

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

最佳(鄉土)教材獎

030105

夢幻「泡」影

—如何降低泡泡的持久性與直徑大小

學校名稱：雲林縣立斗六國民中學

作者： 國二 張哲達 國二 葉怡慧 國二 陳玠宇	指導老師： 丁崇祺 何玉月
---	-----------------------------

關鍵詞：電解質、表面張力、Marangoni 效應

摘要：

- 1、濃度越小，泡泡維持時間越短，但發現金屬離子雜質越多以及加酸皆會破壞Marangoni效應而降低泡泡維持時間。
- 2、對於最大直徑，可以發現加入酸、鹼電解質會降低最大直徑，且濃度越大越明顯，非電解質則會增加直徑，而鹽類則有不一樣的表現，例如硫酸鎂與碘化鉀反而會增加最大直徑。
- 3、電解質中的酸容易破壞Marangoni效應而降低泡泡維持時間，且強酸降低的效果比弱酸佳；而對於縮小泡泡直徑，添加電解質濃度越大效果越好。
- 4、對於厚度來說，可發現隨著添加酸、鹼的莫耳濃度越大，起始厚度越薄，同時也發現隨著時間過去，Marangoni效應會變慢。
- 5、添加溶質的保濕度越差，維持的時間越短。
- 6、濕度與溫度越低可以降低泡泡最大直徑與維持時間。

壹、研究動機

吹泡泡是從小就很喜歡的活動，每當我看到小孩子吹出燦爛的泡泡時，每次腦筋就不自覺的想著該如何讓泡泡吹的更大或是更持久，但後來在課堂上，老師有提到清潔劑具有活性界面劑，排放出來到河川時，因為產生泡泡的關係，而讓水中的溶氧量降低，所以對泡泡產生與原先不一樣的看法，是否有其他的物質可以降低泡泡的大小與持久性，從而降低河川的污染呢？

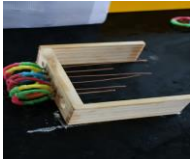
在實驗的過程中詢問老師，對於影響吹泡泡的因素有哪些呢，老師提到泡泡主要是添加活性界面劑，而添加的過程中，會降低水的表面張力也就是水的內聚力，導致泡泡越大，其表面張力越小，而對於泡泡的持久性，根據文獻的探討，發現持久性是對於延長Marangoni效應(Marangoni, 1871)有其相關性。

於是決定深入探討，針對相同的活性界面劑濃度，添加不同濃度的溶質，以及判斷泡泡的厚度，來了解電解質與非電解質對活性界面劑表面張力及Marangoni效應的關係，添加強弱電解質之間的差別以及濕、溫度對表面張力及Marangoni效應的影響(李吉川，2006)。

貳、研究目的

- 1、了解添加溶質的濃度與其泡泡最大直徑與維持時間的關係。
- 2、了解溶質雜質的多寡與其泡泡維持時間的關係。
- 3、了解添加電解質與非電解質的溶質對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係。
- 4、了解環境pH值對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係。
- 5、了解不同的環境pH值對泡泡厚度的關係。
- 6、了解溶質中添加強、弱電解質對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係。
- 7、了解濕度對泡泡最大直徑與維持時間的關係。
- 8、了解溫度對泡泡最大直徑與維持時間的關係。

參、研究器材與藥品

燒杯(50ml、25ml)	量筒(50ml、25ml、10ml)	電子秤	溼、溫度計	風管調節器
				
綠光雷射筆	pH meter	可調式空氣幫浦	量角器	厚度測量自製器
				
丙三醇	硫酸鎂	食鹽	氫氧化鈉	鹽酸
				
碘化鉀	硝酸鉀	砂糖	二砂糖	葡萄糖
				
基底	醋酸			
100ml的洗碗精 +200ml的水 				

肆、研究過程或方法

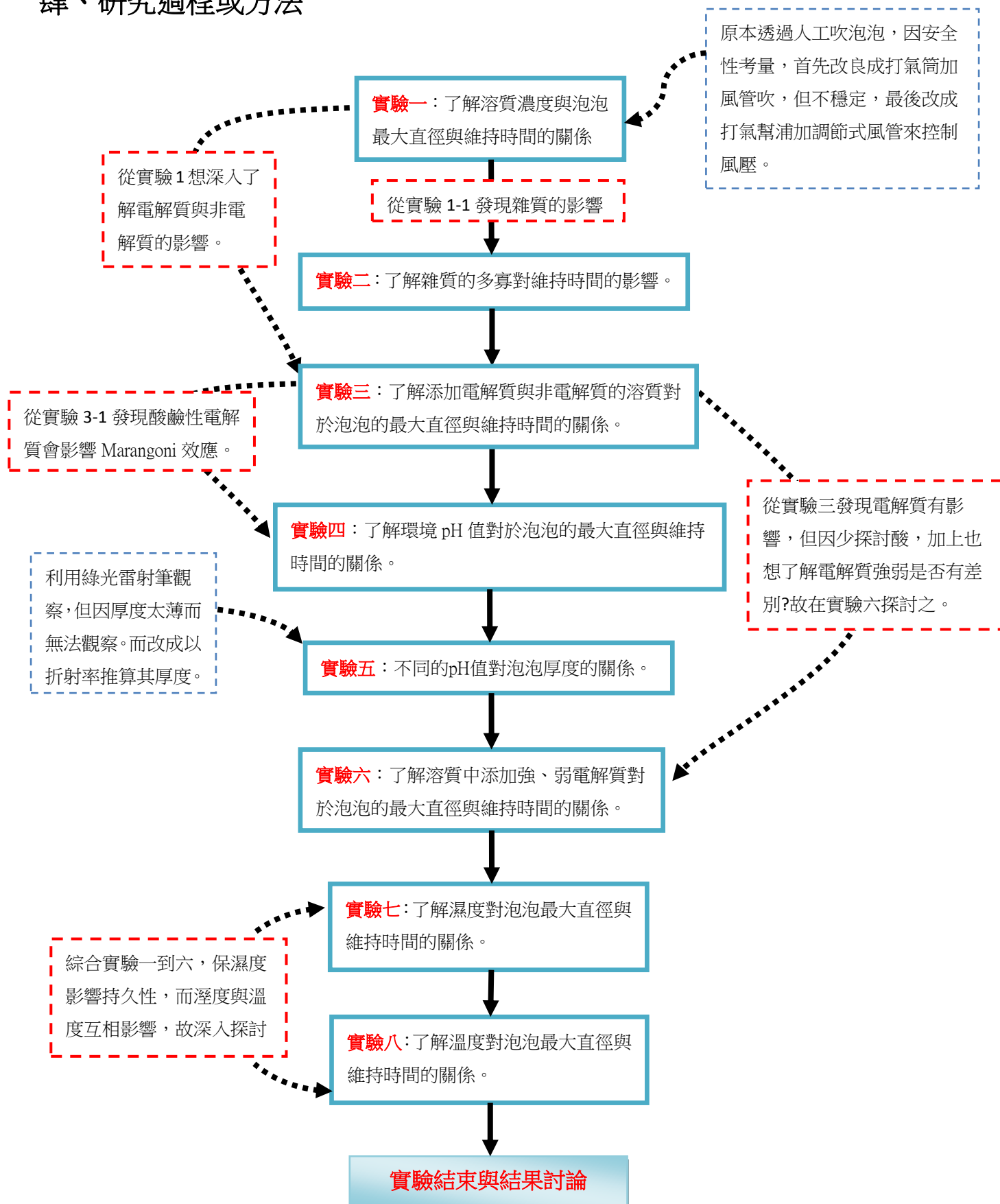


圖4-1 研究流程圖

實驗步驟：

一、研究添加溶質的濃度與其泡泡最大直徑與維持時間的關係。

- 1、配置 100ml 的洗碗精與 200ml 的水來當泡泡水的基底，制定基底固定濃度。
- 2、分別添加二砂糖 1g、2g、3g、4g、5g 至 50g 的基底中，並以玻璃棒均勻攪拌直到完全溶解。
- 3、欲吹泡泡的實驗桌面先淋上足夠的水，讓摩擦力減小到可忽略的情況。
- 4、吸管沾取溶液並使其管口產生薄膜後，在桌上吹出泡泡如下圖 4-2 所示。
- 5、泡泡吹至直徑為 5cm 時(使用有刻度的墊板)，開始計時在桌面停留的時間並記錄。
- 6、泡泡吹至最大且破掉時，測量其直徑並紀錄。但在實驗中發現以人為的方式吹泡泡產生的氣壓不穩定，造成結果變異很大，一開始解決方法是讓實驗次數多一點來讓誤差減小，但誤差還是很大，於是用風管連結風管調節器來做改良，如圖下 4-3 所示。

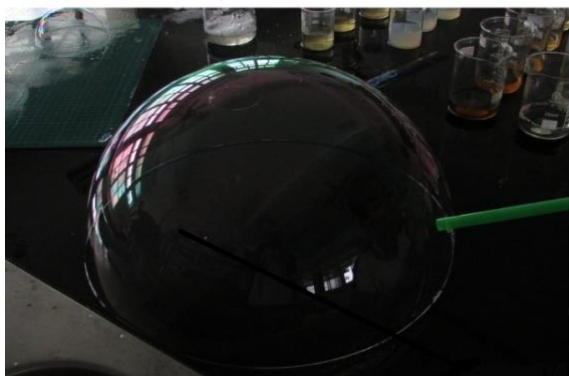


圖 4-2 原本單用吸管吹泡泡的情形



圖 4-3 風管連結風管調節器

並加上可微調的空氣幫浦與之結合，如下圖 4-4 讓風壓不至於太高而導致泡泡太早破掉，讓吹出的風壓穩定輸出並記錄其最大直徑與維持時間，如下圖 4-5。



圖 4-4 自製吹泡器



圖 4-5 實際吹泡泡的情況

- 7、再分別添加白砂糖、葡萄糖、食鹽 1g、2g、3g、4g、5g 至 50g 的泡泡水基底，從步驟 3 到步驟 6，分別測量泡泡最大直徑與直徑為 5cm 時的維持時間。

