. 鈍圓形船艏行駛穩定，3 段不同轉速，都能維持直線前進。
2. 方形船艏也會得到相同結果嗎?

實驗 1-3-2：方形船艏在不同船速下，直線前進距離

一、研究假設:船速越快，直線前進距離越長。

二、研究方法：

(一)將方形船艏水道船放入水槽，按 micro:bit 的 A 鍵是轉速 1，B 鍵是轉速 2，A+B 鍵是轉速 3，按 micro:bit 的標誌是暫停。

(二)分別調整 3 段不同轉速，開船。

(三)觀察測量船的直線前進距離 5 次，求平均直線前進距離。

(四)使用智慧光閘+SPARKvue- app 測量 5 次船速，求平均。



圖 4-1-3-2 方形船艏裝置圖。

三、研究結果：

船速(cm/s) 偏移位置 (cm)	9.67(cm/s)	16.50(cm/s)	22.97(cm/s)
1	50	40	30
2	80	50	50
3	70	50	40
4	60	40	30
5	60	50	20
平均	64	46	34

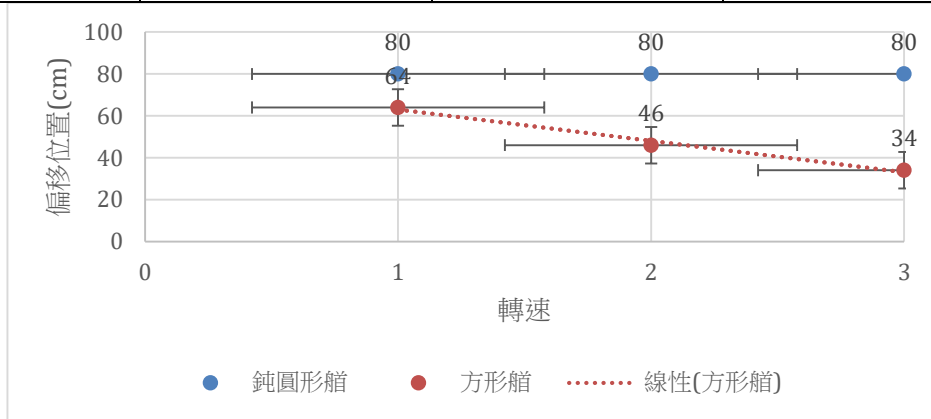


圖 4-1-3 鈍圓形船艏與方形船艏偏移位製分析圖

四、討論：

1. 從圖 1-3 發現，方形艏的螺旋槳轉速越快，船隻越容易偏離。鈍圓形船艏遇水阻力較小，所以能維持直線前進。鈍圓形艏在 3 個不同轉速下，都能維持 80cm 不偏離航道。
2. 如果未來在更長的水道環境下，鈍圓形艏是否也能維持直線前進，不偏離航道呢？



## 研究二、探討水道設計對船速的影響

實驗 2-1：在寬 20cm 水道下，不同深度對船速的影響

一、研究假設：水道越深，船速越快。

二、研究方法：

(一)在水道寬 20cm 下，中央航道中，分別將船放入水深 6、7、8、9、10cm 的水道下。

(二)在距離船 50cm 處放置智慧光電閘。

(三)確定船隻靜止時，開啟轉速 1。

(四)使用 SPARKvue- app 測量 5 次，求平均船速。

三、研究結果：

實驗次數	水深 6cm	水深 7cm	水深 8cm	水深 9cm	水深 10cm
1	7.64	8.63	8.12	8.25	8.14
2	7.30	7.96	8.35	8.76	8.10
3	7.02	8.15	8.30	8.05	8.54
4	7.85	7.57	8.42	8.21	8.30
5	6.87	8.57	8.29	8.30	8.39
平均船速 (cm/s)	7.34	8.18	8.30	8.31	8.29

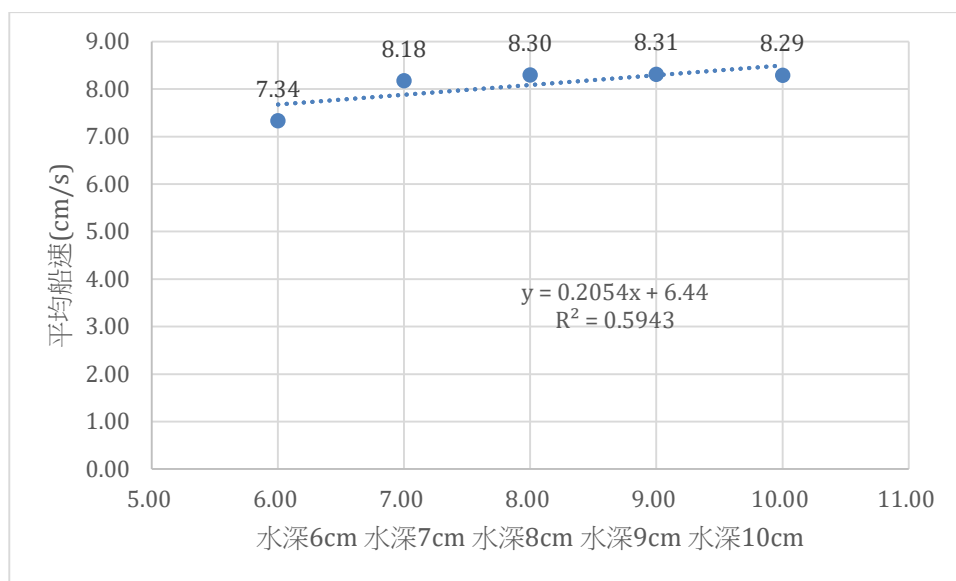


圖 4-2-1 水道深度對船速影響

四、討論：

(一)水道越淺速度越慢，水道深度超過 8cm，船速沒有顯著差異。

(二)水深 6cm 時，船速最慢，因為螺旋槳距離底部太近，因為摩擦力因素，造成船速減弱。

(三)為了減少水道深度對自製水道船航行的影響，水深建議超過 8cm。

實驗 2-2：水深 8cm 下，不同水道寬度對船速的影響

一、研究假設：水道越寬，船速越快。

二、研究方法：

(一)在水深 8cm 下，分別將船放入水道寬 20、30、40、50、60cm 的中央航道中。

(二)在距離船 50cm 處放置智慧光電閘。

(三)確定船隻靜止，開啟轉速 1。

(四)使用 SPARKvue- app 加上智慧光閘測量 5 次，求平均船速。

三、研究結果：

表 2-2-1、在轉速 1，不同水道寬度的船速變化					
實驗次數	水道寬 20cm	水道寬 30cm	水道寬 40cm	水道寬 50cm	水道寬 60cm
1	8.89	10.59	10.46	10.22	10.96
2	9.49	11.23	10.08	10.98	10.74
3	9.61	10.54	9.98	10.52	10.43
4	9.28	10.56	9.88	10.73	10.42
5	9.85	11.33	10.30	10.98	10.02
平均船速 (cm/s)	9.42	10.85	10.14	10.69	10.51

表 2-2-2、在轉速 2，不同水道寬度的船速變化					
實驗次數	水道寬 20cm	水道寬 30cm	水道寬 40cm	水道寬 50cm	水道寬 60cm
1	18.65	21.43	21.80	23.86	22.84
2	18.23	23.61	21.91	23.00	23.33
3	18.33	21.90	20.75	22.97	26.19
4	17.27	24.04	22.46	21.98	23.11
5	17.44	24.50	22.46	22.82	21.82
平均船速 (cm/s)	17.98	23.10	21.88	22.93	23.46

表 2-2-2、在轉速 3，不同水道寬度的船速變化					
實驗次數	水道寬 20cm	水道寬 30cm	水道寬 40cm	水道寬 50cm	水道寬 60cm
1	24.52	29.61	29.52	32.43	30.38
2	23.75	29.20	28.55	30.17	30.59
3	23.95	30.69	29.76	28.78	31.41
4	25.67	30.70	30.52	27.97	30.35
5	22.65	31.20	28.73	30.08	29.35
平均船速 (cm/s)	24.11	30.28	29.42	29.89	30.42

