

嘉義市第 36 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：泡泡水「造反」有理

關 鍵 詞：反泡泡、起泡劑、精密輸液套

編 號：

泡泡水「造反」有理

摘要

和「反泡泡」第一次接觸後，覺得這泡泡太神奇了！要是能隨手就輕易造出它，一定會讓人覺得我們有魔力。利用「不同物質的水溶液具有不同特性」的概念，我們研究發現：能輕易造出反泡泡的水溶液，大多是因為含有起泡劑(介面活性劑)，而添加其他物質也可以有不同的助益。尤其，為了改進以「注射筒」進行所造成人為因素的誤差，並得到量化資料，所以研究使用「精密輸液套」的小秘訣，並也進一步確認造反泡泡所需的條件。

壹、研究動機

玩泡泡是我和弟弟、妹妹平時最喜歡做的事，不論洗澡或洗碗，只要有了泡泡，做起事來就令人特別愉快。為了滿足想玩不同泡泡的想法，於是我們上網查詢，卻發現一種既新奇且與眾不同的水中泡泡——「反泡泡」。

好奇心驅使下，我們動手嘗試，再加上自然課程中曾學習到「不同的水溶液具有不同特性」的概念，腦中油然而生許多問題：泡泡水具有甚麼特性？我們可以用它來吹泡泡，那造反泡泡也一定要用泡泡水嗎？使用其他水溶液也可以造反泡泡嗎？一連串的疑惑促使我們開啟了探究泡泡水「造反」的旅程。

貳、研究目的

- 一、調查並探究「造反泡泡」的身家背景。
- 二、探究以「精密輸液套」來造反泡泡的小秘訣。
- 三、探究水溶液造反泡泡的終極密碼。

參、研究設備及器材

- 一、滴入工具：注射筒(25ml、6ml、1ml)、擠壓瓶、滴管、精密輸液套、針頭(18號針、20號針)、伸縮旗竿、旗竿座、S型掛勾。
- 二、承接器具：正方體(10.5cm×10.5cm×10.5cm)的透明塑膠盒、長方體(5.5cm×5.5cm×10.5cm)的透明塑膠盒。
- 三、使用材料：清潔劑(洗碗精)、水、酒精、鹽、生理食鹽水、糖、醋、小蘇打粉、甘油、柑橘洗潔劑、無患子洗潔劑、各種洗潔劑(沐浴精、沐浴乳、飛柔洗髮乳、海倫洗髮乳、566洗髮露、皂絲、威猛先生廚房凝膠清潔劑、地板清潔劑、洗碗精)、椰子油起泡劑、保鮮膜。
- 四、測量器材：電子秤、量筒、注射筒、燒杯、尺、碼表、湯匙、電動攪拌棒、溫度計。
- 五、其他器具：奇異筆、標籤紙、電磁爐、鐵鍋、鍋蓋、冰塊、相機、筆記本、鋁線。

肆、研究過程或方法

一、搜尋資料並統整，用以了解、分析出「反泡泡」與「正常泡泡」在結構、狀態、原理、圖示等項目的差異。

二、搜尋資料並了解製造「反泡泡」的操作方法與器材，以便進行初步操作。

三、使用「注射筒」進行實驗變因操作，尋找出容易製造反泡泡的條件。

說明：根據搜尋資料所得到的訊息，製造反泡泡的器具可以使用注射筒、擠壓瓶或滴管。

於其中，我們選擇容易操作且又有刻度可以做定量控制的「注射筒」進行實驗操作。

(一)實驗問題「注 1-1」：各種品牌的洗碗精濃度與成分皆不相同，我們想了解目前使用的這種洗碗精，其製造反泡泡最適合的重量比例為何？

1.實驗變因：

(1)操縱變因：測試「水+洗碗精」的重量比例，分別為「400g：2g」、「400g：4g」、「400g：8g」等三種水溶液。

(2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

(1)泡製「水+洗碗精」水溶液於正方體塑膠透明盒裡，重量比例分別為「400：2」、「400：4」、「400：8」等三種水溶液各二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。

(2)以 6ml 注射筒吸取欲滴入的水溶液一整管(大約 6ml 左右)，在正方體塑膠透明盒裡，逐滴滴下，當水的表面有圓形液滴出現時，再稍微用力壓注射筒，以形成類似小水柱的情形，此即為一次滴入。

(3)紀錄滴入十次，其成功次數為幾次，並計時形成反泡泡時每顆反泡泡的存留時間。

(二)實驗問題「注 1-2」：如果將實驗問題「注 1-1」所測試的各種不同重量比例的洗碗精水溶液，除了第一天測試以外，再繼續進行第二天和第三天，則其製造反泡泡的成效為何？

1.實驗變因：

(1)操縱變因：將實驗問題「注 1-1」所測試的同一盒水溶液，分別泡製好的第一天、第二天和第三天連續做測試。

(2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

(1)將「實驗問題 1-1」的水溶液，繼續進行第二天和第三天的測試，測試方法與「實驗問題 1-1」的實驗步驟相同。

(三)實驗問題「注 2-1」：使用不同種類的洗潔劑，則其製造反泡泡的成效有何異同？

1.實驗變因：

(1)操縱變因：許多不同種類的洗潔劑，包括：沐浴精、沐浴乳、洗髮乳、洗髮露、皂絲、小蘇打粉、威猛、地板清潔劑、洗碗精(對照組)等。

(2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

- (1)分別將家裡會用到的洗潔劑，包括：沐浴精、沐浴乳、洗髮乳、洗髮露、皂絲、小蘇打粉、威猛、地板清潔劑、洗碗精(對照組)等，泡製「水+洗潔劑」的重量比例為「400g：2g」，盛裝於正方體塑膠透明盒裡二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
 - (2)以 6ml 注射筒吸取欲滴入的水溶液一整管(大約 6ml 左右)，在正方體塑膠透明盒裡，逐滴滴下，當水的表面有圓形液滴出現時，再稍微用力壓注射筒，以形成類似小水柱的情形，此即為一次滴入。
 - (3)紀錄滴入十次，其成功次數為幾次，並計時形成反泡泡時每顆反泡泡的存留時間。
- (四)實驗問題「注 2-2」：將相同的洗潔劑，泡製出不同「水+洗潔劑」的重量比例，分別為「400：2」、「400：4」、「400：8」等，比較其製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：泡製同種類洗潔劑，但「水+洗潔劑」的重量比例，分別為「400g：2g」、「400g：4g」、「400g：8g」等的水溶液。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

- (1)泡製「水+洗潔劑」水溶液於正方體塑膠透明盒裡，重量比例分別為「400：2」、「400：4」、「400：8」等三種水溶液各二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
 - (2)以 6ml 注射筒吸取欲滴入的水溶液一整管(大約 6ml 左右)，在正方體塑膠透明盒裡，逐滴滴下，當水的表面有圓形液滴出現時，再稍微用力壓注射筒，以形成類似小水柱的情形，此即為一次滴入。
 - (3)紀錄滴入十次，其成功次數為幾次，並計時形成反泡泡時每顆反泡泡的存留時間。
- (五)實驗問題「注 2-3」：將實驗問題 2-1(不同種類的洗潔劑)第一天所測試的水溶液，再繼續進行第二天和第三天的測試，則其製造反泡泡的成效為何？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：將同一水溶液分別在第一天、第二天和第三天做測試。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

- (1)將實驗問題「注 2-1」的水溶液，繼續進行第二天和第三天的測試，測試方法與實驗問題「注 2-1」的實驗步驟相同。
 - (2)觀察三天的實驗結果並討論之。
- (六)實驗問題「注 2-4」：將實驗問題「注 2-2」第一天所測試不同重量比例的洗潔劑水溶液，再繼續進行第二天和第三天的測試，則其製造反泡泡的成效為何？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：將同一水溶液分別在第一天、第二天和第三天做測試。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

- (1)將實驗問題「注 2-2」的水溶液，繼續進行第二天和第三天的測試，測試方法與實驗問題「注 2-2」的實驗步驟相同。
- (2)觀察三天的實驗結果並討論之。

(七)實驗問題「注 3-1」：比較「水+洗潔劑」攪拌均勻和攪拌不均勻，其製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：同一種洗潔劑泡製兩份，一攪拌均勻，另一攪拌不均勻。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

- (1)將家裡會用到的洗潔劑一種，泡製「水+洗潔劑」的重量比例為「400g：2g」，盛裝於正方體塑膠透明盒裡共二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
- (2)以 6ml 注射筒吸取欲滴入的水溶液一整管(大約 6ml 左右)，在正方體塑膠透明盒裡，逐滴滴下，當水的表面有圓形液滴出現時，再稍微用力壓注射筒，以形成類似小水柱的情形，此即為一次滴入。
- (3)紀錄滴入十次，其成功次數為幾次，並計時形成反泡泡時每顆反泡泡的存留時間。
- (4)依據步驟(1)~(3)，再泡製出其他需要實驗的洗潔劑，包括：沐浴精、沐浴乳、洗髮乳、洗髮露、皂絲、小蘇打粉、威猛、地板清潔劑等，

(八)實驗問題「注 4-1」：在已泡製的「水+洗潔劑」重量比例為「400g：2g」的水溶液中，再分別加入 1g 不同物質，則其製造反泡泡的成效為何？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：已泡製的九份洗碗精水溶液中，再分別加入 1g 不同物質，包括：食鹽、糖、醋、小蘇打、甘油、聚乙烯醇(PVA)、膠水、柚子清潔劑、泡泡水等九種物質。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

- (1)泡製「水+洗潔劑」的重量比例為「400g：2g」的水溶液共九份，每一份水溶液都盛裝於正方體塑膠透明盒裡共二盒；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
- (2)分別在每一份水溶液中，再將加入 1g 不同物質，包括：食鹽、糖、醋、小蘇打、甘油、聚乙烯醇(PVA)、膠水、柚子清潔劑、泡泡水等九種物質並充分攪拌。
- (3)泡製後，以保鮮膜封住，靜置到第二天時，以 6ml 注射筒吸取欲滴入的水溶液一整管(大約 6ml 左右)，在正方體塑膠透明盒裡，逐滴滴下，當水的表面有圓形液滴出現時，再稍