二、研究溶質雜質的多寡與其泡泡維持時間的關係。

在實驗1-1發現，白砂糖與二砂糖維持時間有很大的差別，就文獻來看(參考資料12)，兩者最大的差別就是雜質，故針對「雜質」這個因素來深入探討。

- 1、取1g二砂糖與4g白砂糖混合，以及2g二砂糖與3g白砂糖，3g二砂糖與2g白砂糖，4g二砂糖與1g白砂糖，分為4組混合溶質。
- 2、分別加上述 4 組添加至 50g 的泡泡水基底，並以玻璃棒均勻攪拌直到完全溶解。
- 3、重複實驗一的步驟 3 到 6，測量泡泡的維持時間。

三、研究添加電解質與非電解質當泡泡水的溶質對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係。

在「實驗一」發現不同的溶質濃度對表面張力與維持時間有不一樣的表現，所以將其分成電解質與非電解質兩類來再次測量泡泡維持時間與最大直徑。

- 1、取硫酸鎂 2.5g、4.9g、7.4g、9.8g、12.3g 分別加水至 100ml，再分別取 10ml 於 40ml 的基底中配置成約 0.02M、0.04M、0.06M、0.08M、0.1M 的硫酸鎂水溶液。
- 2、取硝酸鉀 1g、2g、3g、4g、5.1g 分別加水至 100ml，再分別取 10ml 於 40ml 的基底中配置成約 0.02M、0.04M、0.06M、0.08M、0.1M 的硝酸鉀水溶液。
- 3、取碘化鉀 1.7g、3.3g、5.0g、6.6g、8.3g 分別加水至 100ml，再分別取 10ml 於 40ml 的基底中配置成約 0.02M、0.04M、0.06M、0.08M、0.1M 的碘化鉀水溶液。
- 4、取 NaOH 1g、2g、3g、4g、5g 分別加水至 250ml，再分別取 10ml 添加於 40ml 的泡泡水基底中配置成約 0.02M、0.04M、0.06M、0.08M、0.1M 的氫氧化鈉水溶液。
- 5、取丙三醇 1ml、2ml、3ml、4ml、5ml 分別加水至 137ml，再分別取 10ml 添加於 40ml 的基底中配置成約 0.02M、0.04M、0.06M、0.08M、0.1M 的丙三醇水溶液。
- 6、重複實驗一的步驟 3 到 6，測量泡泡的維持時間與最大直徑。

四、研究環境pH值對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係。

在實驗三中，發現酸鹼性電解質會影響泡泡維持時間，而中性電解質則否，故針對 pH4~10 之間來探討對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係。

- 1、本實驗想測得環境pH值，故取稀釋的鹽酸及氫氧化鈉調整酸鹼值時，為了避免加入基底後濃度會減少而造成計算的誤差，故以pH meter來檢測加入後的pH值，加入20g的基底後，分別調整成pH值為4、5、6、7、8、9、10。
- 2、重複實驗一的步驟3到6，測量泡泡的維持時間與最大直徑。

五、研究不同的環境pH值對泡泡厚度的關係。

從實驗四發現酸鹼的環境下會影響泡泡的最大直徑，也就是影響到水的表面張力，一開始想藉由綠光雷射筆測得泡泡的折射率以及厚度，但發現厚度太薄無法觀察，接下來利用干涉原理，藉由pH=4、6、8、10溶液的折射率來推算泡泡各個顏色所代表的厚度。

修正前的實驗步驟：

- 1、分別利用鹽酸與氫氧化鈉調配 $\text{pH} = 4、6、8、10$ 的溶液
- 2、固定綠光雷射筆如圖4-6，以固定角度射入自製厚度測量器，經過6個不沾泡泡水的銅線圈，射到紙幕上如圖4-7，記錄之。

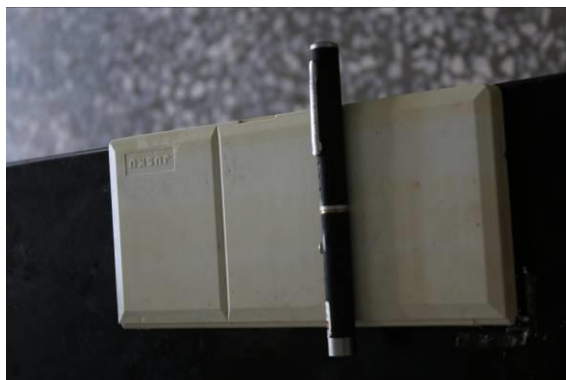


圖4-6 雷射筆固定處



圖4-7 自製厚度測量器

- 3、將銅線圈沾上待測的泡泡水，射到紙幕上並記錄之。
- 4、測量兩點之間的距離。

修正後的實驗步驟：

- 1、利用綠光雷射筆以固定角度射入 $\text{pH} = 4、6、8、10$ 的溶液，以單眼相機拍攝入射光與折射光，並列印出來，測量出入射角與折射角，紀錄之。

六、研究溶質中添加強、弱電解質對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係。

從實驗三發現電解質中酸鹼有影響到 Marangoni 效應，於是對於電解質的強弱是否有差別產生疑慮，故續做實驗探討之。

- 1、取17M冰醋酸5ml加水至170ml配置成0.5M的醋酸溶液，取0.5M的醋酸溶液8ml加水至10ml配置成0.4M，取0.5M的醋酸溶液6ml加水至10ml配置成0.3M，取0.5M的醋酸溶液4ml加水至10ml配置成0.2M，取0.5M的醋酸溶液2ml加水至10ml配置成0.1M，再分別取10ml添加至40ml的泡泡水基底中配置成0.02M、0.04M、0.06M、0.08M、0.1M的醋酸水溶液。
- 2、取 8M 鹽酸 3ml、6ml、9ml、12ml、15ml 分別加水至 240ml，再分別取 10ml 至 40ml 的基底中配置成 0.02M、0.04M、0.06M、0.08M、0.1M 的鹽酸水溶液。
- 3、重複實驗一的步驟 3 到 6，測量泡泡的維持時間與最大直徑。

七、研究濕度對泡泡最大直徑與維持時間的關係。

將之前所作的食鹽按照原濃度配置，在不同的時間點測量泡泡的維持時間與最大直徑，並測量當時的濕度以供對照。

八、研究溫度對泡泡最大直徑與維持時間的關係。

將之前所作的食鹽按照原濃度配置，在不同的時間點測量泡泡的最大直徑與維持時間，並測量當時的溫度以供對照。

伍、研究結果與討論

（實驗一）

1、了解添加溶質的濃度與其泡泡維持時間與最大直徑的關係。

1-1 添加溶質的濃度與其泡泡維持時間的關係

表1-1-1 二砂糖的重量百分濃度對泡泡維持時間(秒)的關係

二砂糖的重量 百分濃度(%)	直徑 5cm 下維持時間(秒)					
1.96%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	97	92	102	99	93	96.6
3.85%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	79	77	73	86	82	79.4
5.66%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	63	61	57	68	65	62.8
7.41%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	41	47	45	43	40	43.2
9.09%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	26	27	20	29	24	25.2

表1-1-2 添加白砂糖的重量百分濃度對泡泡維持時間(秒)的關係

白砂糖的重量 百分濃度(%)	直徑 5cm 下維持時間(秒)					
1.96%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	50	67	45	53	50	53.0
3.85%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	55	60	64	57	62	53.8
5.66%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	80	60	50	57	70	63.4

7.41%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	62	71	63	65	60	64.0
9.09%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	72	71	67	63	59	66.4

表1-1-3 添加葡萄糖的重量百分濃度對泡泡維持時間(秒)的關係

葡萄糖的重量百分濃度(%)	直徑 5cm 下維持時間(秒)					
1.96%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	39	41	38	36	40	38.8
3.85%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	41	42	38	40	37	39.6
5.66%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	49	47	48	43	51	47.6
7.41%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	57	53	51	62	52	55.0
9.09%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	85	79	84	80	83	82.2

表1-1-4 添加食鹽的重量百分濃度對泡泡維持時間(秒)的關係

食鹽的重量百分濃度(%)	直徑 5cm 下維持時間(秒)					
1.96%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	63	61	60	59	62	61.0
3.85%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	112	103	109	120	113	111.4
5.66%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	147	143	146	156	141	146.6
7.41%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	159	164	162	156	155	159.2
9.09%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	178	175	184	181	176	178.8

