

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

佳作

031612

是誰讓我心“帆”——魔法船

學校名稱：宜蘭縣立國華國民中學

作者： 國三 林奕安 國三 張維軒 國三 藍士凱 國三 陳玉樸	指導老師： 洪志杰
---	--------------

關鍵詞：表面張力 內聚力 平均速度

作品名稱：是誰讓我心”帆” — 魔法船

壹、摘要

本研究中設計不同船型、不同添加劑及不同水深、溫度來探討瞭解船隻航行的行爲，利用表面張力的差異性來驅動船隻航行是非常有趣的現象。

當添加劑可溶於水中時，因船隻前後表面張力不同造成船隻的運動。當添加劑不溶於水中且表面張力小於水時，會在水面上自動散開成薄膜而將船隻推動；表面張力大於水時，聚集成球狀無法形成薄膜，船隻將無法被推動。

V型船型行駛時穩定性較佳、橫向偏向較小；細長船型航速較快、橫向偏向較大。船隻行駛的速度均隨水深、水溫的增加而減慢。

貳、研究動機

家中的水族箱飼養著老爸最喜愛的日光燈魚，發亮的魚身總是吸引著我的目光，餵食時你爭我奪的鏡頭，每天總要上演一回。某天在餵魚時，赫然發現丟入水中的飼料，尚未被吞食前，特別是細微的飼料顆粒，會被彼此相互推擠而往四面八方擴散，究竟是什麼力量使然，引發我濃厚的興趣，假想飼料是一艘船，是否也能藉助這些力量來驅動船隻，令人感到好奇，於是三五好友就這樣開始我們的研究旅程！

參、研究目的

一、 探討影響船隻行駛之因素

- (一) 不同尾翼添加物對船隻行駛的影響
- (二) 不同船型設計對行駛快慢及偏向的影響
- (三) 不同水深對船隻行駛快慢的影響
- (四) 不同液體溫度對船隻行駛快慢的影響
- (五) 不同船身摺痕對船隻行駛快慢及偏向的影響

二、探討船隻行駛的力量來源

- (一) 添加物表面張力的測定
- (二) 船隻行駛的運動情形及受力分析

肆、研究設備與器材

一、器材：自製水槽、自製船隻（不同造型）、投影片、滴管、滴定管、燒杯、電子天秤、量角器、碼錶、磁鐵軟片、海綿墊、螺旋測微器

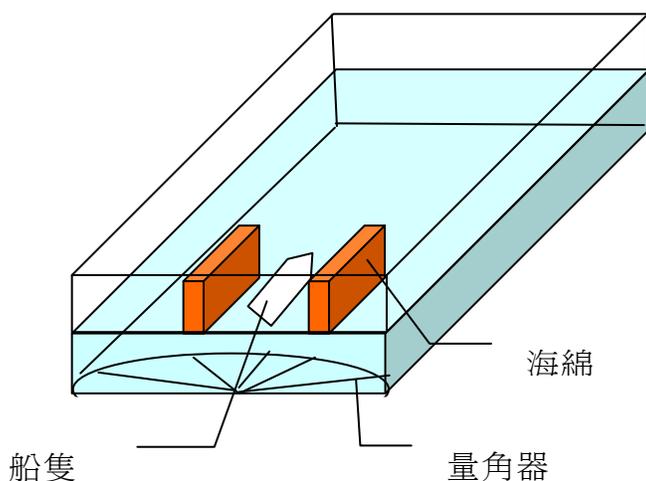
二、藥品：沙拉脫（清潔劑）、肥皂、牙膏、豬油、椰子油、甘油、食用醋、食鹽、酒精、液態蠟

三、自製實驗設備：

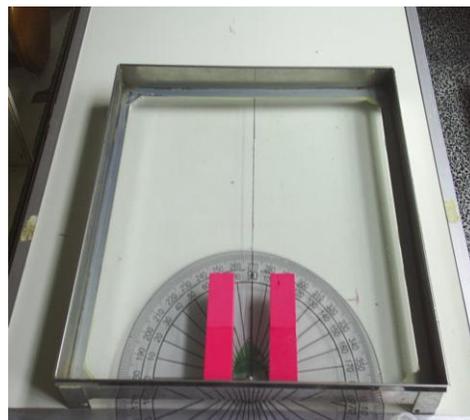
(一) 水槽部分：

利用實驗室透明玻璃水槽（長50cm、寬50cm、高5cm）做為船隻行駛狀況所需的主要設備，為方便了解及測量船隻行駛時偏向的角度，我們於水槽背面貼上一面大型的量角器做為觀測；船隻行駛時為確保出發時擺放角度不偏移，經多次研究與實驗後，於船隻兩側各擺放一塊長方體海綿，即可克服這個問題，並可隨時依船隻大小調整距離（如圖一、二）。