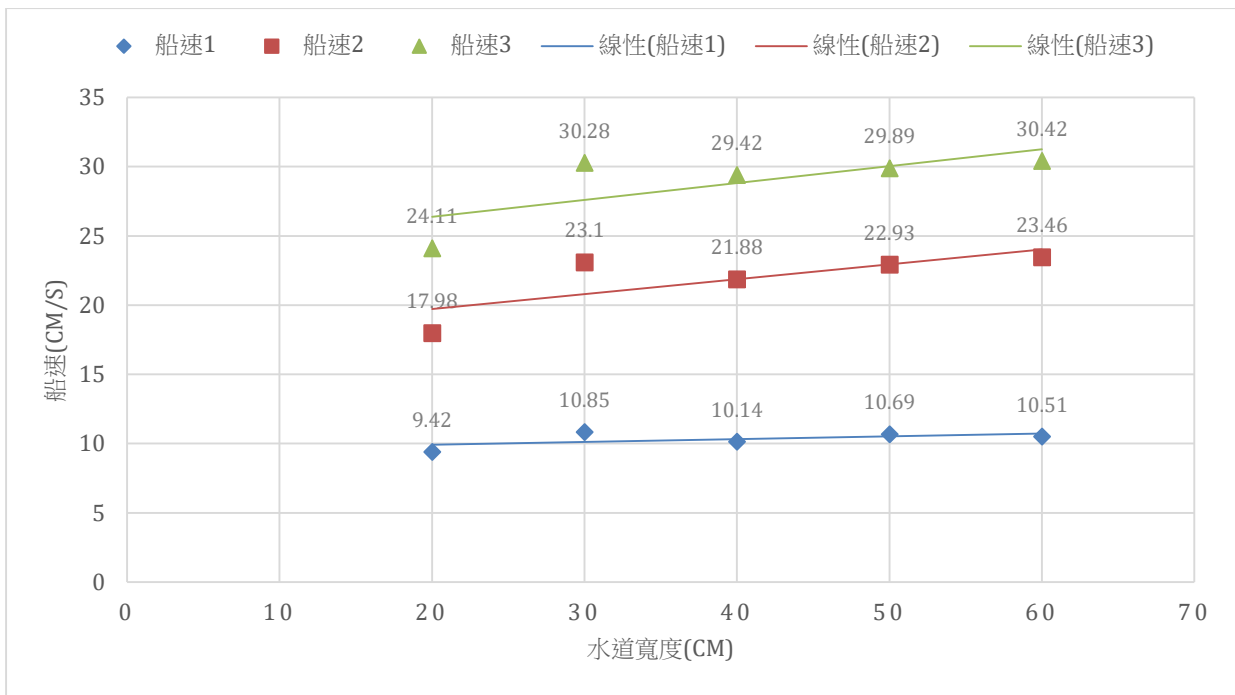


圖 4-2-2，在不同轉速下，水道寬度對船速的影響

四、討論：

(一)水道 20cm，船速最慢，水道寬度超過 30cm，船速沒有顯著差異。

(二)水道寬度 20cm，轉速 1 的平均船速是 9.42cm/s，轉速 2 的平均船速是 17.98cm/s，轉速 3 的平均船速是 24.11cm/s。

(三)船底寬度 12cm，水道寬 30cm；當水道寬與船底寬的比值大於 2.5 時，不會影響船速。

(四)水道太窄會影響船速變化。

### 研究三、探討船體設計對船速的影響

#### 實驗 3-1：尖形船和方形船對船速的影響

一、研究假設：船艏越方，船速越慢。

二、研究方法：(一)水道寬 60cm，水深 8cm，螺旋槳轉速 1。

(二)設計船最大寬度均為 12cm，船長 20cm，船重(含馬達及電池)260gw 的尖形船與方形船。

(三)使用 SPARKvue- app 加上智慧光閘測量 5 次，求平均船速。

三、研究結果：

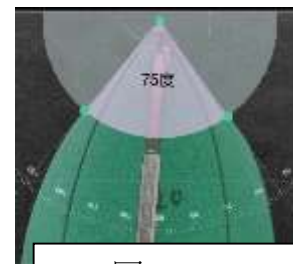


圖 4-3-1  
尖形船艏角度。

表 3-1、尖形船和方形船對船速的影響

船名	尖形船(75 度)	方形船(180 度)
船型設計		
1	12.26	9.77
2	12.21	9.76
3	12.58	9.89
4	12.54	9.88
5	12.55	9.74
平均船速(cm/s)	12.43	9.81

四、討論：

(一)尖形船的船速比方形船的船速快。

(二)尖型船艏的船隻角度小於 90 度。

實驗 3-2：探討重量分配對船速的影響

一、研究假設：船艙配重大於船艙，船隻的速度越快。



二、研究方法：

(一)把尖形船與方形船分別放在長 120cm、寬度 60cm、水深 8cm 的水道，螺旋槳轉速 1。

(二)觀察它的行徑路線。

(三)使用智慧光閘搭配 SPARKvue- app 測量船的速度 5 次，求平均船速。

三、研究結果：

船名	尖形船(75 度)		方形船(180 度)	
船底設計				
船體配重	艙木 艙鋁	艙鋁 艙木	艙木 艙鋁	艙鋁 艙木
1	15.24	8.13	9.32	8.92
2	14.06	12.11	9.39	8.83
3	14.56	10.60	9.41	8.48
4	14.41	10.37	9.26	8.56
5	15.28	9.74	9.38	8.52
平均船速(cm/s)	14.71	10.19	9.35	8.66

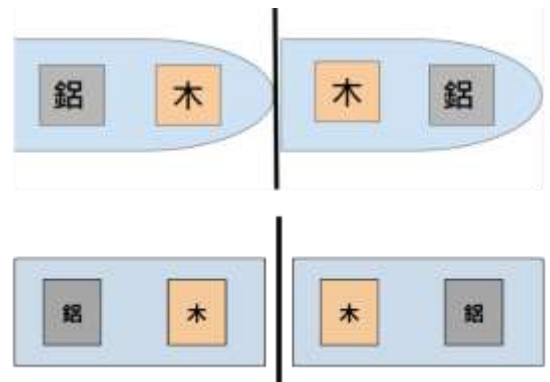


圖 4-3-2  
尖形船與方形船配重圖。

四、討論：

- 1.尖形船和方型船均是船艙配重大於船艙配重的水道船，船速較快。
- 2.船艙配重大於船艙配重，船速最慢。
- 3.方型船的船速差異較不明顯。
- 4.船體配重會影響吃水線，是船艙吃水線影響船速嗎？

#### 研究四、探討船艙吃水線對船速的影響

實驗 4-1：在轉速 1 下，船艙吃水線對船速的影響

一、研究假設：船艙吃水線越大，船隻的速度越快。

二、研究方法：

(一)把船放在長 120cm、寬度 60cm、水深 8cm 的水道，螺旋槳轉速 1。分別測試空船及船艙放置木塊、鋁塊、鐵塊、銅塊，在轉速 3 產生的船速。

(二)使用智慧光閘搭配 SPARKvue- app 測量船的速度 5 次，求平均船速。

三、研究結果：

船艙放置	空船	木塊	鋁塊	鐵塊	銅塊
船艙吃水線(cm)	1.3	1.5	1.8	2.2	2.4
1	9.80	8.60	9.79	7.44	6.90
2	9.19	9.02	10.69	6.98	6.72
3	9.44	8.69	9.65	7.26	6.81
4	9.61	8.95	10.85	7.40	6.94
5	9.37	8.82	10.46	6.39	6.68
平均船速(cm/s)	9.48	8.82	10.29	7.09	6.81