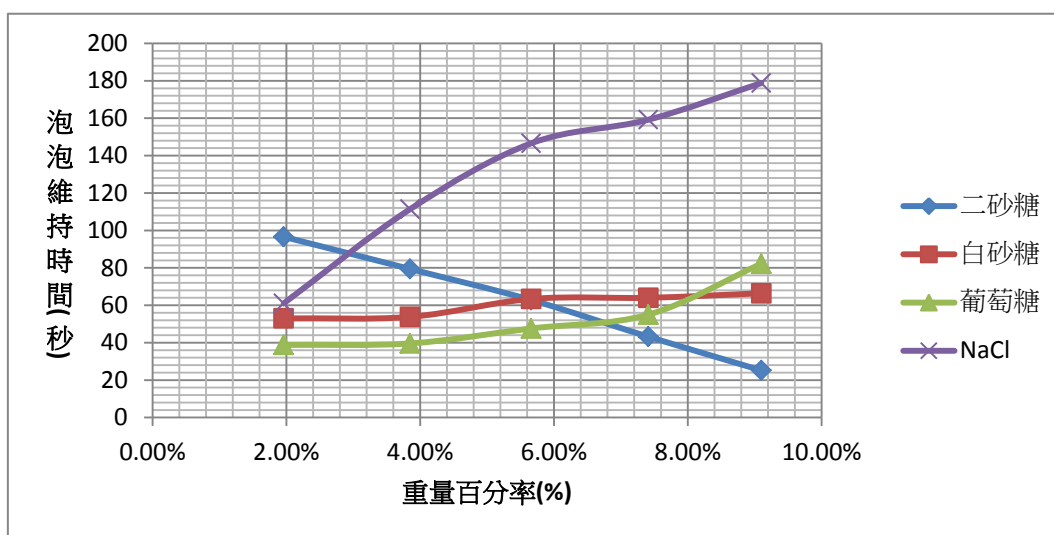


圖5-1 濃度變化對泡泡維持時間(秒)的影響

原本設計實驗只有二砂糖、葡糖糖、食鹽當溶質，而由以上圖表可以發現，除了二砂糖，其他像葡萄糖、食鹽皆為時間上升的情況，但弔詭的是，二砂糖與葡萄糖同樣是糖類，怎麼會產生不一樣的效果？於是彼此討論是不是因為所選的二砂糖純糖含量較低，且具有雜質的緣故。故加做了白砂糖來做比較，果然白砂糖與葡萄糖一樣往上的趨勢，那麼二砂糖與白砂糖可能是因為本質上的不同，而造成兩者之間的差異。

可以發現食鹽的泡泡維持時間上升較多，所以維持時間似乎與電解質有些相關，就文獻(吳奕局，2009)來看，可能是電解質的正負離子與薄膜的厚度有關，也是因為影響到Marangoni效應的修補，造成時間的延長。故由實驗三來驗證電解質與非電解質是否有相關。

1-2 添加溶質的濃度與其泡泡最大直徑的關係

表1-2-1 添加二砂糖的重量百分濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

二砂糖的重量 百分濃度(%)	泡泡的最大直徑(cm)					
1.96%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	37.23	33.72	38.25	35.18	36.32	36.14
3.85%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	41.35	43.52	40.81	39.43	38.74	40.77
5.66%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	42.62	43.33	45.27	41.13	39.82	42.43
7.41%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	43.43	45.88	44.66	42.84	44.23	44.21
9.09%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	47.24	48.63	46.75	42.96	49.23	46.96

表1-2-2 添加白砂糖的重量百分濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

白砂糖的重量 百分濃度(%)	泡泡的最大直徑(cm)					
1.96%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	17.23	18.71	21.27	14.83	20.37	18.48
3.85%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	19.12	22.53	23.74	18.52	20.36	20.85
5.66%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	24.52	23.63	25.11	22.75	23.53	23.91
7.41%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	27.82	26.53	28.45	29.22	30.46	28.50
9.09%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	30.33	32.13	29.62	28.91	33.25	30.85

表1-2-3 添加葡萄糖的重量百分濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

葡萄糖的重量 百分濃度(%)	泡泡的最大直徑(cm)					
1.96%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	26.64	27.39	22.53	21.64	28.45	25.33
3.85%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	28.75	30.28	27.32	26.25	27.79	28.08
5.66%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	34.32	31.24	30.62	37.27	38.49	34.39
7.41%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	35.83	32.25	33.78	37.23	38.32	35.48
9.09%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	43.25	41.62	44.71	43.28	45.75	43.72

表1-2-4 添加食鹽的重量百分濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

食鹽的重量百 分濃度(%)	泡泡的最大直徑(cm)					
1.96%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	14.53	15.15	14.63	14.32	14.74	14.67
3.85%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	13.72	13.27	13.98	14.13	13.62	13.74
5.66%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	10.8	10.42	11.23	11.02	10.54	10.80

7.41%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	5.73	6.22	6.08	5.43	5.82	5.86
9.09%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	3.97	3.76	4.28	4.89	4.17	4.21

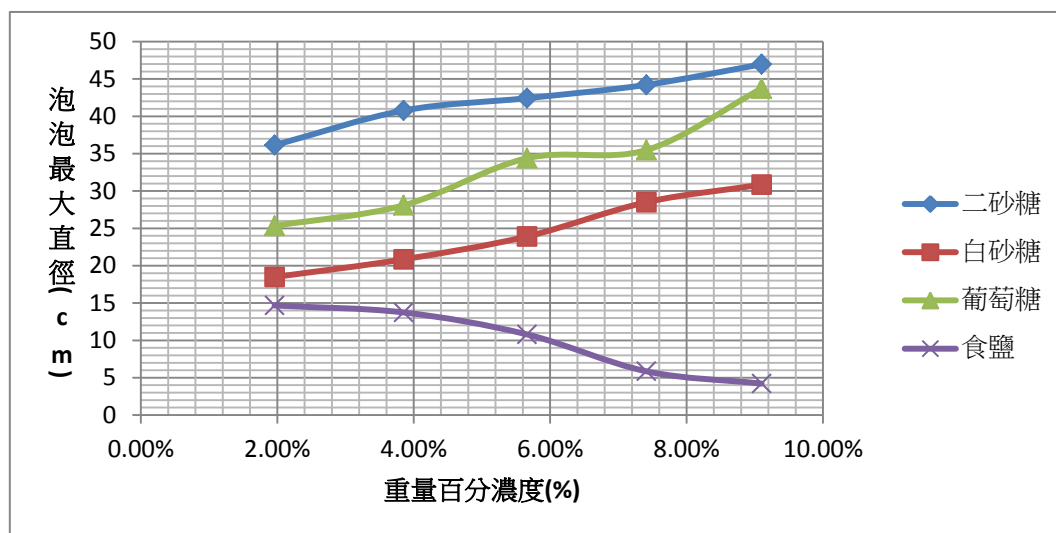


圖5-2 濃度變化對泡泡最大直徑(cm)的影響

由以上圖表可以發現，很明顯的只有食鹽會下降，那麼由上升與下降溶質種類去推測，大致可以分類成電解質與非電解質與水的表面張力有相關性，故續做實驗三探討之。

(實驗二)

2、了解溶質雜質的多寡與其泡泡維持時間的關係。

表2 了解砂糖雜質的多寡與其泡泡維持時間(秒)的關係。

添加二砂糖所佔混糖的百分比(%)	砂糖的雜質越多對泡泡直徑 5cm 下維持時間(秒)					
20%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	213	218	222	224	221	219.6
40%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	193	188	203	198	199	196.2
60%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	174	168	172	184	183	176.2
80%	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	108	112	124	127	109	112.6

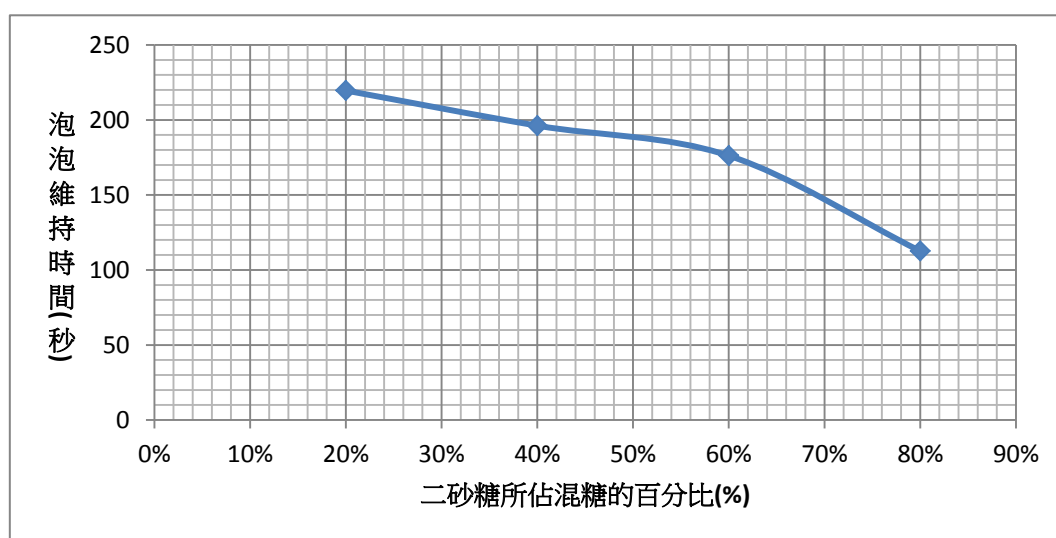


圖5-3 雜質對泡泡維持時間(秒)的影響

由上圖可以發現，雜質越多，泡泡維持時間越短，若是礦物質越多，Marangoni效應越差，泡泡外觀顏色變化較無雜質的快。

(實驗三)

3、了解添加電解質與非電解質當泡泡水的溶質對於泡泡最大直徑與維持時間的關係。

3-1 添加電解質與非電解質當泡泡水的溶質對於泡泡維持時間的關係。

表 3-1-1 添加硫酸鎂的體積莫耳濃度對維持時間(秒)的關係

添加硫酸鎂的 莫耳濃度(M)	硫酸鎂的體積莫耳濃度對泡泡直徑 5cm 下維持時間(秒)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	53	48	47	41	43	43.8
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	62	57	52	58	50	55.8
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	73	71	64	69	67	68.8
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	83	77	85	87	84	83.2
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	100	96	93	106	117	102.4

表 3-1-2 添加KI的體積莫耳濃度對維持時間(秒)的關係

添加 KI 的莫耳濃度(M)	KI 的體積莫耳濃度對泡泡直徑 5cm 下維持時間(秒)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	84	85	76	71	75	78.4
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	110	109	89	87	97	98.4
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	146	137	153	157	141	146.8
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	162	148	152	171	154	157.4
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	180	197	183	179	178	183.4