在測量第一部分探討影響船隻行駛之因素，我們使用這樣的設計。



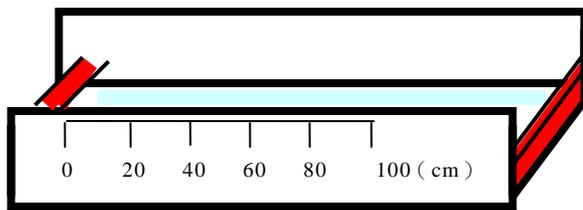
【圖一】



【圖二】

為瞭解船隻行駛過程受力情形，考量避免船隻造成偏向問題，另外設計船隻行駛航道（如圖三、四）。如此測量僅考慮縱向受力情形即可，在測量與觀察上較為方便。

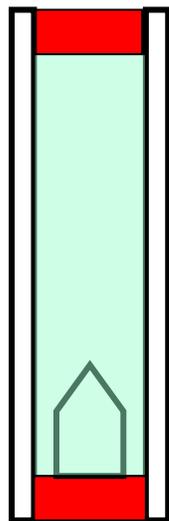
在測量第二部分探討船隻行駛的力量來源，我們使用這樣的設計。



側視圖



【圖三】



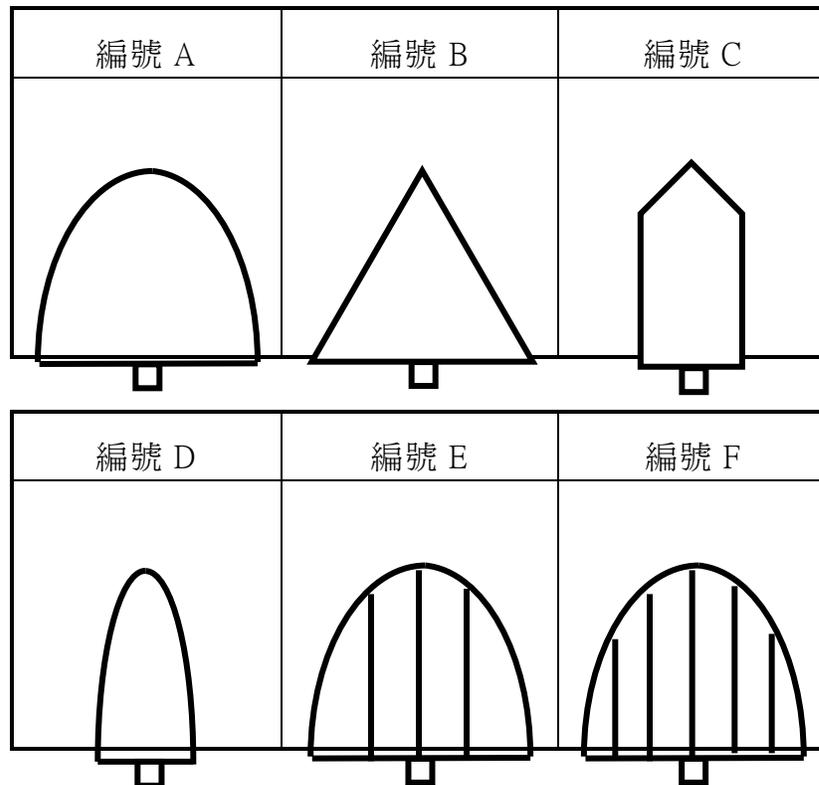
俯視圖



【圖四】

(二) 船隻部分：

以邊長5cm的正方形投影片，裁剪如下編號 A、B、C、D、E、F六種對稱型的不同船型，前端以流線型為主，尾翼與行駛方向垂直，尾翼中間設計邊長2mm的正方形以作為添加藥劑的用途。編號 A、B、C、D船身為光滑面，編號E、F船身為有不同數目的對稱條紋。



伍、研究過程

一、探討影響船隻行駛之因素

(一) 實驗前準備工作

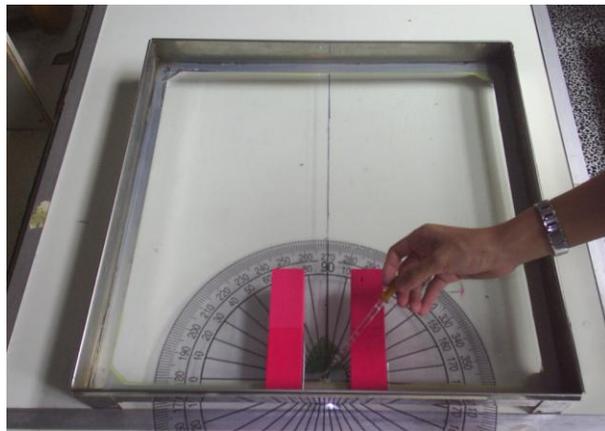
1. 船隻定位問題

(1) 船隻在觀察偏向實驗時，初期實驗是直接將船隻於尾端處滴上添加物後再放入水槽中進行觀察，結果由於放入時稍有點偏差，所得實驗偏向角度差異性極大，因此須加以改善。

(2) 接著進行改善方式是將船隻先行放入水中，待一段時間船隻穩定後

，再滴上添加物，實驗結果發現，耗費時間較長，且滴上添加物時，船身角度亦會受到干擾，而失去準確度。

- (3) 經過小組人員不斷反覆操作不同方式，最後在船隻起點位置兩側各放一塊大小相同的長方體海綿墊。(如圖五)，長方體海綿墊浮於水面上，可輕易移動距離來配合船隻的大小，亦可接上幾個長方體海綿墊延長啓航航道，船隻在兩塊長方體海綿墊間成直線滑行，讓啓航定位方向更穩定更趨於一致性，因此我們可得到最佳操作狀況，將誤差降到最低，且在操作上更為方便。最後我們將以此方式做為操作的標準！



【圖五】

2.船隻問題：

- (1) 船隻在設計上必須講求對稱性，否則在航行時會造成嚴重的偏向，而影響所欲觀察變因對偏向角度的量測。
- (2) 船隻在裁剪時需加注意不可任意造成船隻的折痕，除了實驗探討此變因需要外，否則任意折痕的船隻，不但會影響偏向的角度，也會

影響航行的速率，所以船隻必須平滑不能有折痕，才能做最客觀的觀察。

(3) 船隻質量的改變，是裁剪適當磁鐵軟片貼於船隻的重心處，此法操作方便且不會污染水溶液及船隻。

3.水槽問題：

(1) 每次實驗必須更換水或水溶液一次，而且必須清洗乾淨實驗設備，否則會影響下一次的觀察。

(二) 實驗中步驟

1. 將水槽、船隻、海綿墊清洗乾淨
2. 加入所需高度水位的水
3. 放入海綿墊、船隻
4. 待水面靜置無漣漪時，方可加入添加劑
5. 觀察、測量與紀錄

二、探討船隻行駛的力量來源

(一) 實驗前準備工作

1. 船隻在設計時，必須考量其航行的速度，若速度太快在計時時容易造成人為因素的誤差，因此測量者必須反覆練習，以控制到最佳狀態。
2. 從原本每航行 20cm 測量時間一次到每航行 10cm 測量時間一次，以更了解航行時的運動變化情況。
3. 表面張力測定原理的了解即滴定管中的液體滴出時，會先在管口形成球形液滴（如圖六）所示。液體的表面張力作用在管口上，其反作用力則用於支撐液體的重量。當液滴增大至快脫落時，其上端頸部之直徑等於管口內徑 d 。設液滴重量 m ，表面張力 σ ，重力加速度 g ，由靜力平衡的條件可知： $\sigma \times \pi d = mg$ 故 $\sigma = mg/d\pi$

4.常見液體的表面張力參考

液體	溫度〈°C〉	表面張力〈 10^{-3} 牛頓 /公尺〉
水	0°C	76.1
	5°C	75.6
	10°C	74.2
	20°C	72.8
	25°C	72.0
	30°C	71.2
	40°C	69.6
	60°C	66.2
	80°C	62.6
	100°C	58.9
酒精	0°C	24.0
	20°C	22.3
	50°C	19.8
乙醚	20°C	16.5
甘油	20°C	63.4
石油	20°C	26.0
水銀	20°C	465
橄欖油	20°C	32.0

