

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030822

雲兒朵朵飄、心花朵朵開

—氬氣雲朵製作，隱藏背後的科學原理研究

學校名稱：臺中市立西苑高級中學(附設國中)

作者： 國一 張暉俊 國一 鄭佩姍	指導老師： 蕭博仁
---------------------------------	------------------

關鍵詞：浮力、靜電、界面活性劑

摘要

本實驗的重心，是以如何讓氦氣雲朵，成功塑形並飛入雲霄，以此作為貫穿整個實驗的主幹，並在隨著實驗的主幹前進當中，挖掘、研究許多藏於其背後的科學原理。

首先，第一個為先研究，如何讓氦氣泡團獲得最佳的上升動力，揭發其與氦氣泡團總體積、總表面積、組成的單一氣泡大小、界面活性劑及添加劑等等的關係。另外也去探討這些與其結構、穩定、塑形難易的關係。

再來，考量並嘗試多種方法，讓氦氣泡團，穩定、均勻、大範圍的進行輸出。均勻、大範圍輸出後，接著在眾多的，對氦氣泡團的切割分離法中，選定了利用靜電進行切割。最後，則是研究、探討某些氦氣泡，會有先飄後降的問題。並移到戶外，進行實際總檢測。

壹、研究動機

在觀看緯來的科學大玩家，某次的特輯當中，有個單元是介紹那個年度，世界上最酷的幾項發明，其中一項發明為，主持人藉著操作一台機器，便有一朵一朵各種造型的白雲往上飄。

當下在電視中看到，覺得實在太酷了，於是上網查了一下，發現這台機器名叫 Flogos 雲朵機，是由美國阿拉巴馬州一家名叫 SnowMasters 的特效公司所研發出來的，當初他們花了 5 年的時間，才成功研發出這台可製造雲朵的機器，而它的販售價格，一台要價 6 千美金。若要用租借，一小時也要好幾萬台幣的代價，因此我們想嘗試看看，是否能在實驗室中，做出類似的成品出來。

在從開始氦氣團泡的製備，到其輸出的研究，以及後來的切割分離實驗，和氦氣泡先升後降問題探討，一直到最後，戶外成功的施放。這整個過程，最大的收穫其實是，讓我們有機會，將自然課本的許多東西，如浮力探討、壓力問題、靜電感應等東西，能在實際上做一個運用，使它們不再只是課本上冷冰冰的名詞。

貳、研究目的

- 一. 探討與測試如何得到氦氣泡最佳的上升浮力。
- 二. 研究如何得到界面活性劑膜最佳的穩定結構及容易塑形。
- 三. 探討測試如何讓氦氣泡團穩定均勻且大範圍輸出。
- 四. 研究如何使氦氣泡團有效率的分離。
- 五. 實際結果測試探討--- 探討氦氣泡先飄後降問題、及到戶外進行總檢測

參、研究設備及器材

界面活性劑、含月桂純發泡劑、25%椰子油發泡劑、泡泡水、水、聚乙烯純、甘油、CDE 增稠劑、塑膠管、氦氣筒、圓形容容器、方形容容器、寶麗龍板、剪刀、美工刀、氣球、吸管、玻璃棒、橡皮筋、乾布、湯匙、攪拌棒、燒杯、量筒、漏斗

肆、研究過程或方法

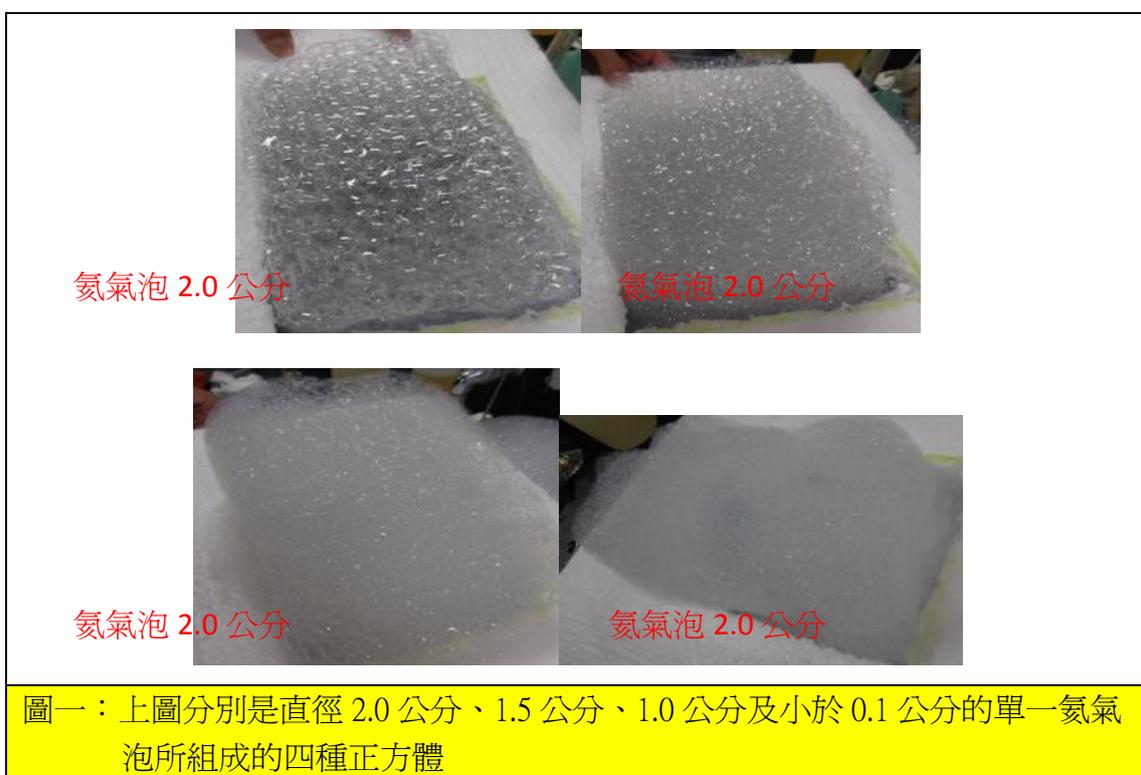
一、探討與測試如何得到氦氣氣泡最佳的上升浮力。

(一)氦氣泡團中，單一氦氣泡大小對浮力的影響—總體積固定、單一氣泡大小不同

1.使用不同的塑膠管、控制氣流量，輸出不同大小的氦氣泡，如(表一)。

- 2.利用以保麗龍板塑造出一個長 20cm、寬 15cm、高 7cm 的立方體泡泡，總體積固定，如(圖一)。
- 3.再來利用帶電物品進行泡泡切割，測試並紀錄氮氣泡泡團飄浮的狀態。

表一：不同的塑膠管，輸出單一氮氣泡大小不同，但總體積固定的氮氣泡團。各個氮氣泡團製作完畢後，將進行切割，進行漂浮狀態測試。				
	單一氮氣泡大小不同所影響浮力 ---第 1 組	單一氮氣泡大小不同所影響浮力 ---第 2 組	單一氮氣泡大小不同所影響浮力 ---第 3 組	單一氮氣泡大小不同所影響浮力 ---第 4 組
泡泡大小	直徑 1.5 公分的氮氣泡	直徑 1.0 公分的氮氣泡	直徑 0.5 公分的氮氣泡	直徑小於 0.1 公分的氮氣泡