微用力壓注射筒，以形成類似小水柱的情形，此即為一次滴入。

(4)紀錄滴入十次，其成功次數為幾次，並計時形成反泡泡時每顆反泡泡的存留時間。

(5)依據步驟(1)~(3)，再泡製出其他需要實驗的洗潔劑，包括：沐浴精、沐浴乳、洗髮乳、洗髮露、皂絲、小蘇打粉、威猛、地板清潔劑等。

(九)實驗問題「注 5-1」：泡製好的洗碗精水溶液再加入不同重量的物質，則其製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗變因：

(1)操縱變因：已泡製好的洗碗精水溶液中，再分別加入 1g、5g、10g 的物質。

(2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

(1)泡製「水+洗潔劑」重量比例為「400g：2g」的水溶液，盛裝於正方體塑膠透明盒裡，分別加入 1g、5g、10g 的食鹽，需充分攪拌。

(2)以 6ml 注射筒吸取欲滴入的水溶液一整管(大約 6ml 左右)，在正方體塑膠透明盒裡，逐滴滴下，當水的表面有圓形液滴出現時，再稍微用力壓注射筒，以形成類似小水柱的情形，此即為一次滴入。

(3)紀錄滴入十次，其成功次數為幾次，並計時形成反泡泡時每顆反泡泡的存留時間。

(4)依據步驟(1)~(3)，再泡製出其他需要實驗的洗潔劑，包括：沐浴精、沐浴乳、洗髮乳、洗髮露、皂絲、小蘇打粉、威猛、地板清潔劑等，

(5)依據步驟(1)~(3)，再泡製出其他另添加物質且添加重量不相同的洗碗精水溶液，包括：糖、醋、小蘇打等。

(十)實驗問題「注 5-2」：將實驗問題 5-1(添加不同重量的物質)第一天所測試的洗潔劑水溶液，再繼續進行第四天的測試，則其製造反泡泡的成效為何？

1.實驗變因：

(1)操縱變因：將第一天測試完的同一水溶液放置到第四天再做測試。

(2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

(1)將實驗問題「注 5-1」的水溶液，第一天測試完後，用保鮮膜封住，放置到第四天繼續進行測試，測試方法與實驗問題「注 5-1」的實驗步驟相同。

(2)觀察二天的實驗結果並討論之。

(十一)實驗問題「注 6-1」：當滴入水溶液和承接水溶液的濃度不同時，其製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗變因：

(1)操縱變因：滴入水溶液和承接水溶液的濃度不同

(2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

- (1)將已泡製好的「400：2」、「400：4」和「400：8」等三種不同重量比例的洗碗精水溶液，盛裝於正方體塑膠透明盒裡各三盒，需充分攪拌。
 - (2)以 6ml 注射筒吸取欲滴入的水溶液一整管(大約 6ml 左右)，在盛裝另一種濃度的洗碗精水溶液的正方體塑膠透明盒裡，逐滴滴下，當水的表面有圓形液滴出現時，再稍微用力壓注射筒，以形成類似小水柱的情形，此即為一次滴入。
 - (3)以步驟(2)完成「400：2」→「400：4」、「400：8」(另「400：2」→「400：2」為對照組)
「400：4」→「400：2」、「400：8」(另「400：4」→「400：4」為對照組)
「400：8」→「400：4」、「400：2」(另「400：8」→「400：8」為對照組)
 - (4)每一組實驗紀錄滴入十次，其成功次數為幾次，並計時形成反泡泡時每顆反泡泡的存留時間。
- (十二)實驗問題「注 6-2」：當滴入水溶液和承接水溶液的濃度不同時，「第一天泡、第一天測」和「第一天泡、第二天測」，其製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：「第一天泡、第一天測」設置為對照組，而「第一天泡、第二天測」設為實驗組。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：滴入十次的成功率，並計時形成反泡泡的存留時間。

2.實驗步驟：

- (1)第一天先泡製好「400：2」、「400：4」和「400：8」等三種不同重量比例的洗碗精水溶液，盛裝於正方體塑膠透明盒裡各三盒，需充分攪拌。
- (2)用保鮮膜封住，靜置到第二天，再進行測試。
- (3)以 6ml 注射筒吸取欲滴入的水溶液一整管(大約 6ml 左右)，在盛裝另一種濃度的洗碗精水溶液的正方體塑膠透明盒裡，逐滴滴下，當水的表面有圓形液滴出現時，再稍微用力壓注射筒，以形成類似小水柱的情形，此即為一次滴入。
- (3)以步驟(3)完成「400：2」→「400：4」、「400：8」
「400：4」→「400：2」、「400：8」
「400：8」→「400：4」、「400：2」
- (4)每一組實驗紀錄滴入十次，其成功次數為幾次，並計時形成反泡泡時每顆反泡泡的存留時間。
- (5)將第一天泡、第一天測試的實驗問題「注 6-1」設定為對照組，觀察並討論之。

四、利用精密輸液套製造反泡泡。

根據使用「注射筒」的操作結果發現：雖然注射筒可以幫忙製造反泡泡，但其形成的穩定度不好，容易受人為因素——手壓下注射筒時的力道與速度——影響，而且測試所得到的數據察覺不出規律性或再現性。因此，嘗試使用「精密輸液套」進行測試。

相較於注射筒，使用「精密輸液套」具有優勢：滴入容量可以定量、可以調整或固定滴

入的速度、可以改變滴入的口徑大小。

(一)實驗問題「精 1-1」：由於此精密輸液管設備不像注射筒會有壓出液體的衝擊力，所以針頭距離承接液面的高度需要幾 cm，才能有製造反泡泡的好效果？

1.實驗變因：

(1)操縱變因：測試滴入的針頭距離承接液面的高度設定為 1cm、2cm、3cm、4cm 和 5cm，何者製造反泡泡的成效最好？

(2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

(1)泡製「水+洗碗精」為實驗所需的重量比例於正方體塑膠透明盒裡，共二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。

(2)將泡製好的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，針頭裝上 18 號注射針。

(3)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為實驗設定值。

(4)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至「中」，即為開始滴入。

(5)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。

(6)重複操作步驟(1)~(5)，以完成實驗。

(二)實驗問題「精 1-2」：如果針頭距離承接液面的測試高度相同，但使用不同重量比例的洗碗精水溶液，不知製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗變因：

(1)操縱變因：使用「水+洗碗精」重量比例為「400：2」、「400：4」和「400：8」的洗碗精水溶液。

(2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

(1)泡製「水+洗碗精」水溶液於正方體塑膠透明盒裡，重量比例分別為「400：2」、「400：4」、「400：8」等三種水溶液各二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。

(2)將泡製好的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，針頭裝上 18 號注射針。

(3)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為實驗設定值。

(4)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至「中」，即為開始滴入。

(5)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。

(6)重複操作步驟(1)~(5)，以完成實驗。

(三)實驗問題「精 1-3」：如果針頭距離承接液面的測試高度相同，也使用相同重量比例的洗碗

精水溶液，但流量調節器的速度不同時，不知製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：流量調節器的速度分為「全開」、「中」、「慢」三種。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

- (1)泡製「水+洗碗精」重量比例為「400：2」水溶液於正方體塑膠透明盒裡共二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
- (2)將泡製好的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，針頭裝上 18 號注射針。
- (3)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為實驗設定值。
- (4)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至實驗設定值，即為開始滴入。
- (5)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。
- (6)重複操作步驟(1)~(5)，以完成實驗。

(四)實驗問題「精 2-1」：不同口徑大小的針頭與距離承接液面的高度之間，是否有相關性影響了反泡泡的製造？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：針頭的口徑大小分為「大」—無針頭、「中」—18 號針頭、「小」—20 號針頭三種。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

- (1)泡製「水+洗碗精」重量比例為「400：2」水溶液於正方體塑膠透明盒裡共二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
- (2)將泡製好的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，裝上實驗設定的針頭。
- (3)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為 4cm。
- (4)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至「中」，即為開始滴入。
- (5)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。
- (6)重複操作步驟(1)~(5)，以完成實驗。

(五)實驗問題「精 3-1」：水溶液的溫度不同是否會影響反泡泡的製造？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：設定溫度範圍為「0~20°C」、「21~40°C」、「41~60°C」和「61~80°C」等四種。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

- (1)泡製「水+洗碗精」重量比例為「400：2」水溶液於正方體塑膠透明盒裡共二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
- (2)將溫度加熱或降溫到實驗所設定的溫度範圍(「0~20°C」降溫至 10°C，「21~40°C」調控至 30°C，「41~60°C」加熱至 50°C，「61~80°C」加熱至 70°C)
- (3)並將實驗溫度範圍內的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，裝上 18 號針頭。
- (4)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為 4cm。
- (5)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至「中」，即為開始滴入。
- (6)滴入過程中，須注意滴入溫度是否脫離實驗設定的溫度範圍。
- (7)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。
- (8)重複操作步驟(1)~(7)，以完成實驗。

(六)實驗問題「精 4-1」：承接水溶液的液面接觸空氣的面積，與針頭距離液面高度是否有關連性，以致影響了反泡泡的製造？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：承接水溶液的透明塑膠盒，分為「正方體透明塑膠盒」(10.5cm×10.5cm×10.5cm)、「長方體透明塑膠盒」(5.5cm×5.5cm×10.5cm)二種。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

- (1)泡製「水+洗碗精」重量比例為「400：2」水溶液，分別裝於「正方體塑膠透明盒」和「長方體透明塑膠盒」裡各二盒，需充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
- (2)將泡製好的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，裝上實驗設定的 18 號針頭。
- (3)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為 4cm。
- (4)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至「中」，即為開始滴入。
- (5)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。
- (6)重複操作步驟(1)~(5)，以完成實驗。

(五)實驗問題「精 5-1」：在洗碗精水溶液中添加不同的物質 1g 時，其製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：添加「鹽、糖、醋、小蘇打、膠水和甘油」等物質各 1g。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

- (1)泡製「水+洗碗精」重量比例為「400：2」水溶液於正方體塑膠透明盒裡共二盒，並加入添加物質各 1g，充分攪拌均勻；一盒作為滴入水溶液，另一盒作為承接水溶液。
 - (2)將實驗的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，裝上 18 號針頭。
 - (3)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為 4cm。
 - (4)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至「中」，即為開始滴入。
 - (5)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。
 - (6)重複操作步驟(1)~(5)，以完成其他添加物質的實驗。
- (六)實驗問題「精 6-1」：重量比例「400：2」的洗碗精水溶液當作滴入水溶液，而承接水溶液的物質是否加入起泡劑，會不會影響製造反泡泡的成果？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：承接的水溶液分別是「柑橘洗潔劑(未含起泡劑)、柑橘洗潔劑(含起泡劑)、自製無患子洗潔劑(未添加起泡劑)、自製無患子洗潔劑(有添加起泡劑)、鹽、生理食鹽水、酒精、和清水」等。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。
- (3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