(二) 實驗中步驟

1. 液體表面張力的測定

- (1) 以工具量測滴定管內、外徑。
- (2) 將滴定管架設於滴定架。
- (3) 將燒杯置於電子秤上，
杯口對準滴定管下端。
- (4) 將電子秤歸零。
- (5) 加入實驗中液體。
- (6) 量測 50 滴該液體之重量，
再算出單一平均值。
- (7) 將實驗數值代入上式計算，
得該液體表面張力。



【圖六】

2. 船隻行駛的運動情形

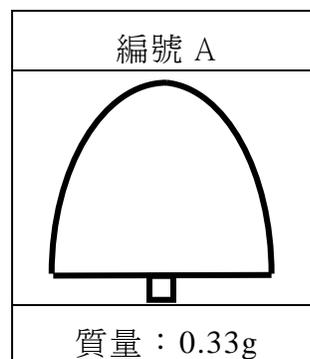
- (1) 將水槽、船隻、海綿墊清洗乾淨
- (2) 加入所需高度水位的水
- (3) 放入船隻
- (4) 待水面靜置無漣漪時，方可加入添加劑
- (5) 測量與紀錄

陸、研究結果

一、探討影響船隻行駛之因素

(一) 不同尾翼添加物對船隻行駛的影響

- 條件：1.船隻材質：塑膠(投影片)
2.水槽液體：水(22°C)
3.水深：2公分
4.船型：編號 A



【表 1-1】

添加物	沙拉脫(清潔劑)	肥皂	牙膏(黑人牌)	甘油	
行駛 (可/否)	可	可	可	可	
添加物	椰子油	豬油	食用醋	酒精	液態蠟
行駛 (可/否)	可	可	可	可	否



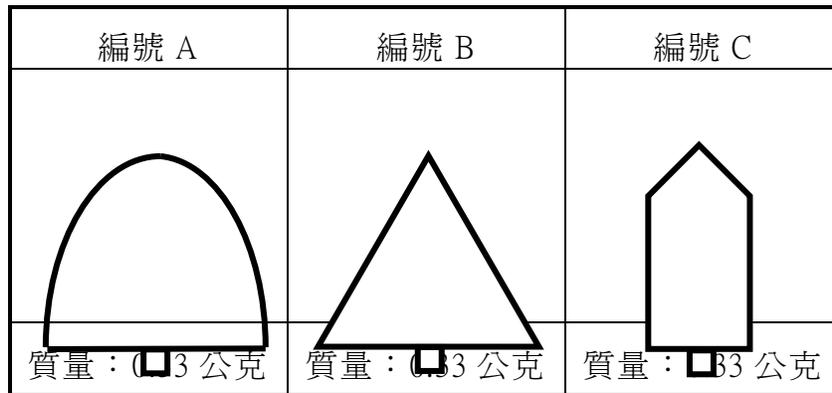
【圖七】



【圖八】

(二) 不同船型設計對行駛快慢及偏向的影響

- 條件：1.船隻材質：塑膠(投影片) 5.行駛距離：30 公分
 2.水槽液體：水 (21°C) 6.船型：編號 A、B、C
 3.水深：2 公分 7.航道設計：如圖一
 4.尾翼添加物：沙拉脫清潔劑

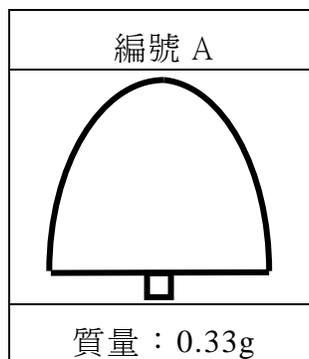


【表 1-2】

項目 \ 編號	A	B	C
行駛時間(s)	2.46	2.75	2.07
	2.48	2.96	2.42
	2.22	2.37	2.58
	2.34	2.65	2.23
	2.45	2.77	2.14
平均值	2.39	2.70	2.29
偏向角度	20°	30°	52°
	24°	40°	56°
	25°	37°	48°
	23°	35°	50°
	22°	33°	53°
平均值	23°	35°	52°

(三) 不同水深對船隻行駛快慢的影響

- 條件：1.水槽液體：水（21℃）
 2.尾翼添加物：沙拉脫清潔劑
 3.行駛距離：30 公分
 4.船型：編號 A
 5.航道設計：如圖一

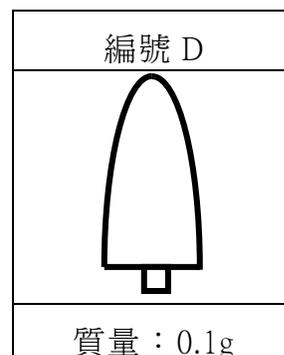


【表 1-3】

水深 項目	1 公分	2 公分	3 公分
行駛時間(s)	1.84	2.46	3.55
	1.95	2.48	3.61
	1.59	2.22	3.40
	1.77	2.34	3.74
	1.68	2.45	3.82
平均值	1.77	2.39	3.62
偏向角度	22°	20°	23°
	20°	24°	25°
	22°	25°	20°
	23°	23°	22°
	21°	22°	25°
平均值	21°	23°	23°

(四) 不同液體溫度對船隻行駛快慢的影響

- 條件：1.水槽液體：水
 2.水深：1 公分
 3.尾翼添加物：沙拉脫清潔劑
 4.行駛距離：80 公分
 5.船型：編號 D
 6.航道設計：如圖四

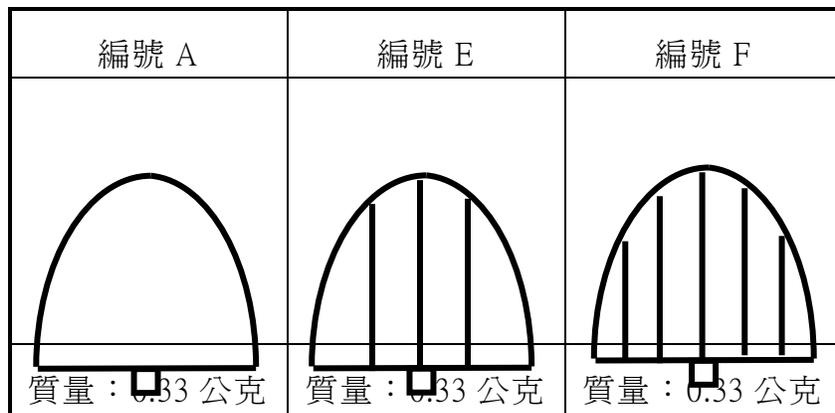


【表 1-4】

水溫 項目	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
行駛時間 (s)	4.31	6.84	7.89	9.02	船隻會 變形，而 無法測 得
	4.26	6.74	7.26	9.45	
	3.97	6.43	7.54	9.36	
	4.06	6.64	7.32	9.22	
	4.32	6.58	7.47	9.18	
平均值	4.18	6.65	7.50	9.25	
平均速度 (cm/s)	19.14	12.03	10.67	8.65	

