

屏東縣第 66 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：泡沫黑洞之泡沫張力研究

關 鍵 詞：界面活性劑、表面張力、薄膜干涉

編號：B3008

目錄

摘要-----	p.2
壹、前言-----	p.2
貳、研究設備及器材-----	p.5
參、研究過程與方法-----	p.6
肆、研究結果-----	p.14
伍、討論-----	p.17
陸、結論-----	p.19
柒、參考資料和其他-----	p.22

摘要

在我們所研究的六種市售界面活性劑中，以洗衣精的表現最好，洗衣粉的表現最差。由實驗的數據大致可以分出二大類，泡沫支撐時間長：洗衣精、洗碗精，液態肥皂，另一類泡沫支撐時間較短：洗髮精、沐浴乳，洗衣粉。

泡沫液的添加劑比例，水：清潔劑：膠水：甘油的比例中，以比例為 40：20：10：10(或 11)表現最好。在水：清潔劑：膠水：蔗糖的比例中，比例為 40：20：10：11(或 12)表現最好。

壹、前言

一、研究動機：

一開始，我們只是好奇想製作大泡沫，然後可以將人完全壟罩的大泡沫。可是在搜尋資料時，發現泡沫是屬於作用在液體表面，使表面積縮小的一層水膜，而使這層水膜縮小的力量，稱為「表面張力」。

泡沫水中的「表面活性劑」能降低「表面張力」，而製造泡沫又需要清潔劑來當主要原料。所以我們就很好奇。這個泡沫的「表面張力」到底有多大的力量？又如何受的「表面活性劑」等多種成分的影響呢？

二、研究目的：

(一)、研究市面上不同種類的界面活性劑，對泡沫張力的影響。

我們研究的種類有：沐浴乳、洗髮精、洗衣精、肥皂、洗碗精、洗衣粉。

(二)、研究不同的添加劑的比例，對泡沫張力的影響。

在泡沫溶液中，添加劑的種類有：甘油、蔗糖和不添加，對泡沫張力的影響。

三、文獻回顧：

要製造出不易破的泡泡，可以在水和洗碗精等材料中，加入能增加水膜韌性與濕潤度的成分，例如膠水、甘油、蔗糖。一般建議使用「水 4：界面活性劑 2：膠水 1」的比例進行調製，並加入蔗糖或甘油來增強泡泡的持久度，使其不容易乾裂或破裂。

(一)、表面張力：

泡泡之所以會形成，是因為水的表面張力會使液體表面盡量趨向最小面積，形成球狀的薄膜。

(二)、界面活性劑：

洗衣精、肥皂、洗碗精中的界面活性劑能降低水的表面張力，更容易形成泡泡。

(三)、膠水：

可增加泡泡水的延展性，強化泡泡膜的韌性，使其不容易因為接觸到小雜質而破掉。

(四)、甘油：

作為保濕劑，甘油能從周圍環境吸收水分，防止泡泡膜因水分蒸發而變乾、變脆，延長泡泡的壽命。

(五)、糖：

加入糖能增加泡泡的韌性，讓泡泡不易破裂，同時也能讓泡泡顏色更漂亮。

※ 我們在泡沫的基本比例下，再增加蔗糖和甘油的比例。然後研究添加多少的蔗糖和甘油的比例，能讓泡沫的張力達到最大。

(六)、表面張力的原理：

「泡沫張力」通常是指與泡沫相關的表面張力，指的是氣泡周圍的液膜所受到的張力，是液體表面分子間吸引力所致，並受到界面活性劑影響，表面活性劑能夠降低液體的表面張力，在氣液界面形成穩定薄膜，進而形成並穩定泡沫，但過強或過弱的表面張力都可能導致泡沫破裂。

1. 分子間作用力：

液體表面處的分子，其向四周的吸引力不均勻，向下的吸引力大於向上的吸引力，就像拉緊的彈性膜，產生了向內收縮的張力。

2. 表面活性劑的作用：

加入表面活性劑後，它們會聚集在液體表面，其疏水端伸向空氣、親水端留在水中，在氣液界面形成一層穩定的「雙層磚牆」，降低了液體的表面張力，更容易在液體中形成氣泡並穩定泡沫。

※ 我們在泡沫的基本比例下，將界面活性劑的種類做改變。然後研究市售的各種清潔用品，哪一種的泡沫張力最大。

(七)、薄膜干涉：

肥皂泡沫的色彩來自於「**薄膜干涉**」現象，是光線照射到肥皂薄膜上下表面反射後相互干涉所致，不同厚度的薄膜會反射出不同顏色的光，例如較厚的呈現紅綠色，較薄則轉為黃藍色，最後變得黯淡無光時，表示薄膜極薄且即將破裂。這個原理類似於水面上的油膜彩虹色，顏色隨厚度變化而呈現彩虹般的斑斕色彩。

※ 我們的研究方式是將泡沫直立起來，然後測量泡沫將棉繩復原的張力。所以直立的泡沫是否會影響泡沫張力，也是我們要注意的變因之一。所以我們也將其列入研究的一部分。

(八)、國二自然課本，第四冊 5-2 的清潔劑；高一基礎化學課本，4-3 界面活性劑。都幫我們了解界面活性劑的最基礎原理。如下圖 01 所示。

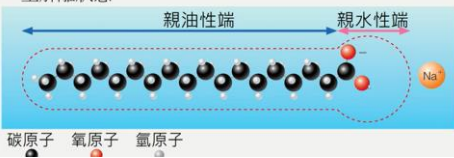
肥皂的去汙原理 組成肥皂的分子： 一端是親油性端，另一端是親水性端，溶入水中後會呈解離狀態。  碳原子 氧原子 氫原子	重點二 合成清潔劑 1. 結構：與天然肥皂類似，將親水端的羧酸根 ($-\text{COO}^-$) 改為磺酸根 ($-\text{SO}_3^-$) 或苯磺酸根等結構，可避免在含有大量鈣離子與鎂離子的水中發生沉澱，維持良好的洗滌效果。一般可分為長鏈烷基硫酸鈉 (ROSO_3Na^+) 和長鏈烷基苯磺酸鈉 ($\text{R}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3\text{Na}$，其中 $\text{R} = \text{C}_9\text{H}_{19} \sim \text{C}_{15}\text{H}_{31}$)，在水中皆呈中性。
---	---

圖 01 為國中、高中課本的部分內容

(七)、在吳姿芳 論文：**水溶性高分子對泡沫安定性之影響**中，驗結果顯示，離子型的界面活性劑起泡力及安定性都比非離子型好。而增稠劑的粘度增加未必就使泡沫更安定，這與界面活性劑及高分子增稠劑間的電荷有關。

(八)、水之所以形成泡泡，其中的「**表面活性劑**」居功至偉。表面活性劑是一類結構特別分子，分子一端喜歡水（稱為「親水端」），另一端喜歡空氣（叫做「疏水端」）。當我們吹出一個泡泡，構成泡泡的水膜就形成了兩個表面，外面與大氣相連，而裡面則與泡泡內的空氣相接。水中的表面活性劑會很快地跑到空氣和水的表面上，親水端呆在水中，疏水端伸到空氣裡。在兩個表面上各自堆積了一層表面活性劑，就像兩層磚牆一樣。「磚牆」的中間，就是一層水。一個泡泡，就是由表面活性劑組成的雙層「磚牆」夾著一層水組成。