- (1)泡製「水+洗碗精」重量比例為「400：2」水溶液於正方體塑膠透明盒裡一盒，充分攪拌均勻，此作為滴入水溶液。
 - (2)將實驗的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，裝上 18 號針頭。
 - (3)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為 4cm。
 - (4)泡製承接的水溶液分別是「柑橘洗潔劑(未含起泡劑)、柑橘洗潔劑(含起泡劑)、自製無患子洗潔劑(未添加起泡劑)、自製無患子洗潔劑(有添加起泡劑)、鹽、生理食鹽水、酒精、和清水」等。
 - (5)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至「中」，即為開始滴入。
 - (6)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。
 - (7)重複操作步驟(1)~(6)，以完成其他滴入實驗。
- (七)實驗問題「精 7-1」：使用生理食鹽水、1g 起泡劑(用 400g 水泡製)、1g 起泡劑(用 400g 水泡製)和清水，當做實驗操作的水溶液，且滴入和承接的水溶液為相同物質，是否能製造反泡泡？

1.實驗變因：

- (1)操縱變因：使用生理食鹽水、1g 起泡劑(用 400g 水泡製)、1g 起泡劑(用 400g 水泡製)和清水，當做實驗操作的水溶液，且滴入和承接的水溶液為相同物質。
- (2)控制變因：除了操縱變因和應變變因的項目外，其他操作要相同。

(3)應變變因：以攝影方式拍攝滴入情況，並計算反泡泡的形成顆數。

2.實驗步驟：

(1)泡製滴入和承接的水溶液，分別為生理食鹽水、1g 起泡劑(用 400g 水泡製) 、1g 起泡劑(用 400g 水泡製)和清水等水溶液。

(2)將實驗的滴入水溶液倒入精密輸液套上方的容器中，定量滴入的液體為 50ml，漏斗只裝一半高度的水溶液，裝上 18 號針頭。

(3)將精密輸液套掛置在伸縮桿上，伸長伸縮管，讓滴入的管線可以自然垂下，並且針頭距離承接液面的高度為 4cm。

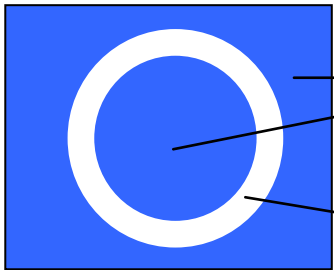
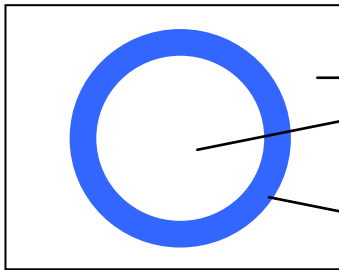
(4)拿開針頭保護蓋，並將流量調節器轉至「中」，即為開始滴入。

(5)直至 50ml 的水溶液完全滴入承接水溶液中，即為結束。

(6)重複操作步驟(2)~(5)，以完成其他滴入實驗。

伍、研究結果與討論

一、搜尋資料並加以統整，可得知：「反泡泡」與「正常泡泡」的差異

	反泡泡	正常泡泡
結構	內部是液體，外部是由空氣薄膜圍繞	內部是空氣，外部是由球形的液體包圍
狀態	可以穿過液體的表面。 1.在穿過水表面時，也被稱為水球。 2.也可以完全浸入液體之中。	可維持於空氣中
原理	1.清潔劑水溶液本身因為表面張力而形成球形。 2.界面活性劑的頭尾二端性質不一樣，一端是親水基，另一端則為親油端，所以進入另一種液體時不會馬上溶解。 3.當清潔劑水溶液還沒有立即溶解於清水時，周圍有空氣包圍著，再配合適當的速度時就會形成反泡泡。	1.界面活性劑的頭尾二端性質不一樣，一端是親水基，另一端則為親油端。 2.清潔劑分子遇到水時，「親水端」的一頭就會包圍住水，而形成薄膜了。 3.將空氣吹入薄膜中，就會形成空氣泡泡了。
圖示	 <p>水溶液</p> <p>空氣</p>	 <p>空氣</p> <p>水膜</p>

二、搜尋資料並了解製造「反泡泡」的操作方法與器材，以進行初步操作。

(一)操作器材：

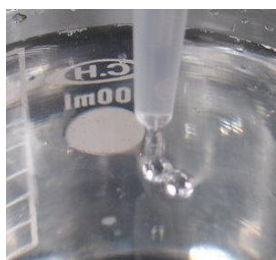
查詢資料後，發現先前的研究或實驗所使用的主要器材可分為四種：

- 1.滴入工具——注射筒、擠壓瓶、滴管(擇一使用)。
- 2.承接器具——燒杯
- 3.使用材料——清潔劑(洗碗精)、水
- 4.測量器材——量筒

(二)操作步驟：

查詢資料後，參照 NTCU 科學遊戲實驗室 的操作方法，如下所示：

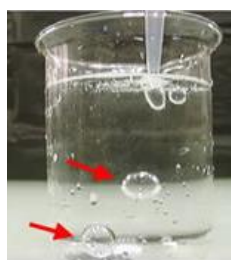
- 1.滴入的水溶液=水：清潔劑=100：1
- 2.承接的水至少 400ml 以上裝在燒杯中
- 3.注射筒吸取水溶液，在燒杯中的水面上方約 0.5~1cm，逐滴滴下。
- 4.先一滴一滴的滴下，當水的表面有圓形液滴出現時(如圖一)，再稍微用力壓注射筒，以連續不間斷的方式滴，以形成類似小水柱的情形(如圖二)，這種方式比較能成功產生反泡泡(如圖三，可看到反泡泡先往下沉，然後慢慢浮起來)。



圖一



圖二



圖三

(三)我們初步進行實驗測試，發現：

- 1.注射筒、擠壓瓶和滴管等三種滴入器具，以注射筒來製造反泡泡的優點較多，有刻度可以定量，又方便估測和控制壓出的劑量，而且還有不同的容量大小可以讓我們操作。
- 2.我們找到的注射筒有 25ml、6ml 和 1ml 等三種容量大小，經過初步測試與練習，我們覺得配合我們自己的手掌大小，以 **6ml 容量大小**的注射筒會比較方便手握操作。
- 3.操作注射筒的技巧與手法是否熟練也有可能影響製造反泡泡的成效，因此以下使用注射筒操作實驗時，同一實驗以**同一人**在每次稍作練習後，即進行實驗操作。
- 4.為了讓實驗操作可以更精確計算，我們使用電子秤測量出**重量**，以調配出實驗所需水溶液的容量和濃度比例。

三、利用「**注射筒**」進行實驗操作，探討製造反泡泡的成效。

(一)探究實驗問題「注 1-1」—使用洗碗精水溶液時，泡製哪一種**重量比例**的濃度最佳？

實驗問題「注 1-2」—三種重量比例的水溶液時，分別在測試**第幾天**的效果最佳？

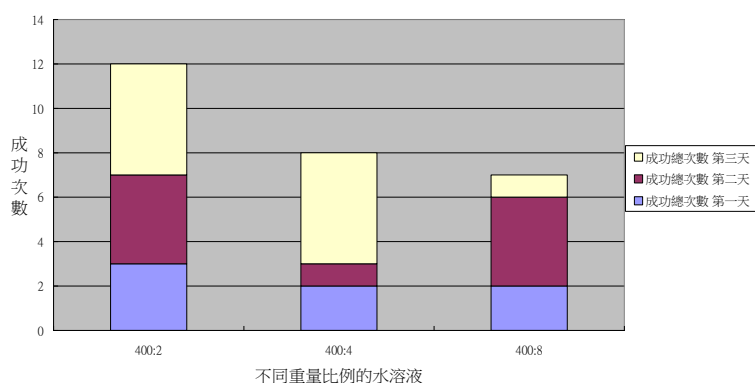
1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「注 1-1」和「注 1-2」之紀錄如下表所示：

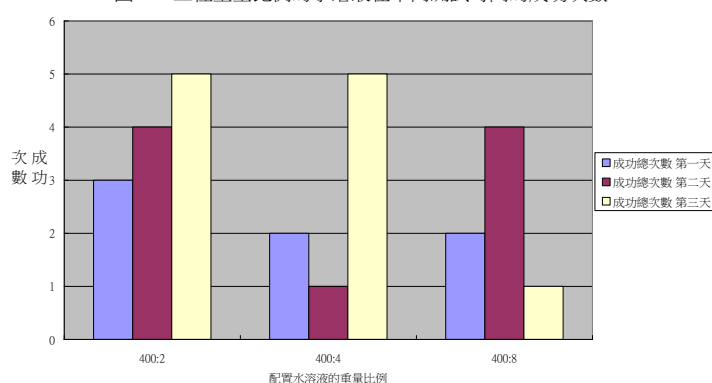
項目 比例	第一天		第二天		第三天	
	成功 總次數	(次序)存留時間	成功 總次數	(次序)存留時間	成功 總次數	(次序)存留時間
400 : 2	3	(5)28''44 (7)3''18 (10)2''44	4	(5)4''70(8)1'21''80 (9)5''69 (10)40''34	5	(2)3''42 (4)16''08 (6)8''94 (9)4''80 (10)7''00
400 : 4	2	(1)59''64 (10)2''36	1	(4)6''73	5	(1)34''85 (4)2''51 (6)3''97 (8)9''56 (10)2''00
400 : 8	2	(3)8''20 (5)3''92	4	(1)13''57 (2)6''03 (4)4''71 (9)35''85	1	(1)28''12

(2)依據上表可繪製出統計圖，如圖一和圖二。

圖一：不同濃度水溶液測試三天的成功次數



圖二：三種重量比例的水溶液在不同測試時間的成功次數



2.結果與討論：

(1)由上表所繪製的統計圖(圖一)可知：

統計水溶液連續測試三天的成功次數多寡為「400 : 2」>「400 : 4」>「400 : 8」。

(2)由上表所繪製的統計圖(圖二)可知：

a.第一天測試結果「400 : 2」>「400 : 4」=「400 : 8」

第二天測試結果「400 : 2」=「400 : 8」>「400 : 4」

第三天測試結果「400 : 2」=「400 : 4」>「400 : 8」

b.每一天的測試結果都以「400 : 2」重量比例的水溶液所製造的反泡泡成功次數最好，而且一天比一天好；但是「400 : 4」和「400 : 8」卻沒有顯示出同樣的規律，「400 : 4」在第三天測試效果最好，其成功次數和「400 : 2」一樣是最高的。