(五) 不同船身摺痕對船隻行駛快慢及偏向的影響

- 條件：
- 1. 船隻材質：塑膠(投影片)
 - 2. 水槽液體：水
 - 3. 水深：1 公分
 - 4. 尾翼添加物：沙拉脫清潔劑
 - 5. 行駛距離：30 公分
 - 6. 船型：編號 A、E、F
 - 7. 航道設計：如圖一

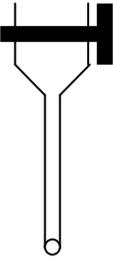
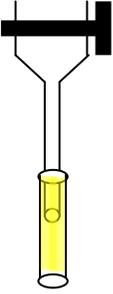
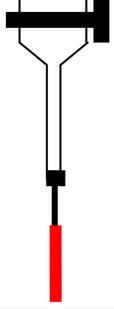


【表 1-5】

編號 項目	A	E	F
行駛時間(s)	1.84	2.06	2.28
	1.95	2.09	2.76
	1.59	1.93	2.75
	1.77	2.05	2.45
	1.68	1.98	2.64
平均值	1.77	2.02	2.58
偏向角度	22°	12°	10°
	20°	10°	10°
	22°	10°	8°
	23°	12°	8°
	21°	10°	10°
平均值	21°	11°	9°

二、探討船隻行駛的力量來源

(一) 添加物表面張力的測定

編號甲	編號乙	編號丙	編號丁
			
滴定管	滴定管 + 塑膠管	滴定管 + 注射針管	滴定管 + 注射針管 + 鋁箔紙管
內徑：1mm 外徑：3mm	塑膠內徑：4mm 塑膠外徑：4.2mm	針管內徑：0.68mm 針管外徑：0.89mm	鋁箔管內徑：0.89mm 鋁箔管外徑：0.91mm

1.使用編號甲、乙、丙、丁測量液體與空氣界面間的表面張力時液滴的重量

【表 2-1-1】

液體種類	水 (25°C)			
編號	甲	乙	丙	丁
測量單位	(gw)	(gw)	(gw)	(gw)
50 滴重量 (測量一)	2.46	3.58	0.86	0.97
50 滴重量 (測量二)	2.47	3.58	0.85	0.96
50 滴重量 (測量三)	2.46	3.44	0.86	0.96

依據【表 2-1-1】計算出液體與空氣界面間的表面張力

【表 2-1-2】

液體種類	水 (25°C)			
編號	甲		乙	
管徑	內徑：1mm	外徑：3mm	內徑：4mm	外徑：4.2mm
測量單位	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)
測量一	153.6	51.2	55.9	53.2
測量二	154.2	51.4	55.9	53.2
測量三	153.6	51.2	53.7	51.1
平均值	153.8	51.3	55.2	52.5
公認值 (25°C)	72	72	72	72
誤差 (%)	113.6	28.8	23.3	27.1
液體種類	水 (25°C)			
編號	丙		丁	
管徑	內徑：0.68mm	外徑：0.89mm	內徑：0.89mm	外徑：0.91mm
測量單位	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)
測量一	78.9	60.3	68.0	66.5
測量二	78.0	59.6	67.3	65.9
測量三	78.9	60.3	67.3	65.9
平均值	78.6	60.1	67.5	66.1
公認值 (25°C)	72	72	72	72
誤差 (%)	9.2	16.5	6.3	8.2

【註：公認值參考龍騰版教科書物質科學物理篇(下)第十章流體的性質】

2. 使用編號丁（內徑：0.89mm）測量不同溫度下液體與空氣界面間的表面張力時液滴的重量

【表 2-1-3】

液體種類	水			
溫度	20℃	30℃	40℃	50℃
測量單位	(gw)	(gw)	(gw)	(gw)
50 滴重量(測量一)	0.98	0.95	0.93	0.89
50 滴重量(測量二)	0.99	0.95	0.93	0.90
50 滴重量(測量三)	0.98	0.94	0.92	0.89

【表 2-1-4】

液體種類	沙拉脫水溶液			
濃度	210ml 水 + 1 滴 (0.03g) 沙拉脫			
溫度	20℃	30℃	40℃	50℃
測量單位	(gw)	(gw)	(gw)	(gw)
50 滴重量(測量一)	0.94	0.91	0.91	0.88
50 滴重量(測量二)	0.94	0.92	0.90	0.89
50 滴重量(測量三)	0.95	0.92	0.91	0.87

【註：濃度配合一、(四) 實驗所需】

依據【表 2-1-3】、【表 2-1-4】計算出不同溫度下液體與空氣界面間的表面張力

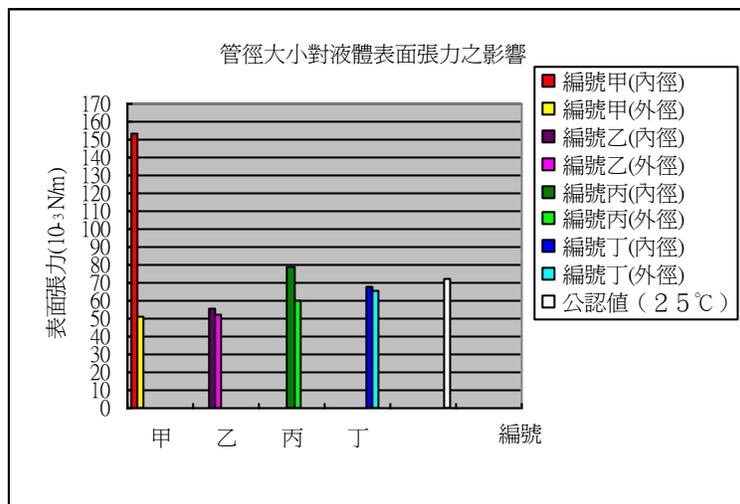
【表 2-1-5】

液體種類	水			
溫度	20℃	30℃	40℃	50℃
測量單位	10^{-3} (N/m)			
測量一	68.7	66.6	65.2	62.4
測量二	69.4	66.6	65.2	63.1
測量三	68.7	65.9	64.5	62.4
平均值	68.9	66.4	65.0	62.6

