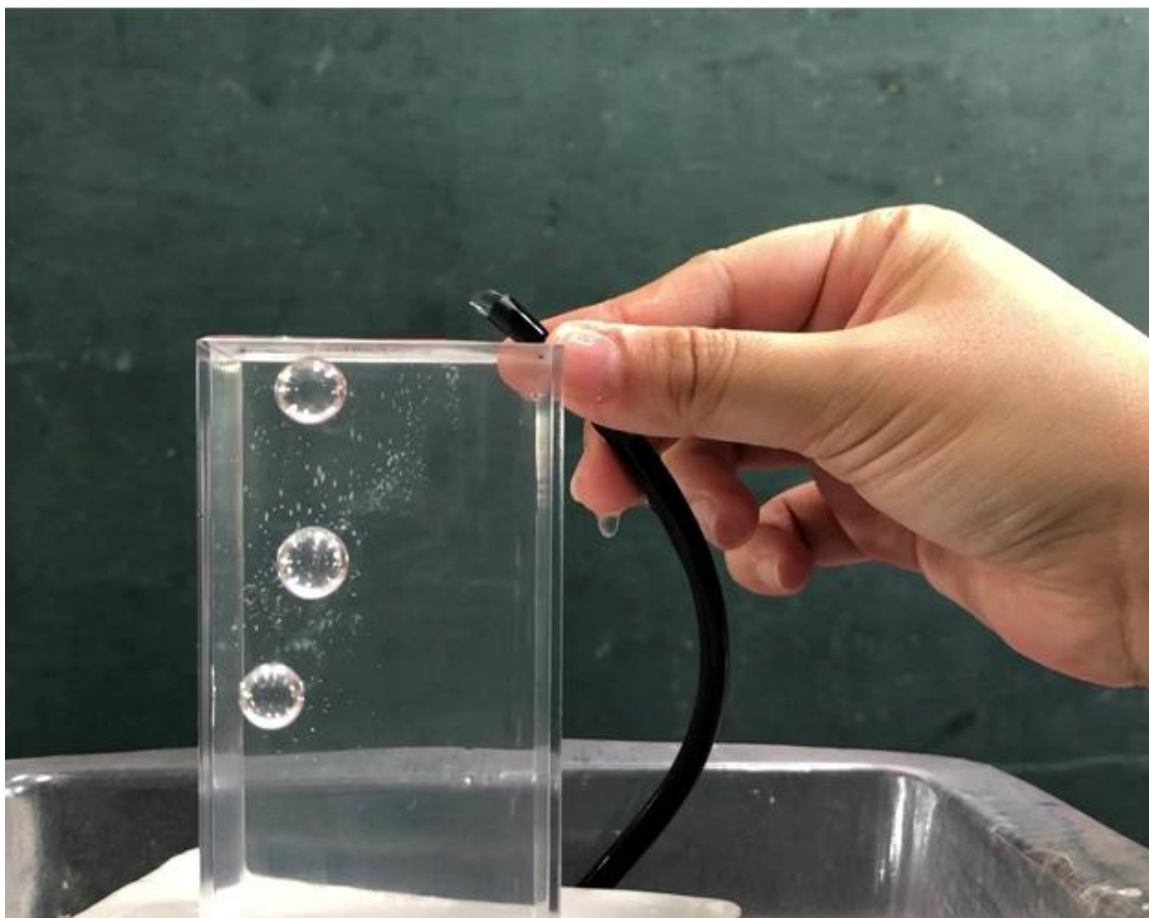


嘉義市第三十七屆中小學科學展覽會

作品說明書



科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：水中的魔法泡泡

關鍵詞：反泡泡、界面活性劑

編號：

摘要：

為了排除手感等人為因素，我們設計了定時斷電裝置，將變因固定。

- 一、我們所使用的洗碗精都可以成功產生反泡泡，其中小胖洗碗精的成功率最高，persil 的成功率最低。
- 二、泡泡水的濃度比例是 100:1 時，產生反泡泡的成功率最高。
- 三、吸管口徑會影響反泡泡的成功率。
- 四、在可產生反泡泡的口徑範圍中，口徑小的吸管產生的反泡泡比較小，口徑大的吸管產生的反泡泡比較大。
- 五、發現在吸管出水口離承接液體水面 0.5cm 到 1cm 之間，可達到反泡泡的高成功率。
- 六、發現入水角度在 90° 到 50° 之間，可達到反泡泡的高成功率。
- 七、發現泡泡水的溫度越高，反泡泡產生的成功率越低。
- 八、發現在泡泡水中添加甘油，反泡泡產生的成功率最高，添加蜂蜜的反泡泡產生的成功率最低。
- 八、點滴輸液器可以解決了滴入容量的定量問題，但是產生的反泡泡卻小到不易觀察與計數。
- 九、安全吸球+吸量管的裝置可以達到反泡泡的高成功率，同時有固定入水角度的優點。發現入水角度低於 50° 時，成功率有明顯的下降。
- 十、定時斷電系統自動裝置可以成功產生反泡泡，出水口朝上會有比較穩定的成功率。
- 十一、將定時斷電系統自動裝置的黑軟管更換成白吸管時，口徑小，水柱過大，反泡泡產生的成功率會偏低。
- 十二、發現反泡泡形成時，一開始不是正球形，要等表面張力將泡裡的水拉成球形。
- 十三、發現反泡泡在破滅瞬間前，空氣膜會變薄，呈現模糊的現象；在破滅瞬間，周圍空氣膜中的空氣會變成小氣泡，然後會先集中在向外運動擴散，然後小氣泡各自再往上升。

壹、研究動機：

還記得暑假參加科學營，課堂上老師說他要讓我們叛逆一下，以前都是拿著吸管吹泡泡，這次我們要把泡泡打入水底，老師拿著吸管放入泡泡水中，用大拇指壓住吸管口，然後提起來，再鬆開大拇指，水杯裡竟然就出現一顆晶瑩剔透的泡泡。

它看起來跟平常吹的泡泡一樣，好想知道它為什麼會在水中呢？老師說那叫反泡泡，到底什麼是反泡泡呢？我們很好奇，想藉這個機會了解反泡泡，於是就請老師帶領我們一探反泡泡的奧秘。

貳、研究目的：

一、探討反泡泡生成的條件：

- (一)不同品牌洗碗精溶液(界面活性劑)對反泡泡生成的影響
- (二)同一界面活性劑，不同濃度對反泡泡生成的影響
- (三)在同一界面活性劑濃度下，不同吸管口徑對反泡泡生成的影響
- (四)在同一界面活性劑濃度下，吸管距離承接液體表面高度對反泡泡生成的影響
- (五)在同一界面活性劑濃度下，不同入水角度對反泡泡生成的影響
- (六)在同一界面活性劑濃度下，不同溫度對反泡泡生成的影響
- (七)在同一界面活性劑濃度下，不同添加物對反泡泡生成的影響

二、設計產生反泡泡自動裝置

- (一)裝置一：點滴輸液器
- (二)裝置二：安全吸球+吸量管
- (三)裝置三：斷電系統自動裝置

三、探討反泡泡形成與破滅有趣現象：

- (一)反泡泡形成之觀察描述
- (二)反泡泡破滅之觀察描述

參、研究設備和器材：

- 一、滴入工具：不同口徑的吸管、滴管、點滴輸液器、針頭、安全吸球、吸量管。
- 二、承接器具：500ml 燒杯、長方體的透明塑膠盒、透明水箱、方形的玻璃魚缸。
- 三、使用材料：不同品牌洗碗精、水、鹽、糖、甘油、蜂蜜、保鮮膜。
- 四、測量器材：量筒、注射筒、燒杯、尺、溫度計、攝影機、腳架、量角器。
- 五、自製反泡泡機：沉水馬達、瞬斷電源供應器、延長線、燒杯架、軟水管、吸管

肆、研究過程或方法：

主題一、探討反泡泡生成的條件：

實驗(一)：不同品牌洗碗精溶液(界面活性劑)對反泡泡生成的影響

【實驗步驟】：

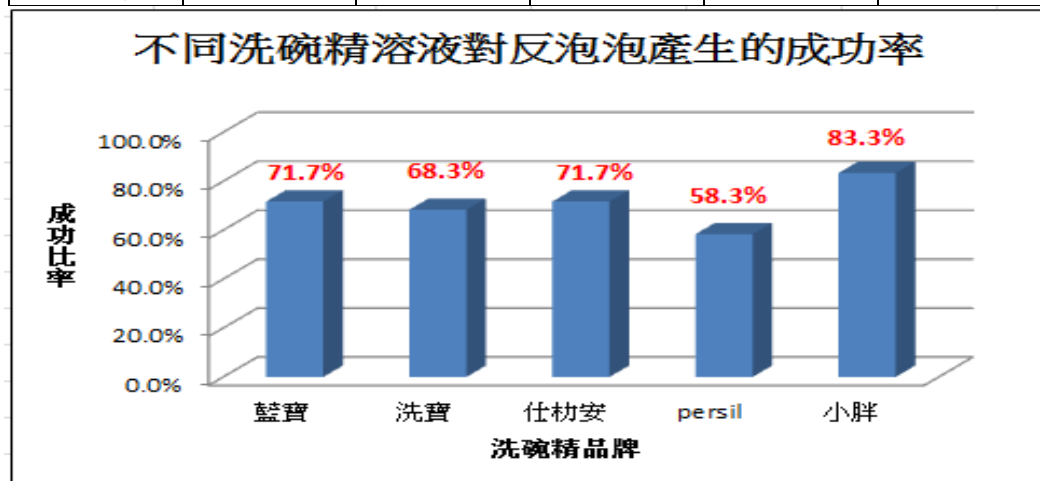
1. 收集五種不同品牌的洗碗精，並且調製五杯之泡泡水，濃度比例為文獻資料上建議水:洗碗精=100:1。
2. 將吸管插入藍寶泡泡水中，按住吸管上方開口，再提起來將泡泡水滴入水中，以肉眼觀察反泡泡產生的現象。
3. 重複實驗步驟2二十回，進行實驗及觀察。
4. 接著依序更換洗寶、仕朮安、persil、小胖等泡泡水，並重複實驗步驟2、3，進行實驗及觀察。
5. 最後，重複實驗步驟2、3、4三次，將每杯泡泡水都進行3次的滴入測試。