(3)由上表可知：

a.「400 : 2」在第二天所製造的反泡泡，其存留時間曾有1' 21'' 80之久。

b.水溶液「400 : 2」和「400 : 8」分別在第二天所製造的反泡泡，其存留最久的時間紀錄都比其他兩天久。

(4)綜合以上可知：

- a.使用洗碗精水溶液時，泡製「400：2」重量比例的水溶液，濃度愈低，製造反泡泡成功次數最佳，而且在第二天測試時，反泡泡存留時間也有最久的紀錄。
- b.「400：2」和「400：4」在第三天測試的效果最好，「400：8」卻是在第二天測試效果比較好，但仍沒有其他兩種濃度的第三天測試效果好。
- c.測試反泡泡存留時間的結果無法推論出哪一種水溶液比較有成效。

(二)探究實驗問題「注 2-1」—使用不同種類的洗潔劑，則其製造反泡泡的成效有何異同？

實驗問題「注 2-2」—將相同的洗潔劑，泡製出不同「水+洗潔劑」的重量比例比較其製造反泡泡的成效是否有差異？

實驗問題「注 2-3」—不同種類的洗潔劑在第一天所測試的水溶液，再繼續進行第二天和第三天的測試，則其製造反泡泡的成效為何？

實驗問題「注 2-4」—第一天所測試不同重量比例的洗潔劑水溶液，再繼續進行第二天和第三天的測試，則其製造反泡泡的成效為何？

1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「注 2-1」、「注 2-2」、「注 2-3」和「注 2-4」之紀錄如下表所示：

天數 項目 種類 比例		第一天		第二天		第三天	
		成功 總次數	(次序) 存留時間	成功 總次數	(次序) 存留時間	成功 總次數	(次序) 存留時間
沐浴精	400：2	4	(1)4''35 (3)9''18 (5)15''18 (8)1''57	2	(5)11''48 (8)1''57	2	(2)9''00 (4)13''15
	400：4	1	(1)3''15	1	(8)1'2''59	0	
	400：8	2	(3)3''05 (5)1''57	2	(2)7''31 (4)2''55	0	
沐浴乳	400：2	2	(3)9''23 (8)5''01	1	(3)6''35	2	(1)31''29 (10)1''25
	400：4	0		1	(9)1''42	1	(2)3''78
	400：8	0		0		1	(6)4''38
海倫洗髮乳	400：2	3	(1)3''51 (4)33''40 (8)1''73	3	(1)4''53 (4)2''47 (6)42''31	1	(3)56''21
	400：4	0		1	(3)42''97	0	
	400：8	0		0		0	
飛柔洗髮乳	400：2	3	(2)3''99 (8)2''49 (10)23''08	3	(1)6''53 (6)30''23 (9)4''00	0	
	400：4	0		1	(10)3''57	3	(3)2''05 (8)1''61 (10)6''20
	400：8	0		0		0	

種類	項目 天數 比例	第一天		第二天		第三天	
		成功 總次數	(次序) 存留時間	成功 總次數	(次序) 存留時間	成功 總次數	(次序) 存留時間
566 洗髮露	400 : 2	2	(3)3''39 (9)11''20	1	(5)11''02	3	(1)4''94 (5)27''88 (10)6''38
	400 : 4	1	(5)4''02	2	(4)12''13 (7)3'5''85	2	(5)20''20 (9)4''58
	400 : 8	1	(6)40''63	1	(8)28''91	0	
威猛先生	400 : 2	0		0		0	
	400 : 4	1	(9)2''35	0		1	(4)20''70
	400 : 8	0		2	(4)13''44 (9)3''79	1	(8)7''45
地板清潔劑	400 : 2	2	(2)5''43 (7)8''30	5	(1)5''64 (2)2''47 (4)7''02 (6)39''00 (10)4''12	2	(2)13''60 (9)15''50
	400 : 4	2	(6)8''75 (8)32''70	2	(2)11''00 (3)9''59	1	(3)10''47
	400 : 8	1	(5)4''52	2	(1)10''76(10)14''72	2	(1)5''67 (7)6''62
皂絲	400 : 2	0		0		0	
	400 : 4	0		0		0	
	400 : 8	0		0		0	
小蘇打	400 : 2	0		0		0	
	400 : 4	0		0		0	
	400 : 8	0		0		0	
洗碗精 (對照組)	400 : 2	3	(5)28''44 (7)3''18 (10)2''44	4	(5)4''70(8)1'21''80 (9)5''69 (10)40''34	5	(2)3''42 (4)16''08 (6)8''94 (9)4''80 (10)7''00
	400 : 4	2	(1)59''64 (10)2''36	1	(4)6''73	5	(1)34''85 (4)2''51 (6)3''97 (8)9''56 (10)2''00
	400 : 8	2	(3)8''20 (5)3''92	4	(1)13''57 (2)6''03 (4)4''71 (9)35''85	1	(5)28''12

(2)依據上表可繪製出統計圖，如圖三和圖四。

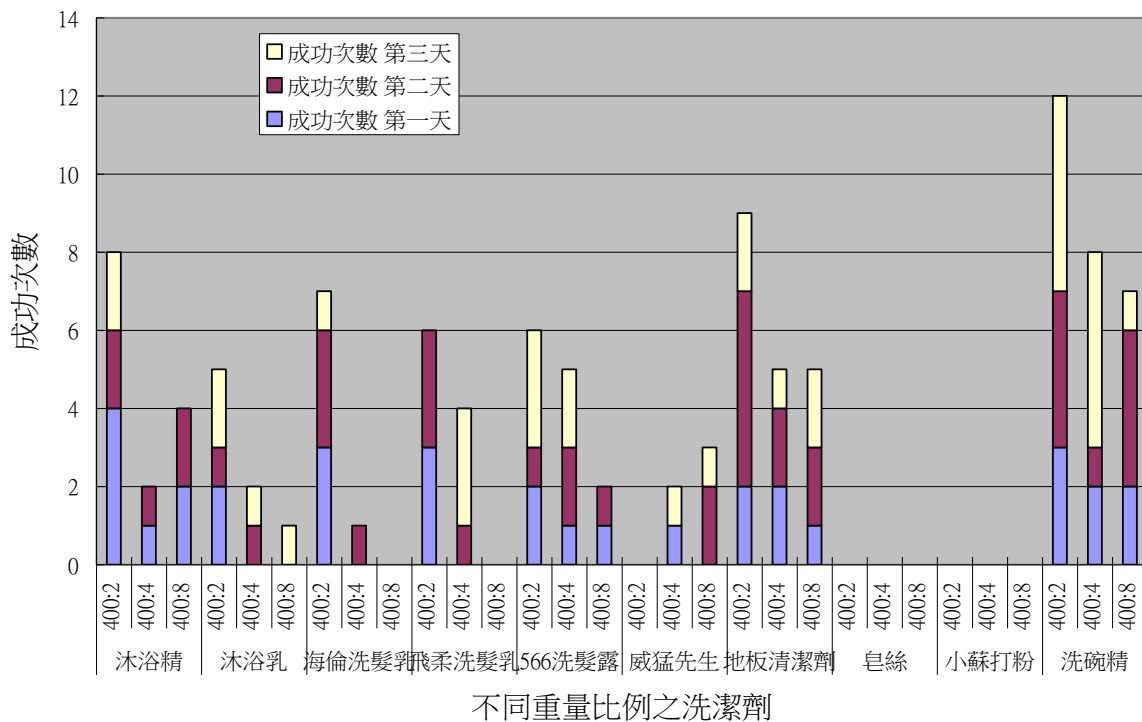
2.結果與討論：

(1)由上表所繪製的統計圖(圖三)可知：

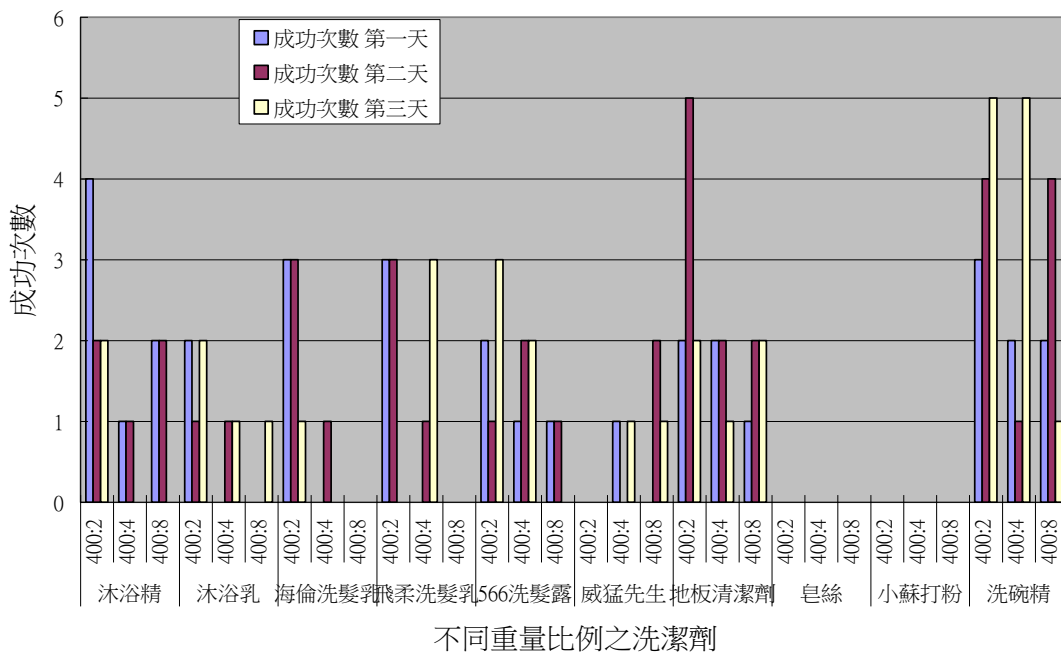
- 不同種類的清潔劑水溶液——洗碗精水溶液成效好，第二名是地板清潔劑；皂絲和小蘇打完全無法形成反泡泡。
- 依據統計水溶液連續測試三天的總成功次數而言，以洗碗精泡製的水溶液做為對照組，其呈現隨著濃度愈高，其成功次數越低的現象；但是，沐浴精和威猛先生二者泡製的水