表 3-1-3 添加硝酸鉀的體積莫耳濃度對維持時間(秒)的關係

添加硝酸鉀的莫耳濃度(M)	硝酸鉀的體積莫耳濃度對泡泡直徑 5cm 下維持時間(秒)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	40	53	54	50	51	49.6
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	56	47	48	57	52	52.0
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	54	62	52	60	65	58.6
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	52	62	60	64	58	59.2
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	71	64	69	73	61	67.6

表 3-1-4 添加氫氧化鈉的體積莫耳濃度對維持時間(秒)的關係

添加 NaOH 的莫耳濃度(M)	NaOH 的體積莫耳濃度對泡泡直徑 5cm 下維持時間(秒)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	57	49	61	49	63	55.8
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	73	78	81	70	77	75.8
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	79	81	89	86	78	82.6

0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	85	85	94	85	97	89.2
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	88	96	104	96	91	95.0

表 3-1-5 添加丙三醇的體積莫耳濃度對維持時間(秒)的關係

添加丙三醇的 莫耳濃度(M)	丙三醇的體積莫耳濃度直徑 5cm 下維持時間(秒)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	87	66	85	88	69	79.0
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	63	80	81	71	64	71.8
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	64	77	73	68	78	72.0
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	91	72	70	79	89	80.8
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	93	105	110	85	93	97.2

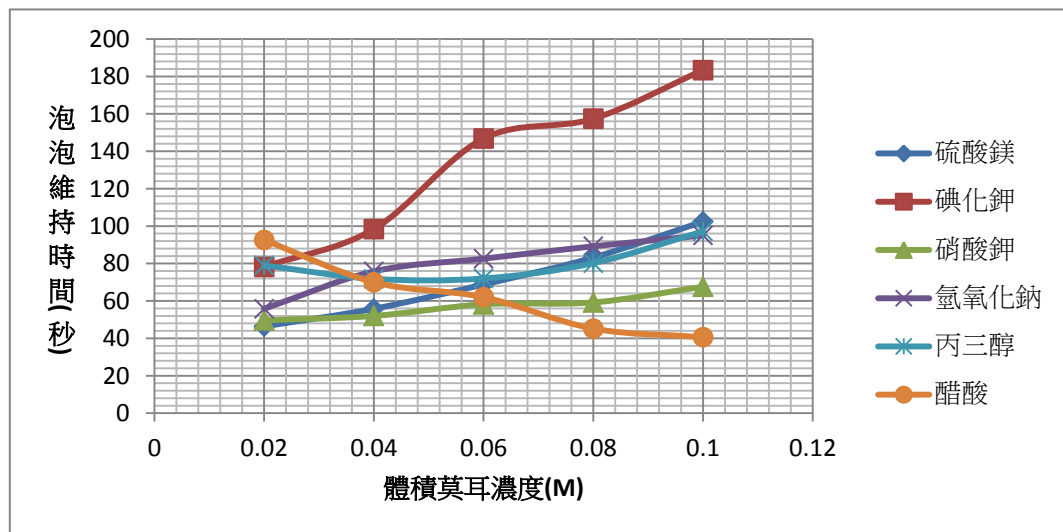


圖5-4 電解質與非電解質的莫耳濃度對泡泡維持時間(秒)的影響

本實驗本是為了測試電解質與非電解質對Marangoni效應的影響，原本由圖可以觀察到非電解質與電解質濃度增加，維持時間皆增加，但本實驗中並無酸性的電解質的實驗，於是綜合實驗六來看而產生圖5-4，發現酸的電解質會降低維持時間，可以推測酸的環境會干擾Marangoni流，進而減少泡泡維持時間。

3-2 添加電解質與非電解質當泡泡水的溶質對於泡泡最大直徑的關係。

表3-2-1 添加硫酸鎂的體積莫耳濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

添加硫酸鎂的 莫耳濃度(M)	泡泡的最大直徑(cm)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	2.71	3.90	4.85	3.61	2.45	3.50
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	3.82	6.86	7.90	4.53	5.78	5.74
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	8.72	8.93	7.35	6.52	5.14	7.33
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	14.32	13.71	15.13	11.77	10.84	13.15
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	16.74	13.82	15.77	14.38	17.12	15.57

表3-2-3 添加KI體積莫耳濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

KI 的莫耳濃度 (M)	泡泡的最大直徑(cm)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	8.70	5.72	9.75	4.31	5.77	6.85
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	10.72	9.80	8.75	9.76	10.17	9.84
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	12.13	11.75	10.87	14.38	11.22	12.07
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	13.23	14.71	11.23	10.88	15.32	13.07
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	16.52	15.75	14.36	17.27	17.41	16.26

表3-2-2 添加硝酸鉀體積莫耳濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

添加硝酸鉀的 莫耳濃度(M)	泡泡的最大直徑(cm)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	15.13	15.28	15.42	14.96	15.53	15.26
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	14.82	14.08	14.73	14.42	15.53	14.71

0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	12.61	13.57	14.69	14.12	12.20	13.43
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	13.08	13.23	10.73	10.71	13.16	12.18
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	13.93	11.04	10.81	10.75	8.32	10.97

表3-2-4 添加氫氧化鈉的體積莫耳濃度水溶液對泡泡最大直徑(cm)的關係

添加 NaOH 的 莫耳濃度(M)	泡泡的最大直徑(cm)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	19.58	17.23	16.12	16.68	20.51	18.02
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	16.72	18.27	15.70	16.23	15.79	16.54
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	15.71	16.80	13.63	15.17	15.08	15.28
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	11.53	12.52	13.06	14.53	11.48	12.62
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	11.49	10.52	11.41	9.50	10.02	10.59

表3-2-5 添加丙三醇體積莫耳濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

添加丙三醇的 莫耳濃度(M)	泡泡的最大直徑(cm)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	18.32	19.03	18.31	19.82	19.04	18.90
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	18.63	18.72	20.03	20.25	19.71	19.47
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	20.54	20.92	20.01	21.65	19.32	20.48
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	20.53	20.87	20.02	20.57	19.29	20.26
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	21.02	21.73	20.23	23.01	21.67	21.53

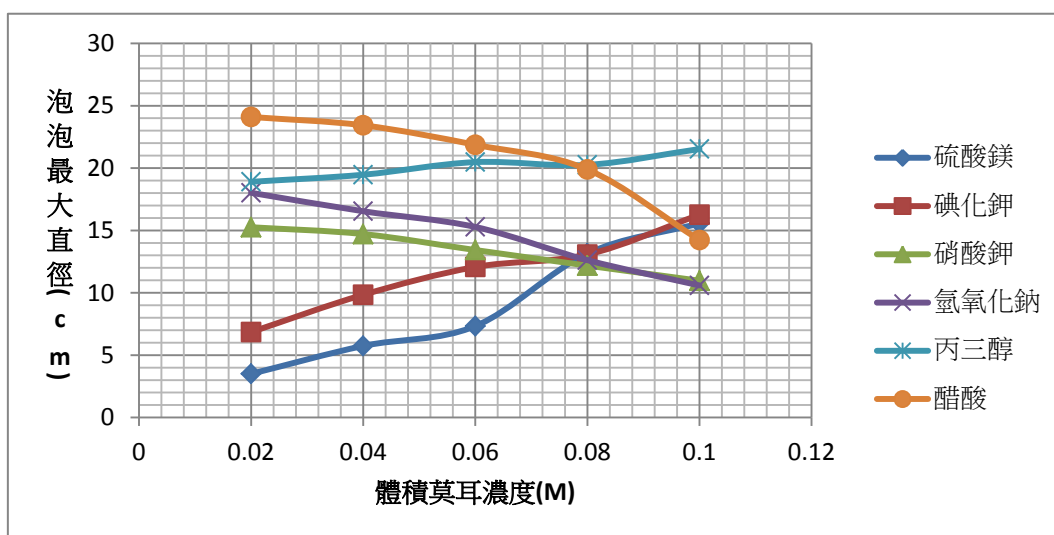


圖5-5 電解質與非電解質的莫耳濃度對泡泡最大直徑(cm)的影響

在以上實驗中，原本丙三醇實驗時，發現直徑有不規則的情況，經縣賽科展指導教授提出丙三醇的濃度過大，調整濃度後，如上圖為緩步增加，從上圖加上實驗六的醋酸可以發現，丙三醇、碘化鉀與硫酸鎂為增加的，而氫氧化鈉、醋酸及硝酸鉀是下降的，留待後面討論探討原因。

(實驗四)

4、針對環境pH值對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係。

表4-1 pH = 4~10 的環境下對於泡泡的維持時間(秒)的關係

環境 pH 值	泡泡的維持時間(秒)					
4	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	59	63	82	54	84	68.4
5	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	57	67	80	71	74	69.8
6	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	87	73	76	79	89	80.8
7	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	83	87	84	91	79	84.8
8	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	91	93	104	106	117	102.2
9	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	260	240	268	272	277	263.4

10	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	290	293	278	278	291	286.0