【實驗結果】：

表(一)：不同洗碗精溶液對反泡泡產生的成功率

	藍寶	洗寶	仕朮安	persil	小胖
第一次	16	15	15	11	16
第二次	11	13	14	10	18
第三次	16	13	14	14	16
平均	14.3	13.7	14.3	11.7	16.7
成功率	71.7%	68.3%	71.7%	58.3%	83.3%



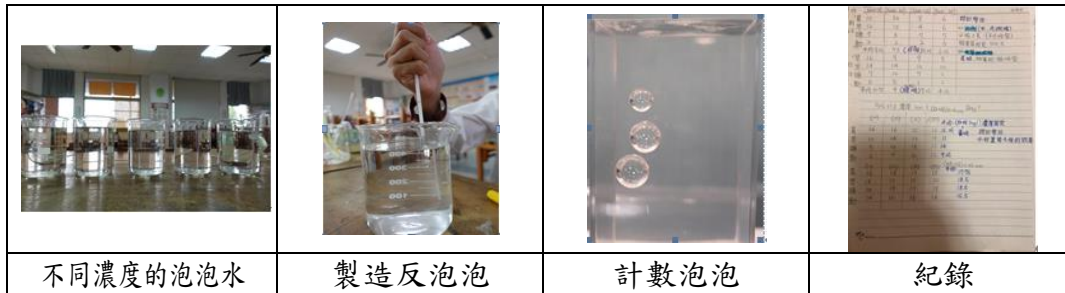
圖(一)

【實驗討論】：

1. 從實驗結果中，發現我們所使用的洗碗精都可以成功產生反泡泡，其中小胖洗碗精的成功率最高，persil的成功率最低。
2. 由於小胖洗碗精所調製的泡泡水，產生反泡泡的成功機率最高，因此我們接下來的實驗，將都以小胖洗碗精作為實驗材料。

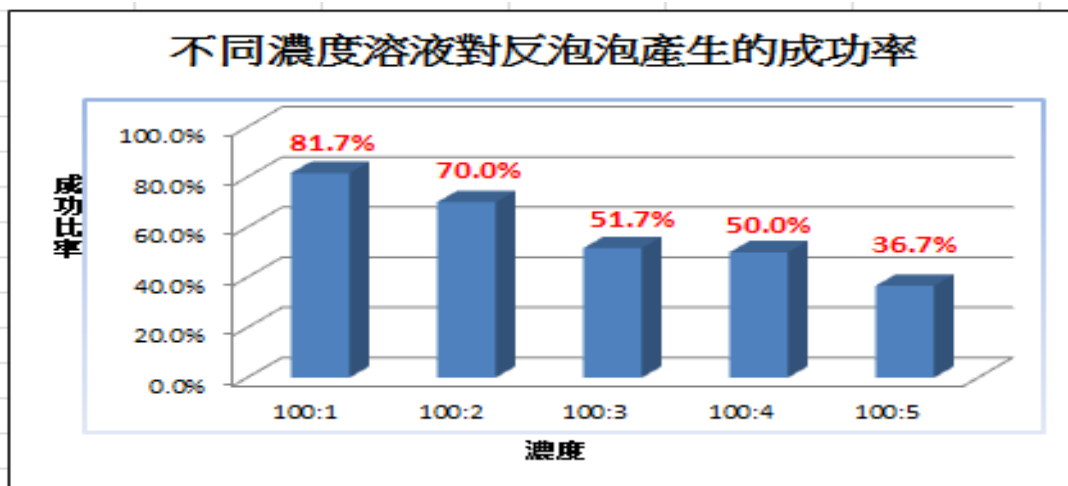
實驗(二) 同一界面活性劑，不同濃度對反泡泡生成的影響

- 【實驗步驟】：
1. 準備五杯各裝 500ml 的自來水，分別加入 5ml、10ml、15ml、20ml、25ml 的小胖洗碗精，調製成濃度比例水:洗碗精為 100:1、100:2、100:3、100:4、100:5。
 2. 將吸管插入泡泡水中，按住吸管上方開口，再提起來將泡泡水滴入水中，以肉眼觀察反泡泡產生的現象。
 3. 重複實驗步驟 2 二十回，進行實驗及觀察。
 4. 接著依序更換濃度 100:2、100:3、100:4、100:5 等泡泡水，並重複實驗步驟 2、3，進行實驗及觀察。
 5. 最後，重複實驗步驟 2、3、4 三次，將每杯泡泡水都進行 3 次的滴入測試。



【實驗結果】： 表(二)：不同濃度溶液對反泡泡產生的成功率

	100:1	100:2	100:3	100:4	100:5
第一次	17	13	11	10	8
第二次	15	15	10	11	5
第三次	17	14	10	9	9
平均	16.3	14.0	10.3	10.0	7.3
成功率	81.7%	70.0%	51.7%	50.0%	36.7%







圖(二)

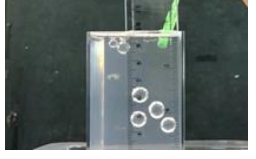



【實驗討論】：

1. 從實驗結果中，我們發現泡泡水的濃度比例是 100:1 時，產生反泡泡的成功率最高；而濃度比例是 100:5 時，成功率最低。
2. 因此後續實驗，我們將固定濃度比例是 100:1 的泡泡水進行探討。

實驗(三)在同一界面活性劑濃度下，不同吸管口徑對反泡泡生成的影響

- 【實驗步驟】：**
1. 準備一杯裝有 500ml 的自來水，加入 5ml 的小胖洗碗精，調製成濃度比例 **水: 洗碗精** 為 **100:1** 的泡泡水。
 2. 準備 5 枝不同口徑的吸管(白色、綠色、黃色、紫色、紅色)，測量外圓直徑。
 3. 將白色吸管插入泡泡水中，按住吸管上方開口，再提起來將泡泡水滴入水中，以肉眼觀察反泡泡產生的現象。
 4. 重複實驗步驟 3 二十回，進行實驗及觀察。
 5. 接著依序更換為綠色、黃色、紫色、紅色等吸管，並重複實驗步驟 3、4，進行實驗及觀察。
 6. 最後，重複實驗步驟 3、4、5 三次，將每枝吸管都進行 3 次的滴入測試。




			
調製泡泡水	收集吸管	測量吸管外徑	製造反泡泡

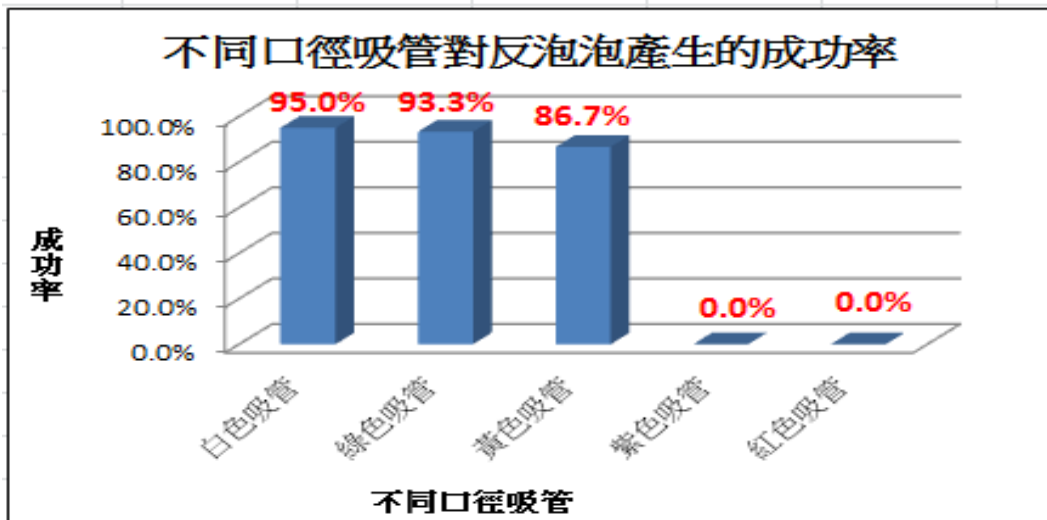
			
拍攝反泡泡	利用軟體將影片轉成圖片	軟體放大判讀	測量反泡泡外徑

【實驗結果】： 表(三)：每一種吸管的外口徑寬度

	白色吸管	綠色吸管	黃色吸管	紫色吸管	紅色吸管
外口徑寬度 (cm)	0.35	0.5	0.6	1.0	1.25

表(四)：不同口徑吸管對反泡泡產生的成功率

	白色吸管	綠色吸管	黃色吸管	紫色吸管	紅色吸管
第一次	18	18	15	0	0
第二次	19	18	18	0	0
第三次	20	20	19	0	0
平均	19	18.7	17.3	0.0	0.0
成功率	95.0%	93.3%	86.7%	0.0%	0.0%
反泡泡平均大小	0.95cm	1cm	1.15 cm	無反泡泡	無反泡泡
圖片				無反泡泡	無反泡泡