(二)氮氣泡團中，總體積大小對浮力的影響—單一氣泡固定、總體積大小不同

- 1.用塑膠管使管徑、氣流大小固定，並控制使泡泡大小固定成為直徑 1.0 公分。
- 2.利用燒杯當底座，將氮氣泡灌入其中，如(圖二)。使用大小不同的三種燒杯，塑造出高相同、底面積不同的，3 種不同體積的氮氣團，如(表二)。
- 3.測試並紀錄不同總體積大小氮氣團的飄浮的狀態。
- 4.另外，將體積最小的第三組泡泡團，重複製作 4 個，再手動將這 4 個一起合併。觀察記錄其手動合併後的狀況。



圖二：上圖中為三種不同體積大小，但單一氮氣泡直徑相同的氮氣泡團。

表二：單一氮氣泡大小固定，總體積大小不同的各種氮氣泡團。

	總體積大小不同測試 漂浮狀態---第 1 組	總體積大小不同測試 漂浮狀態---第 2 組	總體積大小不同測試 漂浮狀態---第 3 組
總體積 大小	底面積圓直徑 11 公分 高 5 公分	底面積圓直徑 7 公分 高 5 公分	底面積圓直徑 5 公分 高 5 公分

(三)氮氣泡含水量跟界面活性劑種類對氮氣泡團飄浮狀況影響

- 1.調配各種不同比例的界面活性劑+水，其各種比例如(表三)及(表四)。
- 2.在固定氮氣泡團總體積相同、單一氮氣泡大小也相同的情況下，測試並記錄各種不同比例，所製作出的氮氣泡團其漂浮狀態。

表三：各種不同比例的 25%椰子油發泡劑+水。

	25%椰子油 發泡劑 含水控制 第 1 組	25%椰子油 發泡劑 含水控制 第 2 組	25%椰子油 發泡劑 含水控制 第 3 組	25%椰子油 發泡劑 含水控制 第 4 組	25%椰子油 發泡劑 含水控制 第 5 組	70%椰子油 發泡劑 含水控制 第 5 組
椰子油：水	20：30	20：40	20：50	20：60	20：200	20：1000

表四：各種不同比例的含月桂醇發泡劑+水。

	月桂醇含水 控制 第 1 組	月桂醇含水 控制 第 2 組	月桂醇含水 控制 第 3 組	月桂醇含水 控制 第 4 組	月桂醇含水 控制 第 5 組
含月桂醇 發泡劑：水	25：45	30：60	50：125	30：50	75：225

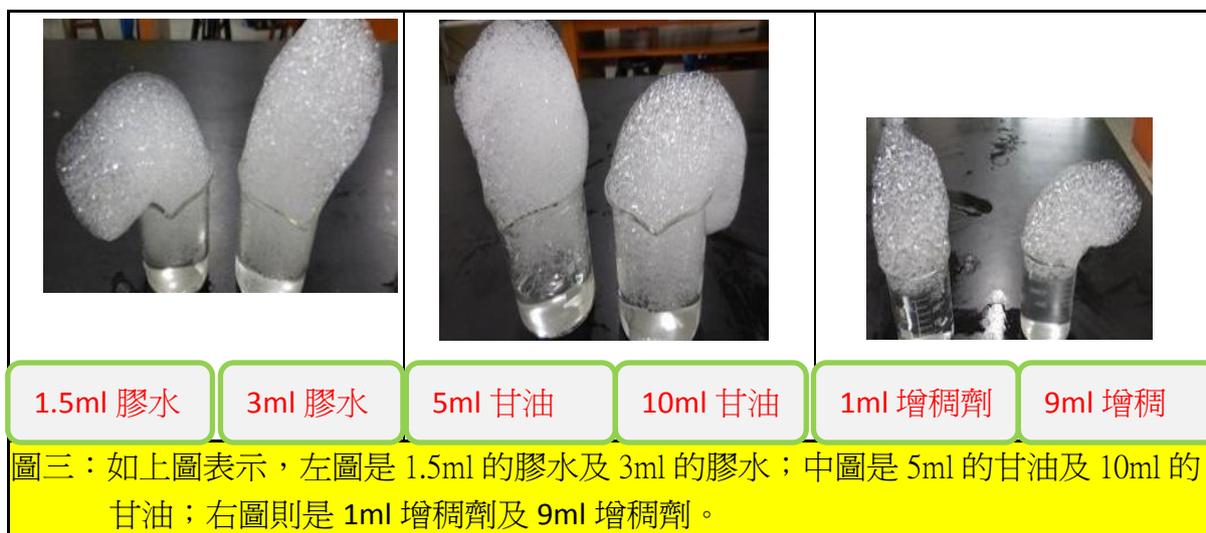
(四)同一種界面活性劑，增加各種不同比例添加劑之飄浮測試

- 1.使用同一種的界面活性劑，利用不同比例的添加劑，製作出各種的氮氣泡團，如(表五)及(圖三)。
- 2.在固定氮氣泡團總體積相同、單一氮氣泡大小也相同的情況下，測試並記錄，上述各種氮氣

泡團的飄浮狀態，藉以間接檢測泡泡團中含水層的含水量，是否與不同比例添加劑有關。

表五：加上不同比例的添加劑，觀察其影響漂浮狀態。

泡泡水： CDE 增稠劑---第 1 組	泡泡水： CDE增稠劑--第 2 組	泡泡水：膠水---第 3 組	泡泡水：膠水---第 4 組	泡泡水：甘油---第 4 組	泡泡水：甘油---第 4 組
120ml : 1ml	120ml : 3ml	120ml : .5ml	120ml : 3ml	120ml : 5ml	120ml : 10ml



圖三：如上圖表示，左圖是 1.5ml 的膠水及 3ml 的膠水；中圖是 5ml 的甘油及 10ml 的甘油；右圖則是 1ml 增稠劑及 9ml 增稠劑。

二、研究如何得到界面活性劑膜最佳的穩定結構及容易塑形。

(一)氮氣泡團中，單一氮氣泡大小對浮力的影響—總體積固定、單一氣泡大小不同

- 1.以燒杯為底座，先將氮氣泡團，進行長柱狀塑型。
- 2.測試並記錄下，長柱狀氮氣泡團，測試能否直線、不變形、不斷裂的直直上升，以作為實際起飛的考量。
- 3.使用不同的塑膠管，輸出不同大小的氮氣泡，如(表六)，以測試塑型高度、消失時間、氮氣泡散開與否此三大要素。
- 4 觀察並記錄，哪一種直徑大小的界面活性劑膜擁有好的結構。

表六：輸出長柱狀氮氣泡團，測試能否直線、不變形、不斷裂的直直上升。

	結構比較第 1 組	結構比較第 2 組	結構比較第 3 組	結構比較第 4 組
泡泡大小	直徑 2.0 公分的氮氣泡	直徑 1.0 公分的氮氣泡	直徑 0.5 公分的氮氣泡	直徑小於 0.1 公分的氮氣泡

(二)同一種界面活性劑，增加各種不同比例添加劑之穩定測試。

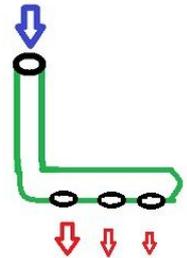
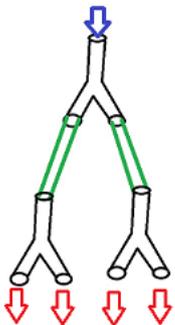
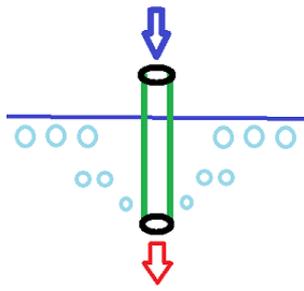
- 1.測試不同界面活性劑與水的比例，來達到其穩定性、持久性，如(表七)。
- 2.觀察再記錄，增添哪一種溶劑以及調配何種比例能使界面活性劑膜擁有好的穩定結構。