實驗 4-2：在轉速 2 下，船艙吃水線對船速的影響

一、研究假設：船艙吃水線越大，船隻的速度越慢。

二、研究方法：

(一)把船放在長 120cm、寬度 60cm、水深 8cm 的水道，螺旋槳轉速 2。分別測試空船及船艙放置木塊、鋁塊、鐵塊、銅塊，在轉速 3 產生的船速。

(二)使用智慧光閘搭配 SPARKvue- app 測量船的速度 5 次，求平均船速。

三、研究結果：

船艙放置	空船	木塊	鋁塊	鐵塊	銅塊
船艙吃水線(cm)	1.3cm	1.5cm	1.8cm	2.2cm	2.4cm
1	20.37	19.69	17.82	14.36	13.49
2	20.04	19.73	16.31	15.62	14.01
3	19.28	19.35	17.46	14.61	14.11
4	20.28	19.21	19.21	15.24	14.86
5	20.65	19.42	17.77	16.16	13.74
平均船速(cm/s)	20.12	19.48	17.71	15.20	14.04

實驗 4-3：在轉速 3 下，船艙吃水線對船速的影響

一、研究假設：船艙吃水線越大，船隻的速度越慢。

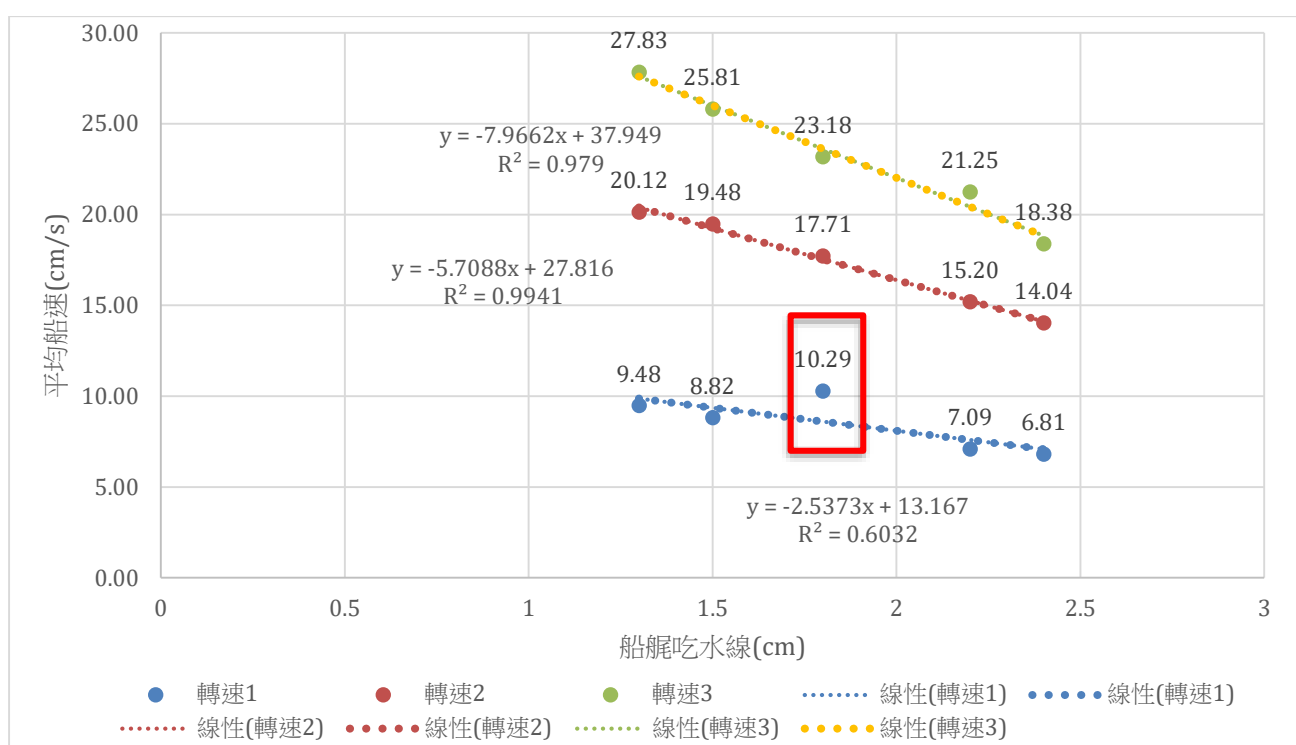
二、研究方法：

(一)把船放在長 120cm、寬度 60cm、水深 8cm 的水道，螺旋槳轉速 3。分別測試空船及船艙放置木塊、鋁塊、鐵塊、銅塊，在轉速 3 產生的船速。

(二)使用智慧光閘搭配 SPARKvue- app 測量船的速度 5 次，求平均船速。

三、研究結果：

船艙放置	空船	木塊	鋁塊	鐵塊	銅塊
船艙吃水線(cm)	1.3cm	1.5cm	1.8cm	2.2cm	2.4cm
1	28.18	27.21	24.01	21.18	17.49
2	28.27	24.82	22.82	21.27	18.78
3	27.34	25.08	23.20	21.58	18.90
4	27.96	24.77	23.00	21.18	20.35
5	27.42	27.16	22.87	21.04	16.40
平均船速(cm/s)	27.83	25.81	23.18	21.25	18.38



四、討論：

圖 4-4-3-1 船艙吃水線對船速的影響

1.從轉速 1 到轉速 3 的趨勢線看來，船艙吃水線越深，船速越慢。

2.特別的是在轉速 1 的情況下，船艙吃水線 1.8cm，船速 10.29(cm/s)卻是最快。

## 伍、討論

一、根據文獻探討與歷屆科展研究報告發現，關於船體設計的資料十分稀少，我們一開始先使用市售的軌道船進行實驗，卻發現軌道船一放入水中，螺旋槳就開始運轉，造成測速結果十分不穩定。接著，使用市售發條氣墊船，發現它航行十分穩定，可以走直線，也觀察到船於水面行進時，除了水面上的船體構造會引起空氣風阻外，水面下的船型也會有摩擦阻力的產生，船側水面的波浪也會有興波阻力，螺旋槳運轉還會產生波，影響船速



圖 5-1  
發條氣墊船測試圖。

變化。因此，購買市售遙控船進行船速實驗，卻發現它無法控制船速而且不能改造船體的設計。所以決定利用 5 年級學習過的 `micro:bit` 程式，控制螺旋槳的轉速。螺旋槳是船體推進裝置的一種，它通過旋轉產生推力，推動船體前進。螺旋槳的旋轉方向和推力方向有關，如果螺旋槳的旋轉方向和船體的航向相同，那麼推力方向就是船體的前進方向，船只會直線航行，不會打轉。但是如果螺旋槳的旋轉方向和船體的航向不同，那麼推力方向就會產生橫向分量，這會導致船體偏轉，甚至打轉，進行圓周運動。因此，在操作船只時需要注意螺旋槳的旋轉方向和航向的關係，以保證船隻能夠穩定航行。因為本實驗的螺旋槳是順時針旋轉，所以，船隻行駛距離拉長會向右側偏。

二、關於船體的設計，我們從油土、木板、保麗龍板、塑膠瓦楞板，珍珠板，一直到泡棉板的設計，才算滿意。會想到泡棉版是因為，查閱船體設計的文獻中，看到波特船的設計，發現一體成形，又不用擔心重量太重，浮力太小的問題。在船體設計上遇到最大的困難，是船無法走直線，上網收集資料，發現許多造船者都面臨相同的問題，船很容易偏轉，發現龍骨十分重要，所以我們在船底用鐵片作為龍骨，發現大大的改善船無法走直線的問題。另外一個發現，當船越接近長條型，越能走直線。

三、研究一，研究製造能直線航行的水道船，實驗前，我們以為船到橋頭自然直，讓船直線前進是一件很容易的事，透過實驗 1-1 分析市售玩具船的直線前進距離時發現，發條氣墊船的平均直線前進距離最遠，卻不是最重的船。而只有 9cm 長的市售軌道船，平均直線前進距離卻和船長 20cm 的遙控船一樣只有 10cm。當時推測船艏形狀會影響船隻直線航行的距離，因為發條氣墊船船艏形狀接近鈍圓，所以，直線前進距離較長。另一個觀察發現船體配重可能是影響直線前進距離的關鍵，因為發條氣墊船的船中央較重，兩端氣墊較輕。所以，船體配重設計會固定在船底中央，也是船的龍骨線上。