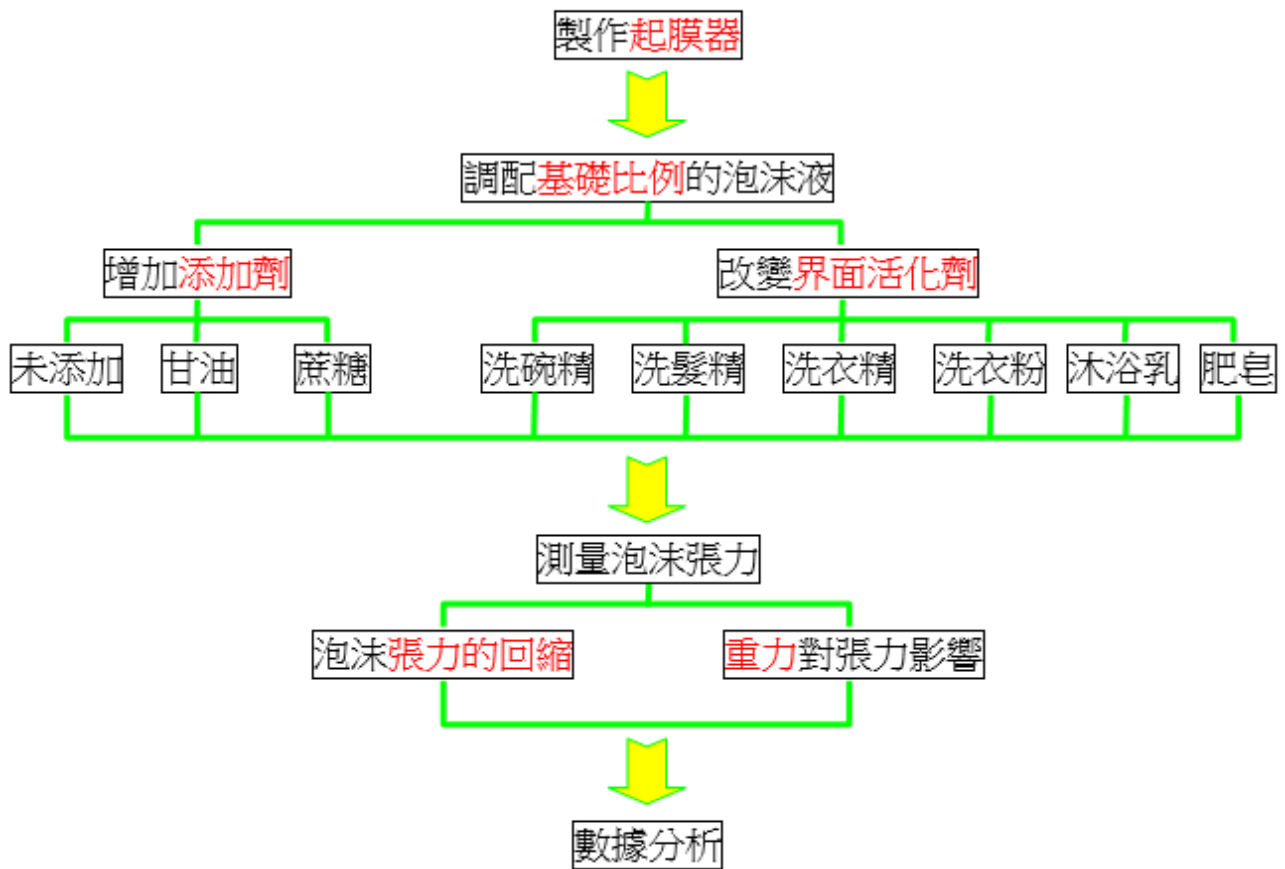
※ 藉由對課本基礎知識的認知，同時對學術論文的深入了解，讓我們更了解泡沫張力的化學作用。

貳、研究設備及器材

			
沐浴乳	洗髮精	洗衣精	液態肥皂
			
甘油	膠水	洗碗精	洗衣粉
			
泡沫支架(一)	支架工具(二)	棉線	毛根
			
木棒	鋸子	熱熔槍	手縫線
			
螺絲釘、鋼釘	尼龍線	蔗糖	電子秤

參、研究過程與方法

一、實驗架構：



二、實驗步驟：

(一)、設計「起膜器」，如下圖 02 所示。

1. 使用木棒固定出一個框架，在木棒框架的底部再做出一個平面底座。
2. 在框架內的兩側，用棉線各拉出兩條繃緊的棉線。
3. 在兩條棉線之間，再橫跨一條毛根，用毛根內的細鐵絲勾住棉線即可，如此，毛根即可上下活動。
4. 在兩條棉線之間，偏下端 $\frac{1}{3}$ 的位置，再橫跨二條尼龍繩。二條尼龍繩之間的縫隙，就是為了讓手拉線待會可以從中間穿過，然後可以用手將手縫線向下拉。