表七：加上不同比例的添加劑，觀察其穩定結構。

泡泡水： <i>CDE</i> 增稠劑 ---第 1 組	泡泡水： <i>CDE</i> 增稠 劑---第 2 組	泡泡水：膠 水---第 3 組	泡泡水：膠 水---第 4 組	泡泡水：甘 油---第 4 組	泡泡水：甘 油---第 4 組
120ml：1ml	120ml：3ml	120ml：.5ml	120ml：3ml	120ml：5ml	120ml：10ml

三、探討測試如何讓氮氣泡穩定均勻且大範圍輸出。

- 1.利用各種裝置方式，來讓氮氣氣泡能穩定且均勻的輸出，各種輸出方式如(表八)。
- 2.再將(表八)中，最有效的方式---第 4 組，改成以氣泵和氣泡石，在普通的自來水中，打出許多空氣小泡泡，並在不同的深度，進行泡泡輸出範圍比較，如(表九)。
- 3.觀察並記錄下，(表八)及(表九)的比較結果。

表八：使用不同的灌氣方式，使氮氣泡團能擁有更好的穩定且均勻輸出					
	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 1 組 (對照)	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 2 組	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 3 組	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 4 組	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 5 組
處理方式	在接近水面位置，進行多次不同位置的單點輸出。	在同一管子不同距離遠近做多個輸氣孔。 	利用 Y 形管，達到多點、多範圍輸出。 	將管子放在離水面較深的地方，使氮氣泡能從下方擴散上來，達到多範圍、均勻的輸出。 	利用網子將其容器蓋住，使氮氣泡維持在一定大小，並達到均勻輸出。

表九：將上表穩定均勻輸出---第 4 組中，做延伸比較，使用氣泵和氣泡石，在普通的自來水中，打出許多空氣小泡泡，於深度不一的位置，進行輸出範圍比較				
	管子於深度深淺不一的位置，進行泡泡輸出---第 1 組	管子於深度深淺不一的位置，進行泡泡輸出---第 2 組	管子於深度深淺不一的位置，進行泡泡輸出---第 3 組	管子於深度深淺不一的位置，進行泡泡輸出---第 4 組
深度	位於液面下 3 公分	位於液面下 6 公分	位於液面下 10 公分	位於液面下 15 公分

四、研究如何使氮氣泡團有效率的分離。

(一)利用切割物體乾燥、潮溼與否，進行切割分離比較

- 1.探討利用乾燥氣球、潮濕氣球和潮濕鐵尺、乾燥鐵尺，來做比對，如(表十)。
- 2.觀察並記錄下，乾燥的氣球、潮濕的氣球和潮濕鐵尺、乾燥鐵尺哪一樣能有效率的使氮氣泡分離。

表十：使用乾燥及潮濕兩種的氣球，並做切割分離的比較。		
	乾溼與否切割分離比較 ---對照組	乾溼與否切割分離比較 ---實驗組
長形氣球	潮濕的長形氣球	乾燥的長形氣球
鐵尺	潮濕的鐵尺	乾燥的鐵尺

(二)利用管徑大小不同的物品，進行切割分離比較

- 1.使用管徑不一樣大的二條塑膠管，分別為管徑 0.5 公分的塑膠管和管徑 1.0 公分的塑膠管(皆無摩擦過且乾燥不潮溼)，如下(表十一)，進行切割比對。
- 2.測試並記錄，哪一種能有效地的使氮氣泡分離。

表十一：使用管徑大小不同的塑膠管，測試有效率使氮氣泡團分離是否跟物體管徑大小有關係		
	管徑大小不同的塑膠管 ---切割分離比較第 1 組	管徑大小不同的塑膠管 ---切割分離比較第 2 組
管徑大小	管徑 0.5 公分的塑膠管	管徑 1.0 公分的塑膠管

(三)利用帶電與否，進行切割分離比較

- 1.利用摩擦起電與否，進行(表十二)中的處理。
- 2.記錄並觀察比較，能有效率的使氮氣泡分離。

表十二：利用使塑膠管帶電與否，進行切割分離比較		
	帶電與否，進行切割分離 ---實驗組	帶電與否，進行切割分離 ---對照組
處理方式	以乾布摩擦塑膠管	不進行摩擦起電

(四)泡泡團總體積相同，但單一泡泡大小不同，其切割難易度比較

- 1.利用驗電瓶鋁箔其張開的角度，作為帶電量大小的檢驗。藉此分別製作出帶電量多和稍微帶電的塑膠管。
- 2.分別利用上述的帶電量多及稍微帶電塑膠管，分別進行底下幾組處理
 - A. 帶電量多塑膠管切割直徑 2.0 公分氮氣泡團
 - B. 帶電量多塑膠管切割直徑 1.0 公分氮氣泡團
 - C. 稍微帶電塑膠管切割直徑 2.0 公分氮氣泡團
 - D. 稍微帶電塑膠管切割直徑 1.0 公分氮氣泡團
- 3.觀察並紀錄結果。

五、實際結果測試探討--- 探討氮氣泡先飄後降問題、及到戶外進行總檢測

(一)探討氮氣泡會先飄再降之問題

- 1 在前述各種實驗中，常會看到氮氣氣泡，在浮力不足情況下，會有氣泡團先升後降的情況出現，在此將前述各種此情況作紀錄。探討為何氮氣泡會先飄再降。
- 2.使用燒杯，製作 80cm、180cm 長條狀氮氣泡柱，觀察、紀錄何時氮氣泡柱會開始倒塌？及氣泡柱倒塌時，氣泡柱會有何變化？並針對顏色變淡的氮氣泡柱進行切割。

3.另外，將氦氣泡和空氣泡分別置放於尺上，觀察並記錄隨著時間，其大小變化。

(二)綜合上述一切做實際飛行檢驗

將上述所有所作之研究，綜合判斷適合塑型、浮力要夠、穩定性要好、泡泡適合切割、能有效做大範圍泡泡輸出，將這些因素，做一個綜合考量判斷後，開始實際進行。先利用保麗龍板，切割出我們所要的造型，再使用前述結果中，最為有效的輸出方式及最有效的切割方式，將各種切割後的造型泡泡團，將之如雲朵般地釋放到天空，來做最終的檢驗。

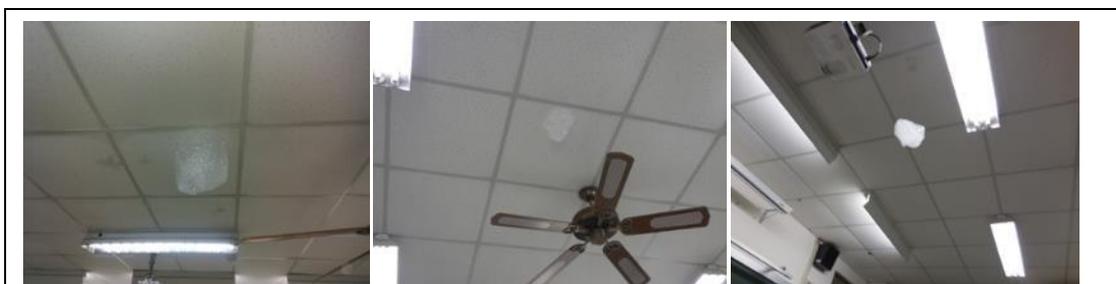
伍、研究結果

一、探討與測試如何得到氦氣氣泡最佳的上升浮力。

(一)氦氣泡體積大小對浮力的影響—總體積固定、單一氣泡大小不同

實驗結果如(表十三)及(圖四)，在總體積固定的情況下，從表中可看出，當單一氦氣泡越大，越容易往上升，所以在表中最大的直徑 1.5 公分氦氣泡，上升速度最快。在直徑 0.5cm 氦氣泡，泡泡則上飄到一定高度後，直接懸浮在半空中不動。至於直徑小於 0.1cm 氦氣泡，泡泡則是往下墜，無法往上飄或懸浮在半空中。