二、在實驗 1-2 分析船艏形狀對直線前進距離的影響，為了研究船艏形狀對船走直線距離的影響，我們自製一艘雙艏型的水道船，一端是鈍圓型，一端是方形。當進行鈍圓型船艏實驗時，就將螺旋槳移到後端；進行方型船艏實驗時，就將螺旋槳移到另一端。發現原鈍圓形艏的船，直線前進平均距離 80cm，方型船艏阻力太大，造成直線前進距離只有 64cm。如果船速快一點，是否能與水波阻力對抗呢？

三、在實驗 1-3 分析不同船速對直線前進距離的影響，發現方形船艏，船速越快，越無法維持船隻穩定前行。而鈍圓形船艏，不同轉速下，都能穩定直線前進，也可能是壽險水道長度，未來水道加長或許能看到船速變化對鈍圓型船艏直線前進距離的影響。我們觀察到馬達轉速



圖 5-2  
60cm 水道測速圖。

增加 8 倍，船速增加 2.3 倍；馬達轉速增加 10 倍，船速增加 2.8 倍。也就是船速提升受限於馬達轉速，而馬達轉速，無法無限制的提升。

四、研究二，探討水道環境對船速的影響，為了瞭解水道環境對自製水道船的船速影響，所以，在實驗 2-1，設計不同水道深度，觀察水道深度對船速的影響，發現水道越淺，船速越慢，如果水道深度超過 8cm，船速將沒有顯著差異。水深 6cm 時，船速最慢，因為船艏吃水線 2.4cm，當螺旋槳距離底部太近，因為摩擦力因素，造成船速減弱。為了減少水道深度對自製水道船航行的影響，所以，接下來的實驗水深必須超過 8cm。



圖 5-3  
20cm 水道測試圖。

五、在實驗 2-2 中水道寬度對船速的影響，發現水道越窄，船速越慢，船底寬度 12cm，水道寬 30cm；當水道寬與船底寬的比值大於 2.5 時，不會影響船速。

六、研究三、探討船體設計對船速影響，實驗 3-1 比較尖形船與方形船相同船重下，觀察船速變化，結果尖形船比方形船快。





七、在實驗 3-2 船體配重對船速的影響，發現無論是尖形船或方形船，兩者艏重艉輕的船速都較慢，而尖形船的船速差異又比方形船的差異顯著。因為力看不見，所以透過船的運動狀態改變，也就是船速變化推測船的受力情形。當船艉的螺旋槳在船艉加重的情況

下，吃水較深，船速越快；船艚較輕，船底與水的接觸面積減少，船速較快。

八、在測量船速及船隻吃水線的過程中，發現當浮體浮力=物重，也就是公式  $B=V'D_{液}$ ， $B_{浮}=W$ ；我們可以透過已經知道的船底面積，算出船的吃水線。也就是船重等於底面積×吃水線×水的密度  $\rho$ ；公式： $W=A \times h \times D_{水}$ ； $A$ (底面積)、 $h$ (吃水線)，例如：方型船底面積 =  $180\text{cm}^3$ ；船重(含馬達、電池)= $260\text{gw}$ ；平均吃水線= $1.4\text{cm}$ 。當船體越重，吃水線就越大。

九、研究四中，從轉速 1 到轉速 3 的趨勢線看來，船艚吃水線越深，船速越慢。但是，在轉速 1 的情況下，船艚吃水線  $1.8\text{cm}$ ，船速  $10.29(\text{cm/s})$ ，不是最短的吃水線卻是船速最快。推測船艚吃水線  $1.8\text{cm}$  是有效吃水線，因為配重問題，造成重心轉移，影響到船速。當螺旋槳轉速很快時，對船艚產生下壓力，讓螺旋槳有效吃水，所以對船速影響不大。而轉速 1 的船速慢，當吃水線太小，造成螺旋槳無法有效吃水，所以造成空船比載了鉛塊的船還要慢。

十、本研究中為了控制船的重量都在  $100$  公克，所以利用貼土或油土，讓船的重量一致。

名稱	馬達+電池	方形船	尖形船	鈍圓形船
測重照片				
重量(gw)	160	100	100	100

十一、因為團隊中隊員 A 想研究【船】，隊員 C 想研究【橋】，所以取名【船到橋頭自然直】！研究發現，當船隻在水中移動時，水會對其施加阻力。當船隻靠近橋頭時，水對船隻的阻力會導致船隻朝著水流的方向運動，也就是自然直。此外，船隻的設計也起著關鍵作用。船隻的船體形狀和船底的凸起使得水流在船身周圍流動時，會產生一種推力，將船隻推向正前方。這種推力有助於船隻在水中保持直行，使其更容易靠近橋頭。總結來說，船到橋頭自然直是由於水對船隻的阻力和船隻的設計特性所致。這使得船隻在靠近橋頭時，其運動趨向於船頭指向水流的方向，形成自然直的現象。

## 陸、結論

綜合文獻探討和實驗結果:

### 一、研究製造能直線前進的水道船

要讓一艘螺旋槳的船走直線，要調整船的重心位置維持在船的龍骨位置。

(一) 長條形船身，船艏和船艉之間的距離較長，能夠減少搖晃和偏移，有利於船艏保持直線航行。鈍圓形船艏，可以減少水的阻力讓船維持直線距離較長。

(二) 船速越快，對於方型船艏的直線前進距離越不利。

### 二、探討水道環境對船速的影響

(一) 水道越淺速度越慢，水道深度超過 8cm，船速沒有顯著差異。水道深度和船吃水線的比例越大，越不會影響船速，以下是一些比例的建議，當水道深度(8cm)和船的吃水線(2cm)比值大於 4，能夠讓船速維持穩定行駛。

(二) 水道寬度和船的寬度的比例越大，船艏保持直線航行的難度就越小，以下是一些比例的建議：水道寬度與船寬的比值在 2.5 以上，能夠讓船艏保持直線航行的能力最強，能夠讓船速維持穩定行駛。

### 三、探討船體設計對船速影響

(一) 尖型船艏，與水的接觸面積較小，能夠減少水流的阻力，提高船速。

(二) 船體配重對船速的影響有顯著差異，船艉重，船艏輕的船速最快；船艉輕船艏重船速最慢。

### 四、探討不同轉速下船艉吃水線對船速的影響

(一) 從轉速 1 到轉速 3 的趨勢線看來，船艉吃水線越深，船速越慢。

(二) 配重對船速影響很大，從轉速 1 的實驗分析可以發現，並不是船越重，船速越慢，配重也會是影響船隻運行的關鍵。

五、建議船隻入港時，應該降低速度。根據本研究發現，在狹窄水道中，船速越大，船身越容易偏離航道，如果減速行駛，可以修正偏離航道的角度。船隻進入狹窄水域，盡量走中央航道，避免發生岸壁效應。

六、研究一段時間發現壓克力水槽，中段會向外突出，產生變形的結果，推測是因為進行船速實驗時，產生的水體壓力造成擴張變形，解決方法，不測量船速時，應將水清空，或是在中央上方增加枝條固定，防止變形。另一個方法是採用玻璃水槽，解決水道變形的問題。

七、船靠近岸壁或橋樑時，水流受到限制，形成特殊水流模式。局部水流流綫使水流沿著岸壁或橋墩流動，影響船隻。船身與岸壁或橋墩的交互作用會使船受到水流的推力或阻力，影響運動方向。通常情況下，岸壁效應使船轉向岸壁或與橋墩平行。具體影響取決於多個因素，如水流速度、岸壁或橋墩形狀和距離。在不同條件下，岸壁效應可能有所不同。

八、長 400 公尺，寬 59 公尺的長賜號(Ever Given)載著 20 萬噸的貨櫃，在寬 265 公尺的蘇伊士運河擱淺 6 天，和岸壁效應有關嗎？運河寬度與長賜號的寬度比值是 4.49，比我們實驗的建議比值 2.5 還大。所以，我們認為船速是主要因素，如果船隻航行速度慢一點，或許可以減少因為偏離航道而造成岸壁效應的風險。