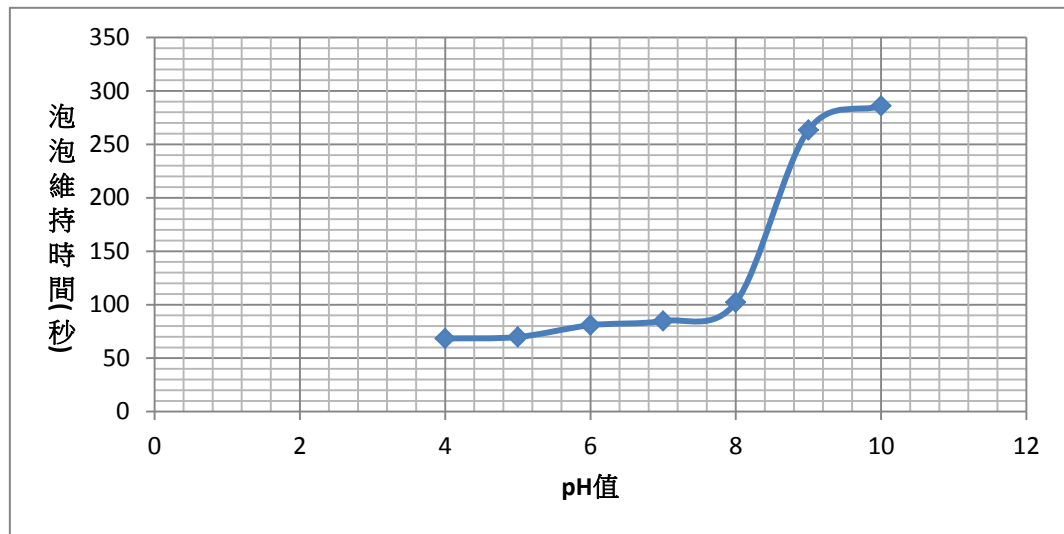


圖5-6 pH值對泡泡維持時間(秒)的影響

由上圖可以發現，pH值越小，維持時間越短，泡泡在酸性的環境下維持時間較短。從pH超過8之後，可以發現維持時間急速升高，可以發現Marangoni效應很適合鹼性環境。

表4-2 pH = 4~10 的環境下對於泡泡的最大直徑(cm)的關係

環境 pH 值	泡泡的最大直徑(cm)					
4	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	14.78	15.02	14.91	13.79	14.10	14.52
5	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	16.02	13.57	16.48	16.61	16.54	15.84
6	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	15.90	16.12	16.78	14.72	16.63	16.03
7	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	16.41	16.70	16.29	16.52	16.61	16.51
8	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	16.42	17.08	17.15	16.73	15.42	16.56
9	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	15.26	16.62	16.77	16.78	17.51	16.59
10	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	17.63	18.51	18.74	17.59	16.12	17.72

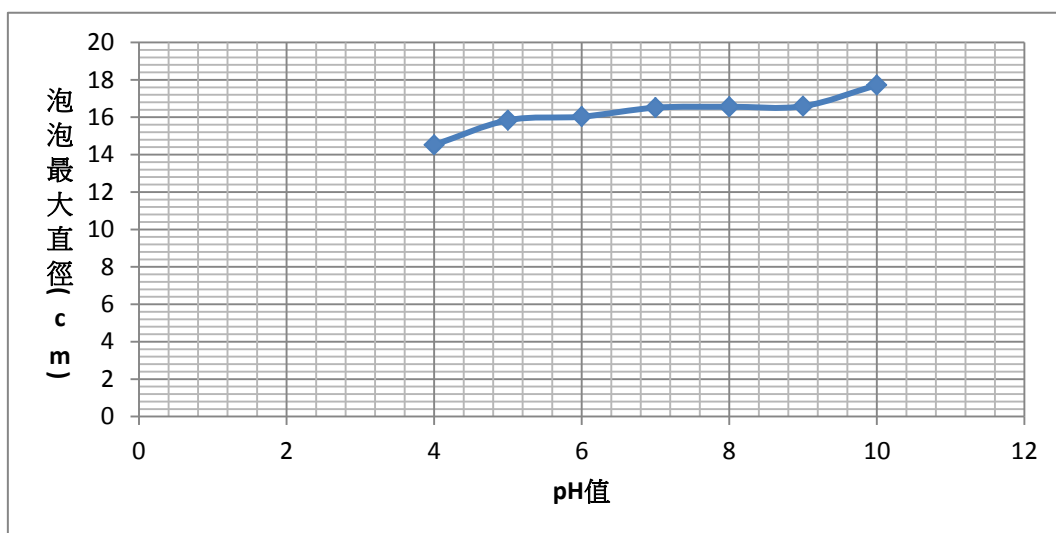


圖5-7 pH值對泡泡最大直徑(cm)的影響

由上圖可以發現，pH值影響泡泡直徑的情況不大，但趨勢上，pH值越小，最大直徑就會越短。

(實驗五)

5、針對不同的環境pH值對泡泡厚度的關係。

剛開始設計實驗時，在國中二年級光學時學到折射原理，所以想利用光的折射來推算薄膜的厚度，因泡泡薄膜很薄，故假設薄膜取極短距離觀察時，薄膜內外接近兩條平行線，故綠光雷射入射薄膜如下圖所示。

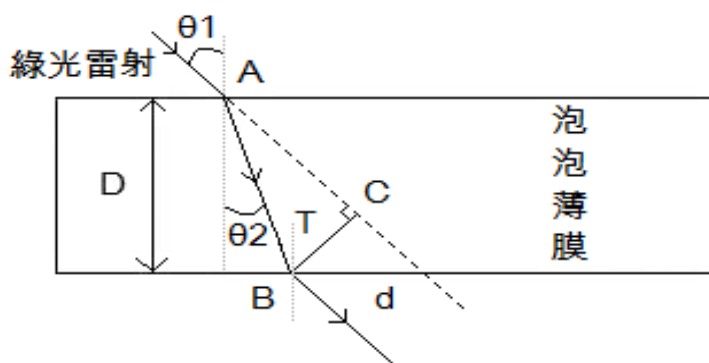


圖5-8 光的平行位移

$$\begin{aligned}
 &\text{在實驗中可以在平行薄膜的後方紙幕上觀察到兩點位移}d\text{，而}T\text{為光的橫向位移，} \\
 &\therefore d \cdot \cos \theta_1 = T, \text{ 又 } T = \overline{AB} \cdot \sin (\theta_1 - \theta_2) \\
 &= \frac{D}{\cos \theta_2} (\sin \theta_1 \cdot \cos \theta_2 - \cos \theta_1 \cdot \sin \theta_2) \\
 &= D \cdot (\sin \theta_1 - \cos \theta_1 \cdot \tan \theta_2) \text{ -----(1)}
 \end{aligned}$$

根據司乃耳定律，光由一透明介質進入另一透明介質時，因光速發生變化，故方向發生偏折，這就是光的” 折射”。光發生折射時，頻率不變，波速與波長成正比。

所以公式為 $n_1 \times \sin \theta_1 = n_2 \times \sin \theta_2$

又空氣的折射率 $\cong 1$ ， $\therefore 1 \times \sin \theta_1 = n \times \sin \theta_2$ (n =薄膜的折射率，薄膜折射率在不同溶液的泡泡水計算出各自的折射率)

$$\sin \theta_2 = \frac{\sin \theta_1}{n} \Rightarrow \tan \theta_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1}} \text{ ----(2) 代入第一式，}$$

$$d = \frac{D(\sin \theta_1 - \cos \theta_1 \cdot \tan \theta_2)}{\cos \theta_1} = \frac{D \cdot \sin \theta_1 (1 - \frac{\cos \theta_1}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1}})}{\cos \theta_1} = D \cdot \tan \theta_1 (1 - \frac{\cos \theta_1}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1}})$$

$$\text{故厚度 } D = \frac{d \cdot \cot \theta_1}{\left(1 - \frac{\cos \theta_1}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1}}\right)}$$

以上式結果來計算出泡泡薄膜的厚度，故設計出多個銅線圈，並用海綿纏繞讓泡膜時間拉長，本來設計十個銅線圈，但發現距離太近，泡膜彼此互相影響，故改成六個，在基底測試時，發現雷射點的確有平行移動的現象，但換成加酸或加鹼的溶液發現，兩雷射點之間距離太近，肉眼不易觀察，加上綠光雷射在紙上會暈開，也很難利用拍照方式於電腦上區別兩點之間的距離，表示薄膜厚度出乎意料的薄，故設計6次通過泡泡造成6次平移(如下圖5-9,圖5-10)，但效果不彰，證明了泡泡的厚度應該遠低於0.01cm而造成我們觀察不易。



圖5-9 未沾泡泡水射出的情況

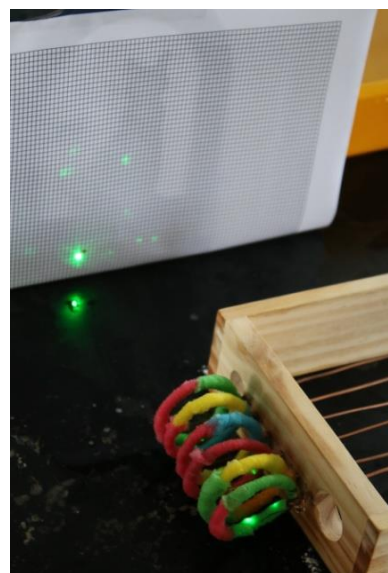


圖5-10 沾泡泡水射出的情況

於是查詢是否有別的方法來探知泡泡薄膜的厚度，發現當光通過薄膜時，會產生反射、折射以及干涉的效果，而二次反射的光重疊造成干涉的情形，也就是泡泡顏色不停的變化之故。

利用光干涉而產生的光程差

$$\Delta L = 2n \cdot D = \begin{cases} k\lambda \\ (2K+1)\frac{\lambda}{2} \end{cases} \quad k = 0,1,2\cdots$$