表十三： 氦氣泡體積大小對浮力的影響—總體積固定、單一氣泡大小不同	
體積大小	飄浮狀態
直徑 1.5cm 的氦氣泡	直接快速往上飄(三秒內到碰到教室天花板，桌面到天花板距離 2M)。
直徑 1.0cm 的氦氣泡	緩慢地往上飄(碰觸到距桌面 2M 的教室天花板，需花 10 秒以上)。
直徑 0.5cm 的氦氣泡	往上飄到一定高度後，懸浮在半空中不動，約 3~5 秒後往下掉。
直徑小於的 0.1cm 氦氣泡	往下墜，無法上飄或懸浮。



圖四：由左到右，分別為單一氦氣泡直徑 1.5、1.0、0.5 公分的氦氣泡團。最右邊直徑 0.5 公分的氦氣泡團，懸浮在半空中不動，至於左邊及中間較大的氦氣泡團，則是別以快速和緩慢上升到天花板。

(二)氮氣泡總體積大小對浮力的影響—單一氣泡大小固定、總體積不同

實驗結果如(表十四)，當單一氣泡大小固定時，總體積越大，氮氣泡團越容易往上飄。當總體積過小時，氮氣泡團喪失往上飄浮的能力。

而利用手動方式，自行將 4 個底面積圓直徑 5 公分高 5 公分的泡泡團，進行合併，則也是直接下降，無法飄浮。

表十四：氮氣泡總體積大小對浮力的影響—單一氣泡大小固定、總體積不同	
體積大小	浮力影響
底面積圓直徑 11 公分高 5 公分	直接快速往上飄(6 秒內到碰到距離桌面 2m 的教室天花板)。
底面積圓直徑 7 公分高 5 公分	懸浮到空中的一定高度就不在上升，平均約 3~5 秒後開始下降。
底面積圓直徑 5 公分高 5 公分	直接下降，無法飄浮。
手動合併，4 個底面積圓直徑 5 公分高 5 公分的大泡泡團	直接下降，無法飄浮。

(三)氮氣泡含水量跟界面活性劑種類

實驗結果如(表十五)及(表十六)，在固定氮氣泡團總體積相同、單一氮氣泡大小也相同的情況下，不同的界面活性劑，各自有最適合與水調和比例，才能使氮氣泡團起飛。界面活性劑過多或過少，都不利於氮氣泡團的飄浮。

我們選用(表十五)及(表十六)，綜合評選後，效果最穩定、最好的是含月桂醇發泡劑：水---50：125，當我們大部分所使用的泡泡水配方。至於 70%椰子油：水---1000：20，雖然效果也很好，但因為 70%椰子油不易溶解，因此我們選用最穩定的含月桂醇發泡劑：水---50：125。

表十五：溶劑加水，比例不一，所表現出的飄浮狀態也不同。	
比例	飄浮狀態
25%椰子油：水 ---20：30	欲飛又不飛、懸浮半空中不動
25%椰子油：水 ---20：40	可以飛得較上去(十秒內碰到距桌面 2M 的教室天花板)
25%椰子油：水 ---20：50	懸浮到空中的一定高度就不在上升，平均約 3~5 秒後開始下降。
25%椰子油：水 ---20：60	
25%椰子油：水 ---20：200	因含水量過多，所以太重，因而完全飛不起來
70%椰子油：水 ---1000：20	能輕鬆飛上天(三秒內碰到距桌面 2M 的教室天花板)

表十六：各種不同比例的含月桂醇發泡劑+水。	
比例	飄浮狀態
含月桂醇發泡劑：水 ---30：50	(十秒內到碰到教室天花板)教室天花板距離桌面 2M 。
含月桂醇發泡劑：水 ---75：225	因含水量過多，所以太重，因而完全飛不起來。
含月桂醇發泡劑：水 ---25：45	懸浮到空中的一定高度就不在上升，平均約 3~5 秒後開始下降。
含月桂醇發泡劑：水 ---30：60	懸浮到空中的一定高度就不在上升，平均約 1~3 秒後開始下降。
含月桂醇發泡劑：水 ---50：125	(五秒內到碰到教室天花板)教室天花板 距離桌面 2M 。

(四)同一種界面活性劑，增加各種不同比例添加劑之飄浮測試。

實驗結果如下(表十七)，在固定氦氣泡團總體積相同、單一氦氣泡大小也相同的情況下，不同的界面活性劑，各自有最適合與添加劑調和比例，才能使氦氣泡團起飛。添加劑過多或過少，都不利於氦氣泡團的飄浮。

表十七：調配出不同的比例，也會使浮力有所差異。	
界面活性劑和添加物的比例關係	飄浮狀態描述
界面活性劑：甘油 120ml：10ml	氦氣泡垂直上升不到 5 公分，氦氣泡就開始下垂。
界面活性劑：甘油 120ml：5 ml	氦氣泡雖到 10 公分，但感覺已經是極限了，無法有更高的高度。
界面活性劑：膠水 120ml：1.5 ml	氦氣泡上升不到 3 公分就開始下垂
界面活性劑：膠水 120ml：3 ml	氦氣泡到 10 公分還可繼續在上升，還可在上升 2~3 公分
界面活性劑：CDE 增稠劑 120ml：1 ml	雖然可以上升到 5 公分，但已經逐漸開始下垂
界面活性劑：CDE 增稠劑 120ml：3 ml	不到 5 公分就已經逐漸開始下垂，完全沒有要上升的感覺

二、研究如何得到界面活性劑膜最佳的穩定結構及容易塑形。

(一)單一氦氣泡體積大小對結構的影響

此為氦氣泡團起飛前的重要測試，實驗結果如(圖五)及(表十八)所示，當單一氦氣泡大小，

過大或過小，都會影響其穩定性。

單一氣泡過大的氮氣泡柱，浮力夠，但是不容易塑造出我們想要的結構，且容易因浮力過強，在灌氣到中途時，氮氣柱便會自行脫離。且泡泡團容易散開，形成非我們原本想要的塑形。

單一氣泡過小的氮氣泡柱，容易塑形，但會有之前講的過重，氮氣泡柱整個無法撐起結構飄上去。



圖五：左圖是因單一氮氣泡過大，浮力過強，氮氣團已預備脫開、分離，且也難以塑形；右圖則是因氮氣泡小，雖可塑形，維持時間也夠久，但因浮力小，下垂飄不起來。中圖則是浮力適中，氮氣柱可上飄、且不斷裂，也可塑形。