溶液卻打破此規則。

圖三：統計相同重量比例之洗潔劑連續測試三天的成功次數



圖四：不同重量比例之洗潔劑連續測試三天之成功次數



(2)由上表所繪製的統計圖(圖四)可知：

- a.第二天測試：地板清潔劑的成功次數最佳，比對照組更好。除了威猛先生外，每種洗潔劑泡製的「400：2」和「400：4」水溶液都能製造反泡泡成功。
- b.天數測試——一般是第二天或第三天效果才更好(海倫洗髮乳、飛柔洗髮乳都是第二天，566 洗髮露是第三天，但第二天和第三天的差異不大，都效果好)，洗碗精水溶液在三天裡每天測試的效果普遍佳，尤其第三天較佳。

(3)綜合以上可知：

- a.使用不同種類的洗潔劑，製造反泡泡的成效會有所不同；但針對洗澡或洗髮的洗潔劑，泡製「400：2」和「400：4」的水溶液，在第一、二天的測試都可以有反泡泡。
- b.相同的洗潔劑，泡製不同的重量比例，其製造反泡泡的成效沒有一定的規律可以遵循。
- c.最久的存留時間紀錄皆在第二天，566 洗髮露有 3'5''85 的紀錄，而洗碗精曾有 1'21''80 的紀錄。

(三)探究實驗問題「注 3-1」——比較「水+洗潔劑」攪拌均勻和攪拌不均勻，其製造反泡泡的成效是否有差異？

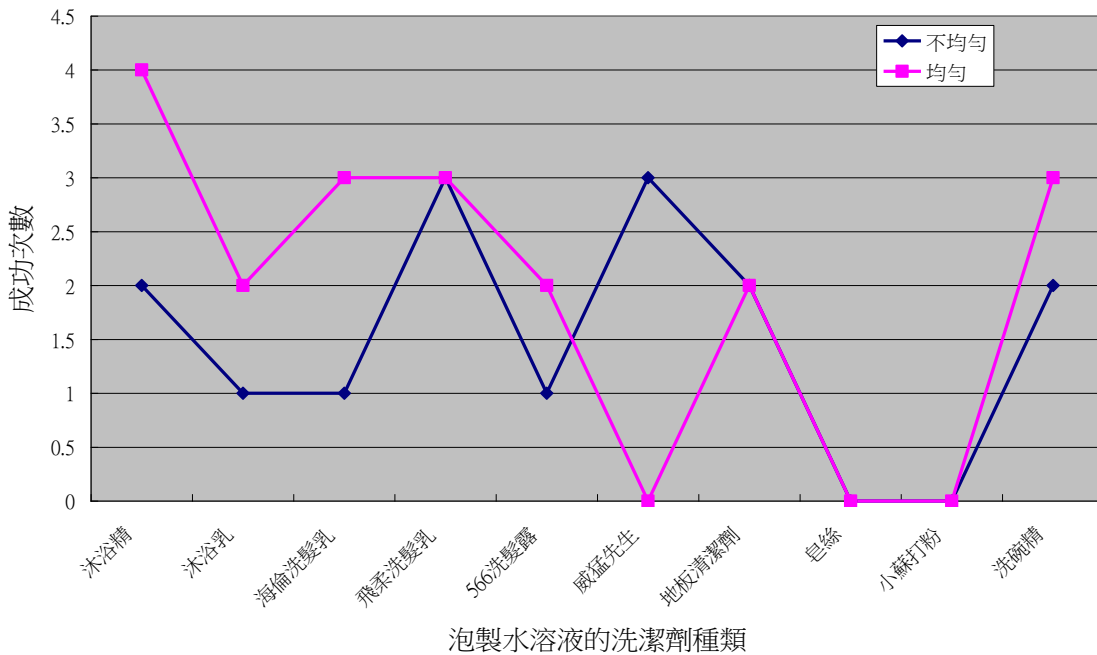
1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「注 3-1」之紀錄如下表所示：

	不攪拌均勻		攪拌均勻	
	成功 次數	(次序)存留時間	成功 次數	(次序)存留時間
沐浴精	2	(1)9''33 (10)3''56	4	(1)4''35 (3)9''18 (5)15''18 (8)1''57
沐浴乳	1	(10)13''22	2	(3)9''23 (8)5''01
海倫洗髮乳	1	(1)3''00	3	(1)3''51 (4)33''40 (8)1''73
飛柔洗髮乳	3	(5)6''53 (6)11''35 (9)3''08	3	(2)3''99 (8)2''49 (10)23''08
566 洗髮露	1	(5)8''04	2	(3)3''39 (9)11''20
威猛先生	3	(2)4''01 (5)10''69 (10)6''93	0	
地板清潔劑	2	(1)5''04 (7)7''07	2	(2)5''43 (7)8''30
皂絲	0		0	
小蘇打粉	0		0	
洗碗精 (對照組)	2	(2)5''17 (5)4''63	3	(5)28''44 (7)3''18 (10)2''44

(2)依據上表可繪製出統計圖，如圖五。

圖五：洗潔劑是否攪拌均勻對成功次數的影響



2.結果與討論：

- (1)由上表反泡泡留存時間的紀錄可知：不均勻攪拌的反泡泡存留時間普遍會比較短暫。
- (2)針對上表各種洗潔劑水溶液在第一天的測試結果，繪製出統計圖，如圖五可知：除了威猛先生以外，各種洗潔劑需在均勻攪拌後，製造反泡泡的效果才會更好。
- (3)我們進一步了解知道「威猛先生」是一種廚房清潔劑，去油漬效果好，在不攪拌情況下，也能造出反泡泡。攪拌後，水溶液濃度太高反而不易形成反泡泡。
- (四)探究實驗問題「注 4-1」—在泡製「水+洗潔劑」重量比例為「400g：2g」的水溶液中，再分別加入 1g 不同物質，則其製造反泡泡的成效為何？

1.實驗結果與紀錄：

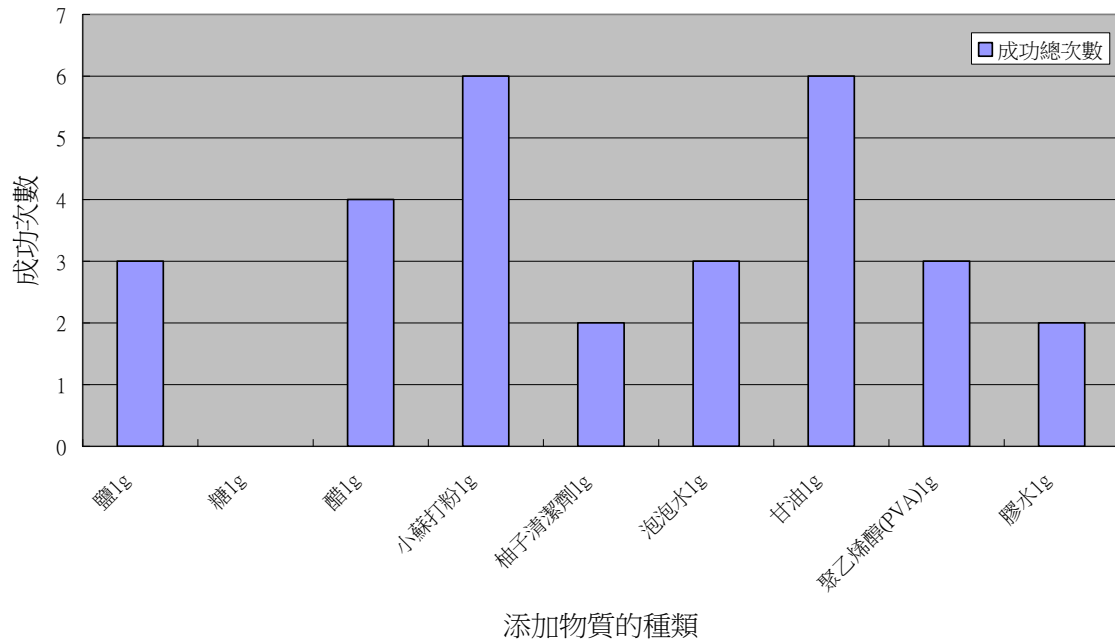
(1)實驗問題「注 4-1」之紀錄如下表所示：

添加物質的種類	項目	第二天	
	成功總次數	(次序)存留時間	
洗碗精水溶液(400：2)+鹽 1g	3	(1)28''41 (3)36''76	(10)8''59
洗碗精水溶液(400：2)+糖 1g	0		
洗碗精水溶液(400：2)+醋 1g	4	(1)4''77 (4)19''08	(9)39''95 (10)19''08
洗碗精水溶液(400：2)+小蘇打粉 1g	6	(1)19''59 (2)59''87	(3)1'12''10 (6)17''70 (8)1'27''46 (9)1'05''27

洗碗精水溶液(400:2)+柚子清潔劑 1g	2	(1)45''68 (10)0''91
洗碗精水溶液(400:2)+泡泡水 1g	3	(6)0''92 (7)6''30 (9)1'35''07
洗碗精水溶液(400:2)+甘油 1g	6	(2)7''66 (4)4''30 (6)4''55 (7)0''75 (8)7''20 (9)21''30
洗碗精水溶液(400:2)+聚乙烯醇(PVA)1g	3	(2)45''37 (6)17''33 (8)4''38
洗碗精水溶液(400:2)+膠水 1g	2	(1)3''87 (6)3''49

(2)依據上表可繪製出統計圖，如圖六。

圖六：添加1g物質對製造反泡泡成功次數的影響



2.結果與討論：

(1)本實驗中，除了糖以外，添加各種物質 1g 後，仍可製造反泡泡，加入甘油和加入小蘇打粉成功次數都可以達到 6 次，尤其加入小蘇打粉，竟有四次反泡泡存留時間都達到 1 分鐘左右。