故厚度的公式為 $D = \frac{(2k+1)\frac{\lambda}{2}}{2n_2}$

n_2 ：薄膜折射率 D ：薄膜厚度 λ ：光的波長 k ：反射次數

根據各色光的波長參考如下頁表5-1可推得pH4、6、8、10不同顏色所代表的厚度。

表 5-1 各色光的波長

顏色	紅光	橙光	黃光	綠光	藍光	紫光
波長(nm)	680	590	580	530	470	405

不同pH值溶液以雷射筆判斷折射率：

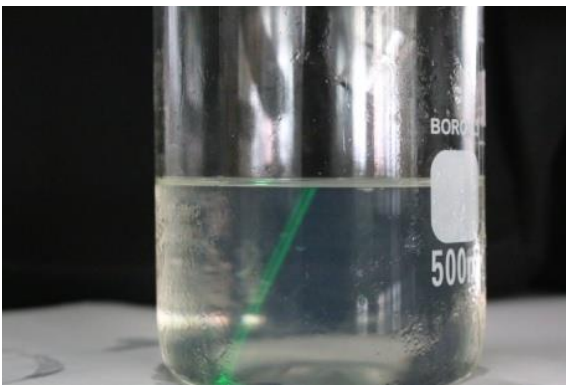


圖5-11 pH=4的折射情況



圖5-12 pH=6的折射情況



圖5-13 pH=8的折射情況

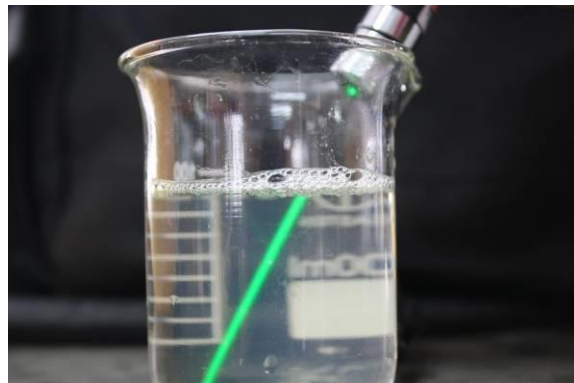


圖5-14 pH=10的折射情況

表5-2 pH=4、6、8、10溶液入射角、折射角與折射率

pH值	pH=4	pH=6	pH=8	pH=10
入射角	27.5	26.8	41.0	29.0
折射角	25.0	22.5	32.5	27.5
折射率	1.093	1.178	1.221	1.050

表5-3 pH=4 光干涉顏色所代表的厚度 (nm)

溶液pH=4	0次反射厚度	1次反射厚度	2次反射厚度	3次反射厚度
紅光	155.54	466.61	777.68	1088.75
橙光	134.95	404.85	674.75	944.65
黃光	132.66	397.99	663.31	928.64
綠光	121.23	363.68	606.13	848.58
藍光	107.50	322.51	537.51	752.52
紫光	92.63	277.90	463.17	648.44

表5-4 pH=6 光干涉顏色所代表的厚度 (nm)

溶液pH=6	0次反射厚度	1次反射厚度	2次反射厚度	3次反射厚度
紅光	144.31	432.94	721.56	1010.19
橙光	125.21	375.64	626.06	876.49
黃光	123.09	369.27	615.45	861.63
綠光	122.48	337.44	562.39	787.35
藍光	99.75	299.24	498.73	698.22
紫光	85.95	257.85	429.75	601.66

表5-5 pH=8 光干涉顏色所代表的厚度 (nm)

溶液pH=8	0次反射厚度	1次反射厚度	2次反射厚度	3次反射厚度
紅光	139.23	417.69	696.15	974.61
橙光	120.80	362.41	604.01	845.62
黃光	118.76	356.27	593.78	831.29
綠光	108.52	325.55	542.59	759.62
藍光	96.23	288.70	481.16	673.63
紫光	82.92	248.77	414.62	580.47

表5-6 pH=10 光干涉顏色所代表的厚度 (nm)

溶液pH=10	0次反射厚度	1次反射厚度	2次反射厚度	3次反射厚度
紅光	161.90	485.71	809.52	1133.33
橙光	140.48	421.43	702.38	983.33
黃光	138.10	414.29	690.48	966.67
綠光	126.19	378.57	630.95	883.33
藍光	111.90	335.71	559.52	783.33
紫光	96.43	289.29	482.14	675.00

由上頁表格在本實驗可以發現，對於相同反射次數來看，酸的濃度越大，其厚度越薄，而在鹼中，在pH接近8會有最大值，但濃度過大時直徑會變得比濃度一樣的酸還小。

（實驗六）

6、了解溶質中添加強、弱電解質對於泡泡的最大直徑與維持時間的關係

6-1 添加強、弱電解質的體積莫耳濃度對維持時間的關係

表6-1-1 添加醋酸體積莫耳濃度對泡泡維持時間(秒)的關係

醋酸水溶液的 莫耳濃度(M)	醋酸的體積莫耳濃度對泡泡直徑 5cm 下維持時間(秒)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	94	95	97	88	89	92.6
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	63	79	68	67	73	70.0
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	65	66	59	58	62	62.0
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	48	43	47	47	41	45.2
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	34	38	43	44	44	40.6

表6-1-2 添加鹽酸體積莫耳濃度對泡泡維持時間(秒)的關係

添加 HCl 的體 積莫耳濃度(M)	HCl 的體積莫耳濃度對泡泡直徑 5cm 下維持時間(秒)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	57	58	68	76	67	65.2
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	60	48	52	53	47	52.0
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	53	52	46	47	45	48.6
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	43	40	43	42	41	41.8
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	37	38	41	35	32	36.6

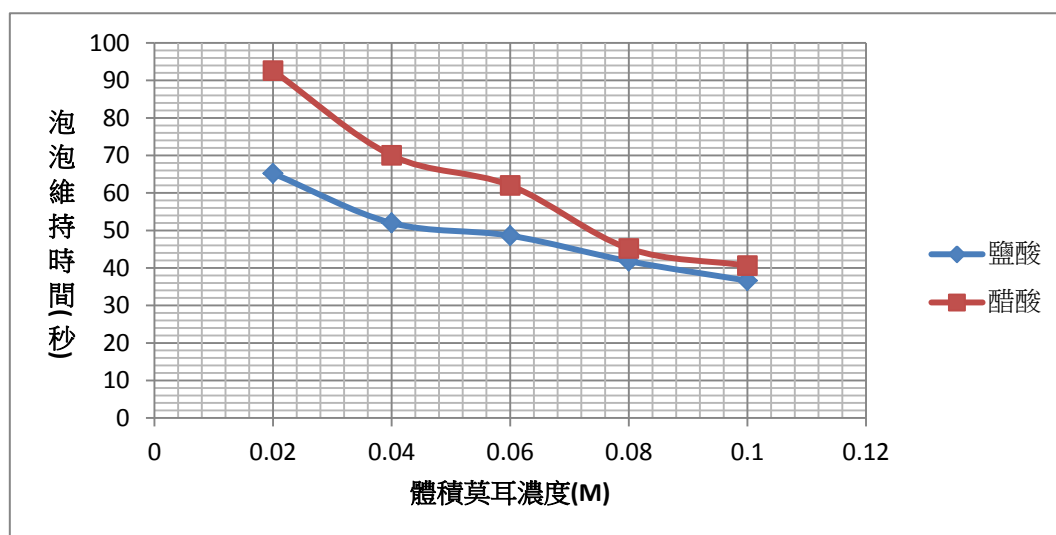


圖5-15 強弱電解質在相同濃度對泡泡維持時間(秒)的關係

由上圖可以發現，強電解質鹽酸比弱電解質醋酸對泡泡維持時間來說，低濃度下降很快較明顯，濃度越高越不明顯，但強電解質維持時間仍然較短。

6-2 添加強、弱電解質的體積莫耳濃度對泡泡最大直徑的關係

表6-2-1 添加醋酸體積莫耳濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

醋酸的莫耳濃度 (M)	泡泡的最大直徑(cm)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	24.32	30.32	22.23	23.42	23.78	24.81
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	23.13	23.72	23.51	25.58	21.24	23.43
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	21.21	23.74	23.41	18.69	22.29	21.87
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	20.13	21.09	20.61	19.72	17.92	19.89
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	15.82	18.62	18.75	20.03	16.54	14.23

表6-2-2 添加鹽酸的體積莫耳濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

添加 HCl 的莫耳濃度(M)	泡泡的最大直徑(cm)					
0.02M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	18.72	19.07	19.32	20.09	21.30	19.70
0.04M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	13.12	13.21	14.88	15.73	15.85	14.56
0.06M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	10.51	9.83	10.70	11.66	9.81	10.50
0.08M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	10.93	9.62	10.73	7.79	9.16	9.65
0.10M	ex1	ex2	ex3	ex4	ex5	平均
	8.53	9.12	7.55	6.53	7.72	7.89

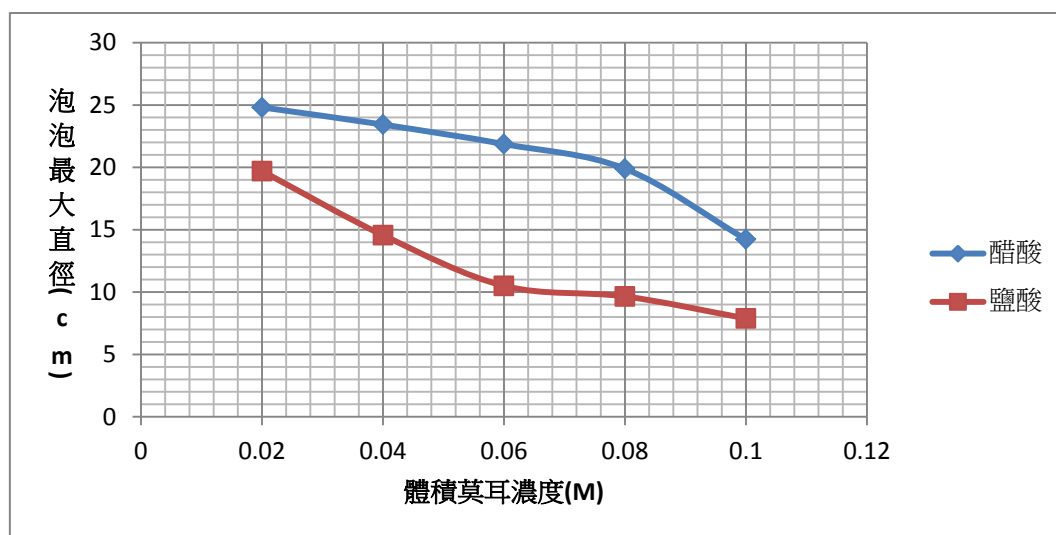


圖5-16 強弱電解質在相同濃度對泡泡最大直徑(cm)的關係

本實驗是為了瞭解電解質中，強、弱電解質的差別，可以發現這兩個電解質中，強電解質鹽酸溶液的泡泡最大直徑比較小，弱電解質醋酸溶液直徑則較大。

（實驗七）

7、了解溼度對泡泡最大直徑及維持時間的關係。

針對食鹽水溶液來觀察溼度對泡泡最大直徑及維持時間的關係

表 7 溼度對泡泡最大直徑(cm)及維持時間(秒)的關係

相對溼度(%)	57%	66%	63%	53%	65%
最大直徑(cm)	13.32	15.62	14.53	12.61	15.15
維持時間(秒)	58	65	59	56	63