表十八：下表四種單一氣泡直徑不同，氮氣泡柱其穩定性比較。

泡泡大小	塑型高度	消失時間	氮氣泡散開與否
直徑 2.0 公分氮氣柱	浮力過強，到達一定高度，約 30 公分左右，泡泡會自行分離	3 分鐘左右，泡泡顏色開始變淡	底座泡泡會有散開、無法塑型問題
直徑 1.0 公分氮氣柱	可到達 1 公尺以上	3 分鐘左右，泡泡顏色開始變淡	底部結構良好，沒有散開情況，能持續穩定的上升
直徑 0.5 公分氮氣泡	只可塑型到 8 公分而已	5 分鐘左右，泡泡顏色開始變淡	底部結構良好
直徑小於 0.1 公分氮氣柱	只可塑型到 3 公分而已	直到 20 分鐘才有逐漸消失的情況	底部有非常嚴重的散開問題

(二)同一種界面活性劑，增加各種不同比例添加劑之穩定測試

實驗結果如(表十九)和(圖六)，不同的添加劑，各自有最適合與界面活性劑調和比例，才能使氮氣泡團穩定。這穩定包含了：氮氣泡團的消失時間、塑型高度可撐夠高、塑型時氮氣泡

團不會散開。添加劑過多或過少，都不利於氮氣泡團的穩定。

表十九：同一種界面活性劑，增加各種不同比例添加劑之穩定測試

不同比例的泡泡水	消失時間	塑型高度	氮氣泡散開與否
120ml 泡泡水：1ml CDE 增稠劑	6 分鐘時，氮氣泡只 剩下一些就要消失 殆盡。	氮氣泡柱可塑型 到 8 公分以上。	底部沒有散開的情況，直 到 5、6 公分時才有下垂 的情形
120ml 泡泡水：9ml CDE 增稠劑	6 分鐘時，幾乎都已 消失，只剩下少數的 氮氣泡	氮氣泡柱大約只 能到塑型到 6 公 分而已。	底部也沒有散開的情 形，只有在上升時會下垂 而已
120ml 泡泡水：3ml 膠水	6 分鐘時，氮氣泡幾 乎都已經消失了	氮氣泡柱可以塑 型到 11 公分以 上。	底部無氮氣泡散開情 況，也可持續上升
120ml 泡泡水：1.5ml 膠水	6 分鐘時，雖還有一 些氮氣泡存在，但是 也都要沒了(在 2~3 分鐘後就消失完了)	氮氣泡柱只能塑 型到 8 公分而 已。	底部無氮氣泡散開情 況，但灌氣到 11 公分就 會下垂
120ml 泡泡水：10ml 甘油	6 分鐘時，氮氣泡已 有開始消失的感 覺，但	氮氣泡柱約只能 塑型到 7.5 公分 而已。	底部無氮氣泡散開情 況，還未灌到 11 公分就 有明顯的下垂現象
120ml 泡泡水：5ml 甘油	6 分鐘時，氮氣泡開 始消失，但速度不快	氮氣泡柱只能塑 型到 10 公分。	底部無氮氣泡散開情 況，但一超過 11 公分， 就會開始逐漸下垂



三、探討測試如何讓氮氣泡穩定均勻且大範圍輸出。

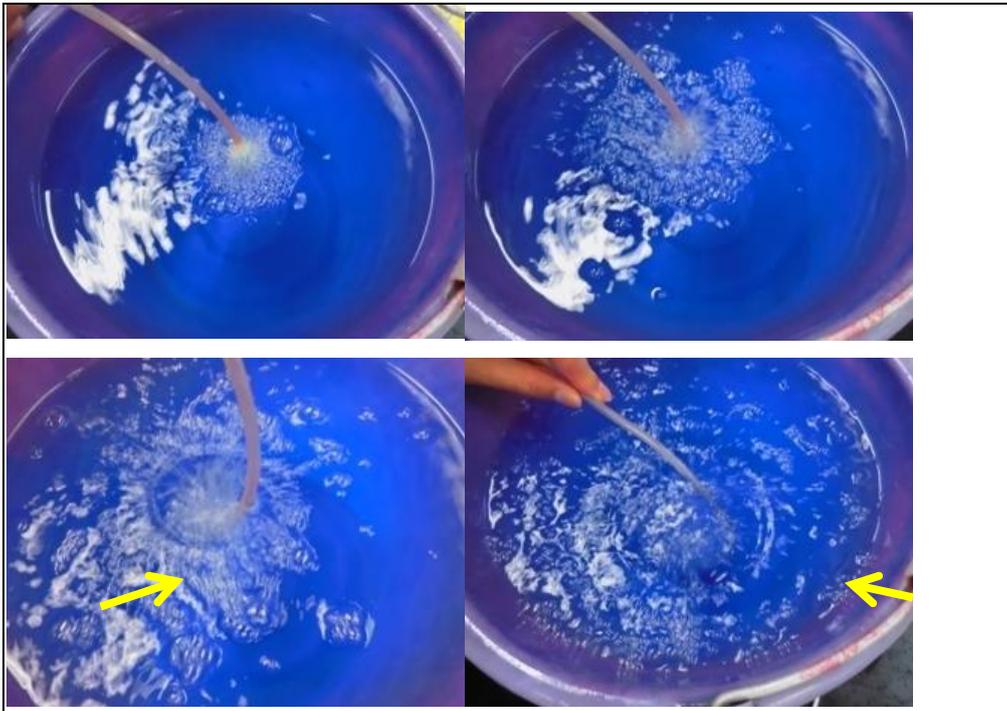
氮氣泡穩定且均勻輸出的試驗結果，如下(表二十)。而在所有比較之中，第四組最符合我

們所要的穩定且均勻輸出且能達到大範圍這個要求，因而以第四組再拿出來做延伸比較。

讓氮氣泡穩定且均勻輸出第 4 組---之延伸的結果如(表二十一)及(圖七)。利用管子於深度較深的位置，可使泡泡能於大範圍均勻輸出，因此我們接下來實驗中所使用，在天空中飛行飄浮的氮氣泡團，都是由此方法製造。

表二十：使用不同的灌氣方式，使氮氣泡團能擁有更好的穩定且均勻輸出					
	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 1 組	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 2 組	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 3 組	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 4 組	讓氮氣泡穩定且均勻輸出---第 5 組
處理方式	在接近水面位置，進行多次不同位置的單點輸出。	在同一管子不同距離遠近做多個輸氣孔。	利用 Y 形管，達到多點、多範圍輸出。	管子放在離水較深的地方，達到多範圍、均勻的輸出	利用網子將其容器蓋住，達到均勻輸出。
結果	 極不均勻，泡泡團常會這邊灌完，另一邊泡泡團出現膜消失萎縮。	只集中於前方輸氣孔做輸出，後方孔洞氣壓小，幾乎不出氣。	雖可完成多點的輸出，但要控制管子位置，所以還是難以均勻輸出。	全部當中效果最佳，能達到均勻輸出，只要控制深度夠，便能達到大範圍且均勻輸出。	泡泡還是集中於某部分，只是單一泡泡變小。

表二十一：使用氣泵和氣泡石，在普通的自來水中，打出許多空氣小泡泡，於深度不同的位置，進行輸出範圍比較之結果。				
	管子於深度深淺不同的位置，進行泡泡輸出---第 1 組	管子於深度深淺不同的位置，進行泡泡輸出---第 2 組	管子於深度深淺不同的位置，進行泡泡輸出---第 3 組	管子於深度深淺不同的位置，進行泡泡輸出---第 4 組
深度	位於液面下 3 公分	位於液面下 6 公分	位於液面下 10 公分	位於液面下 15 公分
結果	泡泡集中於一個小範圍中出現。	氮氣泡的範圍較第一組擴大，上方出現一個直徑 6 公分的環狀水圈。	氮氣泡的範圍較第一組擴大，上方出現一個直徑 10 公分的環狀水圈{如(圖七)箭頭指示}。	氮氣泡的範圍較第一組擴大，上方出現一個直徑 12 公分的環狀水圈{如(圖七)箭頭指示}。