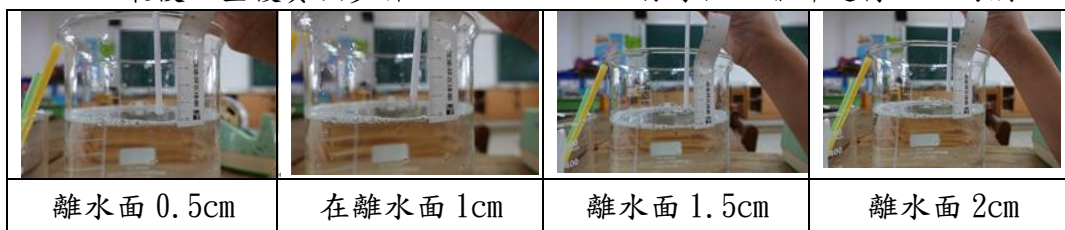


圖(三)

- 【實驗討論】：
1. 從實驗結果發現白吸管、綠吸管、黃吸管都可以產生反泡泡，而紫吸管、紅吸管則無法產生反泡泡。
 2. 實驗過程中，我們觀察到紫吸管和紅吸管，因為口徑大，泡泡水容易自行流出來，不容易操控，無法形成反泡泡。
 3. 我們發現用白吸管、綠吸管和黃吸管所製造出的反泡泡，大小是有差別的，所以我們用攝影截圖的方式，測量計算出口徑 0.35cm 的白吸管所產生反泡泡外直徑約 0.95cm；口徑 0.5cm 的綠吸管所產生反泡泡外直徑約 1cm；口徑 0.6cm 的黃吸管所產生反泡泡外直徑約 1.15cm。

實驗(四)在同一界面活性劑濃度下，吸管距離承接液體表面高度對反泡泡生成的影響

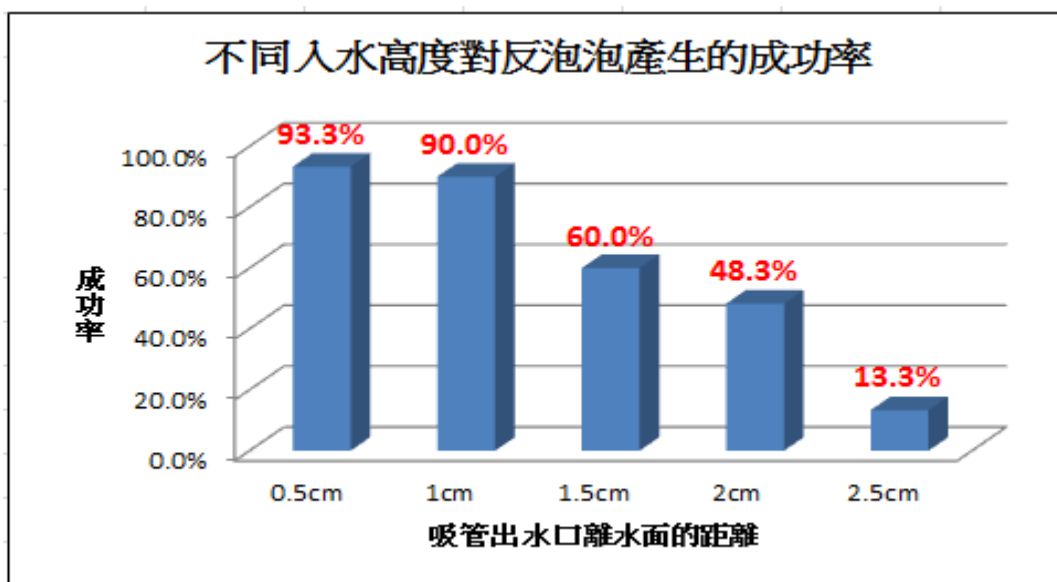
- 【實驗步驟】：
1. 準備一杯裝有 500ml 的自來水，加入 5ml 的小胖洗碗精，調製成濃度比例 水:洗碗精 為 100:1 的泡泡水。
 2. 用白色吸管吸取泡泡水提起後在離水面 0.5cm 處放開手指將泡泡水滴入水中，以肉眼觀察反泡泡產生的現象。
 3. 重複實驗步驟 2 二十回，進行實驗及觀察。
 4. 接著依序更換為在離水面 1cm、1.5cm、2cm、2.5cm 處放開手指將泡泡水滴入水中，並重複實驗步驟 2、3，進行實驗及觀察。
 - 5 最後，重複實驗步驟 2、3、4 三次，將每個距離都進行 3 次的滴入測試。



【實驗結果】：

表(五)：不同入水高度對反泡泡產生的成功率

	0.5cm	1cm	1.5cm	2cm	2.5cm
第一次	18	18	11	10	0
第二次	19	17	12	10	5
第三次	19	19	13	9	3
平均	18.7	18	12.0	9.7	2.7
成功率	93.3%	90.0%	60.0%	48.3%	13.3%

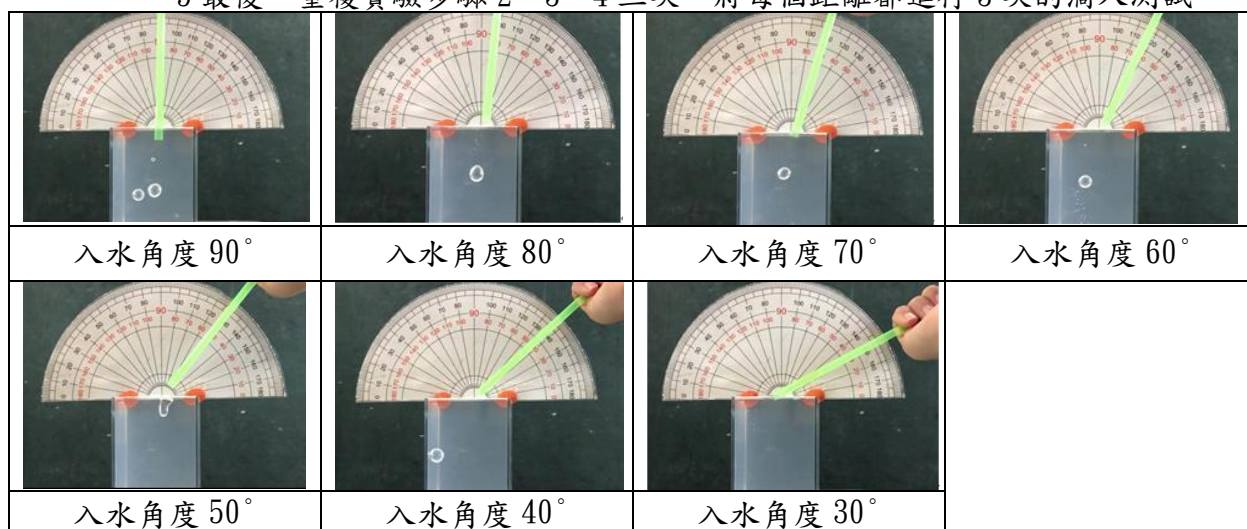


圖(四)

- 【實驗討論】：1. 從實驗結果發現吸管出水口在離承接液體水面 0.5cm 產生反泡泡成功率是 93.3%，出水口在離承接液體水面 1cm 的成功率是 90.0%，相當高。
2. 隨著吸管出水口離承接液體水面越高，成功率越低。