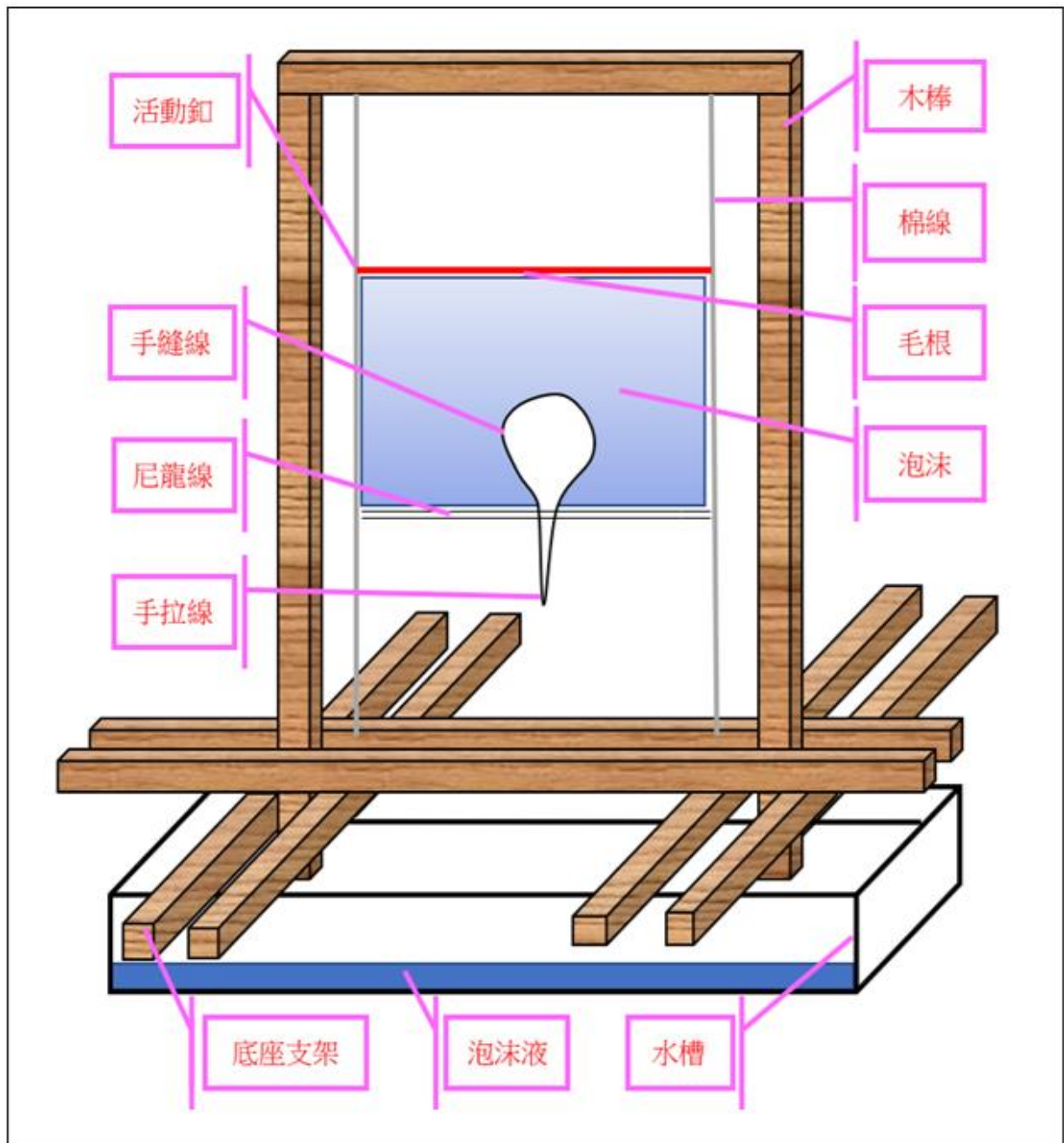


圖 02 為「起膜器」的設計圖

(二)、「起膜器」的改良版。因為原先設計的「起膜器」有諸多缺陷，所以我們又設計出改良版。如下圖 03 所示。

1. 去除底座支架，改為平底的底座。而且只突出一側，另一側則是無突出的。方便將整個「起膜器」泡入泡沫液中。
2. 毛根雖然還是可以調整上下，但是我們改為一開始就調整好毛根，將毛根的位置固定。若是改變泡沫溶液時，溶液較不易形成泡沫時，我們在調低毛根位置，使泡沫面積變小，較為容易形成泡沫。
3. 下方燒杯中的泡沫液，可以隨時用手沾溼，然後將泡沫液潤濕上方的毛根，使泡沫行程時間拉長。

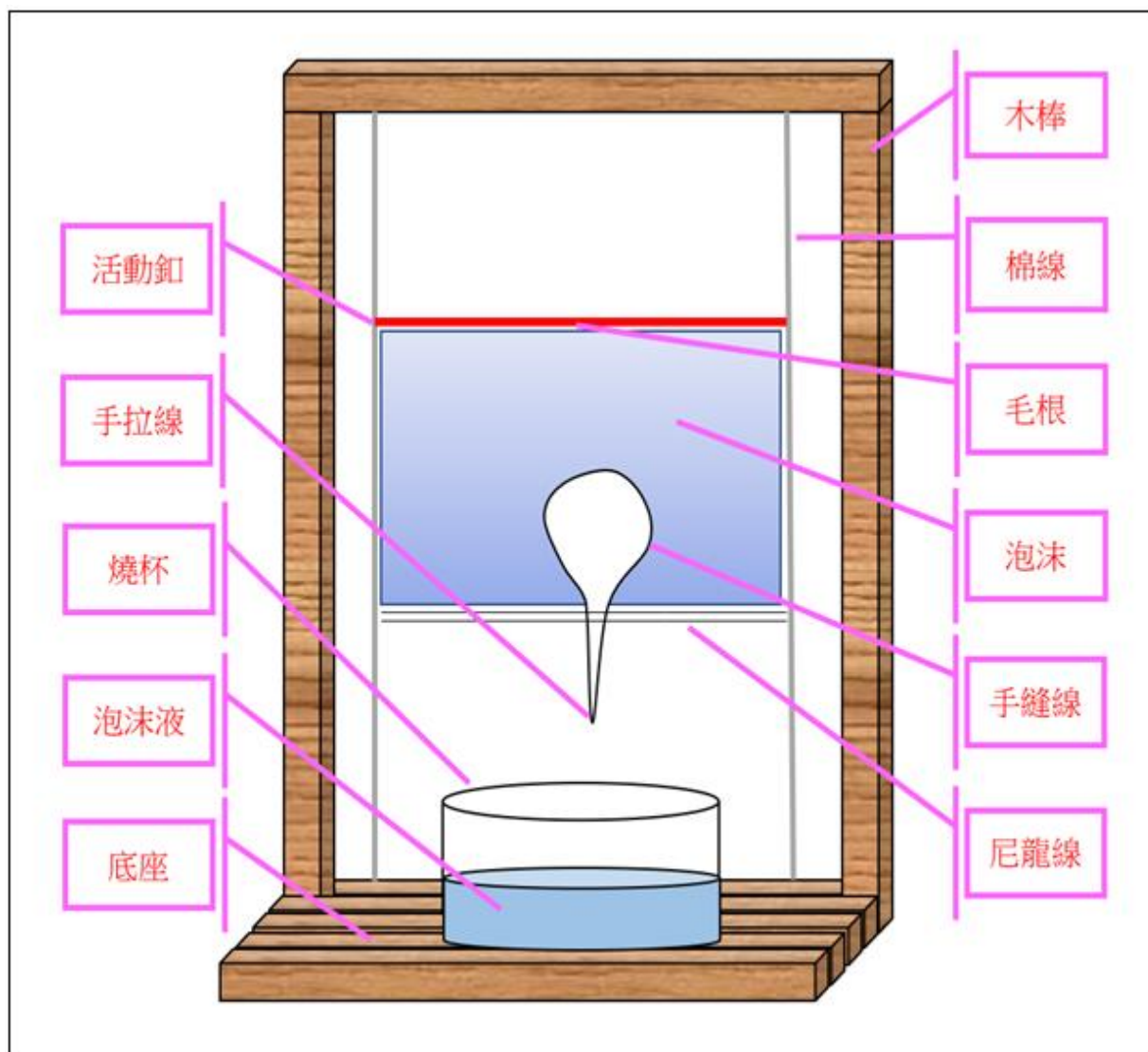


圖 03 為改良「起膜器」和操作方式

2. 改良版的「起膜器」**操作**，如下圖 04 所示：

- (1) 先將泡沫液調配好，然後倒入在大水槽之中。
- (2) 將毛根調到是當位置(約接近上方 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ 左右)。
- (3) 將整個「起膜器」平放泡在泡沫液之中，然後用手輕輕拍一拍毛根和尼龍繩之間的泡沫液。讓毛根和尼龍繩之間有液體或泡沫浸泡。



圖 04 為改良版的「起膜器」操作

- (4) 輕輕抬起「起膜器」，然後慢慢轉成直立，放置在大水槽內。

(三)、泡沫表面**張力線圈**的製作與操作，步驟如下圖 05 所示：

1. 將泡沫液的泡沫形成在「起膜器」內。
2. 將手縫線連成一個線圈，然後將她丟在泡沫膜上。
3. 拿起旁邊的長竹籤，其尖端沾有一點油汙，然後刺向手縫線的內圈。因為泡沫表面張力的關係，手縫線的線圈會被撐開。