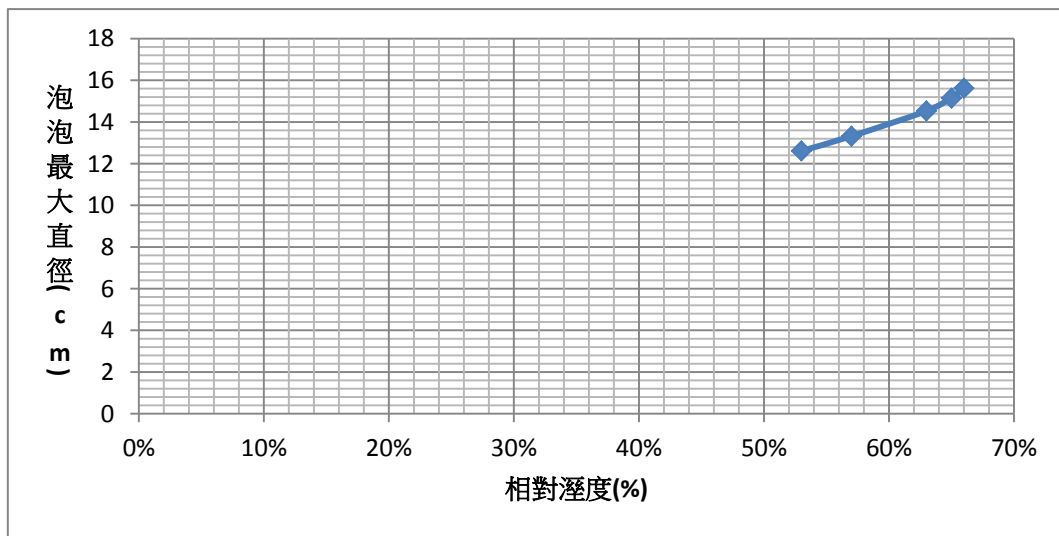


圖5-17 測量食鹽水溶液相對濕度對泡泡最大直徑(cm)的關係

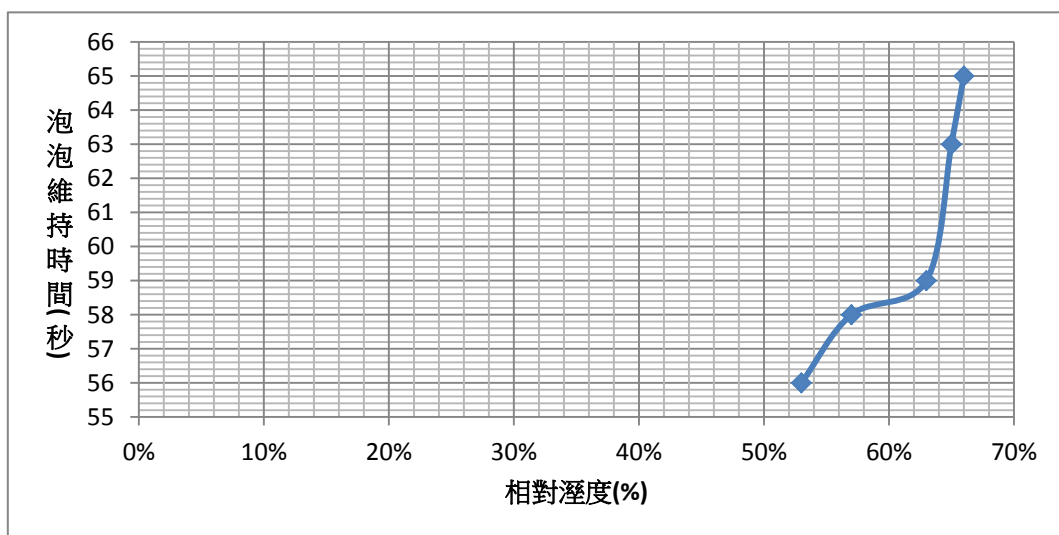


圖5-18 測量食鹽水溶液相對濕度對泡泡維持時間(秒)的關係

由上圖可以發現溼度越小，泡泡的維持時間與最大直徑都會越短。而溼度對於維持時間比最大直徑差異較大。

(實驗八)

8、了解溫度對泡泡最大直徑及維持時間的關係。

針對食鹽水溶液來觀察溫度對泡泡最大直徑及維持時間的關係

表 8 溫度對泡泡最大直徑(cm)及維持時間(秒)的關係

溫度(°C)	23.1	25.2	23.8	22.5	24.3
最大直徑(cm)	13.32	15.62	14.53	12.61	15.15
維持時間(秒)	58	65	59	56	63

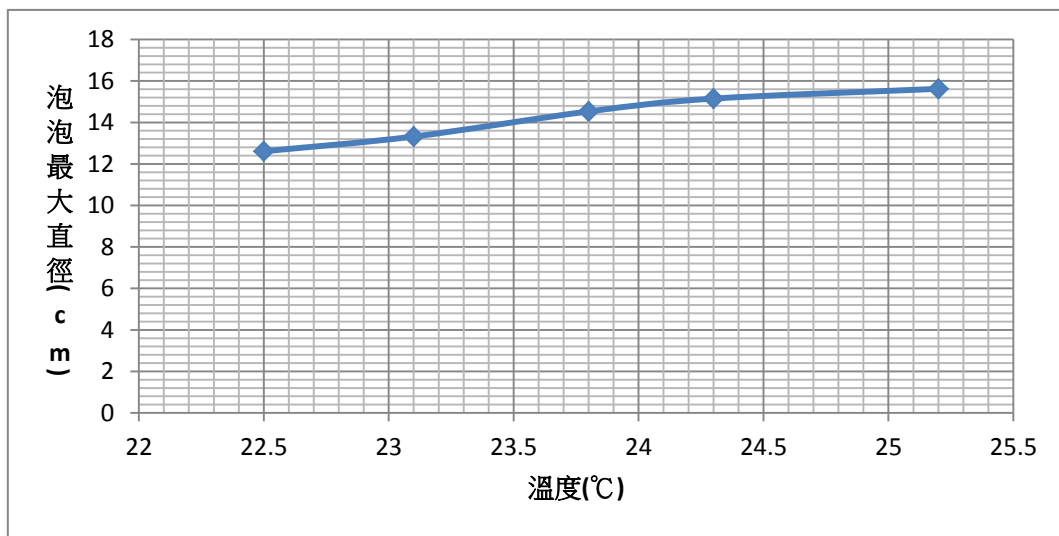


圖5-19 測量食鹽水溶液溫度對泡泡最大直徑(cm)的關係

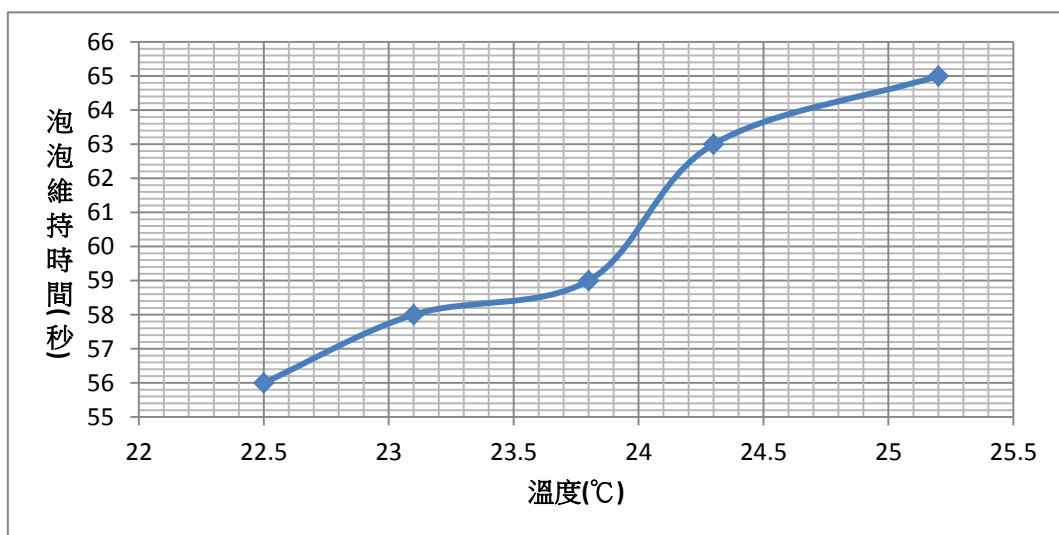


圖5-20 測量食鹽水溶液溫度對泡泡維持時間(秒)的關係

從上圖可以發現溫度越低，泡泡的維持時間與最大直徑都會越短，然而最大直徑差異不明顯，但呈現明顯的正比關係，而維持時間差異較大。。

陸、結論

- 1、一開始做實驗時，發現使用吸管時，如果吹氣過多時，會造成泡泡拉長，同時也造成泡泡表面不穩定導致破裂，所以才改良成自製的吹泡器，本來由幫浦吹出氣體時，氣壓仍然太大，有發現慢慢吹時，泡泡較容易維持球狀，同時也比較穩定，所以又添加了風管調節器，讓氣體出來的量較少且穩定。
- 2、綜合實驗1~3，來觀察泡泡維持時間以及實驗後加入實驗六的醋酸數據混合觀察，可以發現除了葡萄糖以及丙三醇、食鹽以及碘化鉀上升外，其他都下降。分析剩餘的溶質，可以發現酸會降低泡泡的維持時間，實驗六也多做了鹽酸來證明。