實驗(五)在同一界面活性劑濃度下，不同入水角度對反泡泡生成的影響

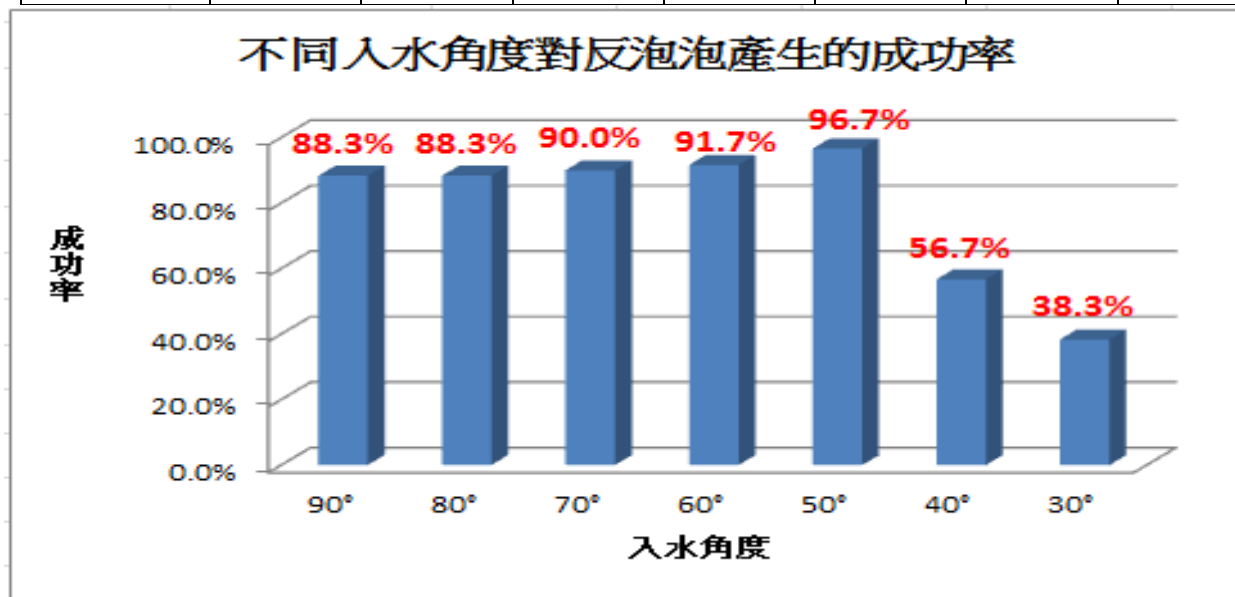
- 【實驗步驟】：1. 準備一杯裝有 500ml 的自來水，加入 5ml 的小胖洗碗精，調製成濃度比例 水:洗碗精 為 100:1 的泡泡水。
2. 用吸管吸取泡泡水提起後在離水面 0.5cm 處垂直放開手指將泡泡水滴入水中，以肉眼觀察反泡泡產生的現象。
3. 重複實驗步驟 2 二十回，進行實驗及觀察。
4. 接著依序更換入水角度為 80°、70°、60°、50°、40°、30°，並重複實驗步驟 2、3，進行實驗及觀察。
- 5 最後，重複實驗步驟 2、3、4 三次，將每個距離都進行 3 次的滴入測試。



【實驗結果】：

表(六)：不同入水角度對反泡泡產生的成功率

	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°
第一次	17	18	17	19	19	12	8
第二次	18	18	19	18	20	10	9
第三次	18	17	18	18	19	12	6
平均	17.7	17.7	18.0	18.3	19.3	11.3	7.7
成功率	88.3%	88.3%	90.0%	91.7%	96.7%	56.7%	38.3%



圖(五)

- 【實驗討論】：
1. 從實驗結果發現吸管入水角度在 90°到 50°，產生反泡泡的成功率都有 8 成以上，其中以 50°入水角度所產生反泡泡的成功率最高。
 2. 低於 50°入水角度所產生反泡泡的成功率降低許多。
 3. 因為是採用人為手控方式，入水角度無法做到完全固定，我們思考著要如何做才能做最好的變因控制。(主題二的第二項裝置有針對這點做改進)

實驗(六)在同一界面活性劑濃度下，不同溫度對反泡泡生成的影響

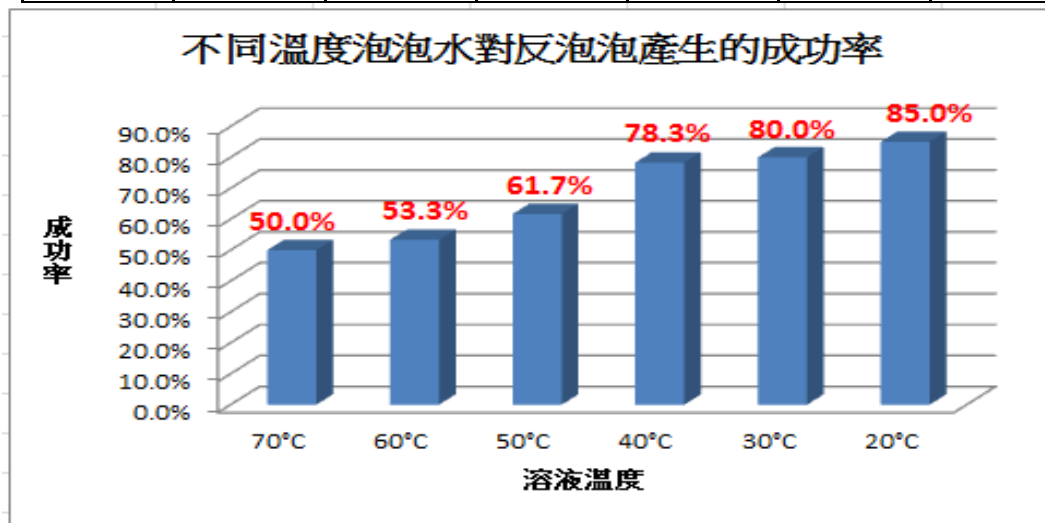
- 【實驗步驟】：
1. 準備一杯溫度為 70°C，容量 500ml 的熱水，加入 5ml 的小胖洗碗精，調製成濃度比例水:洗碗精的泡泡水。
 2. 用吸管吸取泡泡水提起後在離水面 0.5cm 處垂直放開手指將泡泡水滴入水中，以肉眼觀察反泡泡產生的現象。
 3. 重複實驗步驟 2 二十回，進行實驗及觀察。
 4. 接著依序更換泡泡水溫為 60°C、50°C、40°C、30°C、20°C，並重複實驗步驟 2、3，進行實驗及觀察。
 - 5 最後，重複實驗步驟 2、3、4 三次，將每個距離都進行 3 次的滴入測試。



【實驗結果】：

表(七)：不同溫度泡泡水對反泡泡產生的成功率

	70°C	60°C	50°C	40°C	30°C	20°C
第一次	10	13	13	13	16	17
第二次	11	10	12	16	17	16
第三次	9	9	12	18	15	18
平均	10.0	10.7	12.3	15.7	16.0	17.0
成功率	50.0%	53.3%	61.7%	78.3%	80.0%	85.0%



圖(六)

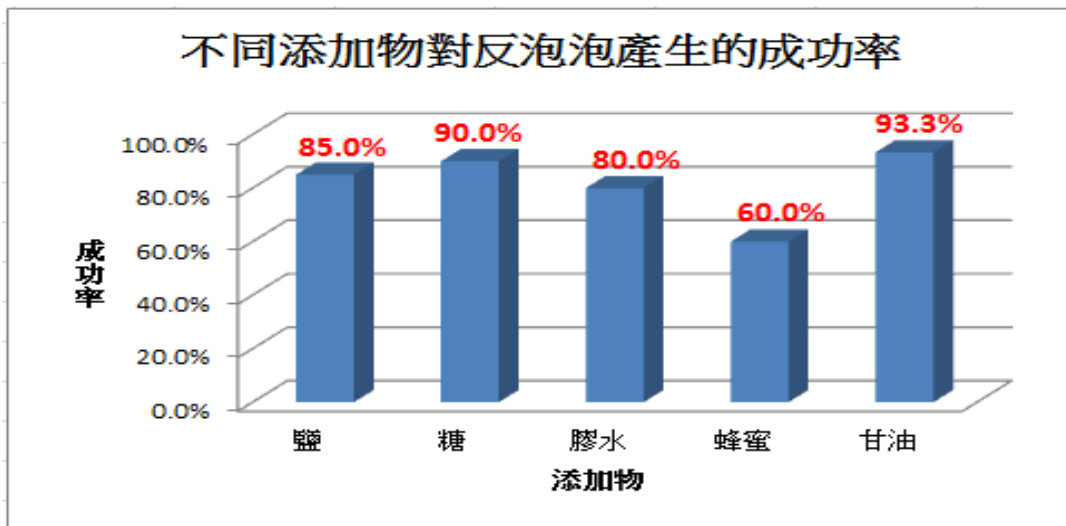
- 【實驗討論】：
1. 從實驗結果發現泡泡水的溫度越高，反泡泡產生的成功率越低。
 2. 泡泡水的溫度在 40° 到 20°C 之間時，有比較高的成功率。

實驗(七)在同一界面活性劑濃度下，不同添加物對反泡泡生成的影響

- 【實驗步驟】：
1. 準備 5 杯裝有 500ml 的自來水，加入 5ml 的小胖洗碗精，調製成濃度比例 $\boxed{\text{水}}:\boxed{\text{洗碗精}}$ 為 $\boxed{100}:1$ 的泡泡水。
 2. 一號杯加入 10 茶匙的鹽、二號杯加入 10 茶匙的糖、三號杯加入 10 茶匙的膠水、四號杯加入 10 茶匙的蜂蜜、五號杯加入 10 茶匙的甘油，攪拌均勻。
 3. 用吸管吸取一號杯(鹽)的泡泡水，提起後在離水面 0.5cm 處垂直放開手指，將泡泡水滴入水中，以肉眼觀察反泡泡產生的現象。
 4. 重複實驗步驟 3 二十回，進行實驗及觀察。
 5. 接著依序更換二號杯(糖)、三號杯(膠水)、四號杯(蜂蜜)、五號杯(甘油)，並重複實驗步驟 3、4，進行實驗及觀察。
 6. 最後，重複實驗步驟 3、4、5 三次，將每個距離都進行 3 次的滴入測試。