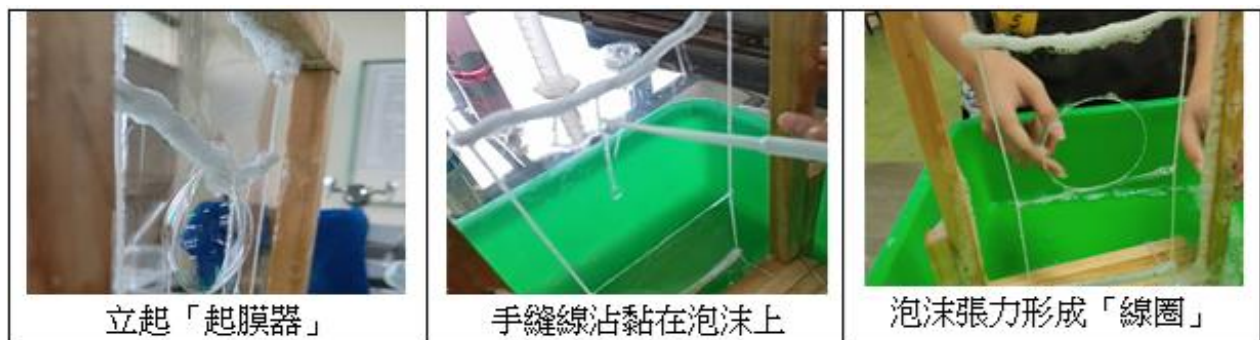


圖 05 為泡沫表面張力線圈的製作

(四)、泡沫表面張力的測試，步驟如下圖 06 所示。

1. 將形成線圈的手縫線，穿過下端的兩條尼龍線之間的縫隙。
2. 將穿過尼龍線縫隙的線圈向下拉到定位。
3. 線圈在放手之後，測量線圈是否被拉回。

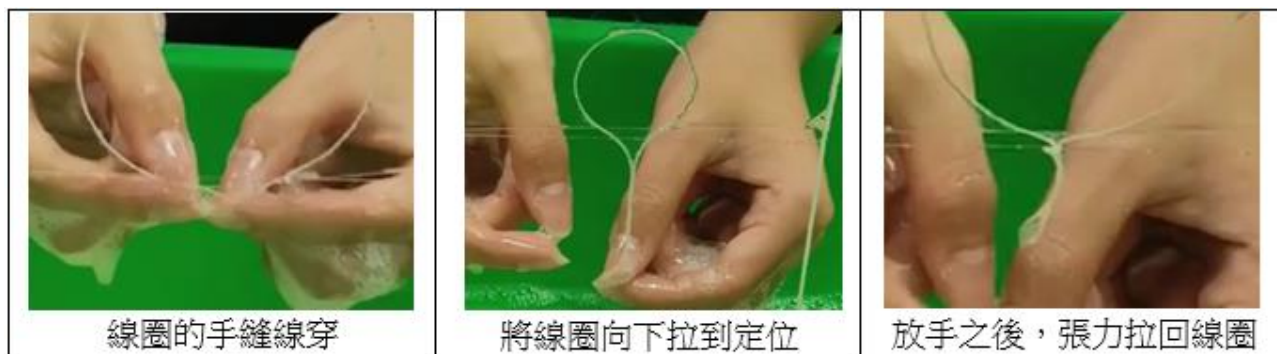


圖 06 為泡沫張力的測試

(五)、泡沫表面張力的測試項目，如下圖 07 所示。

1. 將毛根拉到不同的高度，測量泡沫膜是否可以穩定的形成：然後以泡沫膜可以形成的**最大面積**為基準，來比較表面張力的大小。
2. 泡沫穩定形成的時間測量：然後以泡沫膜從形成到破滅所花的**時間**為基準，來比較表面張力的大小。
3. 表面張力對收縫線圈的**縮放比**拉力測量。操作方式為：將手縫線線圈下拉，在放手之後，線圈被泡沫張力拉回。然後一直測量到線圈下拉到足夠小，導致泡沫張力無法拉回線圈。測量手縫線原來線圈直徑和最後無法拉回的直徑比，以此直徑的變化來代表**圓周長的縮放比**，來比較表面張力的大小。



圖 07 為泡沫張力的測試

(六)、在形成泡沫的成分中，我們將界面活性劑，改成各種市面上各種販售的商品，然後測量哪一種商品的張力最大，可以讓棉線繩恢復的張力最大。

1. 調配泡沫基礎比例，分別是【水：界面活性劑：膠水＝4：2：1】。然後將界面活性劑改為以下各種不同類型的成分。如下圖 08 所示。
2. 我們所採用的界面活性劑有沐浴乳、洗髮精、洗衣精、液態肥皂、洗碗精、洗衣粉 等六種。



圖 08 為泡沫液的調配

3. 調配泡沫液的順序為：先用量筒量取 1 份的膠水倒入燒杯中，再用同一個量筒量取 2 份的清潔劑倒入燒杯中，最後再用同一個量筒量取 4 份的水，倒入燒杯中，同時將量筒中剩餘的清潔劑沖洗出來。如下圖 09 所示。

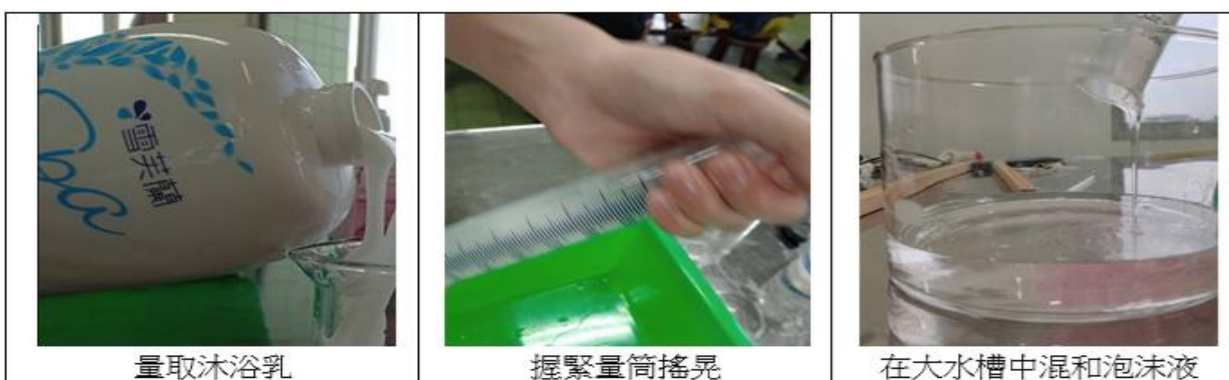


圖 09 為泡沫液的混合

(七)、加入不同種類的界面活性劑，其泡沫液的泡沫張力測量。如下圖 10 所示。

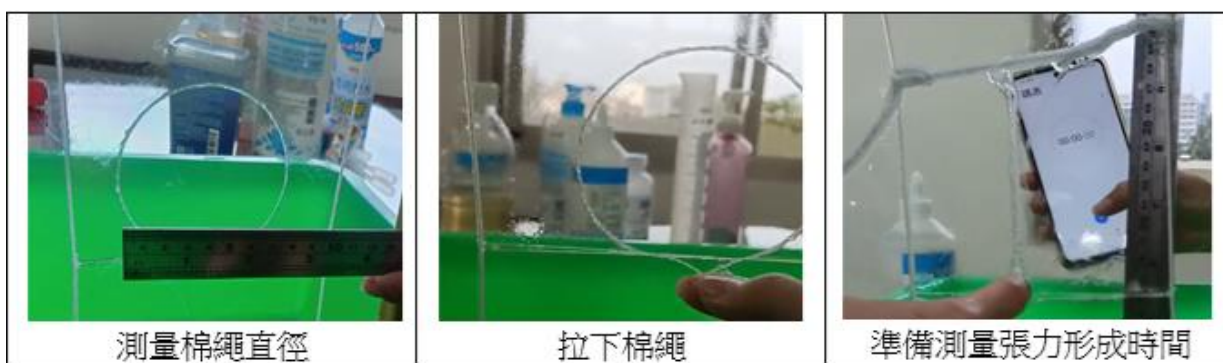


圖 10 為不同種類清潔劑的泡沫液張力測量

(八)、增加**添加劑：甘油**。

1. 添加不同劑量(**體積**)的甘油：在泡沫液的基本【水：界面活性劑：膠水＝4：2：1】比例下，分別添加不同劑量的甘油。
2. 添加比例如下表 11 所示。

項目	水(ml)	界面活性劑(ml)	膠水(ml)	甘油(ml)
實驗 01	400	200	100	80
實驗 02	400	200	100	90
實驗 03	400	200	100	100
實驗 04	400	200	100	110
實驗 05	400	200	100	120
實驗 06	400	200	100	130