九、龐大的船在海上航行，行進路線有如蝴蝶效應，有許多不易掌控的變因，若未來能利用 AI 人工智慧即時性處理，搭配機器深度學習，有朝一日將是航海時代的新里程碑。學好物理，會寫程式，預測船隻航行路徑會是一件重要的事。

## 柒、參考資料及其他

1. 林奕安、張維軒等，47 屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，宜蘭縣立國華國民中學，是誰讓我心“帆”—魔法船。
1. 吳鈺嫻、王彥筑等，45 屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，雲林縣口湖鄉下崙國民小學，水中四腳獸-探討船體及槳與船速的關係。
2. 吳泓恩、黃宥程等，62 屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，臺中市大雅區上楓國民小學，展能環保風動力船。
3. 徐鼎昀、林賢進等，43 屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，台北市大安區大安國民小學，我把呆呆船變聰明了。
4. 曾于縈、馮亭潔等，53 屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，新北市三重區集美國民小學，衝衝衝—橡皮筋動力螺旋槳船。
5. 鄭敬軒、張宸華等，61 屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，桃園市桃園區建國國民小學，逆水「停」舟，不進則測阻力。
6. 2019-06-27 劈波斬浪：船艙類型面面觀，中國國防報。  
<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2019/0627/c1011-31198321.html>
7. 大型船舶淺水航行安全研究，2022-03-04 牙政謀，中國水運  
<https://m.fx361.com/news/2022/0304/10109205.html>
8. 神奇的浮心原理居然能讓船浮起來！ - 船【超異想進化論】\_\_EP01  
<https://www.youtube.com/watch?v=tPTXiW0hmX8&t=332s>
9. 王勇，中國船東互保協會資訊平台【技術解析】受限水域安全航行要素分析 2021-04-22 09:33 <https://www.xindemarinenews.com/data/hanghaijishu/28856.html>
10. 2021/3/28 李船長筆記，造成巨輪擱淺蘇伊士運河的原因是岸壁效應？淺談長榮海運租用的長賜輪事故 <https://www.youtube.com/watch?v=ISTI80qoMPc>
11. 2021/3/29 李船長筆記，蘇伊士運河暢通在望！長賜輪脫困完成第一季！再談擱淺事故原因 <https://www.youtube.com/watch?v=1hIgG8Cdob0>

## 捌、心得感想

### A組員:

決定研究主題是【船】時，十分興奮，因為爺爺是退休老船長，觀察漁船發現，船身都是前窄後寬的設計。後來發現，前後一樣寬的方形船較為穩定，比較不會受到波浪影響。就能理解長賜號的設計為何類似長方形。剛開始看到長賜號擱淺的新聞時，我心裡想著船長是不是睡著了?實驗後才知道，原來船要行走直線是一件很艱難的事情。

### B組員:

一開始我們光是造船就遇到了問題，因為我們要顧慮到船的材質、船形及如何控制它等等。而且上網查了歷屆科展作品對船的研究並沒有很多，所以我們得自己研發造船的方法及技巧。再來，做實驗也是一個難關。做實驗前要考慮到水面有沒有平穩，還有水深及水道的寬度等等。總之「船到橋頭自然直」嘛!我真的學到了很多技術，這些努力都是值得的!

### C組員:

起初對我對船沒什麼概念，因為我想研究的是【橋】。但是，當大家選擇用船來做實驗後，意外發現船有很多奧秘、很有趣。尤其，利用熱塑水晶改裝船艏形狀時，非常好玩。我學會了如何用儀器測出螺旋槳的 rpm 值，也學會如何做出一艘船。做實驗最有成就感的是撰寫控制螺旋槳馬達的轉速程式，因為和隊友在設計程式時，一直不斷地修改，完成程式和作品說明書的時候，十分開心。

### D組員:

水道船研究相當有趣，以為外觀相同的馬達轉速都是相同的，沒想到經過轉速計測試後，不同公司出產的馬達，轉速也是有明顯的不同，所以我們使用轉速計來測試轉速，在 3 段轉速的設定下，才能對船速變化產生明顯差異。在轉速 1 下，船顯得比較緩慢。在轉速 2 下船速顯得適中。在轉速 3 下，船比較快，船容易偏離軌道。透過智慧光閘和 SPARK-vue 軟體，讓實驗變得更輕鬆更準確。這一次的實驗讓我收穫滿滿。

### E組員:

過去我覺得船就只有運東西的功能而已，沒想過船是用什麼原理設計，才能移動轉彎和漂浮在水上。因為是我發現長賜號因為水道寬度而被卡住很神奇，所以開始進行研究，沒想到水道寬度大於船底寬度一定的比值後，就可以減少卡船的危機發生。科展真的讓我學到了我很多電腦上的知識和船的設計原理。

### F組員:

過去我對岸壁效應一無所知。透過實驗看見船靠近水道岸壁航行時，會產生偏轉，覺得十分新奇。還有要等水體靜止時，才能開船與測速，真的需要耐心等待，否則實驗不如預期，要重新測量，更加吃力，真是欲速則不達。我們原本是用熱熔膠來黏我們的自製水道船，但後來因為重量會不一樣，所以我們使用兩腳釘來固定。

## 【評語】 080119

由時事發想主題，以自製可遙控船速的 micro:bit 泡棉船，利用光電閘測量船速，探究水道深或寬、船首尖或方、配重前或後，以及吃水深或淺對於船速的影響。雖然設計的實驗無法完全呼應到需要找出的物理機制，但由每位學生一本的研究日誌中可看出其完善的研究進程規劃與分工，訓練有素十分可喜。建議可再加強討論所研究的各物理現象或原理可如何應用。

# 作品海報





# 船到橋頭自然直

探討水道船  
的船速變化

# 摘要

長賜號在蘇伊士運河航行時擱淺6天。這可能與岸壁效應有關，當物體受到外力作用時，根據力與運動的原理，其運動狀態可能改變。研究使用自製水道船進行實驗，該船可遠程遙控並調節3段速度，並透過內建的雷射開關檢測器測量船速，獲得精確的數據。研究發現鈍圓船艏，在水道深度與船的吃水線比值大於4；水道寬度與船的寬度比值大於2.5的情況下，船速不會受到影響。當船速增加，水的阻力也會跟著增加，船隻偏離軌道的情形越嚴重。建議進入狹窄水域的船隻減速航行，可以降低船的動量和慣性，更好操控，也能減少岸壁效應的發生。

## 壹、前言

### 一、研究動機

2021年長賜號在蘇伊士運河中意外擱淺的新聞引起了全球的關注。其中有專家提到「岸壁效應」。訪問已經退休的船長爺爺，他說：「岸壁效應只有大船才有，如果河道越窄會越明顯。」所以我們好奇在沒有風的水道上運行，船速會有什麼樣的變化。