【實驗結果】：表(八)：不同添加物對反泡泡產生的成功率

	鹽	糖	膠水	蜂蜜	甘油
第一次	16	18	17	9	20
第二次	18	19	16	11	17
第三次	17	17	15	16	19
平均	17.0	18.0	16.0	12.0	18.7
成功率	85.0%	90.0%	80.0%	60.0%	93.3%



圖(七)

【實驗討論】：1. 從實驗結果泡泡水中添加甘油，反泡泡產生的成功率最高，添加蜂蜜的反泡泡產生的成功率最低。

主題二、設計產生反泡泡自動裝置

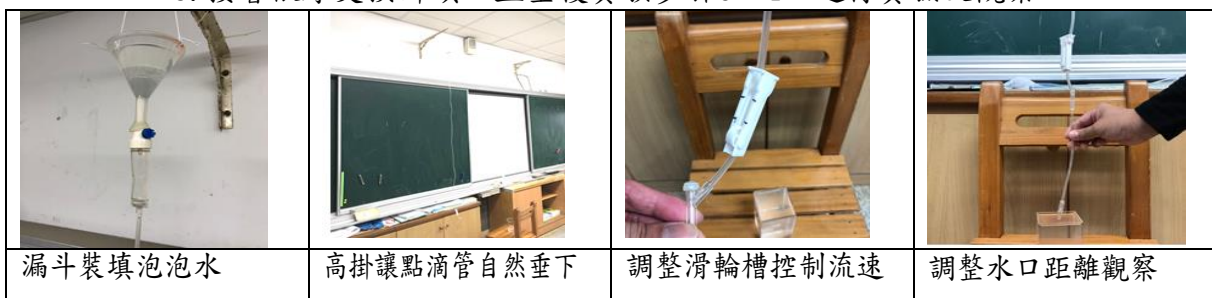
根據主題一的實驗，我們發現“手感”對反泡泡的產生其實是非常重要的，我們試著找出其變因並將其固定。因此進行以下實驗裝置的設計。

(一)裝置一：點滴輸液器

1. 材料：量筒、燒杯、點滴輸液器、漏斗、針頭、泡泡水
2. 設計概念：在用吸管進行反泡泡的實驗中，我們發現吸管吸水量對反泡泡的產生是有影響的，那麼如何將入水的水量固定呢？我們想到點滴輸液器的構造，可以將滴入容量定量、可以調整或固定滴入的速度、也可以改變滴入的口徑大小，因此做了這樣的設計。

實驗(八) 點滴輸液器裝置

- 【實驗步驟】：
1. 利用熱融膠將點滴輸液器的插入針與漏斗頸密封好。
 2. 裝填50ml的泡泡水，高掛讓點滴管自然垂下。
 3. 利用滑輪槽控制流速穩定。
 4. 以肉眼觀察反泡泡產生的現象，並以數位攝影機拍攝下來。
 5. 接著依序更換針頭，並重複實驗步驟3、4，進行實驗及觀察。



【實驗結果與討論】：

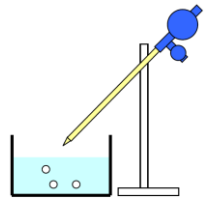
1. 利用點滴輸液器能產生反泡泡，解決了滴入容量的定量問題。
2. 但受限於針頭口徑太小，產生的反泡泡顆粒不像使用吸管來的大。
3. 輸液器出水口與承接液體水面的距離跟吸管實驗有明顯差異，無針頭時需距離水面13公分左右才能產生。
4. 滴出的衝擊力與速度無法像吸管強大。
5. 點滴輸液器雖然解決了滴入容量的定量問題，但是產生的反泡泡卻小到不易觀察與計數，因此我們開始思考怎麼解決反泡泡顆粒太小的問題。

(二)裝置二：安全吸球+吸量管

1. 材料：泡泡水、安全吸球、吸量管、滴定管夾、方形玻璃缸、腳架、尺、量角器。
2. 設計概念：為了解決點滴輸液器產生的反泡泡顆粒太小的問題，我們使用安全吸球加吸量管，可以利用液體的壓力，產生衝入的力量來產生反泡泡，解決點滴輸液器衝擊力太小、反泡泡太小的問題。

3. 裝置方式及操作方法：

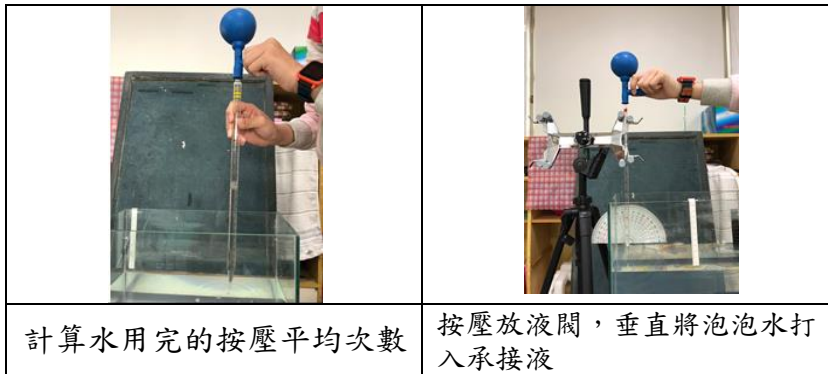
- ①將安全吸球裝置於吸量管上，並吸取泡泡水上。
- ②將吸量管以滴定管夾固定於鐵架，按壓放液閥使泡泡水衝入水中產生反泡泡。



示意圖

實驗(九)吸量管管徑大小與反泡泡產生的關係

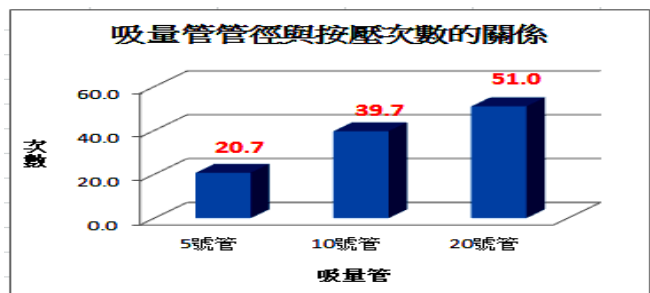
- 【實驗步驟】：
1. 以安全吸球配5號吸量管吸取泡泡水
 2. 將吸量管以滴定管夾固定於鐵架，調整出水口在離水面5mm的距離，按壓放液閥，垂直將泡泡水打入承接液。
 3. 以肉眼觀察反泡泡產生的現象，並以數位攝影機拍攝下來。
 4. 接著依序更換10號、20號吸量管，並重複實驗步驟2、3，進行實驗及觀察。
 5. 最後，重複實驗步驟3、4、5，將每枝吸量管都進行3次的滴入測試。



【實驗結果】：

表(九)：水用完的按壓平均次數

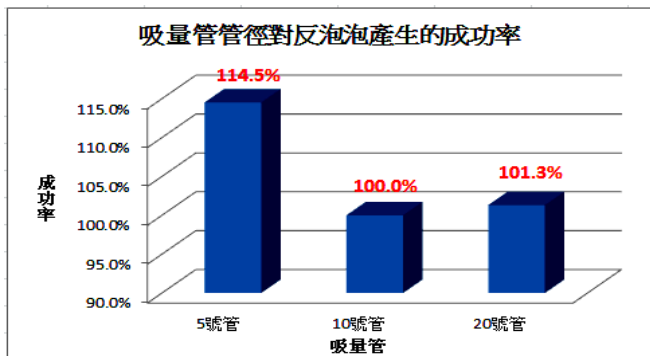
	5 號管	10 號管	20 號管
第一次	21	38	52
第二次	21	40	51
第三次	20	41	50
平均(次)	20.7	39.7	51.0



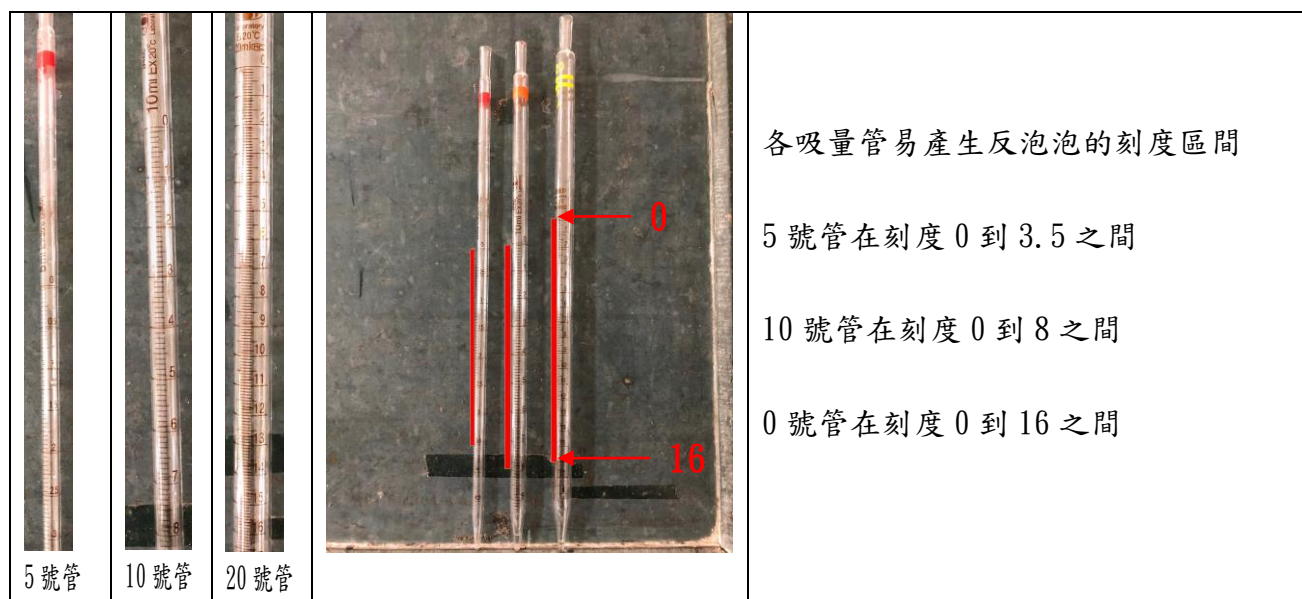
圖(八)