表 11 為添加劑(甘油)的比例

3. 我們將界面活性劑**固定**為洗衣精，然後在添加**不同劑量的甘油**之下，實驗研究棉線繩在固定 **10 公分**的直徑之下，直徑最大的縮小為多少公分之後，還能因為泡沫張力而使棉線繩復原成原來大小。如下圖 12 所示。



圖 12 為棉線繩的下拉和復原測量棉線繩的直徑變化

(九)、增加**添加劑：蔗糖**。

1. 添加不同劑量(**重量**)的蔗糖：在泡沫液的基本【水：界面活性劑：膠水=4：2：1】比例下，分別添加不同劑量的蔗糖。
2. 添加比例如下表 13 所示。

項目	水(ml)	界面活性劑(ml)	膠水(ml)	蔗糖(g)
實驗 01	400	200	100	80
實驗 02	400	200	100	90
實驗 03	400	200	100	100
實驗 04	400	200	100	110
實驗 05	400	200	100	120
實驗 06	400	200	100	130

表 13 為添加劑(甘油)的比例

3. 我們將界面活性劑**固定**為洗衣精，然後在添加**不同劑量的蔗糖**之下，實驗研究棉線繩在固定 **10 公分**的直徑之下，直徑最大的縮小為多少公分之後，還能因為泡沫張力而使棉線繩復原成原來大小。如下圖 14 所示。

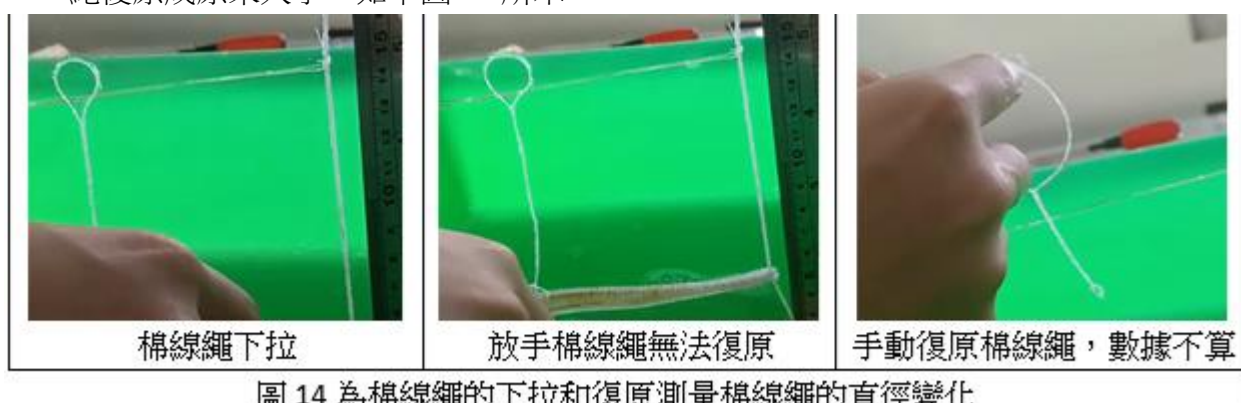


圖 14 為棉線繩的下拉和復原測量棉線繩的直徑變化

(十)、下圖為添加不同比例添加劑時的實驗操作。如下圖 13 所示。

1. 為使用量筒，量取實驗所需劑量的甘油。
2. 為使用天平，量取實驗所需劑量的蔗糖。
3. 在起膜器上，泡沫形成時間的測量。

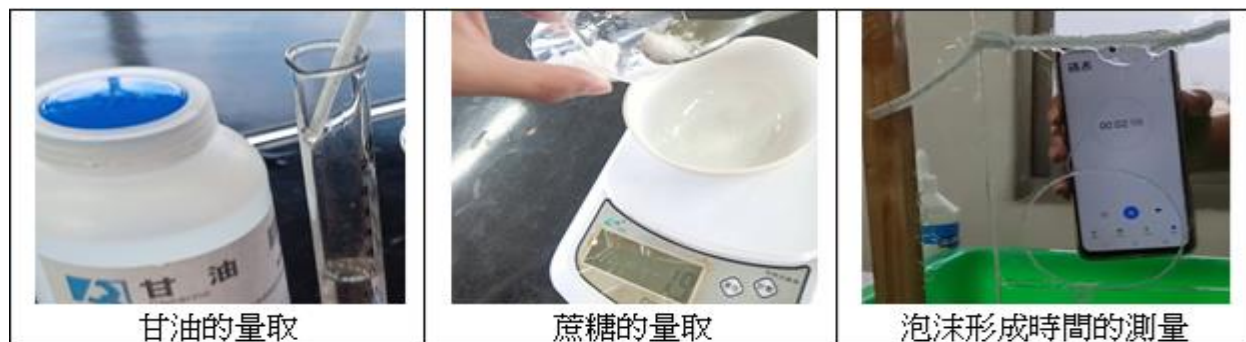


圖 13 為添加不同劑量的甘油或蔗糖時，泡沫形成時間的測量

肆、研究結果

一、調整毛根的高度，依照泡沫膜的成功率，我們得到以下的研究結果：如下圖 14-1、表 14-2、表 14-2 所示。



圖 14-1 為調整毛根的高度測量泡沫支撐的時間

	A	B	C	D	E	F	G
1	項目	10公分	14公分	18公分	22公分	26公分	30公分
2	沐浴乳	秒	秒	秒	秒	秒	秒
3	實驗01	15	15	14	13	10	8
4	實驗02	14	14	15	14	10	9
5	實驗03	16	15	13	15	12	7
6	實驗04	20	16	12	13	13	8
7	實驗05	15	17	15	15	11	5
8	平均值	16	15.4	13.8	14	11.2	7.4
9	洗髮精	秒	秒	秒	秒	秒	秒
10	實驗01	22	22	20	19	17	15
11	實驗02	23	21	22	20	19	18
12	實驗03	24	22	23	19	20	19
13	實驗04	26	15	24	16	18	16
14	實驗05	21	24	21	22	19	20
15	平均值	23.2	20.8	22	19.2	18.6	17.6
16	洗衣精	秒	秒	秒	秒	秒	秒
17	實驗01	40	40	41	39	40	42
18	實驗02	23	40	38	38	42	45
19	實驗03	34	38	39	37	34	30
20	實驗04	46	44	45	41	39	40
21	實驗05	38	46	39	38	37	34
22	平均值	36.2	41.6	40.4	38.6	38.4	38.2