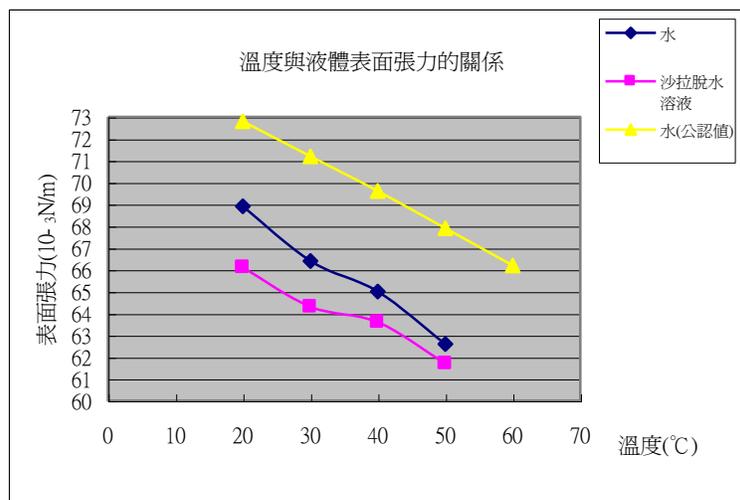
【表 2-1-6】

液體種類	沙拉脫水溶液			
溫度	20℃	30℃	40℃	50℃
測量單位	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)	10^{-3} (N/m)
測量一	65.9	63.8	63.8	61.7
測量二	65.9	64.5	63.1	62.4
測量三	66.6	64.5	63.8	61.1
平均值	66.1	64.3	63.6	61.7

3.關係圖



【圖九】



【圖十】

(二) 船隻行駛的運動情及形受力分析

1.條件：(1) 水槽液體：水

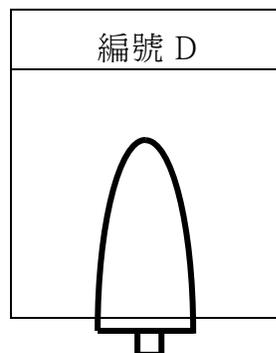
(2) 水深：1 公分

(3) 尾翼添加物：沙拉脫清潔劑

(4) 行駛距離：90 公分

(5) 船型：編號 D

(6) 航道設計：如圖四



【表 2-2-1】 【船隻質量：0.1 g】

距離 (cm) \ 項目	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
行駛時間 (s) 測量一	0	0.33	1.01	1.58	2.17	2.69	3.17	3.69	4.51	5.54
行駛時間 (s) 測量二	0	0.32	0.82	1.42	2.07	2.64	3.07	3.66	4.26	5.17
行駛時間 (s) 測量三	0	0.35	0.78	1.31	1.81	2.32	2.77	3.24	3.77	4.54
平均值	0	0.33	0.87	1.44	2.02	2.55	3.00	3.53	4.18	5.08
距離 (cm)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	
時間間隔 (s)	0.33	0.54	0.57	0.58	0.53	0.45	0.53	0.65	0.90	
v (平均速度) (cm/s)	30.30	18.63	17.65	17.24	18.75	22.06	18.99	15.38	11.07	
a (平均加速度) (cm/s ²)		-18.89	-0.86	-0.23	0.66	1.19	-0.94	-0.93	-0.93	

【表 2-2-2】 【船隻質量：0.2 g】

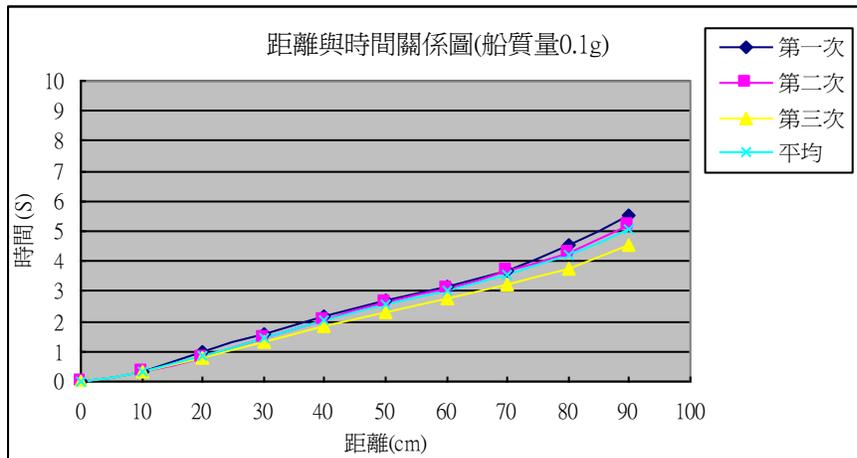
距離 (cm) \ 項目	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
行駛時間 (s) 測量一	0	0.53	1.23	1.97	2.66	3.37	4.23	5.19	6.78	8.51
行駛時間 (s) 測量二	0	0.65	1.35	2.08	2.84	3.51	4.38	5.49	6.94	8.73
行駛時間 (s) 測量三	0	0.58	1.28	2.04	2.70	3.37	4.17	5.27	6.66	8.66
平均值	0	0.59	1.29	2.03	2.73	3.42	4.26	5.32	6.79	8.63
距離 (cm)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	
時間間隔 (s)	0.59	0.7	0.74	0.7	0.69	0.84	1.06	1.47	1.84	
v (平均速度) (cm/s)	17.05	14.29	13.45	14.22	14.63	11.86	9.46	6.77	5.43	
a (平均加速度) (cm/s ²)		-2.95	-0.50	0.32	0.14	-0.72	-0.50	-0.44	-0.17	