(2)但仍看不出添加的物質其特性和製造反泡泡有何相關性。

(五)探究實驗問題「注 5-1」一泡製好的洗碗精水溶液再加入不同重量的物質，則其製造反泡泡的成效是否有差異？

實驗問題「注 5-2」一將實驗問題 5-1(添加不同重量的物質)第一天所測試的洗潔劑水溶液，再繼續進行第四天的測試，則其製造反泡泡的成效為何？

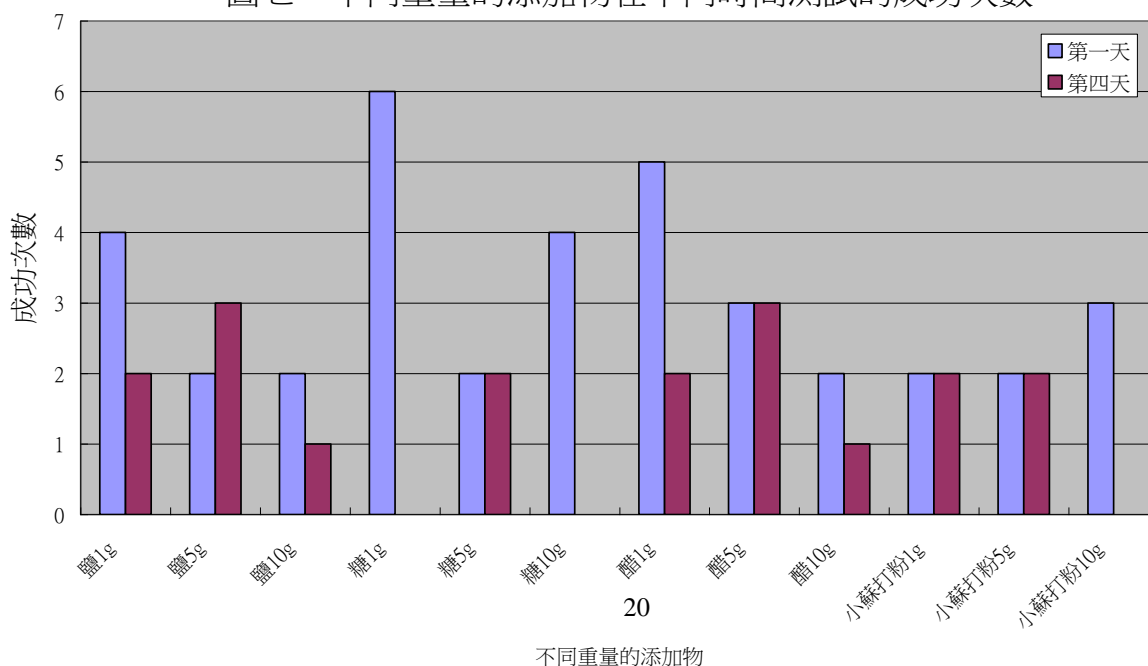
1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「注 5-1」和「注 5-2」之紀錄如下表所示：

項目	第一天		第四天	
	成功 總次數	(次序)存留時間	成功 總次數	(次序)存留時間
洗碗精水溶液(400:2)+鹽 1g	4	(1)2'56''42(4)17''55 (7)9''91 (10)3''39	2	(1)12''92 (10)15''23
洗碗精水溶液(400:2)+鹽 5g	2	(2)5'34''44 (8)13''30	3	(3)2''80 (6)27''22 (9)1''07
洗碗精水溶液(400:2)+鹽 10g	2	(8)5''44 (9)15''94	1	(4)1'41''62
洗碗精水溶液(400:2)+糖 1g	6	(3)8''04 (5)10''15 (6)29''91 (8)26''57 (9)5''03 (10)1''26	0	
洗碗精水溶液(400:2)+糖 5g	2	(3)25''41 (7)7''71	2	(1)28''00 (10)31''85
洗碗精水溶液(400:2)+糖 10g	4	(1)7''95 (4)4''46 (5)9''97 (9)16''48	0	
洗碗精水溶液(400:2)+醋 1g	5	(1)7''34 (3)5''43 (5)24''43 (6)4''33 (7)5''88	2	(3)5''37 (6)3''89
洗碗精水溶液(400:2)+醋 5g	3	(4)15''37 (8)3''44 (10)4''32	3	(3)2''80 (6)27''22 (9)1''10
洗碗精水溶液(400:2)+醋 10g	2	(3)4''78 (7)3''11	1	(4)1'41''63
洗碗精水溶液(400:2)+小蘇打 1g	2	(2)5''37 (9)17''29	2	(2)21''65 (8)2''06
洗碗精水溶液(400:2)+小蘇打 5g	2	(5)3''34 (6)18''97	2	(5)0''86 (9)1''10
洗碗精水溶液(400:2)+小蘇打 10g	3	(5)4''23 (6)8''17 (9)36''48	0	

(2)依據上表可繪製出統計圖，如圖七。

圖七：不同重量的添加物在不同時間測試的成功次數



2. 結果與討論：

(1)由圖七的長條圖分布，我們觀察到：添加物的重量多寡，對於製造反泡泡的成功率沒有規律性的變化影響；但由此實驗可知：水溶液添加 5g 的物質，有助於維持水溶液的穩定。

(2)比較第一天和第四天測試的成果可知：除了鹽 5g 外，其他的不同添加物重量在第四天的反泡泡製造會等於或低於第一天的反泡泡製造。

(3)值得一提的是，在比較反泡泡存留的時間發現：在洗碗精水溶液中加入鹽，有出現反泡泡存留時間特別久的情形，例如：添加鹽 1g 的反泡泡有存留時間達 2'56"42 之久，添加鹽 5g 的反泡泡甚至存留時間有 5'34"44，添加鹽 10g 則最久的存留時間只有 1'41"62。

(五)探究實驗問題「注 6-1」—當滴入水溶液和承接水溶液的濃度不同時，其製造反泡泡的成效是否有差異？

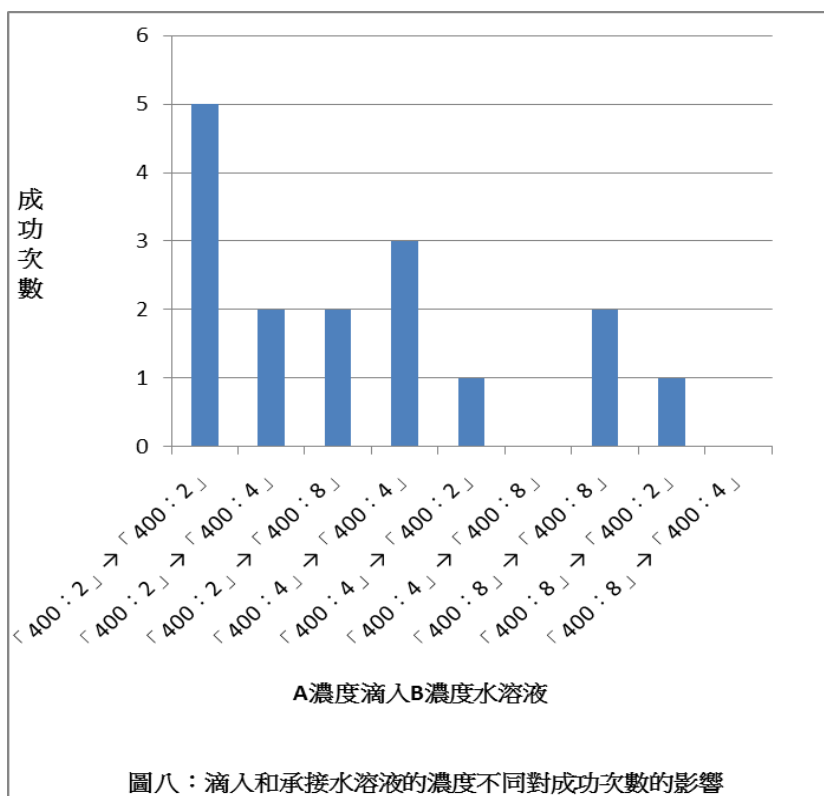
實驗問題「注 6-2」—當滴入水溶液和承接水溶液的濃度不同時，「第一天泡、第一天測」和「第一天泡、第二天測」，其製造反泡泡的成效是否有差異？

1. 實驗結果與紀錄：

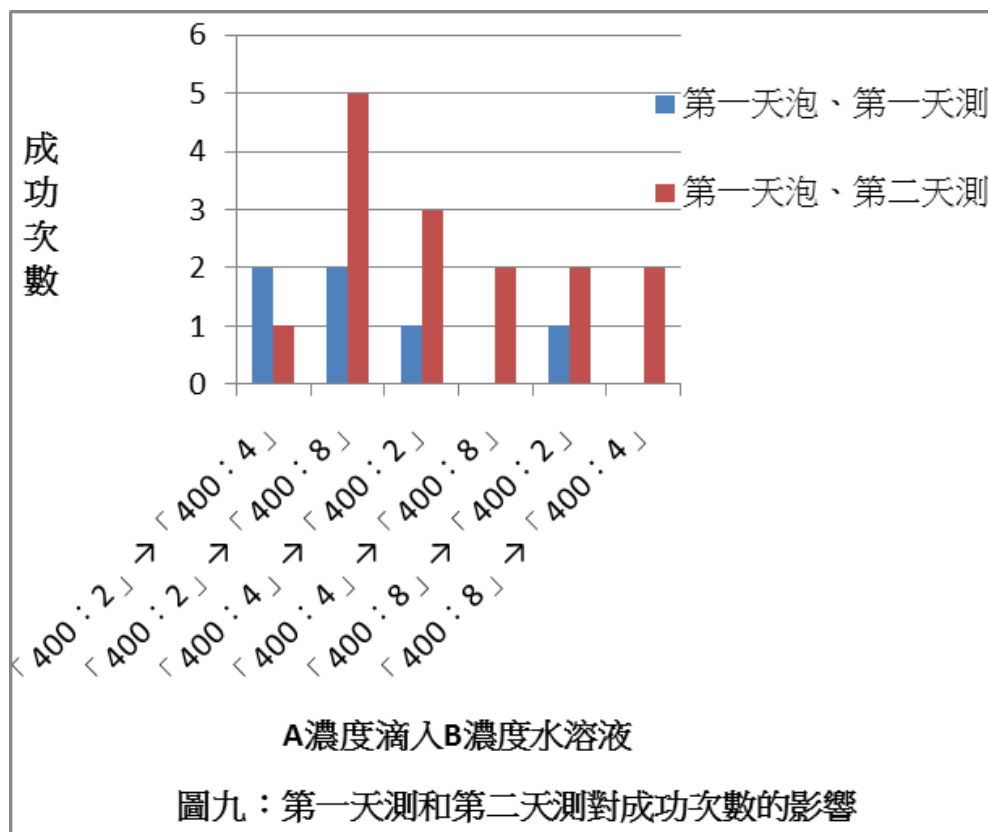
(1)實驗問題「注 6-1」和「注 6-2」之紀錄如下表所示：

A 濃度「滴入」 B 濃度	第一天泡、第一天測		第一天泡、第二天測	
	成功 總次數	(次序)存留時間	成功 總次數	(次序)存留時間
「400：2」→「400：2」	5	(1)3"96 (3)13"62 (4)56"53 (6)12"77 (8)2"51		
「400：2」→「400：4」	2	(3)2"91 (6)5"45	1	(1)23"65
「400：2」→「400：8」	2	(4)1'09"90 (7)14"58	5	(1)7"85 (3)18"31 (4)26"86 (5)4"52 (9)1"25
「400：4」→「400：4」	3	(1)19"97 (3)1'07"97 (4)1"52		
「400：4」→「400：2」	1	(1)28"66	3	(3)18"70 (6)2"79 (8)26"35
「400：4」→「400：8」	0		2	(6)32"53 (8)51"26
「400：8」→「400：8」	2	(4)4"47 (8)29"01		
「400：8」→「400：2」	1	(10)1"78	2	(5)12"76 (8)18"71
「400：8」→「400：4」	0		2	(2)20"62 (9)21"47