然而令人弔詭的是，與葡萄糖同樣是屬於糖類的二砂糖，但結果與葡萄糖差異很大，故於實驗一再加入白砂糖作實驗，就發現白砂糖與葡萄糖一樣，都會增加泡泡的維持時間，也就是增強文獻中所提到的「Marangoni效應」，也就是當液體的液膜當受外界擾動（如溫度、濃度、溼度）而使液膜局部變薄時，它會在表面張力梯度的作用下形成Marangoni流，使液體沿最佳路線流回薄液面，而修補液膜(Marangoni, 1871)。查詢資料(參考資料12)發現二砂糖與白砂糖最大的差別就是二砂糖具有比較多的雜質，於是就做了實驗二來驗證，確認雜質越多，時間就越短，推測二砂糖含有金屬離子，因而阻礙了Marangoni效應而降低了泡泡維持時間。

那麼至於葡萄糖、白砂糖與丙三醇，三者之間共同點就是保濕性極佳，讓外層薄膜維持一定的厚度，而增加維持時間，所以維持時間效果最好。

而鹼為何沒有像酸一樣影響到Marangoni效應，查詢文獻並無此類完整探討，可能因為本實驗所用的活性界面劑是離子型活性界面劑，此介面劑在酸性環境下，活性界面劑被破壞而成為非活性界面劑。而在中性及鹼性環境上比較穩定，且維持時間較長之故(林麗惠，2006)。

那麼對酸性溶液來看，強弱電解質是否有差別呢？在實驗三當中，可以發現強酸(鹽酸)跟基底來比，下降比弱酸(醋酸)還激烈，所以可觀察到 H^+ 離子越多，越容易破壞活性界面劑，而影響到Marangoni效應，泡泡就越不持久，但濃度越低時，兩者的差異不大。

- 3、而對於泡泡的最大直徑，從文獻了解泡泡大小與表面張力成正比關係，從實驗中可以發現砂糖、葡萄糖濃度越大，其表面張力越小，其泡泡越大；但添加食鹽時，表面張力反而變大，可以發現電解質濃度越大，帶相反電的離子越多反而吸引活性界面劑，降低與水之間的關係從而增加水的表面張力導致泡泡吹的比較小。同樣的觀察鹽酸、氫氧化鈉、醋酸、氯化鈉這些電解質都是如此。但碘化鉀與硫酸鎂卻上升，硫酸鎂因容易吸水為含水硫酸鎂，而使得活性界面劑的活性變大導致，而碘化鉀來說，雖然易溶於水，但也易游離出 I_2 ，且溶解的過程是吸熱反應，導致泡泡直徑情況像非電解質一樣，濃度越大反而越大，但不像非電解質那麼明顯。

而加入電解質後活性界面劑會產生電解質效應，活性界面劑的起泡會因離子濃度增加而增加，而活性界面劑分為四種，陽離子、陰離子、兩性以及非離子活性界面劑，市面上的清潔劑大都是陰離子活性界面劑(下頁圖6-1)，有的會添加非離子活性界面劑混合，而對

於離子型活性界面劑，添加相反離子，會破壞活性界面劑雙電層(下圖6-2)彼此的斥力(吳奕局，2009)，並影響極性端與水的結合，從而降低水的表面張力，進而增長了泡泡維持時間。

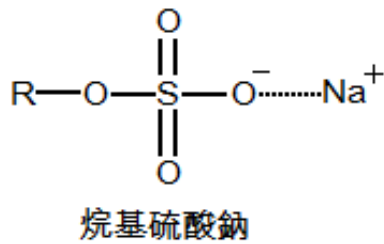


圖6-1 陰離子活性界面劑

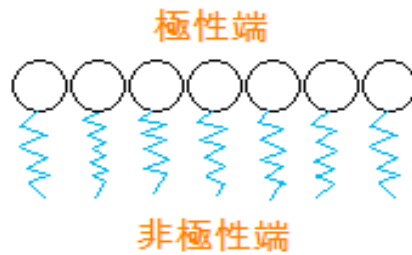


圖6-2 活性界面劑雙電層

從文獻(傅宗玖、陳正平，民90)可以發現，活性界面劑分為極性端與非極性端，直徑越大需降低水的表面張力，加入電解質之後，譬如食鹽， $\text{NaCl} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ 而在水中佈滿離子的存在，當泡泡吹越大時，薄膜越薄，而離子的電荷密度就越大，斥力就越大，所以強電解質濃度越大，離子濃度就越多，所展現出來破壞泡泡的雙電層的能力越強(吳奕局，2009)。

- 4、從厚度可以觀察到，起初的顏色可了解原來的泡泡膜較厚，可以發現因重力之故，而導致泡泡液流下，而使頂部的活性界面劑濃度變高，而降低了表面張力導致破裂，且可以觀察到，pH越酸或越鹼，其相同顏色的光代表越薄，也觀察到厚度變薄的速度相對於基底來說較快。也證實了表面張力是水分子間的吸引力所造成的。
- 5、從文獻了解當溫度越高時(蔡佩娟，民91年)，水彼此間的吸引力減弱，脫離活性界面劑，其表面張力會越小，泡泡越大，所以對於本實驗的溫度來看，實驗設備之故，我們只能觀察日常的溫度的範圍，所以範圍相對狹隘，但也發現溫度越大，水的表面張力越低，實驗與理論符合。所以溫度越低，不利於活性界面劑起泡，從而降低活性界面劑的活性，增強水的表面張力，同時也造成維持時間變短。
- 6、對於溼度來說，從文獻了解泡泡是由頂端薄膜較薄處開始破裂，形成一個圓形的膜洞，就我們觀察是類似破色的黑膜，因表面張力的收縮，液體會在膜洞周圍形成一個像甜甜圈形狀的液環，膜洞變得越大，液環長度也越長，最後表面不穩定，會斷裂成較小的指狀液柱而破裂(傅宗玖、陳正平，民90年)，所以理論上是溼度越大，其泡泡薄膜越厚，讓Marangoni效應來得及修補，也延長泡泡的時間，增加泡泡的穩定性。就本次實驗來看，溼度越大，泡泡的穩定性越大，與理論符合。
- 7、綜合實驗所示，如果要讓環境汙染所造成的泡沫維持時間縮短，那就得要在酸性的環境下才行，在添加電解質的環境中，泡泡直徑會變小，且在低溼度與低溫度的環境，泡泡的維持時間與直徑都會縮小。

柒、未來展望

泡沫在排放河川之前，可以進一步處理，但對於添加物也要考慮是否會影響到生態系，因為添加強酸強鹼同樣也會破壞環境而導致對河川造成二度傷害，所以濃度的控制亦或許還有其他的方法以及適當的添加物也可以將泡沫維持時間縮小，讓水中含氧量增加，下次實驗，會針對其他的化合物來做相關系列的實驗來做改進，讓我們一同對保護環境而努力。

捌、參考資料

- 1.傅宗玖、陳正平（民90）冒泡的美。科學發展月刊第29卷11期專題報導 788-796。
- 2.陳寶妃。水的魔力—觀察浮力與表面張力的現象。台南市：隆發出版社。
- 3.蔡佩娟。利用熱裂解直接高溫衍生化法快速分析直鏈式烷基三甲基銨鹽之方法建立與探討，碩士論文，國立中央大學化學研究所，民國九十一年六月。
- 4.張正明。酸性溶液下中孔徑分子篩的反應機構之探討，碩士論文，私立中原大學化學研究所，民國九十一年七月。
- 5.吳奕局.(2009)。界面活性劑之溶化現象。
- 6.林麗惠(2006)。可分解界面活性劑之製備、性質及其應用。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC94-2216-E-238-002)。
- 7.中華民國第四十四屆中小學科學展覽：「膜」力十足—泡泡膜的研究。
- 8.台中市 97 年中小學科學科學展覽第三名：從吹泡泡中發現奧妙--表面張力在泡泡上的應用。
- 9.中華民國第五十屆中小學科學展覽：表面張力看不見，但請用力看。
- 10.維基百科. (2014 年 3 月 4 日). 2014 年 3 月 16 日 擷取自
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%82%A5%E7%9A%82%E6%B3%A1>
- 11.產業綠色技術資訊網-資訊與技術諮詢與交流區。2014 年 1 月 20 日 擷取自
<http://proj.ftis.org.tw/eta/QA/qa-more.asp?HnfiyEW3>
- 12.健康糖淺析。2014 年 1 月 20 日 擷取自
<http://www.youth.com.tw/db/epaper/es002008/eb3058.htm>
13. Marangoni, C. Ann.Phys。1871, (Leipzig), 143,337-354。

【評語】 030105

1. 有趣的實驗，也很可行的應用可能。
2. 變因可能稍嫌太多，可以做深入之探討。
3. 氣泡的持久與大小和水汙染的關係研究，相當有趣且有應用價值。
4. 題目可在增進與降低兩方面探討，作圖表達可再加強。