【表 2-2-3】 【船隻質量：0.3 g】

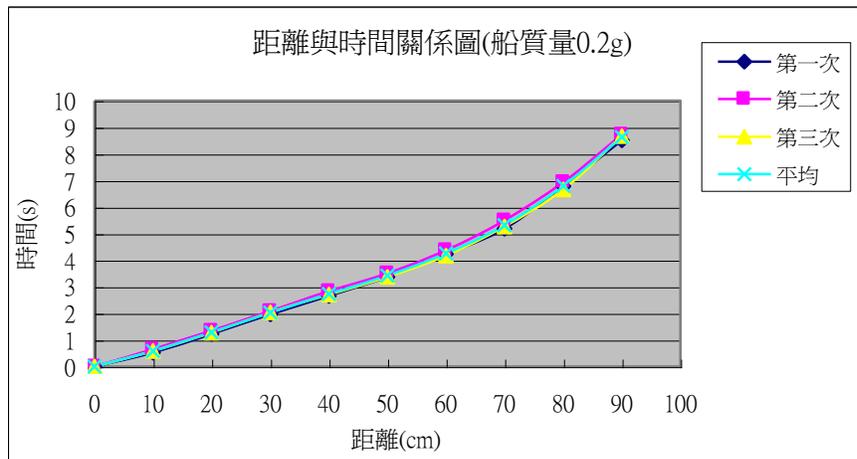
項目 \ 距離 (cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
行駛時間 (s) 測量一	0	0.60	1.30	2.01	2.72	3.41	4.14	5.32	6.24	8.38
行駛時間 (s) 測量二	0	0.74	1.49	2.31	2.98	3.71	4.38	5.51	6.83	8.68
行駛時間 (s) 測量三	0	0.59	1.17	1.76	2.44	3.07	3.61	4.22	5.49	7.87
平均值	0	0.64	1.32	2.03	2.71	3.40	4.04	5.02	6.19	8.31

距離 (cm)	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90
時間間隔 (s)	0.64	0.68	0.71	0.68	0.69	0.64	0.98	1.17	2.12
V (平均速度) (cm/s)	15.54	14.78	14.15	14.56	14.63	15.46	10.27	8.55	4.71
a (平均加速度) (cm/s ²)		-0.78	-0.37	0.17	0.02	0.22	-1.15	-0.31	-0.53