圖七：利用深度不同，使氣泡在液面上，出現各種不同的擴散分布狀態。左上角為深度 3 公分，右上為 6 公分，左下為深度 10 公分，右下為深度 15 公分。圖中的黃色箭頭所指，為大小不一的環狀水圈。

四、研究如何使氮氣泡團有效率的分離。

(一)利用切割乾溼與否，進行切割分離比較

實驗結果如下(圖八)，在氣球方面，乾燥與否，會影響能否切割分離氣泡團。在圖中可看到乾燥的氣球，對泡泡團的分離，有非常好的效果，且會發現，被乾燥的氣球切割過的部分，其泡泡團會有往上揚的現象出現。而在潮濕的氣球，則不見此效果。

但在鐵尺方面，不管乾燥與否，都無法有效切割分離氣泡團。這說明了乾燥與否，並不是唯一決定切割分離泡泡團的關鍵因素。



圖八：上方氣球的圖中，乾燥與否，會影響能否切割分離氣泡團。且在上方的實驗組中，被乾燥的氣球，切割過的氦氣泡團，會出現上揚，要自行分離的現象出現。下方鐵尺的圖中，乾燥與否，則與能否切割分離氣泡團無關，都無法有效切割。

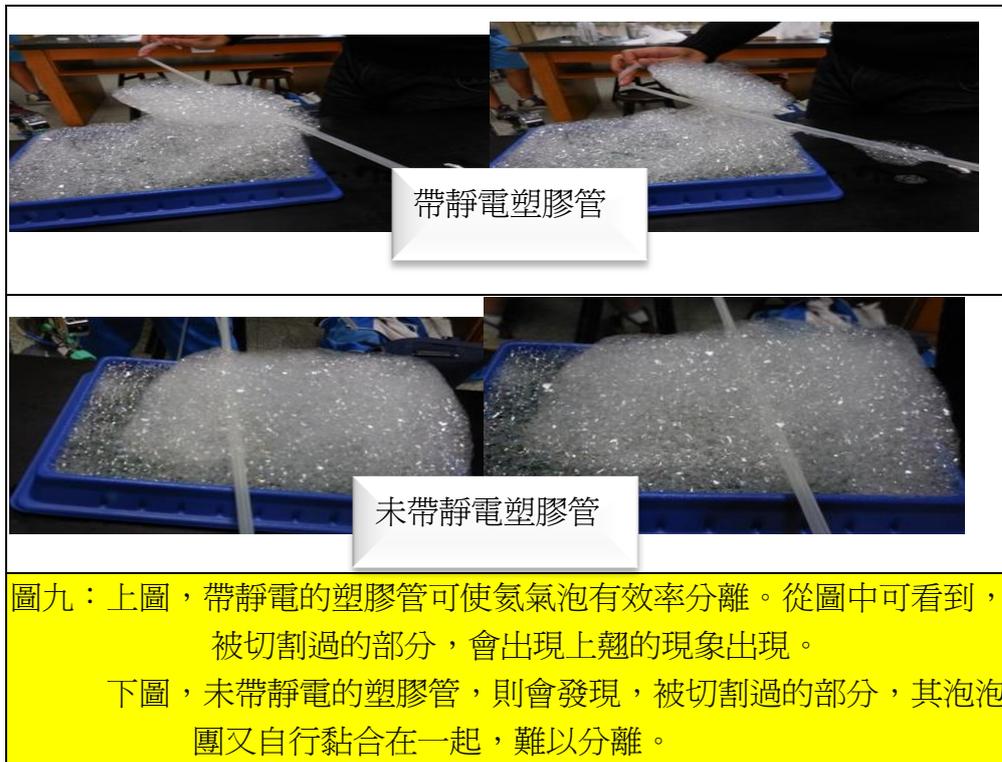
(二)利用管徑大小不同的物品，進行切割分離比較

實驗結果為，在其他條件相同情況底下，管徑的大小並不會影響切割泡泡團的難度。

(三)利用帶電與否，進行切割分離比較

實驗果如下(圖九)，可以發現摩擦起電後的塑膠管可以有效率的使氦氣泡團分離，並會觀察到其被切割過的部分，氦氣泡團有上翹，要自行分離的現象出現。

而未帶電的塑膠管，被切割過的部分，則又自行黏合再一起，如(圖九)，難以對其進行切割。



(四)泡泡團總體積相同，但單一泡泡大小不同，其切割難易度比較之結果
實驗結果如下，

- A. 帶電量多塑膠管切割直徑 2.0 公分氦氣泡團→輕易切割分離氦氣泡團
- B. 帶電量多塑膠管切割直徑 1.0 公分氦氣泡團→輕易切割分離氦氣泡團
- C. 稍微帶電塑膠管切割直徑 2.0 公分氦氣泡團→無法分離
- D. 稍微帶電塑膠管切割直徑 1.0 公分氦氣泡團→稍微可分離氦氣泡團