表 14-2 為沐浴乳、洗髮精、洗衣精泡沫支撐秒數

	A	B	C	D	E	F	G
23	項目	10公分	14公分	18公分	22公分	26公分	30公分
24	液態肥皂	秒	秒	秒	秒	秒	秒
25	實驗01	33	33	34	32	30	29
26	實驗02	34	35	36	34	31	30
27	實驗03	34	39	34	25	26	30
28	實驗04	38	38	39	34	34	29
29	實驗05	31	38	39	37	29	28
30	平均值	34	36.6	36.4	32.4	30	29.2
31	洗碗精	秒	秒	秒	秒	秒	秒
32	實驗01	34	40	41	42	39	35
33	實驗02	38	42	39	27	24	32
34	實驗03	37	34	35	40	26	30
35	實驗04	36	42	43	33	31	30
36	實驗05	31	44	35	33	33	34
37	平均值	35.2	40.4	38.6	35	30.6	32.2
38	洗衣粉	秒	秒	秒	秒	秒	秒
39	實驗01	16	15	16	14	9	9
40	實驗02	16	15	15	9	9	7
41	實驗03	14	14	16	9	8	5
42	實驗04	13	13	10	8	8	8
43	實驗05	15	12	11	10	7	6
44	平均值	14.8	13.8	13.6	10	8.2	7

表 14-3 為液態肥皂、洗碗精、洗衣粉泡沫支撐秒數

二、添加不同劑量(體積)的甘油：在泡沫液的基本【水：界面活性劑：膠水＝4：2：1】比例下，分別添加不同劑量的甘油。棉線繩直徑的變化數據折線圖，如下表 15 所示。

	A	B	C	D
1	添加甘油(ml)	起始直徑(cm)	最小直徑(cm)	直徑變化量(cm)
2	80	10	4.5	5.5
3	90	10	4	6
4	100	10	3.5	6.5
5	110	10	3.5	6.5
6	120	10	4.5	5.5
7	130	10	4.5	5.5

表 15 為添加不同劑量的甘油，棉線繩直徑的變化數據折線圖

三、添加不同劑量(重量)的蔗糖：在泡沫液的基本【水：界面活性劑：膠水＝4：2：1】比例下，分別添加不同劑量的蔗糖。棉線繩直徑的變化數據折線圖，如下表 16 所示。

	A	B	C	D
1	添加蔗糖(g)	起始直徑(cm)	最小直徑(cm)	直徑變化量(cm)
2	80	10	3.5	6.5
3	90	10	4	6
4	100	10	3	7
5	110	10	2.5	7.5
6	120	10	2.5	7.5
7	130	10	3.5	6.5

表 16 為添加不同劑量的蔗糖，棉線繩直徑的變化數據折線圖

伍、討論

一、研究限制：

(一)、要讓一大片泡沫穩定在一個支架上，我們可是整整花了將近二個月的時間。我們原定的設計是設計一個垂直支架，然後將棉線浸滿泡沫水，之後再將棉線向上拉升，如此就可以將一面泡沫向上延伸出來(如下圖 17)。可是一直很難拉出一片泡沫，即使拉出泡沫，也很難穩定後續的實驗，因為泡沫很容易破掉。所以，我們必須再從新設計支架了。

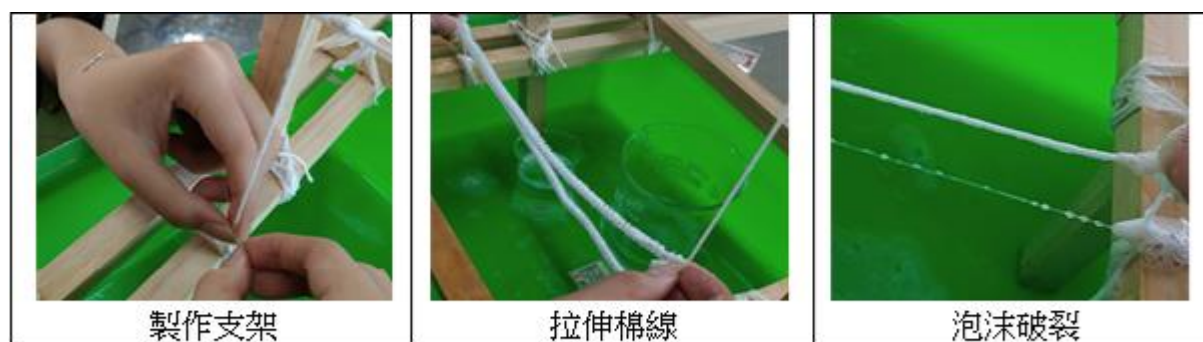


圖 17 最初支架拉伸泡沫

(二)、在做泡沫液混合時，因為清潔劑、甘油、膠水均具有黏性。所以在量筒中，多少都會殘留一些在量筒內。理論上，我們必須將所有的殘留液都刮下來，但實際上還是會有一定量的殘留。而且，若要利用重力讓它滴落，所增加的時間會很長。所以在我們討論之後，決定以下一個較可行的方式，哪就是將泡沫液的混合方式固定。如下圖 18 所示。

1. 首先，用量筒量取所需的膠水的劑量。當然要盡可能的膠水倒入大水槽中。
2. 其次，再量取添加劑的劑量。如果是甘油，則用同一支量筒量取甘油，順便將剛剛的膠水沖洗到大水槽中。因為甘油的沾粘性較膠水弱一些，所以殘留在量筒內的殘留液會較少一些。若添加劑為蔗糖，則在電子秤量取重量之後，直接放入大水槽之中。
3. 第三，用同一支量筒，量取界面活性劑的劑量。
4. 最後，再用同一支量筒，量取水的劑量。因為水的黏著性最弱，而且水的劑量最多。如此，就可以用這些劑量的水，將量筒中的殘留液完全的沖洗下來。
5. 以上的操作步驟，雖然會造成一定量的劑量誤差，但這誤差的存在，本來就必然的。而我們這樣的順序操作，卻可以減少劑量的損耗。為了增加安全性，我們選用塑膠量筒。



圖 18 為添加劑的量取混合

二、討論：

(一)、在最初的二個月，一直在討論，如何做出一片穩定的泡沫。

1. 棉線要繃緊，這樣泡沫片才不會因為棉線的搖動而滅。可以棉線繃得太緊，在拉伸棉線時，棉線會因為摩擦而震動而使泡沫又破滅了。
2. 緩慢的拉伸棉線，泡沫片就容易拉伸出來。但是時間又耽擱太久，水分不足之後，泡沫又破滅了。
3. 將拉伸的棉線，改為毛根線。這樣可以吸收更多的泡沫液，而且毛根是細鐵絲構成，只要輕輕溝住側邊綿線即可。如此就可以克服以上二個主要缺點，我們終於可以做出完整的一片泡沫了。
4. 做出一片完整泡沫之後，後續測量泡沫張力的實驗，泡沫破滅的次數還是很高。所以我們必須在討論出一種更完美的支架。
5. 最後，我們討論出一個完美的支架。不是拉伸泡沫，而是將整個支架直接放入泡沫液中，然後在將支架由泡沫液拿出來。如此就可以快速完成一大片泡沫，後續的張力實驗，又可以有足夠的時間完成(如下圖 19 所示)。唯一缺點就是一次實驗，須大量的泡沫液。



圖 19 新支架所完成的泡沫

(二)、在增加添加劑的實驗中，我們所添加的有甘油和蔗糖。因為是依照基本比例【水：界面活性劑：膠水＝4：2：1】來添加。所以經過討論之後，我們在這一項實驗中，作了以下幾項基本決定。