表(十)：吸量管管徑與反泡泡產生的關係

	5 號管	10 號管	20 號管
第一次	23	37	52
第二次	25	37	56
第三次	23	45	47
平均(顆)	23.7	39.7	51.7
成功率	114.5%	100.0%	101.3%



圖(九)



各吸量管易產生反泡泡的刻度區間

5 號管在刻度 0 到 3.5 之間

10 號管在刻度 0 到 8 之間

0 號管在刻度 0 到 16 之間

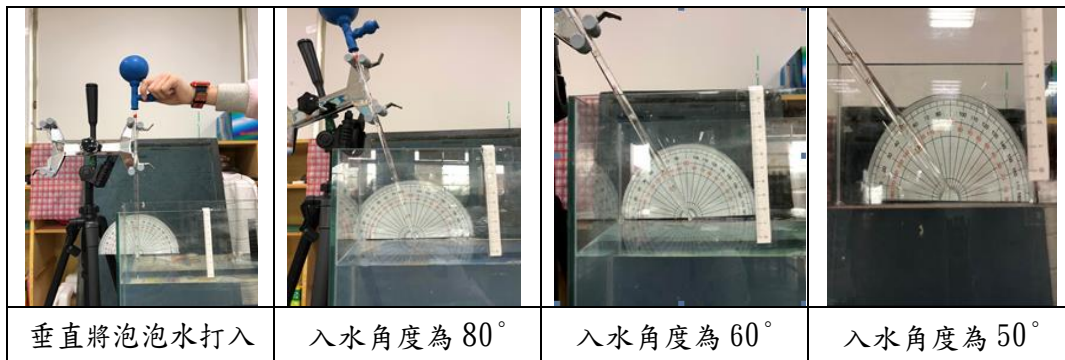
- 【實驗討論】**：
1. 經過測試，5 號管(容量 5ml)裝滿後，平均按壓 20.7 次就會把水用完；10 號管(容量 10ml)裝滿後，平均按壓 39.7 次就會把水用完；20 號管(容量 20ml)裝滿後，平均按壓 51.0 次就會把水用完。
 2. 接下來的實驗，我們將固定以 5 號管每回按壓 20 次、10 號管每回按壓 40 次、20 號管每回按壓 50 次來進行。
 3. 實驗結果 5 號吸量管的成功率是 114.5%、10 號吸量管的成功率是 100%、20 號吸量管的成功率是 101.3%。因此採用安全吸球和吸量管，不管管徑大小，產生反泡泡都有很高的成功率。
 4. 形成反泡泡的顆數比按壓次數多，是因為有時候會產生不只一顆的反泡泡。
 5. 我們還觀察到 5 號管在刻度 0 到 3.5 之間，比較能成功產生反泡泡；10 號管在刻度 0 到 8 之間，比較能成功產生反泡泡；20 號管在刻度 0 到 16 之間比較能成功產生反泡泡。

實驗(十)吸量管入水角度對反泡泡形成的影響

在使用吸管產生反泡泡時，發現入水角度對反泡泡產生的成功率是有影響的，但是當時我們只能用眼睛瞄準量角器測試，比較容易有誤差。我們想利用吸量管可以固定在腳架上調整角度的優點，再做一次實驗來探討入水角度與反泡泡之間的關係。

【實驗步驟】：

1. 以安全吸球配5號吸量管吸取泡泡水
2. 將吸量管以滴定管夾固定於鐵架，在離水面5mm的距離按壓放液閥，垂直將泡泡水打入承接液。
3. 以肉眼觀察反泡泡產生的現象，並以數位攝影機拍攝下來。
4. 接著依序改變入水角度為80°、70°、60°、50°、40°、30°，並重複實驗步驟2、3，進行實驗及觀察。
5. 接著依序更換10號、20號吸量管，重複實驗步驟2、3、4。
6. 最後將每枝吸量管都進行3次的滴入測試。



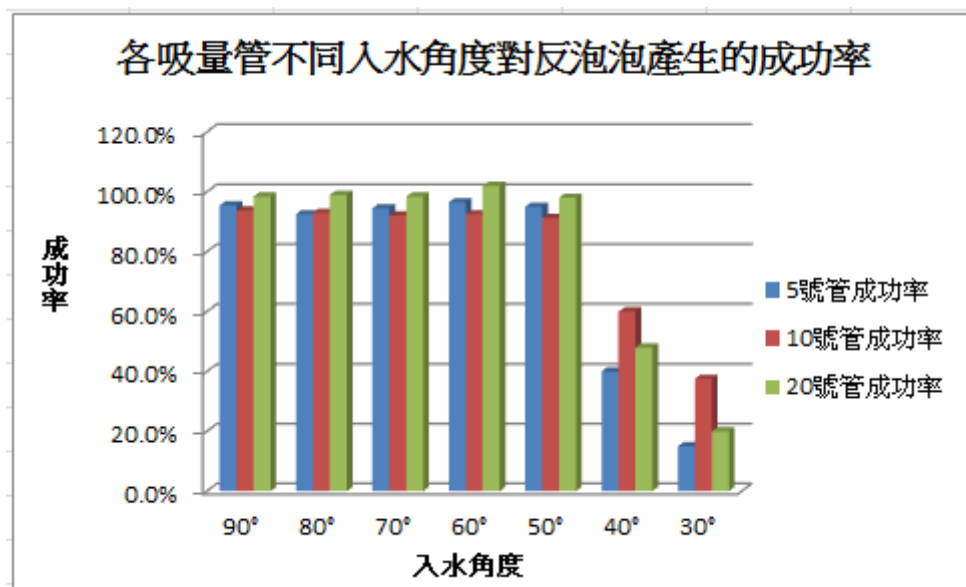
垂直將泡泡水打入 入水角度為 80° 入水角度為 60° 入水角度為 50°

【實驗結果】： 表(十)吸量管在不同入水角度所產生反泡泡的平均顆數

	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°
5 號管	19.1	18.5	18.9	19.3	19	8	3
10 號管	37.5	37.2	36.8	37	36.5	24	15
20 號管	49.2	49.5	49.2	51	49	24	10

表(十一)吸量管在不同入水角度對反泡泡產生的成功率

	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°
5 號管成功率	95.5%	92.5%	94.5%	96.5%	95.0%	40.0%	15.0%
10 號管成功率	93.8%	93.0%	92.0%	92.5%	91.3%	60.0%	37.5%
20 號管成功率	98.4%	99.0%	98.4%	102.0%	98.0%	48.0%	20.0%



圖(十)

【實驗討論】：1. 發現吸量管與水面夾角在 90°到 50°之間都有很好的成功率，當入水角度低於 50°時，成功率有明顯的下降。

2. 這樣的結果和採用吸管實驗時是相符的[表(六)]。



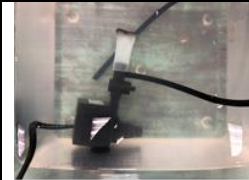

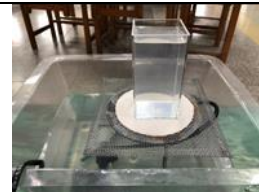


(三)裝置三：定時斷電系統自動裝置

1. 材料：沉水馬達、方形透明杯、小水管、定時斷電器、延長線、腳架、燒杯架
2. 設計概念：經過間接按壓的安全吸球組實驗後，我們發現手感的影響仍然存在，雖然我們讓同一個人操作同一組實驗，來固定變因，但是同時我們也在思考如何解決手感因素的人為變因，後來我們想到利用水族箱在使用的沉水馬達與瞬斷器來設計自動裝置。

實驗(十一)定時斷電系統自動裝置對反泡泡產生的成功率

【實驗步驟】：

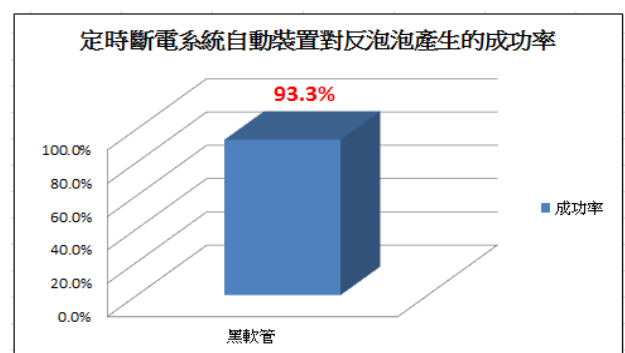
1. 將定時斷電器與延長線連接安裝好。
2. 將沉水馬達的插頭插在延長線上。
3. 取一水箱內裝八分滿的泡泡水，將沉水馬達固定於水中。
4. 水箱內放入一燒杯架，在架上放一上一個裝滿泡泡水的方形透明杯。
5. 調整斷電週期及出水量，藉由軟管吸取泡泡水到方形透明杯，以達到成功產生反泡泡。
6. 最後啟動電源以肉眼觀察反泡泡產生的現象，並以數位攝影機拍攝下來。