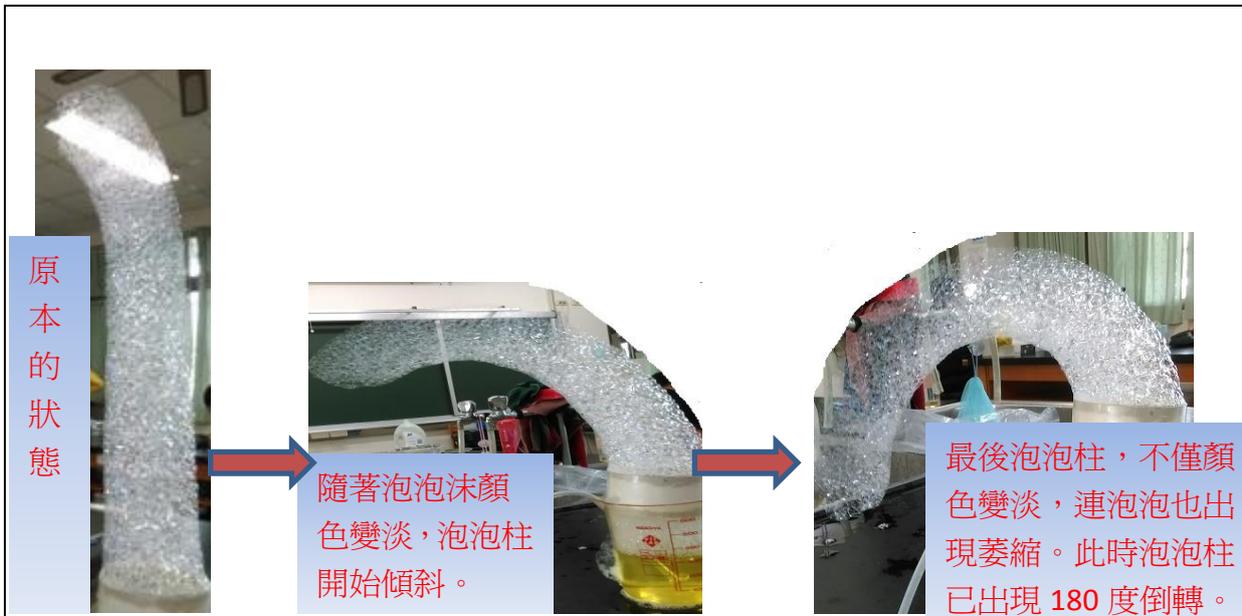
五、實際結果測試探討--- 探討氦氣泡先飄後降問題、及到戶外進行總檢測之結果

(一)氦氣泡會先飄再降問題探討之結果

如(圖十)及(圖十一)，我們可以發現當氦氣泡柱開始呈透明狀時，氦氣泡柱便會開始下垂。不論在 80cm 或在 180cm 高的氦氣泡柱，皆會有此現象發生。

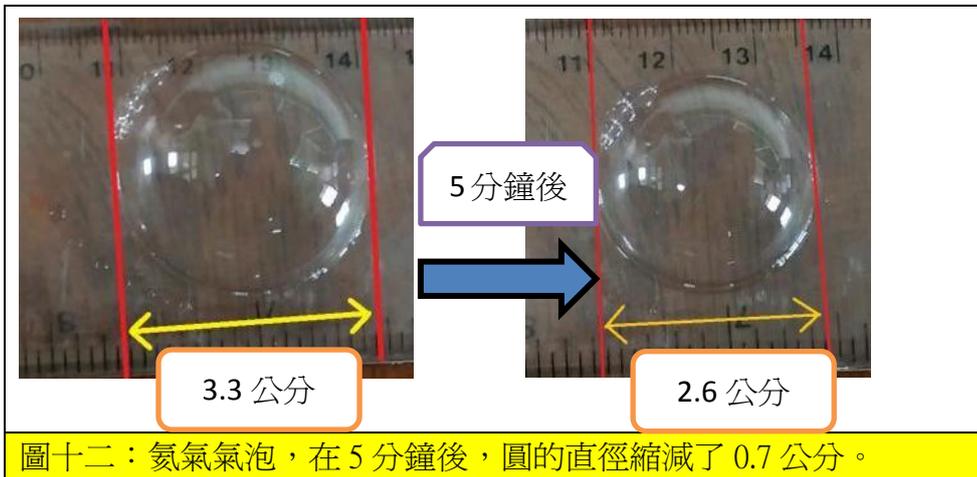
而在當氦氣泡柱顏色變淡時，將顏色變淡、變透明的氦氣泡柱進行切割，會發現切割後，顏色變淡的氦氣泡柱皆不具飄浮能力。

並以(圖十二)、(圖十三)來做延伸的比較，氦氣灌的泡泡，在 5 分鐘後，泡泡圓的直徑會從 3.3 公分縮為 2.6 公分，減少了 0.7 公分。至於空氣灌的泡泡，過了 10 分鐘後，泡泡圓的直徑也只略微減少 0.1 公分。