(2)依據上表數據，可繪製出實驗問題「注 6-1」的統計圖，如圖八。



(3)依據上表數據，可繪製出實驗問題「注 6-2」的統計圖，如圖九。



2.結果與討論：

(1)由圖八的長條圖分布可知：

- a.滴入和承接水溶液的濃度不同時，其製造反泡泡的成功次數比相同濃度的差。

- b.低濃度的「400：2」滴入較高濃度的「400：4」或「400：8」時，成功次數同為2次。
- c.較高濃度的「400：4」或「400：8」，滴入低濃度的「400：2」時，成功次數同為1次。
- d.但是「400：4」和「400：8」互相滴入或承接，其成功次數皆為0。

(2)綜合以上資料，可以得知：泡製洗碗精水溶液的重量比例是以「400：2」效果最好。

(3)由圖九的長條圖比較可知：水溶液在「第一天泡、第二天測試」時，製造反泡泡的成功次數比「第一天泡、第一天測試」的水溶液好。

(4)因此，我們推測：製造反泡泡需要充分攪拌均勻，讓洗碗精能均勻分散在水中；另外，根據觀察，充分攪拌完後，會有許多空氣泡泡佈滿液面，因此也需要靜置，以消除氣泡，以免影響反泡泡的形成。

四、利用「精密輸液套」行實驗變因操作，尋找出容易製造反泡泡的條件。。

(一)探究實驗問題「精 1-1」—針頭距離承接液面的測試高度，是否影響製造反泡泡的成效？

實驗問題「精 1-2」—使用不同重量比例的洗碗精水溶液，製造反泡泡的成效是否有差異？

實驗問題「精 1-3」—流量調節器的速度不同時，製造反泡泡的成效是否有差異？

1. 實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「精 1-1」、「精 1-2」和「精 1-3」之紀錄如下表所示：

		1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
400：2	全開	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆
	中	約1顆	約75顆	約98顆	約240顆	約70顆
	慢	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆
400：4	全開	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆
	中	約32顆	約73顆	約87顆	約122顆	約100顆
	慢	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆
400：8	全開	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆
	中	約6顆	約10顆	約137顆	約157顆	約260顆
	慢	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆	約0顆

備註：實驗中觀察發現—針頭距離承接液面高度越高，顆粒會越小。

(2)依據上表數據，可繪製出實驗問題「精 1-2」的統計圖，如圖十。

2.結果與討論：

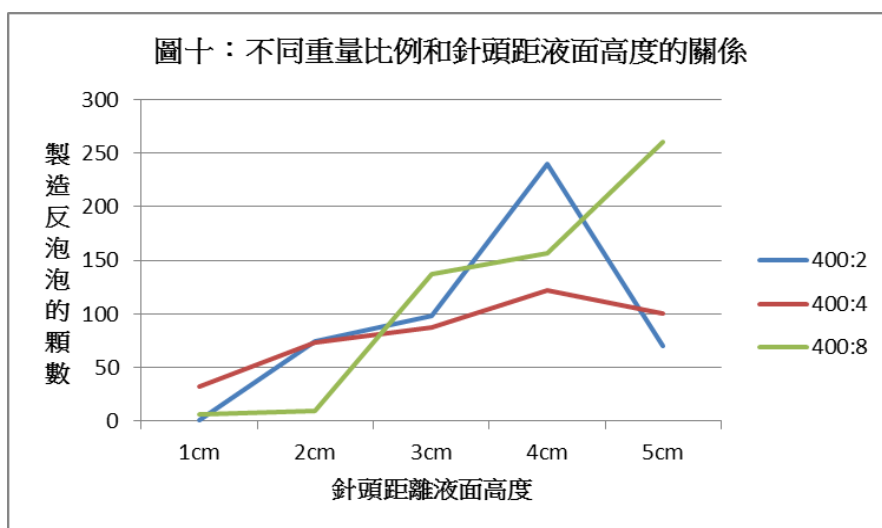
(1)依據上表數據，我們可以比較出針頭距離液面高度：

重量比例「400：2」製造反泡泡的結果是 4cm>3cm>2cm>5cm>1cm

重量比例「400：4」製造反泡泡的結果是 4cm>5cm>3cm>2cm>1cm

重量比例「400：8」製造反泡泡的結果是 5cm>4cm>3cm>2cm>1cm

(2)綜合三種重量比例所測得的距液面高度可知：4cm 所測得的數值較好，其次是 5cm。



(3)依據統計圖(圖十)可知：若使用 4cm 作為針頭距離液面的高度，則「400：2」重量比例是洗碗精水溶液製造反泡泡的最佳選擇；而且其他重量比例的反泡泡在 4cm 時，也至少 100 顆以上。若針頭距離液面高度是其他高度時，則無此成效。

(4)流量調節器的速度：皆以速度「中」效果最佳，而速度「全開」和「慢」都無法製造反泡泡。

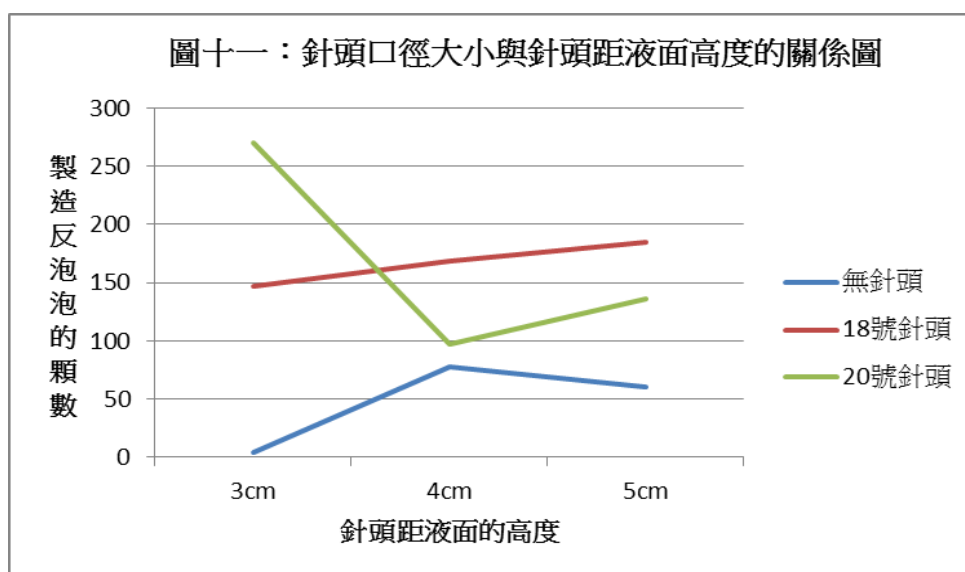
(二)探究實驗問題「精 2-1」—不同口徑大小的針頭與距離承接液面的高度之間，是否有相關性影響了反泡泡的製造？

1. 實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「精 2-1」之紀錄如下表所示：

	3cm	4cm	5cm
無針頭(口徑大)	約 4 顆	約 78 顆	約 60 顆
18 號針頭(口徑中)	約 147 顆	約 169 顆	約 185 顆
20 號針頭(口徑小)	約 270 顆	約 97 顆	約 136 顆

(2)依據上表數據，可繪製出實驗問題「精 2-1」的統計圖，如圖十一。



2.結果與討論：

(1)經由圖十一的關係圖可知：18 號針頭的口徑，不論距離液面高度 3cm、4cm 或 5cm，其對反泡泡的製造數量變化較穩定。

(2)操作製造反泡泡的實驗時，「18 號針頭的口徑」搭配「距液面 4cm 或 5cm 的高度」，其泡泡數量仍是高於其他兩種針頭搭配「距液面 4cm 或 5cm 的高度」所製造的泡泡數量。

(3)操作實驗時，觀察到距離液面高度愈高時，其形成的反泡泡顆粒會較小，例如：使用同一針頭時，距液面高度 5cm 的反泡泡顆粒大小大多數都會比距液面高度 4cm 的小顆。

(三)探究實驗問題「精 3-1」：水溶液的溫度不同是否會影響反泡泡的製造？

1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「精 3-1」之紀錄如下表所示：

	0~20°C	21~40°C	41~60°C	61~80°C
反泡泡的數量	81 顆	600 顆	150 顆	73 顆

2.結果與討論：

(1)分析上表的數據可知：製造反泡泡的數量為「21~40°C」>「41~60°C」>「0~20°C」>「61~80°C」

(2)水溶液在適當的溫度，其成效為最佳。過高或過低的溫度都影響水溶液的品質，而導致形成反泡泡的效果無法如預期。

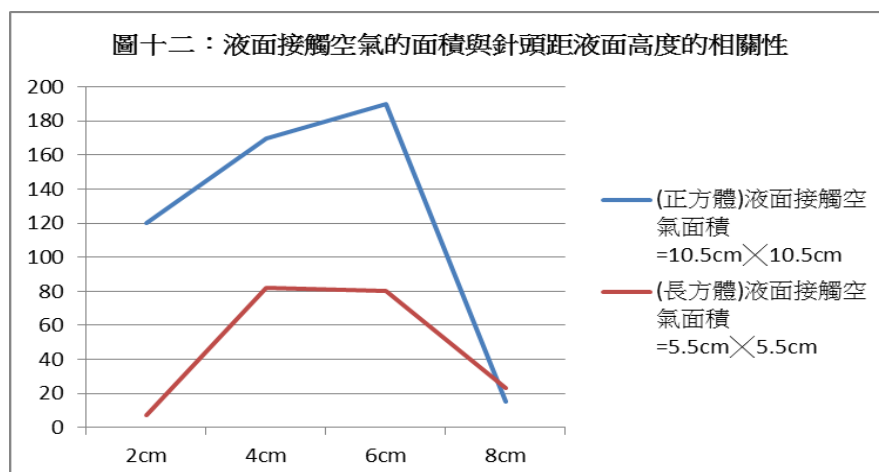
(四)實驗問題「精 4-1」：承接水溶液的液面接觸空氣的面積，與針頭距離液面高度是否有關連性，以致影響了反泡泡的製造？