1. 界面活性劑的使用量大，所以固定為「**洗衣精**」，主要是因為洗衣精的量又便宜。
2. 量取「甘油」時，使用量筒來量取**體積比**。取「蔗糖」時，使用電子秤來量取**重量比**。因為水為最大的劑量，而水的重量和水的體積，純量是一樣的(水的密度為 1g/cm^3)。
3. 在泡沫液成分的混合順序中，我們經過討論之後，決定的順序為：添加劑→膠水→界面活性劑→水。水的順序為最後的原因，是因為它可以將黏著在量筒其他成分，最後一起沖洗下去。

(三)、因為添加甘油和蔗糖的實驗，**有效數據**不容易收集。所以我們只能每個劑量收集成功的那一次的數據。不像泡沫支撐的實驗，只要測量時間那麼簡單，可以收集大量數據後求平均值。

陸、結論

一、**第一代**的「起膜器」缺點如下。

- (一)、一開始向上拉動毛根，泡沫就容易破。如此，若是界面活性劑是屬於**表面張力較弱**的，那就更難測得張力的數據了，因為一拉就破。
- (二)、若是緩慢地拉動毛根，而泡沫完整也沒有破。但**時間會花費較久**，等裝上手縫線，手縫線穿過尼龍繩之縫隙後，要拉手縫線測試張力時，因為上方的泡沫液已經存在不多。導致泡沫膜又容易破。
- (三)、經果我們三人，共二節課的時間，嘗試了約三十次，成功次數也只有 5 次，成功率實在太低了。

二、**第二代**的「起膜器」完全克服了第一代的「起膜器」缺點。優點如下：

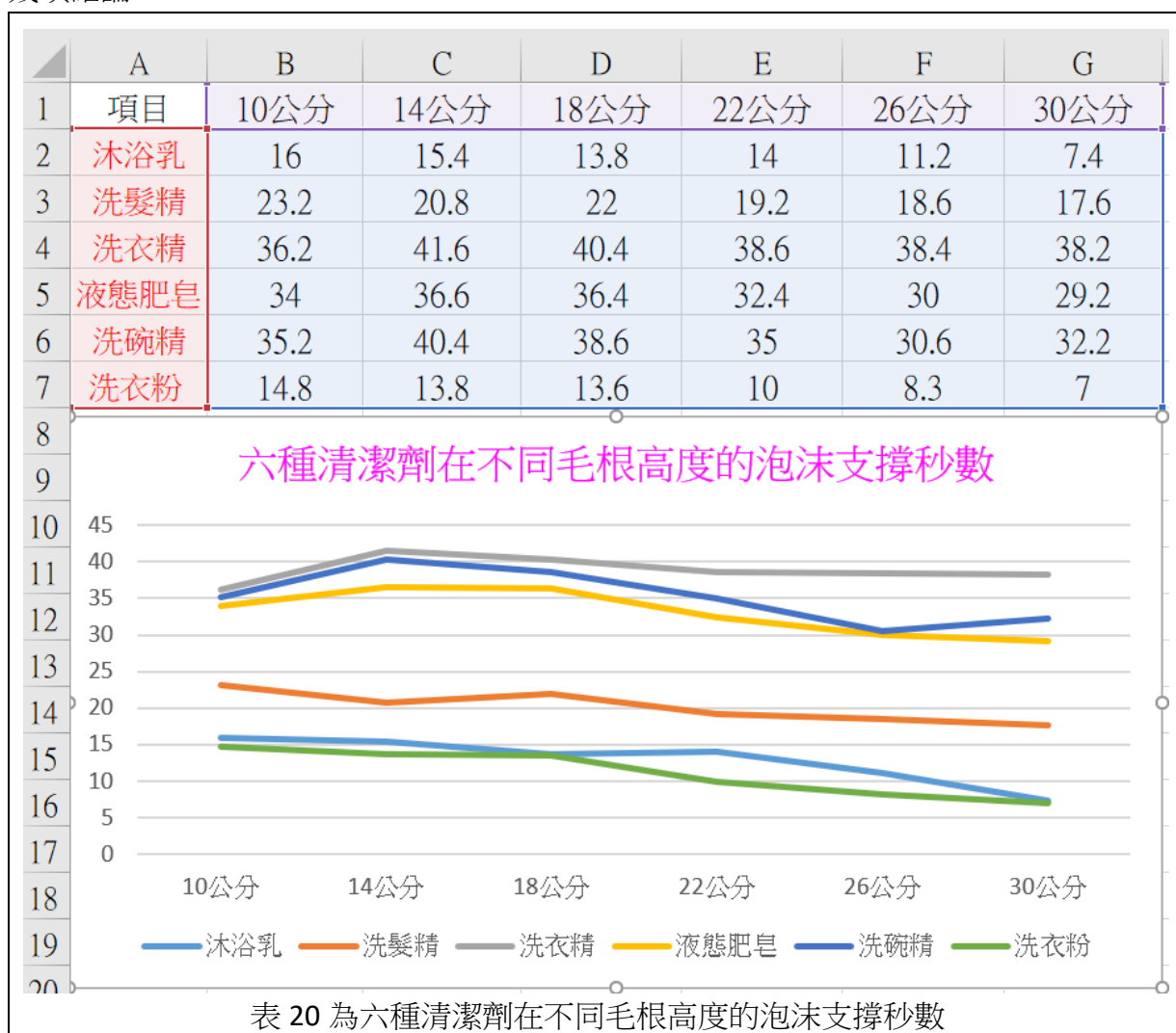
- (一)、操作更方便，節省超多時間。
- (二)、成功率極高，**起膜**成功率幾乎接近 100%。
- (三)、即使是表面張力極弱的界面活性劑，調整一下毛根的位置，讓泡沫的面積變小一些，也有接近 50%左右的成功率。

三、**肥皂、沐浴乳**這二種界面活性劑的表面張力效果是最差的。在一開始的泡沫形成的實驗中，我們就**很明顯**的發現，它們二者不容易形成泡沫膜。所以為了讓它們可以形成泡沫膜，我們一開始就將「起膜器」的毛根下調，一直到容易形成穩定的泡沫膜為止。

四、起膜器所形成的泡沫數據，在以下的幾種狀態下，我們一律不予採用：

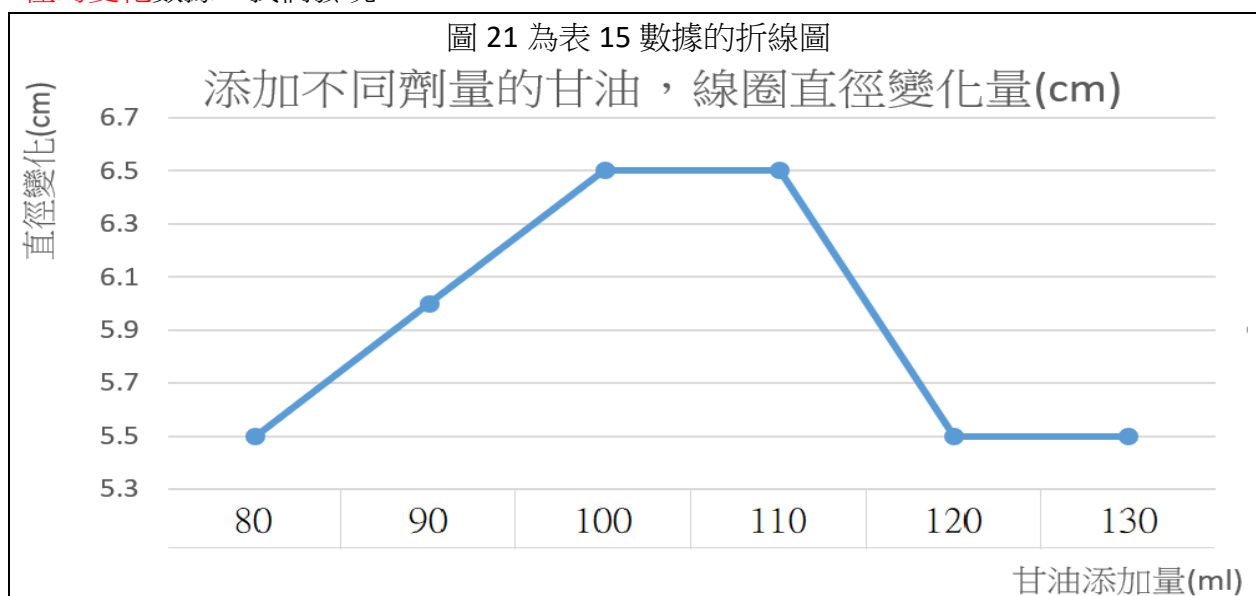
- (一)、起膜器力起來之後，泡沫在 3 秒內破裂者。因為可能被外力干擾而破裂。外力包括：風、灰塵、說話的口水、起膜器的不當震動...等因素。
- (二)、棉線繩的張力，一旦棉線繩卡住，此直徑的數據一律不算。