### 二、研究目的

#### (一)研究製造能直線前進的水道船

- 實驗1-1：分析市售玩具船的直線前進距離
- 實驗1-2：分析船艏形狀對直線前進距離的影響
- 實驗1-3：分析不同船速對直線前進距離的影響

#### (二)探討水道環境對船速的影響

- 實驗2-1：水道深度對船速的影響
- 實驗2-2：水道寬度對船速的影響

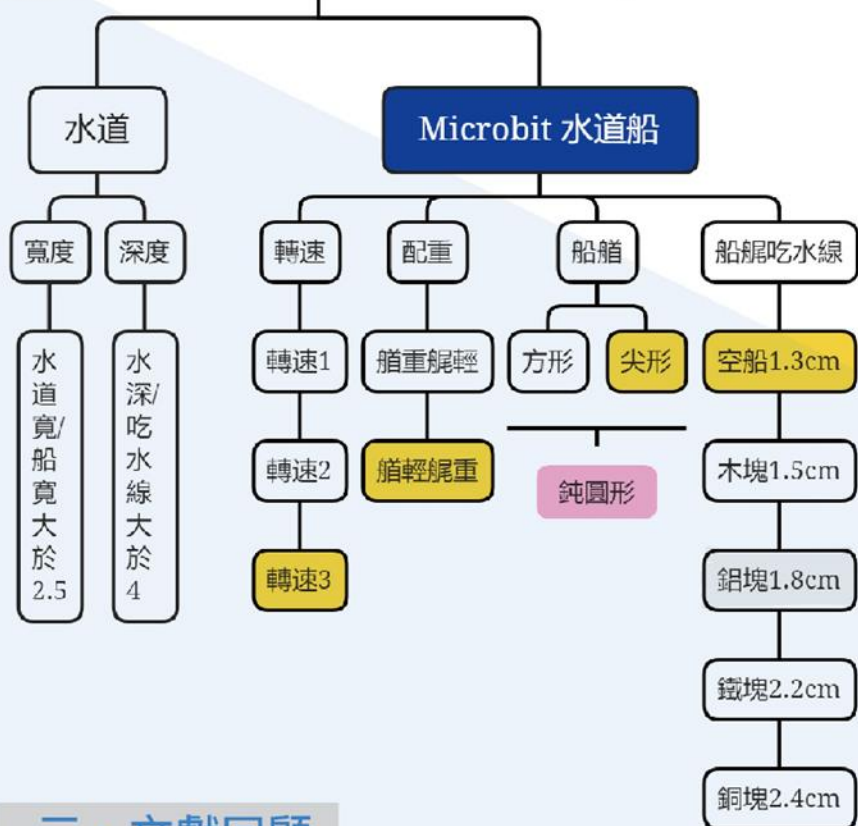
#### (三)探討船體設計對船速影響

- 實驗3-1：尖形船和方形船對船速的影響
- 實驗3-2：重量分配對船速的影響

#### (四)探討不同轉速下船艏吃水線對船速的影響

- 實驗4-1：在轉速1下，船艏吃水線對船速的影響
- 實驗4-2：在轉速2下，船艏吃水線對船速的影響
- 實驗4-3：在轉速3下，船艏吃水線對船速的影響

## 水道船的船速變化



### 三、文獻回顧

#### (一)岸壁效應

船舶偏離航道中心線而靠近航道一側岸壁時，會在船艏產生排斥力，而產生岸推現象；而在船身或船尾的部分，因為流速快速，壓力下降，造成吸引力，而產生岸吸現象。兩者加起來導致船舶觸碰岸壁，通稱為【岸壁效應】，如右圖所示。



圖1 岸壁效應

# 貳、研究設備及器材

## 一、研究設備

### 一、水道：

- 1.玻璃水槽(長:120cm、寬:60cm、深:30cm)X1個。
- 2.壓克力水槽:(長:110cm、寬:20cm、深:20cm) X2個。

### 二、測速儀器：

- 1.轉速測試儀器X1個。
- 2.雷射裝置X1個。
- 3.智慧光閘(smart gate) X1個。
- 4.ipadX2個。

### 三、船體設計：

- 1.MbitBot Lite擴展版。
- 2.micro:bit V2.21開發版。
- 3.直流馬達。
- 4.LG 18650鋰電池2600mAh。
- 5.海綿板。
- 6.雙腳釘。
- 7.正立方體積木(2.5cm<sup>3</sup>)的木塊(10gw)、鋁塊(45gw)、鐵塊(120gw)、銅塊(130gw) X3個。

## 參、研究過程與方法

### 「船速」標準檢測流程

- 1.測量船體基本資料：測量檢測船體的尺寸和重量，將基本資料記錄在表格中。
- 2.固定雷射儀與智慧光閘：將雷射儀與智慧光閘固定在水道兩側上，將船放入水槽中，雷射光必須打在20cm的船旗上。
- 3.固定船的啟航位置：將船放置於水道上，固定船與後面槽壁的距離。
- 4.按壓micro:bit開關：以固定船速對船施力，讓船能順利航行。
- 5.量化檢測項目：測量「船隻航行效果」，我們分成「船速」與「航行軌跡」。
- 6.當船身長固定，透過船通過雷射光閘，遮蔽雷射光的時間，換算成船速。
- 7.使用sparkvue APP 可於平板上採集實驗數據。

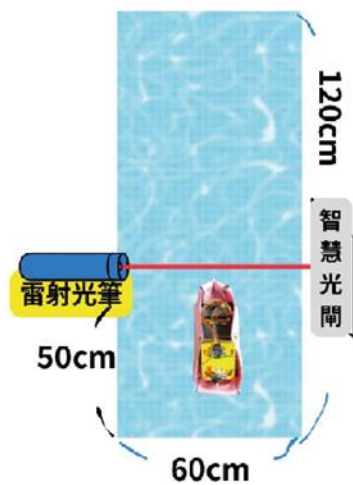


圖3-4 測量船速裝置圖

## 肆、研究結果與討論

### 研究一、研究製造能直線航行的水道船

#### 實驗1-1：分析市售玩具船的直線前進距離

##### 一、研究結果 表1-1 分析市售玩具船的直線前進距離

船名	軌道船	發條氣墊船	4通道遙控船
動力源	電池	發條彈簧	電池遙控
船艏	尖形上揚	鈍圓	尖形上揚
船長(cm)	9	20	20
船重(gw)	21.5	32.8	131.2
船體設計			
實驗描述	舵與船身成一直線，可以直線前進，船速最快。	舵與船身成一直線，可以直線前進，船速最弱。	槳與船身成一直線，可以直線前進，船速次之。
平均距離(cm)	10.52	30.49	10.53
平均船速(cm/s)	30.59	20.78	25.32

##### 二、討論

- 1.發條氣墊船的平均直線前進距離最遠，卻不是最重的船。
- 2.軌道船的船長只有9cm，平均直線前進距離卻和遙控船一樣10cm。
- 3.推測船速與船體配重是影響直線前進距離的關鍵。

## 實驗1-2 分析船艏形狀對直線前進距離的影響

### 一、研究結果

表1-2 分析不同船艏軌道船的直線前進距離

船艏形狀	鈍圓形艏(130度)	方形艏(180度)
船艏照片		
平均	80	64

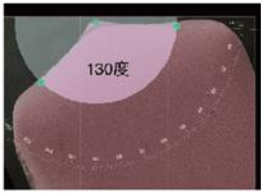


圖4-1-2 船艏角度

### 二、討論

1. 鈍圓型船艏，直線前進距離80cm比方型船艏直線前進距離64cm長。
2. 船速大是否能穿透水的阻力，讓船走直線距離長一點呢？

## 實驗1-3-1 鈍圓形船艏在不同船速下，直線前進距離

### 一、研究結果

表1-3-1 鈍圓形船艏(偏移位置)

	轉速1	轉速2	轉速3
平均船速 (cm/s)	9.39	19.21	26.64
平均偏移位置 (cm)	80	80	80



圖4-1-3-1 鈍圓形船艏裝置圖

### 二、討論

1. 鈍圓形船艏行駛穩定，3段不同轉速，都能維持直線前進平均距離80cm。
2. 方形船艏也會得到相同結果嗎？

## 實驗1-3-2 方形船艏在不同船速下，直線前進距離

### 一、研究結果

表1-3-2 方形船艏(偏移位置)