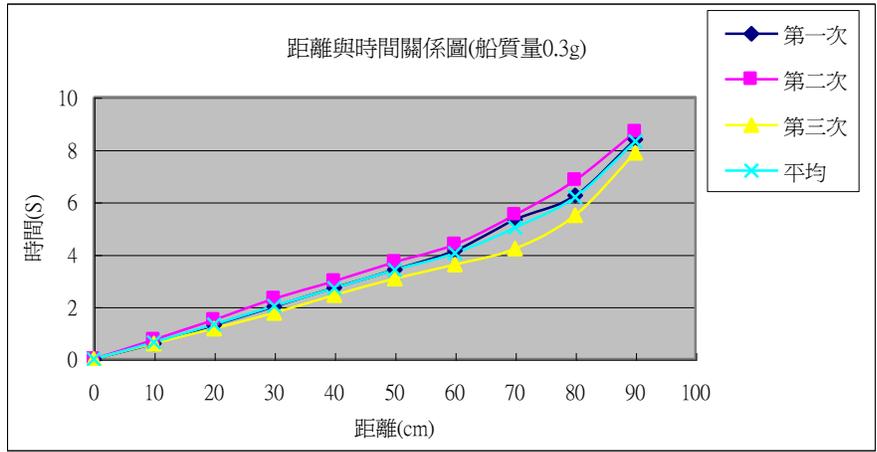
2.位置與時間關係圖



【圖十一】

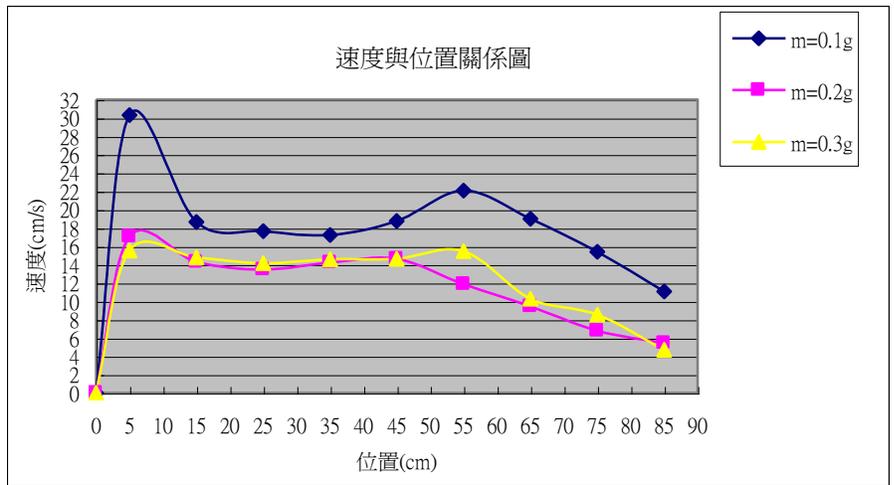


【圖十二】

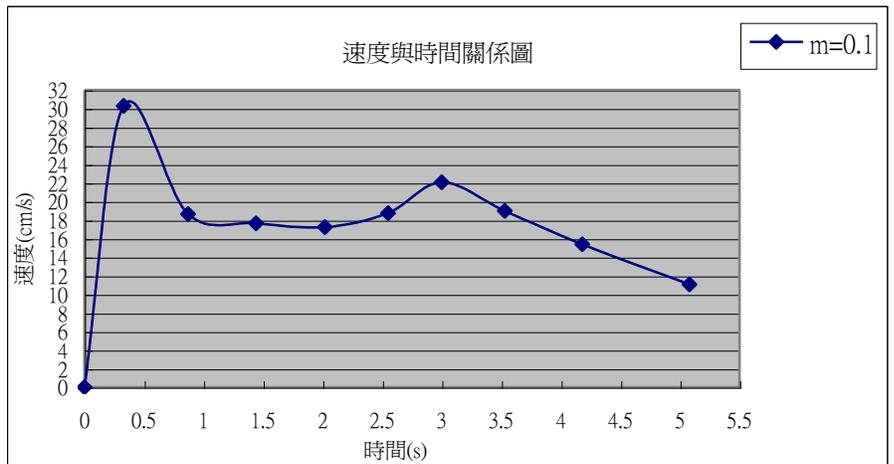


【圖十三】

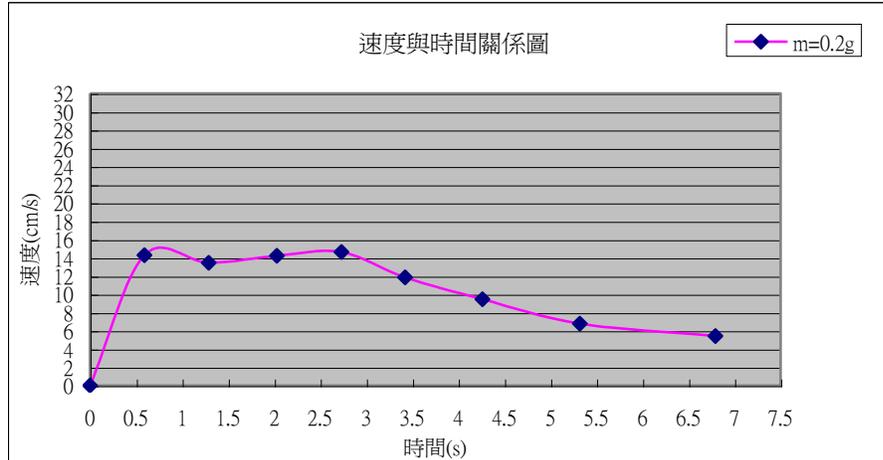
3.速度與位置關係圖、速度與時間關係圖



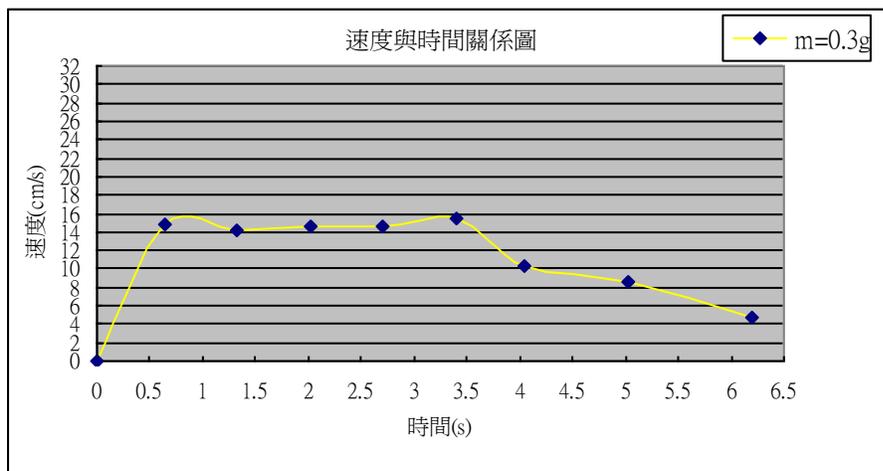
【圖十四】



【圖十五】



【圖十六】



【圖十七】

柒、討論

一、探討影響船隻行駛之因素

(一) 不同尾翼添加物對船隻行駛的影響

1. 沙拉脫清潔劑可讓船隻快速穩定航行，肥皂、牙膏（黑人牌）行駛較慢些但其穩定性也不錯。
2. 甘油（丙三醇）讓船隻緩慢穩定航行，在尾部處會產生陣陣漣漪（圖七）；酒精

添加瞬間船隻急速短暫航行猶如車子暴衝一般後即停止。

- 3.椰子油、豬油讓船隻初期緩慢穩定航行，但是後繼無力；椰子油讓船隻航行時，在船隻尾部會出現陣陣彩色條紋薄膜（圖八），猶如彩虹一般。豬油則讓船隻尾部出現陣陣圓形薄膜。
- 4.食用醋僅讓船隻緩慢行駛，短暫距離即停止。
- 5.液態蠟無法使船隻行駛。
- 6.當添加劑可溶於水中時，增加了水中的溶質而減弱水分子與水分子之間的作用力，使內聚力變小，因而降低了表面張力，船隻前後表面張力不同時而造成船隻的運動。沙拉脫清潔劑較具黏性且分子具親水端，使得在行駛中能均勻的將它融入水中，因此行駛快速且穩定。肥皂、牙膏（黑人牌）亦可融入水中，但是本身為半固體狀，在行駛中溶解的量就沒沙拉脫清潔劑來的均勻與快速，所以速率與穩定性不及沙拉脫清潔劑，不過效果也是算不錯的！
- 7.當添加劑不溶於水中時，若油和水的結合力強於油的內聚力（水的表面張力較大），則會在水面上自動散開成薄膜（如椰子油、豬油）（如圖八）。藉由薄膜的形成，而將船隻推動，不過速度卻是緩慢。若油和水的結合力弱於油的內聚力此時將形成油珠，油仍聚集成球狀（如液態蠟），船隻將無法被推動。

（二）不同船型設計對行駛快慢及偏向的影響

- 1.編號 A 的偏向角度最小，編號 B 的偏向角度次之，編號 C 偏向角度最大；實驗中曾將編號 C 質量降低為 0.17g 時，發現船隻無法到達量測距離 30cm 即旋轉 360 度。
- 2.V 型的船型設計（如編號 A、B），可以減少水的摩擦阻力，編號 A 的偏向角度小，所花時間較短；編號 B 的偏向角度稍大，因此航行的路程較長，所花的時間也較長些，其實兩者航行的速率大小差異不明顯且均能穩定地航行，其中以編號 A 的設計最佳。
- 3.細長船型設計（如編號 C）在航行時可得到較快的速度，但橫向穩定度會不足。所以此船型是適合較快速航行，船速快速時較容易產生偏向，所以必須增加其

質量以增加其橫向的穩定性。

(三) 不同水深對船隻行駛快慢的影響

- 1.不同的水深測量船隻行駛 30cm 所得偏向角度約略相等，而水深較淺時船隻所行駛時間較短，因此船速較快；相反的水深較深時船隻所行駛時間較長，因此船速較慢。
- 2.本實驗中得水淺船速快，水深船速慢；可能原因是船行駛所產生的水波在深水時傳遞的速度較快，因此經水槽反射後的水波干擾影響較明顯，形成較大水波的阻力，所以船速就顯得較慢。

(四) 不同液體溫度對船隻行駛快慢的影響

- 1.船隻行駛的速度隨溫度的增加而減慢，船隻的材質為塑膠在 60°C 時因變形而無法繼續測量。
- 2.液體的表面張力隨著溫度的增高而變小，這是因為溫度增加，使得液體表面的分子運動加快，分子與分子之間的內聚力相形減少，因而降低表面張力的數值（如圖十）。在較低溫時有較高的表面張力差，因而形成船隻較大的拉力，因此速度變得較快。

