

肥皂船－表面張力的探討

邵國志

屏東縣里港國小教師

壹、前言

肥皂船是項非常有趣的科學小遊戲，藉由表面張力的應用，可以觀察肥皂船的速度快慢。但肥皂船的原理是什麼？又該如何測量溶液的表面張力？這一連串的問題一直困擾著我們。因此，本文主要是想瞭解肥皂船為什麼會航行及溶液表面張力的大小，並探討影響肥皂船航行快慢的因素。

貳、實驗動機

有一次，我帶了班上幾位小朋友參加科學育樂營，活動中有很多趣味的科學闖關遊戲，其中有一關的主題剛好是肥皂船，那裡的大專生先教導小朋友如何自己 DIY 這種科學遊戲，小朋友就自己做實驗，但很怪的是：將肥皂船放在水面上，船竟然會向前緩緩航行！為什麼會有這麼奇妙的現象呢？藉由這次活動，引發了小朋友對肥皂船的興趣，於是他們就來請教我，我說這是由於表面張力的關係，為了讓小朋友更加了解表面張力的原理，我就帶著他們做了一些實驗，期望能更進一步瞭解肥皂船的奧妙。

參、實驗目的與探討問題

我們主要是想瞭解肥皂船為什麼會航行前進及溶液的表面張力與影響航行快慢的因素，因此，探討問題如下：

- 一、肥皂船航行的原理為何？
- 二、純水、鹽水、糖水、沙拉油四種溶液的表面張力大小為何？

三、肥皂粉會降低液體的表面張力嗎？

四、食鹽水濃度對肥皂船的影響為何？

五、水的溫度對肥皂船的影響為何？

六、水量的多寡對肥皂船的影響為何？

七、液體的種類對肥皂船的影響為何？

肆、實驗設備器材

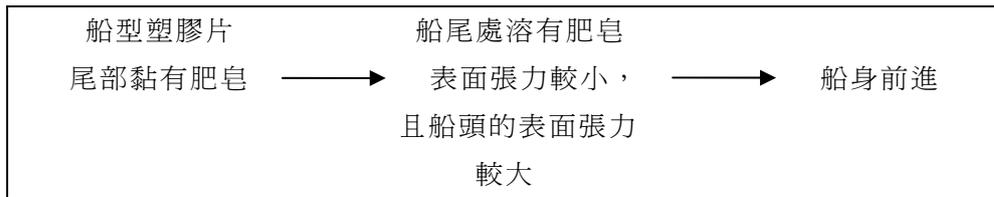
眼藥水瓶（8 個）、針筒、透明塑膠盒、塑膠薄卡片、油性筆、溫度計、大小燒杯、雙面膠、尺、電動天平（準確到 0.01）、食鹽、糖、剪刀或美工刀、碼錶、沙拉油、酒精燈、酒精、量筒、加熱器、玻棒、三腳架、石棉心網、肥皂、肥皂粉。

伍、實驗過程與結果

問題一：肥皂船航行的原理為何？

表面張力是一種物理效應，它使得液體的表面總是試圖獲得最小的、光滑的面積。在液體的內部，每個分子會受到周遭分子的吸引。但是在液體表層分子，外側接受不到其他分子的吸引力，因此表層分子能量較高。液體為了降低能量，儘量縮減表面積，爭取球面形狀，呈現出「表面張力」。表面張力只作用在液體表面，它還能使液體表面積縮至最小之趨勢。但是一旦灑上表面活性劑如肥皂水或洗衣粉後，表面張力會降低，液面支持的物體會突然下沉。

肥皂船利用的原理是因為水的表面有一種『表面張力』的拉力，這種拉力受很多因素的影響，會改變大小。船尾的肥皂溶於水，而水中溶了肥皂之後，它的表面張力就變小了。所以把肥皂船放在水面上，船頭部分的水有溶入肥皂，表面張力就比船尾大；也就是說，船頭所受的拉力比船尾大，於是船就向前走了。利用肥皂溶解，降低溶液的表面張力，因而受力不均，使船移動；以溶液的表面張力來比較肥皂船航行的快慢