	轉速1	轉速2	轉速3
平均船速 (cm/s)	9.67	16.50	22.97
平均偏移位置 (cm)	64	46	34



圖4-1-3-2 方形船艏裝置圖

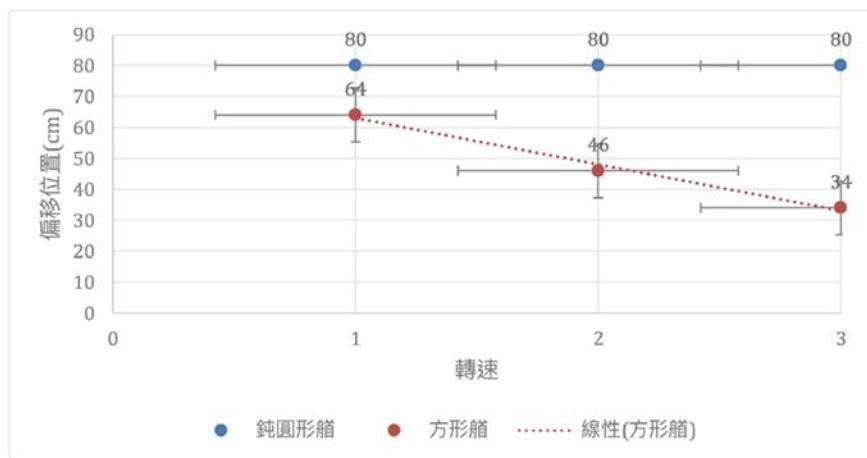


圖4-1-3 鈍圓形船艏與方形船艏偏移位置分析圖

### 二、討論

1. 從圖1-3發現，方形船艏的螺旋槳轉速越快，船隻越容易偏離。鈍圓形船艏遇水阻力較小，所以能維持直線前進。鈍圓形船艏在3個不同轉速下，都能維持80cm不偏離航道。
2. 如果未來在更長的水道環境下，鈍圓形船艏是否也能維持直線前進，不偏離航道呢？

## 研究二、探討水道設計對船速的影響

### 實驗2-1 在寬20cm水道下，不同深度對船速的影響

#### 一、研究結果

表2-1 不同水道深度對船速的影響(轉速1)

實驗次數	水深6cm	水深7cm	水深8cm	水深9cm	水深10cm
1	7.64	8.63	8.12	8.25	8.14
2	7.30	7.96	8.35	8.76	8.10
3	7.02	8.15	8.30	8.05	8.54
4	7.85	7.57	8.42	8.21	8.30
5	6.87	8.57	8.29	8.30	8.39
平均船速 (cm/s)	7.34	8.18	8.30	8.31	8.29

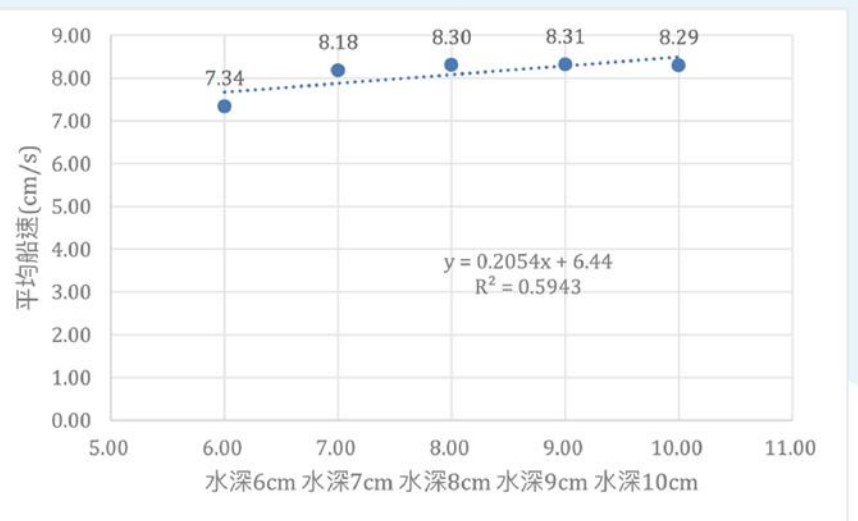


圖4-2-1 水道深度對船速影響

### 二、討論

1. 水道越淺速度越慢，水道深度超過8cm，船速沒有顯著差異。
2. 水深6cm時，船速最慢，因為螺旋槳距離底部太近，因為摩擦力因素，造成船速減弱。
3. 為了減少水道深度對自製水道船航行的影響，水深建議超過8cm。

## 實驗2-2 水深8cm下，不同水道寬度對船速的影響

### 一、研究結果

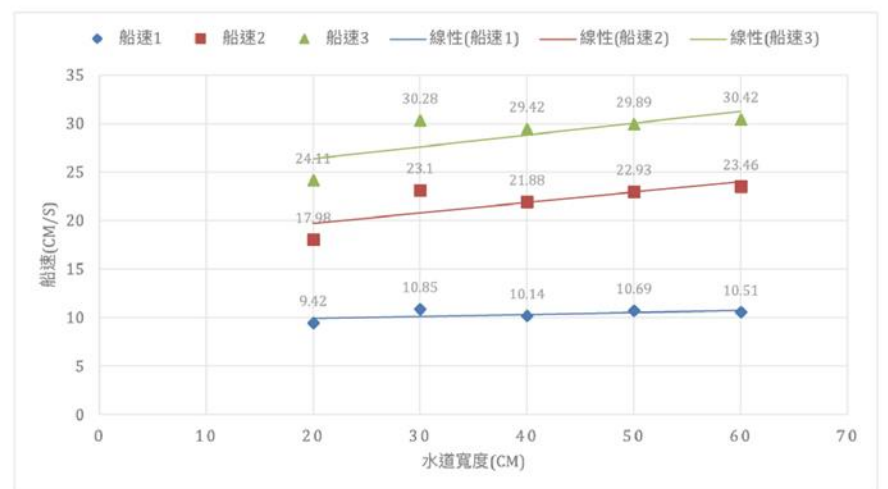


圖4-2-2 在不同轉速下，水道寬度對船速的影響

### 二、討論

- (一) 水道20cm，船速最慢，水道寬度超過30cm，船速沒有顯著差異。
- (二) 水道寬度20cm，轉速1的平均船速是9.42cm/s，轉速2的平均船速是17.98cm/s，轉速3的平均船速是24.11cm/s。
- (三) 船底寬度12cm，水道寬30cm；當水道寬與船底寬的比值大於2.5時，不會影響船速。
- (四) 水道太窄會影響船速變化。

## 研究三、探討船體設計對船速的影響

### 一、研究結果

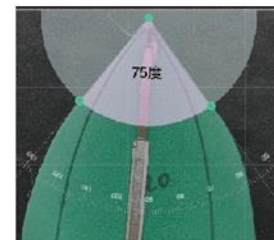


圖4-3-1 尖形船艏角度75度

表3-2 尖形船和方形船的船體配重對船速的影響

船名	尖形船(75度)	方形船(180度)
船型設計		
1	12.26	9.77
2	12.21	9.76
3	12.58	9.89
4	12.54	9.88
5	12.55	9.74
平均船速 (cm/s)	12.43	9.81

### 二、討論

1. 尖形船的船速比方形船的船速快。
2. 尖形船艏的船隻角度小於90度。

## 實驗3-2 探討重量分配對船速的影響

### 一、研究結果

表3-2 尖形船和方形船的船體配重對船速的影響

船名	尖形船(75度)		方形船(180度)	
船底設計				
船體配重	船木 船鋁	船鋁 船木	船木 船鋁	船鋁 船木
1	15.24	8.13	9.32	8.92
2	14.06	12.11	9.39	8.83
3	14.56	10.60	9.41	8.48
4	14.41	10.37	9.26	8.56
5	15.28	9.74	9.38	8.52
平均船速 (cm/s)	14.71	10.19	9.35	8.66

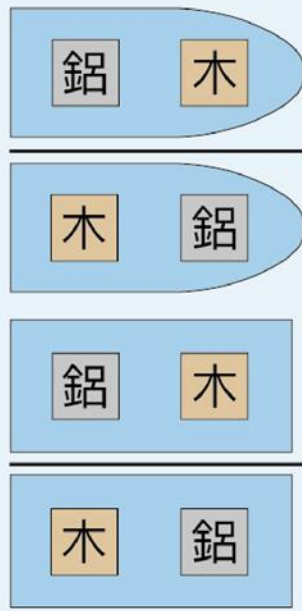


圖4-3-2 尖形船與方形船配重圖

### 二、討論

1. 尖形船和方型船均是船體配重大於船艙配重的水道船，船速較快。
2. 船艙配重大於船體配重，船速最慢。
3. 方型船的船速差異較不明顯。
4. 船體配重會影響吃水線，是船體吃水線影響船速嗎？