			
連接定時斷電器與延長線	沉水馬達的插頭插在延長線	將沉水馬達固定於水中	放入一燒杯架
			
放上裝滿泡泡水的方形透明杯	調整斷電週期及出水量	由軟管吸取泡泡水到方形透明杯	觀察反泡泡產生的現象

【實驗結果】：

表(十二)定時斷電系統自動裝置對反泡泡產生的成功率

	黑軟管
第一次	18
第二次	18
第三次	20
平均	18.7
成功率	93.3%



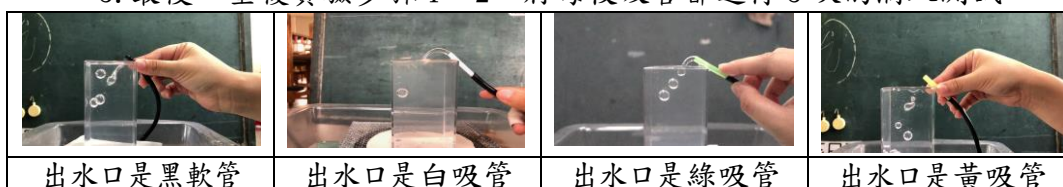
圖(十一)

- 【實驗討論】：
1. 剛開始我們在斷電週期與出水量的搭配、調整時，花了好多時間，才成功讓反泡泡產生，但成功率卻沒有像吸管實驗時那麼高，讓我們好挫折與困惑。
 2. 在不停實作觀察後，我們發現出水口向吸管實驗時朝下時，沉水馬達打出來的水柱是不穩定的，導致反泡泡的產生也跟著很不穩定。
 3. 後來我們將出水口調整為朝上，發現這樣出水量會比較固定，反泡泡產生的成功率也提高到 90%以上。

- 藉由這種裝置，製作反泡泡變得非常容易和有趣。沉水馬達和定時斷電器完成所有工作。
- 同時我們也思考，如果把出水口的口徑更換成主題一的吸管口徑大小，是否會不一樣呢?因此我們做了下面的實驗。

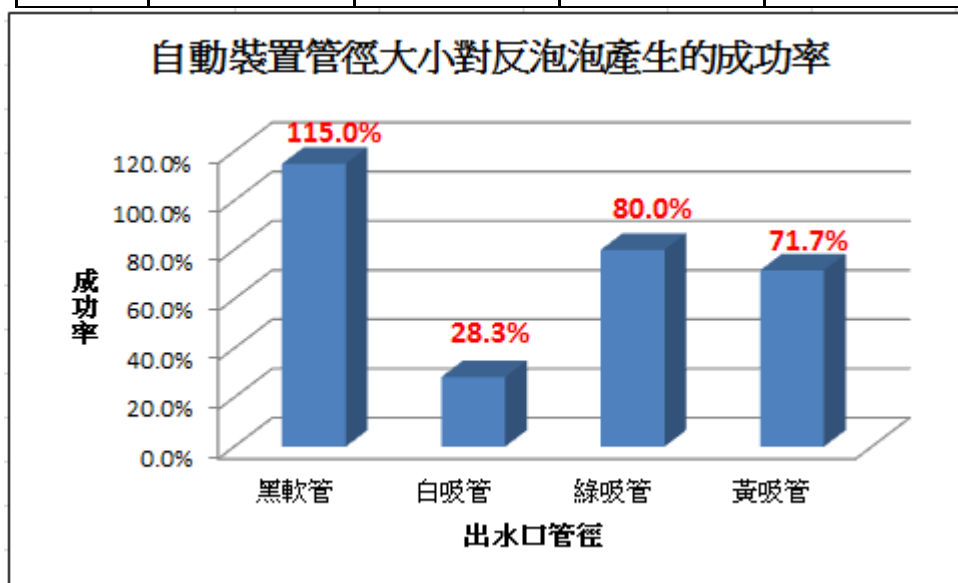
實驗(十二)自動裝置管徑大小對反泡泡產生的成功率

- 【實驗步驟】：1. 開啟反泡泡自動裝置，以黑管為出水口入水 20 回，以肉眼觀察反泡泡產生的現象，並以高速攝影機拍攝下來。
2. 接著更換出水口為白吸管、綠吸管、黃吸管，重複步驟 1。
3. 最後，重複實驗步驟 1、2，將每枝吸管都進行 3 次的滴入測試。



【實驗結果】：表(十三)自動裝置管徑大小對反泡泡產生的成功率

	黑軟管 (外徑 0.65mm)	白吸管 (外徑 0.35mm)	綠吸管 (外徑 0.5mm)	黃吸管 (外徑 0.6mm)
第一次	24	5	15	16
第二次	21	8	19	13
第三次	24	4	14	14
平均(顆)	23.0	5.7	16.0	14.3
成功率	115.0%	28.3%	80.0%	71.7%



圖(十二)

- 【實驗討論】：1. 我們發現將自動裝置更換成白吸管時，口徑小，水柱過大，反泡泡產生的成功率偏低，我們試著調整斷電頻率和出水量，不過還是無法提高白吸管的成功率。
2. 黑軟管的成功率最高，又因為有時會出現 2 顆以上的反泡泡，所以成功率高達 115.0%。
3. 綠吸管、黃吸管都有七成以上的成功率。

主題三、反泡泡形成與破滅現象觀察




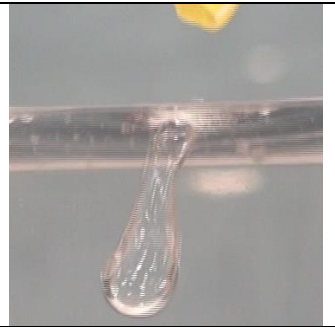

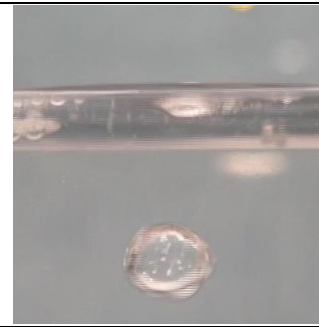
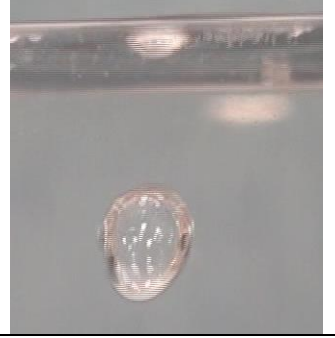

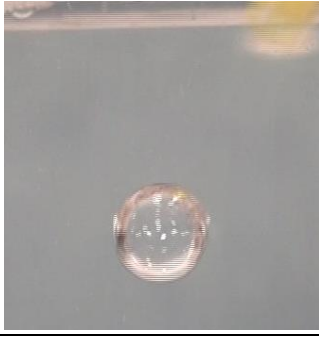
實驗(十三)反泡泡形成之觀察描述

【實驗步驟】：






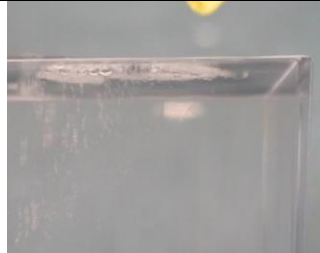
1. 將反泡泡產生的過程用高速攝影機錄下來。
2. 利用軟體 Free Video to JPG Converter 匯入影片檔案後，設定要擷取影格的頻率，將此影像輸出成 JPG 圖片。
3. 觀察水柱入水後，反泡泡產生與否的現象情形。

【實驗結果】：

圖(十四)成功形成反泡泡的過程截圖

		
吸管滴下泡泡水	因為重力的作用掉落	接觸面會有一層空氣層
		
水滴繼續往下掉落	水滴沉入水中時會再吸入空氣	水滴因表面張力形成球狀，形成反泡泡
		
表面張力將泡裡的水拉成球形	表面張力將泡裡的水拉成球形	完整的球形反泡泡

圖(十五)無法成功形成反泡泡的過程截圖

		
吸管滴下泡泡水	因為重力的作用掉落	水柱下降速度快，不利空氣層包覆
		
落下的液滴直接和承載液體融合	落下的液滴直接和承載液體融合	無法形成反泡泡

- 【實驗討論】：
1. 根據實驗結果，我們發現入水水柱速度不能太快，否則無法形成反泡泡，也按住吸管的手指放開時，不能快速的放開，必須緩慢。
 2. 我們推測入射速度是反泡泡成功率高低的關鍵之一。
 3. 透過截圖，我們可以清楚看到反泡泡形成的過程，也清楚看到一開始的反泡泡不是正球形，要等表面張力將泡裡的水查成球形。