(五) 不同船身摺痕對船隻行駛快慢及偏向的影響

- 1.編號 A（無條紋）、編號 E（三條紋）、編號 F（五條紋）比較發現，船行駛的速度編號 A（無條紋）最快、編號 E（三條紋）次之、編號 F（五條紋）最慢。其原因和船身粗糙度有關，編號 A（無條紋）最平滑，相對水的阻力就最小、編號 F（五條紋）粗糙度最大，相對水的阻力就最大。
- 2.船身縱向條紋設計（和船行駛的方向平行），可降低船隻橫向的偏向。A（無條紋）偏向最大、編號 E（三條紋）偏向次之、編號 F（五條紋）偏向最小。

二、探討船隻行駛的力量來源

(一) 添加物表面張力的測定

- 1.使用滴定管、量筒及電子天平，來測量液體與空氣界面間的表面張力，在測定水的表面張力時，和公認值比較其誤差非常的大（如圖九－編號甲），認為測定

管為玻璃所製成，管口的內徑與外徑相差太多，而水滴外圍與玻璃管相接觸所形成的圓環，可能介於內徑與外徑之間，而不易得知其大小，這將影響結果很大。

- 2.為降低誤差首先必須考量管口內外徑不可相差太大，於是我們又設計了編號乙、丙、丁的改良方式，發現管徑愈細、內外徑差越小（如圖九－編號丁），對測量水而言，實驗上有更小的誤差。
- 3.利用編號丁測量不同溫度下水、沙拉脫水溶液的表面張力（如圖十），其變化均隨溫度的上升而下降；在低溫時兩者表面張力差較大，在高溫時兩者表面張力差較小。

（二）船隻行駛的運動情及形受力分析

- 1.實驗中分別以船隻質量 0.1g、0.2g、0.3g 做測試，其中以質量 0.2g 所得穩定性最佳。
- 2.在不同質量測試中，速度與距離的關係均有快→慢→快→慢的變化，其中以質量 0.1g 起伏變化最明顯，質量 0.2g、0.3g 變化差不多（如圖十四～十七）。
- 3.船隻行駛過程一開始由於船隻尾端沙拉脫溶於水中，造成尾端水溶液的表面張力突降，形成船隻向前行駛的力量。由於速度過快導致沙拉脫的溶解量無法在行駛中快速的補給，加上水的阻力影響，行駛致 5~10cm 距離時速度即開始慢下來，當速度減緩一段時間後，沙拉脫的補給量再度提昇，此時船隻速度又開始遞增，如此快慢交替變化直到沙拉脫耗盡。
- 4.從力的觀點分析：船隻行駛前 0.5 秒約略為等加速度運動（ $a > 0$ ），顯示一開始船隻尾端水溶液的表面張力突降，形成船隻向前行駛的力量大於水所產生的阻力；中間 1~3 秒約略為等速度運動（ $a = 0$ ）合力為零，顯示此期間因水溶液表面張力降低所形成的力量約略等於水的阻力；3 秒後約略為等加速度運動（ $a < 0$ ），顯示後期沙拉脫將耗盡，主要受水的阻力作用。

捌、結論

- 一、沙拉脫清潔劑、肥皂、牙膏（黑人牌）可讓船隻快速穩定航行；甘油（丙三醇）、酒精航行較短暫、急速；椰子油、豬油初期緩慢穩定航行，但是後繼無力且在船隻尾部會出現陣陣彩色薄膜；食用醋僅讓船隻緩慢行駛即停止；液態蠟無法使船隻行駛。
- 二、添加劑可溶於水中時，減弱水分子與水分子之間的作用力，使內聚力變小，因而降低了表面張力，船隻前後表面張力不同時因而造成船隻的運動。
- 三、添加劑不溶於水中時，當添加劑表面張力小於水，則添加劑會在水面上自動散開成薄膜而推動船隻，不過速度卻是緩慢；當添加劑表面張力大於水，則添加劑會聚集成球狀，船隻將無法被推動。
- 四、V型的船型設計，行駛時橫向偏向角度小，穩定性較佳。細長船型的設計在航行時可得到較快的速度，但橫向偏向角度較大，穩定度較不足。
- 五、V型的船型在水深較淺時所行駛時間較短，船速較快；在水深較深時所行駛時間較長，船速較慢。但深淺行駛的偏向角度約略相等。
- 六、添加沙拉脫的船隻，行駛時的速度隨溫度的增加而減慢。
- 七、船身平滑無條紋，船隻行駛速度可以較快；船身粗糙多條紋，船隻行駛速度變得比較慢，有船身縱向條紋設計（和船行駛的方向平行），有降低船隻橫向的偏向。
- 八、使用滴定管測量水與空氣界面間的表面張力，必須在末端加裝設備，使出口管徑愈細、內外徑差越小，實驗上才會有更小的誤差。
- 九、水、沙拉脫水溶液的表面張力隨溫度的上升而降低。兩者表面張力的差距亦隨溫度的上升而降低。
- 十、添加沙拉脫於不同質量的船隻，在測試速度與距離的關係中均有快→慢→快→慢的變化。
- 十一、從力的觀點分析，添加沙拉脫的船隻行駛時主要區分成三個階段：第一階段約略為等加速度運動（ $a > 0$ ），第二階段約略為等速度運動（ $a = 0$ ）合力為零；第三階段約略為等加速度運動（ $a < 0$ ）。

玖、參考資料

- 一、南一版、國中自然與生活科技（四）、第五章第四節『常用的清潔劑』。
- 二、翰林版、國中自然與生活科技（二上）、第三章第二節『波的反射與折射』。
- 三、南一版、國中自然與生活科技（五）、第一章『直線運動』、第二章『力與運動』。
- 四、南一版、物質科學物理篇(二)、第十章『流體的性質』。
- 五、龍騰文化、物質科學物理篇(下)、第十章『流體的性質』。
- 六、王富銘。研究專題”兩不互溶液體界面表面張力的量測”。

<http://www.worldone.com.tw/bookmark/nature/16/images/16-02.pdf>

- 七、陳義男（95年8月）。船的形形色色。科學發展，404期 p4~p6

【評語】 031612 是誰讓我心“帆”——魔法船

能由觀察餵魚飼料在水面上的漂散，引發研究表面張力及其應用的探究活動。活動的設計宜與教材密切配合。圖表的應用亦可再加改進，避免以表格方式呈現大量的數據。