## 研究四、探討船體吃水線對船速的影響

### 一、研究結果

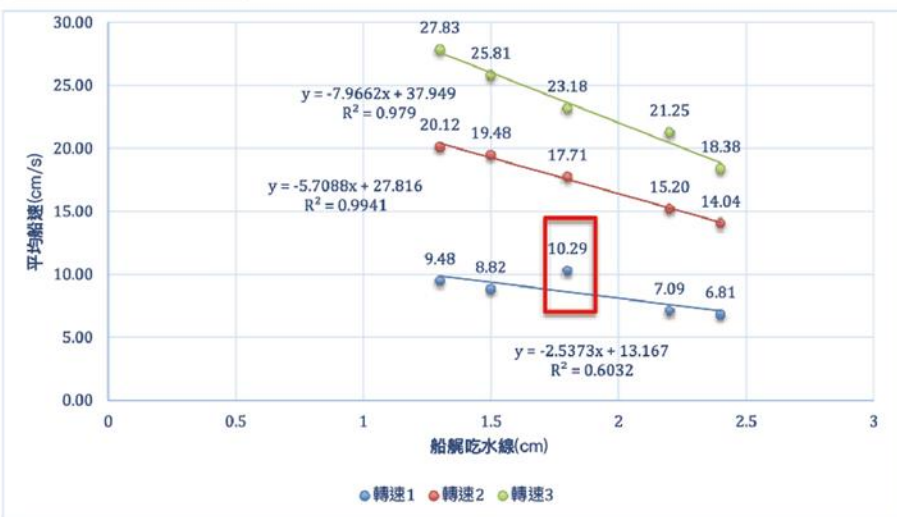


圖4-4-3-1 船體吃水線對船速的影響

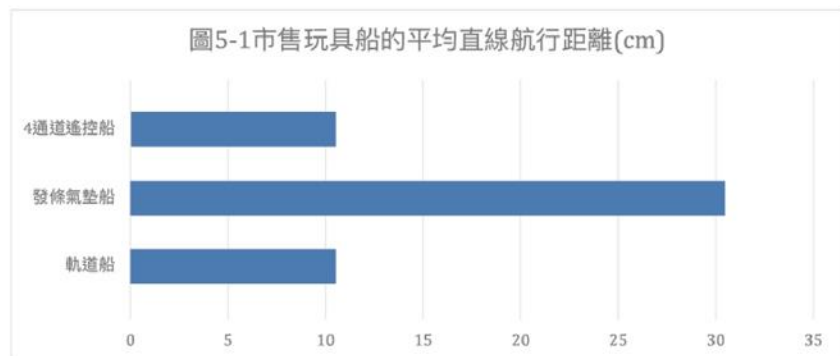
### 二、討論

1. 從轉速1到轉速3的趨勢線看來，船體吃水線越深，船速越慢。
2. 特別的是在轉速1的情況下，船體吃水線1.8cm，船速10.29(cm/s)卻是最快。

## 伍、討論

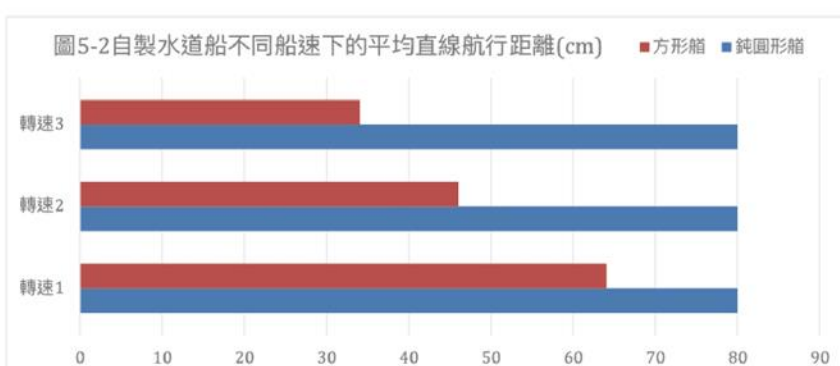
### 一、為什麼市售發條氣墊船走的最直？

- (一) 發條氣墊船底部面積最大。
- (二) 發條氣墊船的船中央較重，兩端氣墊較輕。
- (三) 發條氣墊船船艙形狀接近鈍圓，所以，直線前進距離較長。



### 二、船艙形狀對直線前進距離的影響。如果船速快一點，船隻是否能與水波阻力對抗，走得更直呢？

- (一) 鈍圓形艙的直線前進距離大於方形艙。
- (二) 船速越快，方形艙直線前進距離短。



- 三、在水道深度與船的吃水線比值大於4；水道寬度與船的寬度比值大於2.5的情況下，船速不會受到影響。
- 四、船體配重對船速的影響，發現無論是尖形船或方形船，兩者船艙配重的船速都較慢，而尖形船的船速差異又比方形船的差異顯著。因為力看不見，所以透過船的運動狀態改變，也就是船速變化推測船的受力情形。當船體的螺旋槳在船艙加重的情況下，吃水較深，船速越快；船艙較輕，船底與水的接觸面積減少，船速較快。
- 五、當船體越重，吃水線就越大。船艙吃水線越深，船速越慢。而轉速1的船速慢，當吃水線太小，造成螺旋槳無法有效吃水，所以造成空船比載了鉛塊的船還要慢。
- 六、本研究中為了控制船的重量都在100公克，所以利用黏土或油土，讓船的重量一致。

名稱	馬達+電池	方形船	尖形船	鈍圓形船
測重照片				
重量(gw)	160	100	100	100

## 陸、結論

綜合文獻探討和實驗結果：

### 一、研究製造能直線前進的水道船

- (一) 長條形船身，船艙和船體之間的距離較長，能夠減少搖晃和偏移。鈍圓形船艙，可以減少水的阻力讓船維持直線距離較長。
- (二) 船速越快，對於方型船艙的直線前進距離越不利。

### 二、探討水道環境對船速的影響

- (一) 當水道深度(8cm)和船的吃水線(2cm)比值大於4，能夠讓船速維持穩定行駛。
- (二) 水道寬度與船寬的比值在2.5以上，能夠讓船艙保持直線航行，並讓船速維持穩定。

### 三、探討船體設計對船速影響

- (一) 尖型船艙，與水的接觸面積較小，能夠減少水流的阻力，提高船速。
- (二) 船體配重對船速的影響有顯著差異，船體重，船艙輕的船速最快；船體輕船艙重船速最慢。

### 四、探討不同轉速下船體吃水線對船速的影響

- (一) 從轉速1到轉速3的趨勢線看來，船體吃水線越深，船速越慢。
- (二) 配重對船速影響很大，從轉速1的實驗分析可以發現，並不是船越重，船速越慢，配重也會是影響船隻運行的關鍵。

五、根據本研究發現，在狹窄水道中，船速越大，船身越容易偏離航道，如果減速行駛，可以修正偏離航道的角度。船隻進入狹窄水域，盡量走中央航道，避免發生岸壁效應。

六、長400公尺，寬59公尺的長賜號(Ever Given)載著20萬噸的貨櫃，在寬265公尺的蘇伊士運河擱淺6天，和岸壁效應有關嗎？運河寬度與長賜號的寬度比值是4.49，比我們實驗的建議比值2.5還大。所以，我們認為船速是主要因素，如果船隻航行速度慢一點，或許可以減少因為偏離航道而造成岸壁效應的風險。

## 柒、參考資料及其他

1. 吳鈺嫻、王彥筑等，45屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，雲林縣口湖鄉下崙國民小學，水中四腳獸-探討船體及槳與船速的關係。
2. 吳泓恩、黃宥程等，62屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，臺中市大雅區上楓國民小學，展能環保風動力船。
3. 鄭敬軒、張宸華等，61屆，中華民國全國中小學科展作品說明書，桃園市桃園區建國國民小學，逆水「停」舟，不進則測阻力。
4. 王勇，中國船東互保協會資訊平台【技術解析】受限水域安全航行要素分析2021-04-22 09:33
5. 2021/3/28李船長筆記，造成巨輪擱淺蘇伊士運河的原因是岸壁效應？淺談長榮海運租用的長賜輪事故 <https://www.youtube.com/watch?v=ISTI80qoMPc>