(一) 製作肥皂船過程如下：



1. 在塑膠薄片上，畫一個小船的形狀。



2. 用剪刀將畫好的小船剪下來。



3. 於小船末端貼上固定之雙面膠。



4. 於雙面膠上黏上肥皂粉。



5. 放在靜水中。



6. 肥皂粉溶於水，水的表面張力改變，使船身往前航行。

(二) 製造軌道

- 1.取一透明塑膠盒，再以洗衣粉清洗乾淨。
- 2.在透明塑膠盒起始點作一記號，在距離五公分處再劃一刻度為截止線，如圖 1。
- 3.在軌道內倒入待測液。
- 4.在軌道起始點放入肥皂船，待其通過五公分之截止線，拿碼錶紀錄時間，如圖 2。
- 5.作三次實驗，取其平均值。



圖 1：起始點作一記號，再劃一刻度為截止線



圖 2：拿碼錶紀錄時間

問題二：純水、鹽水、糖水、沙拉油四種溶液的**表面張力大小**為何？

(一) 研究步驟

- 1.因為我們想研究肥皂船在這四種溶液中航行的快慢，所以先想辦法求他們的表面張力大小，我們想到表面張力愈大的液體一定愈能將溶體凝聚大最大最重才滴下來。因此我們以眼藥水瓶所滴下 50 滴的液重來比較四種溶液的**表面張力大小**。
- 2.當液滴重量大到受地心引力超過其表面張力時，液滴就會落下。
- 3.用針筒抽取各溶液，注入各眼藥水瓶中。
- 4.每種溶液各滴 50 滴於各燒杯中，再以電動天平稱重量。

5. 每種溶液各做三次再求取平均值。

(二) 結果：

液重 (g) 項目	溶液			
	純水	鹽水	糖水	沙拉油
第一次	2.07	2.18	2.17	1.38
第二次	2.05	2.25	2.12	1.47
第三次	2.06	2.31	2.18	1.48
平均	2.06	2.24	2.16	1.44

結果顯示，純水中溶入了糖或鹽後，表面張力變大；而沙拉油的表面張力為四種溶液中最小者。

問題三：肥皂粉會降低液體的表面張力嗎？

(一) 研究步驟

1. 取純水、鹽水、糖水、沙拉油各 50 公克，分別加入 1.5 公克的肥皂粉。
2. 其餘步驟同問題二的方法。

(二) 結果：

原表面張力 (g) 項目	溶液			
	純水	鹽水	糖水	沙拉油
	2.06	2.24	2.16	1.44
第一次	1.90	2.12	2.04	1.40
第二次	1.94	2.10	2.01	1.36
第三次	1.95	2.11	1.98	1.29
平均	1.93	2.11	2.01	1.35

結果顯示，肥皂粉溶入液體中會降低液體的表面張力。

問題四：食鹽水濃度對肥皂船的影響為何？

(一) 研究步驟

- 1.用天平量出 30g 的鹽。
- 2.把 1000mL 的水倒入軌道內。
- 3.把鹽放入軌道內，拿玻璃棒攪拌使鹽溶於水中。
- 4.把肥皂船（船身 3cm，船寬 1.5cm）放到軌道的起點線上。
- 5.拿碼錶測量肥皂船通過截止線的時間。
- 6.再分別量出 50g、70g、90g 的鹽，並重複步驟 1-5。

※每測過一次實驗，溶液就要更換以免影響實驗結果。

(二) 結果：

時間 (秒)	鹽重 (g)	30g	50g	70g	90g
項目					
第一次		24.35	21.88	12.12	5.65
第二次		49.53	11.09	11.21	9.12
第三次		24.91	6.47	10.75	9.28
平均		32.3	12.7	11	7.7

結果顯示，水中食鹽加的越多，肥皂船通過截止線的速度越快，也就是所花的時間越少。所以食鹽水濃度越高，肥皂船通過截止線的速度越快。

問題五：水的溫度對肥皂船的影響為何？

(一) 研究步驟

- 1.準備 400mL、10°C 的水。
- 2.將此溫度的水倒入軌道內。
- 3.把肥皂船（船身 3cm，船寬 1.5cm）放到軌道的起點線上。

4.拿碼錶測量肥皂船通過截止線的時間。

5.再分別倒入 20°C、40°C、60°C 的水，並重複步驟 1-4。

(二) 結果：

時間 (秒)	水溫 (°C)	10°C	20°C	40°C	60°C
項目					
第一次		6.27	12.38	21.02	24.15
第二次		7.58	11.18	18.52	26.54
第三次		7.43	12.44	18.36	28.36
平均		7.09	12	19.3	26.35