1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「精 4-1」之紀錄如下表所示：

	(正方體)液面接觸空氣面積 =10.5cm×10.5cm	(長方體)液面接觸空氣面積 =5.5cm×5.5cm
2cm	120	7
4cm	170	82
6cm	190	80
8cm	15	23

(2)依據上表數據，可繪製出實驗問題「精 4-1」的統計圖，如圖十二。



2.結果與討論：

(1)統計圖(圖十二)顯示：滴入正方體塑膠透明盒的液面接觸空氣的面積為 $10.5\text{cm} \times 10.5\text{cm}$ ，除了針頭距離液面 8cm 的高度之外， 2cm 、 4cm 、 6cm 所製造的反泡泡數量都是多於 100 顆；比滴入長方體塑膠透明盒的液面接觸空氣的面積為 $5.5\text{cm} \times 5.5\text{cm}$ 所製造的反泡泡高出很多。

(2)實驗操作時，觀察發現：此實驗製造的反泡泡顆粒大小，在兩者操縱變因下，無特殊的變化。

(五)探究實驗問題「精 5-1」：在洗碗精水溶液中添加不同的物質 1g 時，其製造反泡泡的成效是否有差異？

1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「精 5-1」之紀錄如下表所示：

	鹽	糖	醋	小蘇打	膠水	甘油
性質	中性	中性	酸性	鹼性	中性	中性
反泡泡的數量	190	22	67	30	125	183

備註：操作添加膠水的實驗時，觀察進行滴入後來有出現比較大顆粒的反泡泡。

2.結果與討論：

(1)先前使用注射筒操作：添加小蘇打粉 1g 的實驗，其製造反泡泡的效果和添加甘油一樣好，但在此實驗使用精密輸液套的結果，卻是鹽、膠水和甘油比較好。

(2)兩次實驗雖然使用的器具不同，但添加甘油和添加鹽的部分卻有特殊結果的呈現，值得進一步探討。

(3)實驗中，我們曾思考水溶液的酸鹼性是否有影響？但實驗後，似乎看不出極大的相關性！

(六)探究實驗問題「精 6-1」：重量比例「400：2」的洗碗精水溶液，滴入的承接水溶液是否加入起泡劑，會不會影響製造反泡泡的成果？

備註：先前在實驗問題「注 2-1」中，探究不同種類的洗潔劑製造反泡泡的成效，發現洗滌時容易有泡泡產生的洗潔劑，例如：沐浴、洗髮、洗碗等製造反泡泡的效果都不錯！

1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「精 6-1」之紀錄如下表所示：

	說明	反泡泡數量	觀察到的現象
柑橘洗潔劑	含蘆薈.起泡劑	285	
柑橘洗潔劑	含酒精	98	一般顆粒大小，但很快就破
自製無患子洗潔劑	未加起泡劑	58	一般顆粒大小，但很快就破
自製無患子洗潔劑	有加起泡劑	180	
酒精	95%	5	滴入時，出現向下且如珊瑚產卵大爆發的狀態。
清水		120	
鹽水	飽和食鹽水	5	

生理食鹽水	購買	341	裝入生理食鹽水時，有反泡泡停留且貼黏在盒壁上，約 19 顆，在滴入洗碗精水溶液時，它們仍然沒有破。
-------	----	-----	---

備註：操作添加膠水的實驗時，觀察滴入情況，後來有出現比較大顆粒的反泡泡。

2.結果與討論：

- (1)由實驗結果發現：兩者都是柑橘洗潔劑，含有起泡劑用來製造反泡泡的效果，果真比較好。
 - (2)為了進一步確認：起泡劑也是影響製造反泡泡的因素，我們使用兩種自製的無患子洗潔劑，一種未加起泡劑，另一種有加起泡劑來進行測試，有加起泡劑的洗潔劑果真在製造反泡泡的效果比較好。
 - (3)偶然發現將生理食鹽水從瓶中擠出到正方體透明塑膠盒中，生理食鹽水也製造出反泡泡，但形成反泡泡的顆數不多，而存留時間卻很久，與先前實驗問題「注 5-1」的觀察結果一致。但是使用飽和食鹽水卻無同等效果，我們推測使用的濃度是可能的影響因素，因為實驗問題「注 5-1」的結果有提及水溶液添加 5g 的物質，有助於維持水溶液的穩定。
- (七)探究實驗問題「精 7-1」：使用生理食鹽水、1g 起泡劑(用 400g 水泡製)、5g 起泡劑(用 400g 水泡製)和清水，當做實驗操作的水溶液，且滴入和承接的水溶液為相同物質，是否能製造反泡泡？

1.實驗結果與紀錄：

(1)實驗問題「精 6-1」之紀錄如下表所示：

	生理食鹽水	1g 起泡劑 (用 400g 水泡製)	5g 起泡劑 (用 400g 水泡製)	清水
反泡泡的數量	0	31	100	0

2.結果與討論：

- (1)由實驗結果發現：當滴入和承接的水溶液為相同物質且不含起泡劑時，則無法製造反泡泡。
- (2)使用精密輸液套器具滴入生理食鹽水做實驗測試，無法製造反泡泡，但是從瓶裝生理食鹽水擠出要盛裝於塑膠盒時，卻可以產生反泡泡；經過仔細觀察其盛裝過程發現：擠壓瓶子噴出生理食鹽水時，水滴衝擊力強，會在進入生理食鹽水時，形成反泡泡，但形成率低，而存活時間久。

陸、結論

- 一、根據搜尋資料所得到的訊息，製造反泡泡的器具一般是使用注射筒、擠壓瓶或滴管。初步的探索與操作，我們選擇容易操作且又有刻度可以做定量控制的「注射筒」進行實驗。
- 二、使用「注射筒」製造反泡泡時，造一顆反泡泡的速度慢，需要特別留意操作的步驟和細節，造出的反泡泡顆粒大，可做物理性分析，但容易受人為因素影響，而有誤差值。然

而從相關的實驗結果與紀錄可知：注射筒的操作仍可以呈現資料的「再現性」，以找出造反泡泡的條件。

三、為了改進本研究操作「注射筒」進行實驗時，其人為因素所造成的誤差，並得到量化資料，所以改使用「精密輸液套」製造反泡泡，來確認造反泡泡所需的條件。其優、缺點如下：

1.優點：

(1)可以定量，測量出造反泡泡的數量多寡。

(2)口徑大小可以更換。

(3)滴入的流量與力量是可控制的。

2.缺點：

(1)受限於針頭的口徑大小，使得反泡泡的顆粒大小不像使用注射筒的來得大。

(2)因使用洗潔劑或添加物，管線會用多次使用後容易塞住，流速變慢且不順暢，需要每做完一個實驗，就用清水沖洗管路多次或換另一個相同裝置來操作。

(3)滴出的衝擊力和速度無法像注射筒強大。

四、使用注射筒或精密輸液套操作後，我們得知造反泡泡的條件：

1.使用的水溶液以能起泡為優先。因本研究發現：使用水溶液來造反泡泡的終極密碼是「起泡劑」，也就是界面活性劑。

2.使用洗碗精做為造反泡泡材料，其效果佳、此材料容易取得，價格也不貴。但不同品牌的洗碗精所使用的濃度需要再略微調整其重量比例。

3.本研究中所使用的泡舒洗碗精需要調配「水+洗碗精」的重量比例為水 400g+洗碗精 2g。

4.只要滴入水溶液或承接水溶液的其中一種水溶液有洗潔劑成分就可以造反泡泡。

4.操作時，滴入和承接的水溶液若是相同的，則可便於重複性使用，不浪費。

5.在三天裡的測試與操作，以第二天為優，主要是水溶液中的物質比較能均勻擴散；雖然也可以充分攪拌均勻，但攪拌過程中，會產生許多氣泡，也需靜置消泡，或是直接撈出氣泡再繼續進行。

6.最佳操作溫度是 20~40°C，

7.使用「精密輸液套」造反泡泡的小秘訣：流量調節「中」的位置，18 號針頭，針頭距液面高度 4cm，承接的水溶液高度也是 4cm，液面接觸空氣的面積要大，效果才好。

6.在泡製好重量比例「400：2」的洗碗精水溶液中，若要添加物質，改變反泡泡的物理性或穩定性，則重量以 5g 為優。

五、未來展望：實驗操作過程中，觀察到反泡泡的一些性質可以透過添加其他物質而有變化！

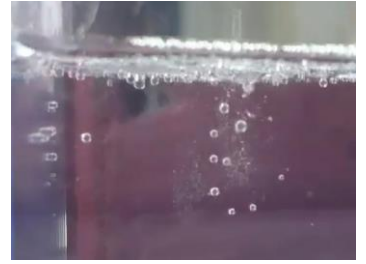
這些可作為我們未來繼續研究的方向，例如：

1.添加膠水——研究反泡泡顆粒的增大。

2.添加甘油——研究反泡泡數量的增加。

3.添加鹽——研究反泡泡存留時間的增長。

4.擠壓生理食鹽水的瓶子，進入正方體透明塑膠盒裡，我們發現也可以造出反泡泡，且存留時間也很久。



柒、參考資料

一、泡泡造反了——反泡泡之形成、存活與破滅之物理性探討

<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/senior/0401/040118.pdf>

二、NTCU 科學遊戲實驗室：反泡泡 <http://scigame.ntcu.edu.tw/water/water-012.html>

三、適得泡反－適合反泡泡的生存環境之研究與與討論

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2011/11/2011111323522113.pdf>