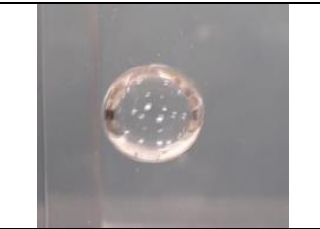

實驗(十四)反泡泡破滅之觀察描述







【實驗步驟】：

1. 將反泡泡產生的過程用高速攝影機錄下來。
2. 利用軟體 Free Video to JPG Converter 匯入影片檔案後，設定要擷取影格的頻率，將此影像輸出成 JPG 圖片。
3. 觀察反泡泡破滅的現象情形。

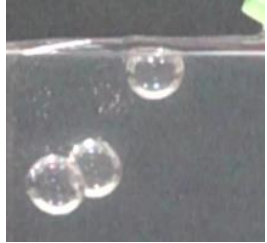
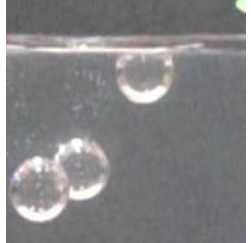


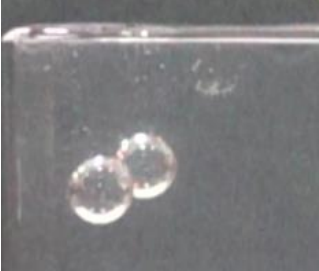

【實驗結果】：

圖(十六)反泡泡自行破滅的過程截圖



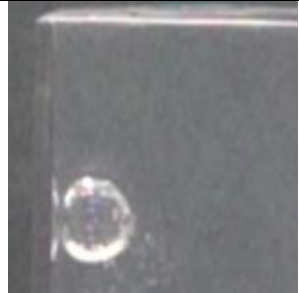
		
完整反泡泡	瞬間破滅前	開始破滅，圓周所有的空氣膜同時破滅

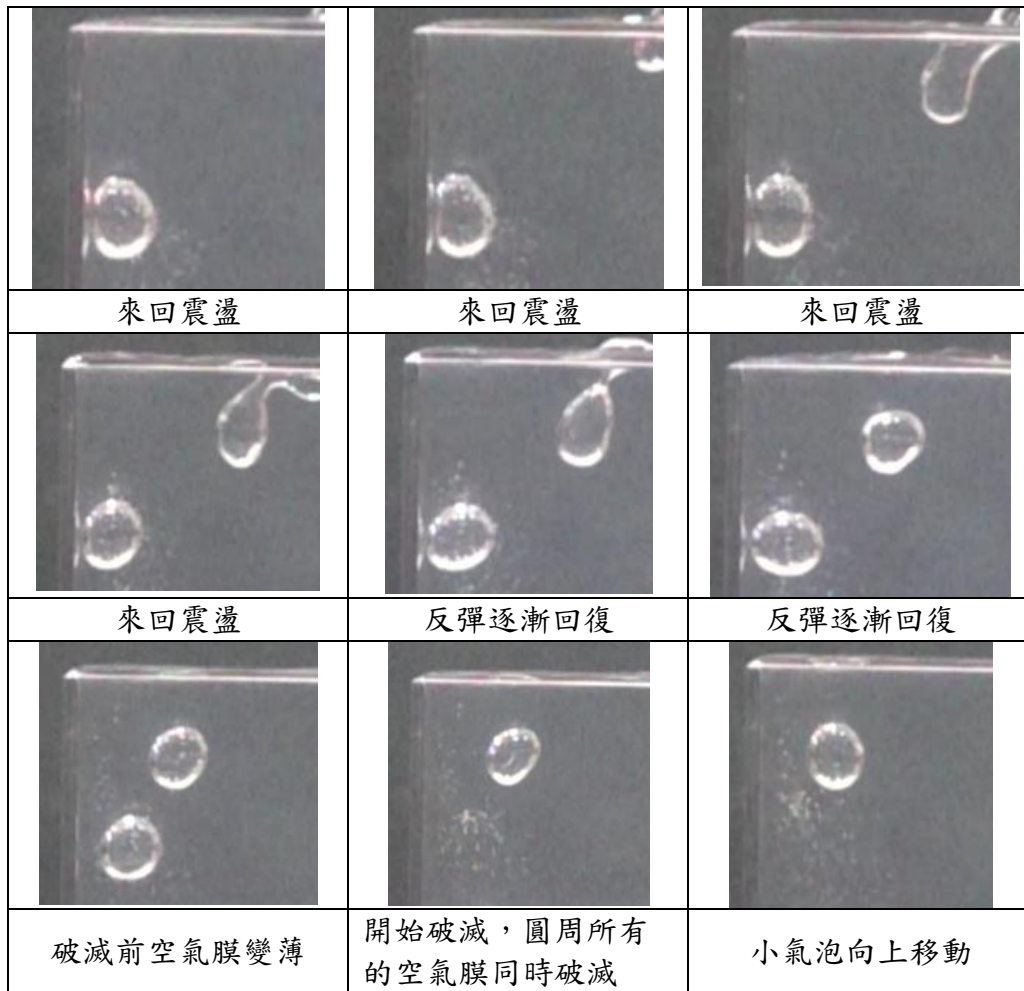
		
空氣膜中的氣泡向內集中互相碰撞	小氣泡再往外移動	小氣泡持續往外移動
		
小氣泡往上升	小氣泡往上升	小氣泡往上升

圖(十七)反泡泡接觸水面破滅的過程截圖

		
完整反泡泡升至水面	破滅前	頂部空氣膜與外界空氣接觸
		
瞬間破滅，留有空氣小氣泡	小氣泡往上升	完全消失

圖(十七)反泡泡碰撞破滅的過程截圖

		
完整反泡泡	碰到水杯壁	來回震盪



- 【實驗討論】：1. 根據實驗結果，我們發現反泡泡在破滅瞬間前，空氣膜會變薄，呈現模糊的現象。
2. 在破滅瞬間，周圍空氣膜中的空氣會變成小氣泡，然後會先集中在向外運動擴散，然後小氣泡各自再往上升。

伍、結論

- 一、從實驗(一)中，發現我們所使用的洗碗精都可以成功產生反泡泡，其中小胖洗碗精的成功率最高，persil的成功率最低。
- 二、根據實驗(二)的結果我們得知：發現泡泡水的濃度比例是 100:1 時，產生反泡泡的成功率最高。
- 三、從實驗(三)結果中我們發現 1. 從實驗結果發現白吸管(口徑 0.35cm)、綠吸管(口徑 0.5cm)、黃吸管口徑(0.6cm)都可以產生反泡泡，而紫吸管(口徑 1 cm)、紅吸管(口徑 1.25cm)則無法產生反泡泡。
- 四、白吸管所產生反泡泡外直徑約 0.95cm；口徑 0.5cm 的綠吸管所產生反泡泡外直徑約 1cm；口徑 0.6cm 的黃吸管所產生反泡泡外直徑約 1.15cm。
- 五、從實驗(四)結果中，我們發現在吸管出水口離承接液體水面 0.5cm 到 1cm 之間，可達到反泡泡的高成功率，隨著吸管出水口離承接液體水面越高，成功率越低。
- 六、從實驗(五)結果中，我們發現入水角度在 90° 到 50° 之間，可達到反泡泡的高成功率。其中又以入水角度為 50° 的成功率最高。
- 七、從實驗(六)結果中，我們發現泡泡水的溫度越高，反泡泡產生的成功率越低。

- 八、從實驗(七)結果中，我們發現在泡泡水中添加甘油，反泡泡產生的成功率最高，添加蜂蜜的反泡泡產生的成功率最低。
- 八、點滴輸液器雖然解決了滴入容量的定量問題，但是產生的反泡泡卻小到不易觀察與計數。
- 九、安全吸球+吸量管的裝置可以達到反泡泡的高成功率，同時有固定入水角度的優點。發現水角度低於 50° 時，成功率有明顯的下降。
- 十、同時觀察到 5 號吸量管在刻度 0 到 3.5 之間，比較能成功產生反泡泡；10 號吸量管在刻度 0 到 8 之間，比較能成功產生反泡泡；20 號吸量管在刻度在刻度 0 到 16 之間比較能成功產生反泡泡。
- 十一、定時斷電系統自動裝置可以成功產生反泡泡，出水口朝上會有比較穩定的成功率。
- 十二、將定時斷電系統自動裝置的黑軟管更換成白吸管時，口徑小，水柱過大，反泡泡產生的成功率偏低，而綠吸管、黃吸管還是有很高的成功率。
- 十三、透過截圖，我們清楚看到反泡泡一開始不是正球形，要等表面張力將泡裡的水拉成球形。
- 十四、透過截圖，我們發現反泡泡在破滅瞬間前，空氣膜會變薄，呈現模糊的現象；在破滅瞬間，周圍空氣膜中的空氣會變成小氣泡，然後會先集中在向外運動擴散，然後小氣泡各自再往上升。

陸、參考文獻

1. 中華民國第46屆中小學科學展覽會作品：泡泡造反了—反泡泡之形成、存活與破滅之物理特性探討。
2. NTCU 科學遊戲 Lab：反泡泡 <http://scigame.ntcu.edu.tw/water/water-012.html>
3. 科學玩很大：水中的魔法泡泡 <https://www.youtube.com/watch?v=hsKkJcSNKm4>
4. 水里面神奇的反泡泡 <https://www.youtube.com/watch?v=kQ1MBb9CR2k>
5. 反泡泡- 維基百科，自由的百科全書