結果顯示，水的溫度越高，肥皂船通過截止線的速度越慢，也就是所花的時間越多。所以水溫越高，水的表面張力越小，肥皂船的速度越慢。

問題六：水量的多寡對肥皂船的影響為何？

(一) 研究步驟

1.把 400mL 的水倒入軌道內。

2.把肥皂船（船身 3cm，船寬 1.5cm）放到軌道的起點線上。

3.拿碼錶測量肥皂船通過截止線的時間。

4.再分別倒入 600mL、800mL、1000mL 的水，並重複步驟 1-3。

(二) 結果：

時間 (秒)	水量 (ml)	400mL	600mL	800mL	1000mL
項目					
第一次		1.72	6.22	1.54	11.66
第二次		5.25	14.06	10.84	1.38
第三次		3.03	13.72	6.00	5.07
平均		3	11.3	6.7	5.4

結果顯示，水量的多寡對肥皂船航行的快慢並不會影響。

問題七：液體的種類對肥皂船的影響為何？

(一) 研究步驟

- 1.準備 200mL 的水。
- 2.將水倒入軌道內。
- 3.把肥皂船（船身 3cm，船寬 1.5cm）放到軌道的起點線上。
- 4.拿碼錶測量肥皂船通過截止線的時間。
- 5.再分別倒入 200mL 的食鹽水（10%）、200mL 的糖水（10%）、200mL 的沙拉油，並重複步驟 1-4。

(二) 結果：

時間 (秒)	溶液	純水	鹽水	糖水	沙拉油
項目					
第一次		11.20	8.09	10.53	14.32
第二次		10.38	11.59	12.94	16.12
第三次		12.10	9.82	9.34	15.48
平均		11.22	9.4	10.4	15.31

結果顯示，肥皂船在食鹽水中通過截止線的速度最快，而在沙拉油中最慢，肥皂船在四種溶液中，速度快慢為食鹽水>糖水>水>沙拉油。

陸、討論

- 一、液滴的重量可用來測量它表面張力的大小，但考慮到真正使液體往下滴的力量是液滴的重量，所以用測重量的方式。但實驗時要注意讓滴瓶垂直倒立，且擠壓滴瓶時手只能適度用力，讓液體在瓶口凝聚成最大滴時自然落下，這樣能減少誤差。

- 二、肥皂粉會降低液體表面張力的特性，推測可能和它之所以被拿來做清潔用途的功用有關，不過這點還有待以後深入研究，才能了解清楚。
- 三、溶液的濃度會影響到液體表面張力大小。所以食鹽水的表面張力隨其濃度升高而增大，至其飽和溶液時表面張力為最大；因此肥皂船在 30g 的食鹽中，因為食鹽水濃度最低，所以肥皂船航行速度慢，而以 90g 的食鹽中，肥皂船航行的速度較快。
- 四、表面張力的大小會因為水溫的不同而改變，水的表面張力均隨溫度的升高而減小；所以肥皂船在溫度越高的水中，航行速度越慢。
- 五、在不同水量的實驗中，顯示水量多寡並不會影響肥皂船航行速度。溶液的表面張力會隨著溶質的特性及濃度而變，也就是說溶液種類不同，也是影響表面張力的主要因素，有些溶質濃度增加時，溶液的表面張力減小，例如：清潔劑（肥皂）溶於水；反之，有些溶質濃度增加使得溶液表面張力增加，例如：水中加入食鹽。以上證明，溶液種類會影響表面張力。

柒、結論

- 一、純水中溶入了糖或鹽後，表面張力變大；而沙拉油的表面張力為四種溶液中最小者。
- 二、肥皂粉溶入液體中會降低液體的表面張力。
- 三、食鹽水濃度越高，則肥皂船速度越快。
- 四、水的溫度越高，則肥皂船航行速度越慢。
- 五、水量的多寡不會影響肥皂船的航行快慢。
- 六、液體的種類會影響肥皂船航行的快慢。

藉由此實驗，希望能提供老師教學上的使用及提升同學對自然的學習動機，本實驗也可以作為未來自然教學上加深加廣的參考。

參考文獻

林佳蓉（1999）。**365 個簡單有趣的科學遊戲**。方智出版社。

南師自然教育學系（2000）。**自然科學實驗**。出版社：高雄復文。

吳文政（2001）。**流體力學**。一流出版社。

王雲五主編（2002）。**肥皂泡的成因**。商務印刷廠。