五、如下表 20 所示，為六種清潔劑在不同毛根高度的泡沫所支撐秒數。由此表我們得到以下幾項結論。



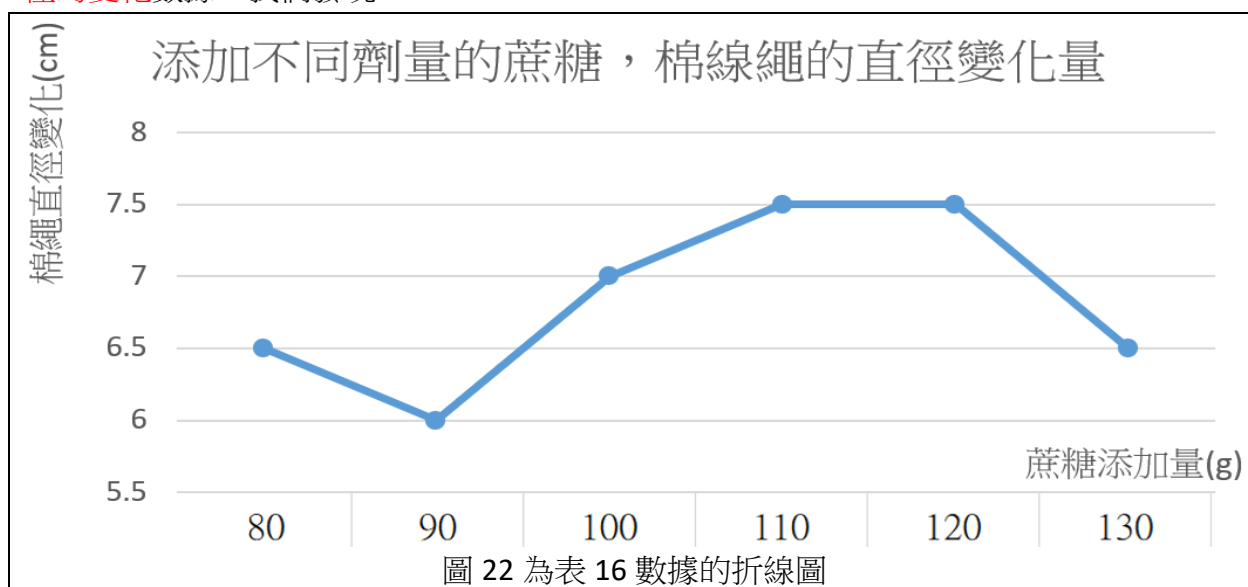
1. 由此表，可以明顯的**分出二大類**，泡沫平均支撐秒數最高的一類，為洗衣精、洗碗精，液態肥皂，三者支撐秒數約在 35 秒左右；另一類為洗髮精、沐浴乳，洗衣粉。洗髮精支撐約 20 秒左右、沐浴乳，洗衣粉支撐秒數約在 10 秒左右。
2. 由此表，可以明顯的看出，毛根的高度越高，泡沫支撐的秒數越少。但是秒數的下降是很趨緩的下降。相差 20 公分的高度差，支撐時間都相差在 8 秒內。
3. **結論**：毛根的高度，對泡沫支撐的秒數影響不大。界面活性劑的種類，對泡沫支撐的秒數影響較大。

六、如下圖 21 所示，為表 15 數據的折線圖，在添加不同劑量甘油的實驗中，依照棉線繩直徑的變化數據，我們發現。



1. 添加甘油 100ml 和 110ml 的時候，泡沫的張力表現最好。此時比例約為，水：清潔劑；膠水：甘油=80：40：20：21。
2. 由表 00 所示，可以明顯的看出，甘油的添加量過多或過少，反而會使泡沫的張力變弱。甘油太多可能泡沫液被稀釋；甘油太少，可能保濕效果弱。

七、如下圖 22 所示，為表 16 數據的折線圖，在添加不同劑量的蔗糖實驗中，依照棉線繩直徑的變化數據，我們發現。



1. 添加蔗糖 110g 和 120g 的時候，泡沫的張力表現最好。此時比例約為，水：清潔劑；膠水：甘油=16：8：4：5。
2. 由表 00 所示，可以明顯的看出，甘油的添加量過多或過少，反而會使泡沫的張力變弱。蔗糖太多可能泡沫液雜質(蔗糖溶質)太多而干擾泡沫；蔗糖太少，可能韌性效果弱。

柒、參考資料及其他

- 一、南一出版社，自然科學第四冊，第五章-有機化合物，5-3 肥皂與合成清潔劑。
取自：南一書局，自然科學第四冊。
- 二、南一出版社，自然科學第四冊，第六章-力與壓力，6-1 力與平衡。
取自：南一書局，自然科學第四冊。
- 三、翰林出版社，自然科學第四冊，第五章-有機化合物，5-4 有機化合物在生活中的應用。
取自：翰林書局，自然科學第四冊。
- 四、翰林出版社，自然科學第四冊，第六章-力與壓力，6-1 力與平衡。
取自：翰林書局，自然科學第四冊。
- 五、吳姿芳(1992)，[水溶性高分子對泡沫安定性之影響](#)。靜宜大學/應用化學研究所，學術論文。
- 六、泛科學(2013)，有沒有不破的泡沫。取自：<https://pansci.asia/archives/34085>
- 七、泡沫：維基百科。取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B3%A1%E6%B2%AB>
- 八、表面活性劑：維基百科。
取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E6%B4%BB%E6%80%A7%E5%89%82>
- 九、YouTube 影片，【發現科學】[法國科學家做出「超長壽泡泡」 465 天才破掉](#)。台視新聞。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=X8F6QtwdeHk>
- 十、YouTube 影片，流言追追追-[泡泡張力](#)。公視 HD。
取自：https://www.youtube.com/watch?v=DK3rPQ_UMhk
- 十一、YouTube 影片，想科學，[完美製作能產生巨大泡泡的魔法泡泡水](#) bubble。沃特想幹麻。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=lvElIJHykg4>
- 十二、YouTube 影片，HuHu 瀚宇教育。科學小實驗，[戳不破的泡泡](#)。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=gPRmCsleovc>
- 十三、YouTube 影片(2015)，【中視新聞】科學補給站～[就是不破！超強大泡泡的秘密](#)。
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=yQq7Hlr-kes>