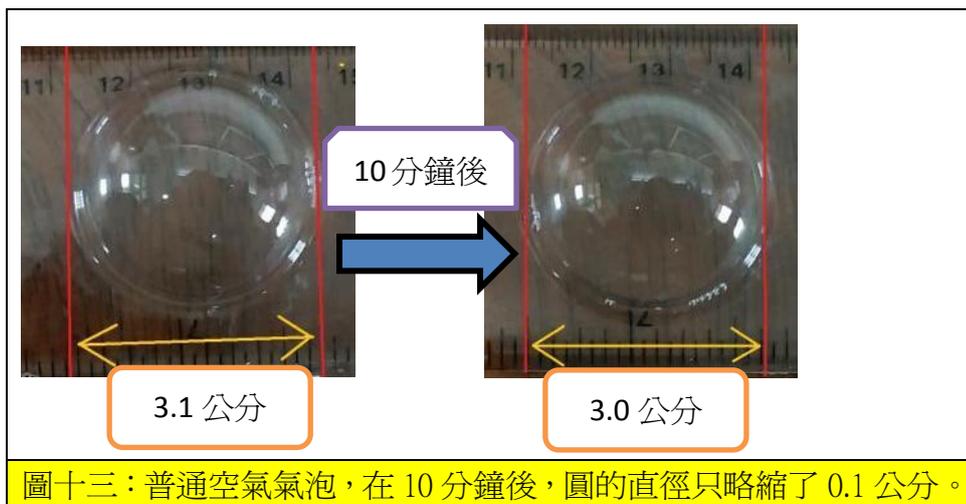


圖十：80cm 的氮氣泡柱，隨氮氣泡顏色慢慢變透明，氮氣泡柱也開始慢慢出現傾斜的狀況，當氮氣泡柱不只透明，還有萎縮現象時，整個泡泡柱會出現 180 反轉倒塌。





圖十二：氮氣氣泡，在 5 分鐘後，圓的直徑縮減了 0.7 公分。

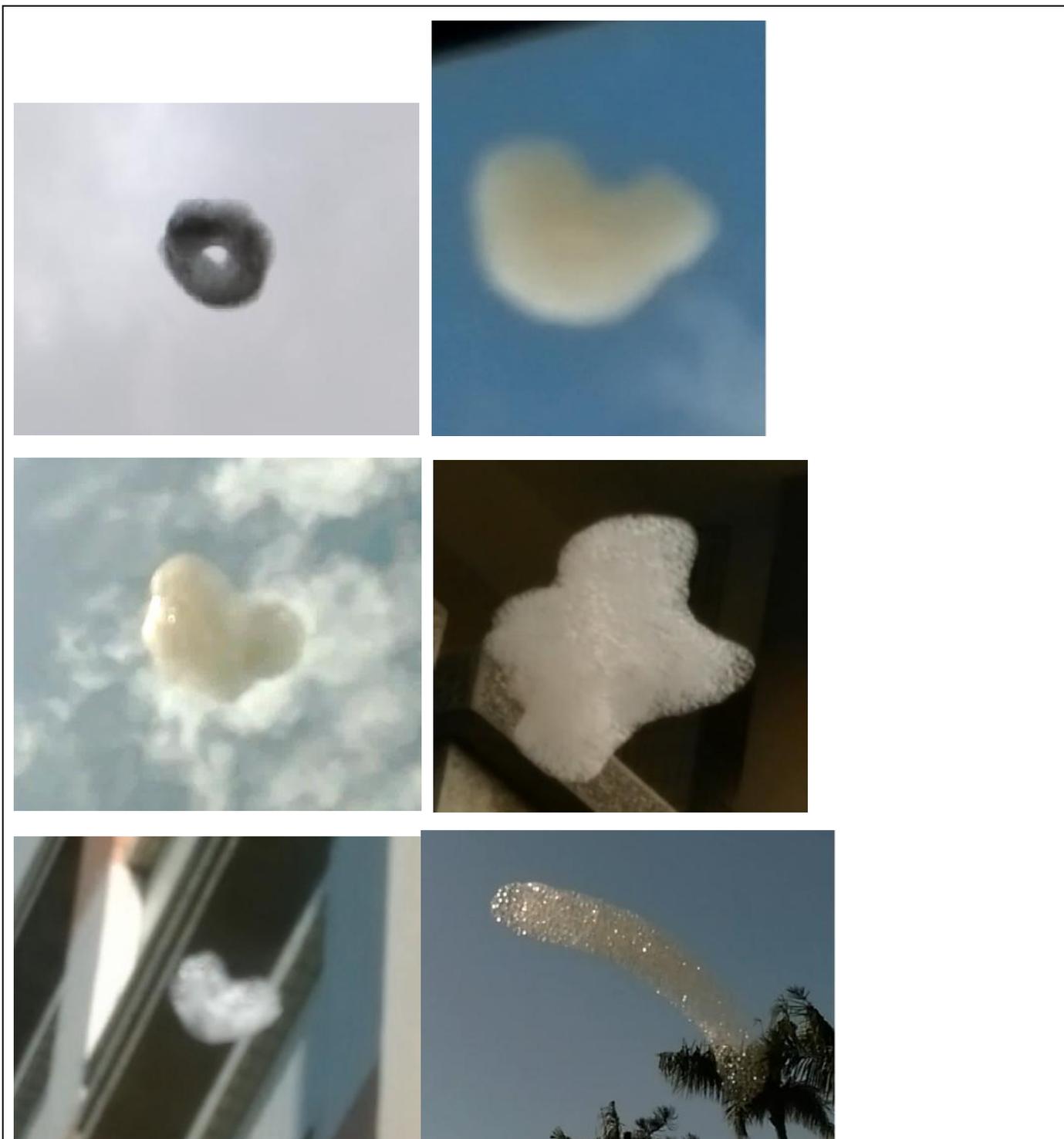


圖十三：普通空氣氣泡，在 10 分鐘後，圓的直徑只略縮了 0.1 公分。

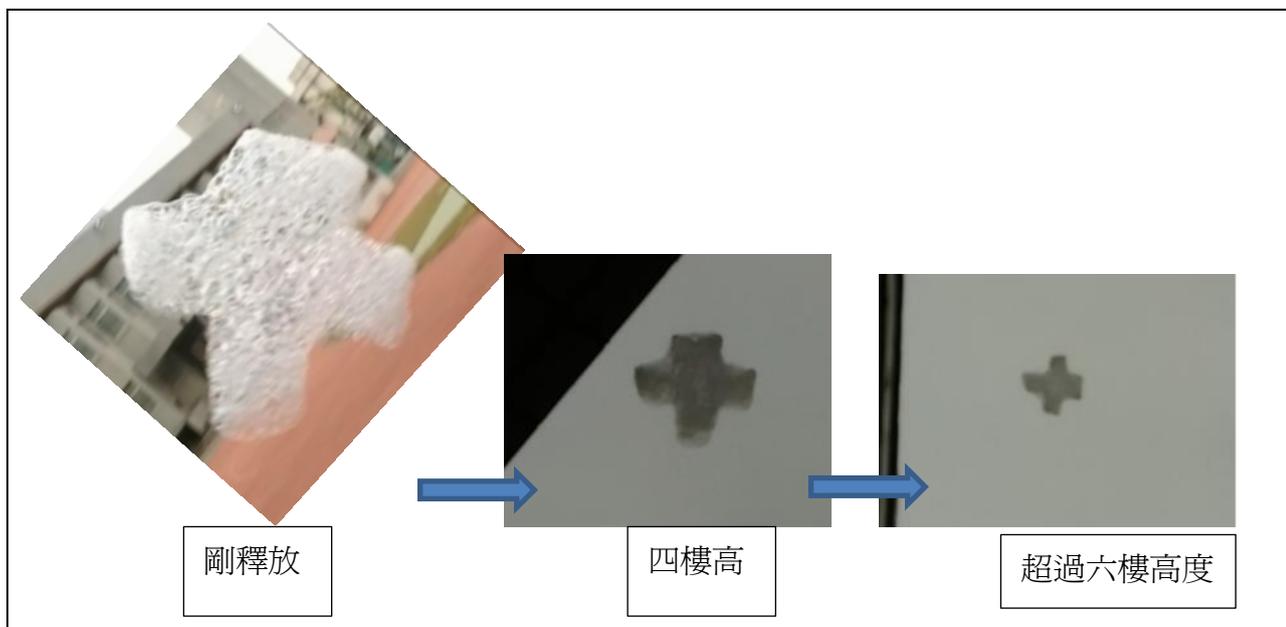
(三) 綜合上述一切做實際飛行檢驗之結果

最後，綜合前面所得各種數據和方法，其中在前面浮力、穩定性、塑形能力等等各項條件，考量到這些能力會有互相矛盾的情況出現，我們採取選擇上述各項能力較為適中的條件進行試驗。再配合上靜電切割泡泡及利用深度製造泡泡法，來到戶外，實際進行氮氣雲朵製造。結果如下(圖十四)。

但在實際測試過程中，塑形成功上飄的氮氣雲朵，也不見得每一朵雲，都能飛入雲霄間，仍會有部分氮氣雲朵，會有先飄後降問題。所以，我們在(圖十五)的這組氮氣雲朵，為先利用之前的總總數據，來加強其浮力、並減輕其重量，讓它在飛到一定高度後，再藉著上升氣流，不斷繼續攀升高度，而不會掉落，最後讓它在天空中，消失於天際之間。



圖十四：圖中為各種不同造型的氮氣雲朵，實際製作施放圖，其中有些仍會先飄後降的問題存在。



圖十五：此組氦氣雲朵，為先利用前述的，控制總體積、總表面積、發泡劑、添加劑比例等方法，來加強浮力、並減少重量，讓它飛到一定高度後，此氦氣雲朵便能乘著上升氣流，飛入雲霄間直到消失，而不會有其他雲朵先飄後降的問題出現。

陸、討論

一、探討如何得到氦氣泡最佳的上升浮力之討論

(一)氦氣泡團，總體積固定、單一氣泡越大，獲得上升力量越強之討論

從結果可得知，當總體積固定時，組成氣泡團的單一氣泡越大，氣泡團整體所得到的上升力量越強。反之，氦氣泡團中的單一氣泡越小，獲得上升力量越小，甚至可能灌入氦氣後，氦氣泡團不升反降。

關於這點，剛開始我們做實驗遇到這問題時，我們還以為老闆送過來的氦氣筒有問題，灌得氣體灌錯了，不然怎麼會灌完氦氣後，氦氣團反而會下降，後來在翻閱書本、請教學長姊與師長後，才有以下的認知。

我們的解釋為，當泡泡在空氣中所占體積為 V ，所受浮力為 $V \cdot D$ (空氣密度)。在泡泡團總體積 V 不變情況底下，若泡泡團是由更小泡泡團所組成，單一泡泡較小的泡泡團，其總表面積會增加，及較小的單一泡泡，具有較大的相對表面積，如(表二十二)。而泡泡團的重量和表面含水的泡泡膜，具有很大的關係，考量到氦氣的密度為 0.1786g/L ，遠小於水的密度，所以可以說，對氦氣泡泡團而言，具有較大的表面積，及具有較大的重量。

因此，在泡泡團總體積 V 不變情況下，其在空氣中浮力也不會改變，但單一氣泡較小的泡泡團，擁有較大的表面積，也就是重量會較重，因此單一氣泡較小的泡泡團會不易飄浮，甚至有雖然灌氦氣，但卻因所受重力大於浮力，使得氦氣泡泡團往下降。如(表二十三)。

表二十二：物體相對表面積與物體在流體中所受浮力 (A 為表面積、V 為體積)

$$A=4\pi r^2、V=\frac{4}{3}\pi r^3，\text{相對表面積}=A/V=3/r$$

$$\text{流體中浮力 } F=D(\text{流體密度}) \cdot g \cdot V(\text{在流體中所占體積})$$

表二十三：單一泡泡大小，影響氦氣泡團飄浮或下降的關係 (A 為表面積、V 為體積)

體積為 V，單一氣泡較小的泡泡→總 A 大→總重量 W 大→浮力 $F < W$ →氦氣泡團下墜

體積為 V，單一氣泡較大的泡泡→總 A 小→總重量 W 小→浮力 $F > W$ →氦氣泡團上飄

(二)組成單一氣泡大小固定時，氦氣泡總體積越大，獲得上升力量越強之討論

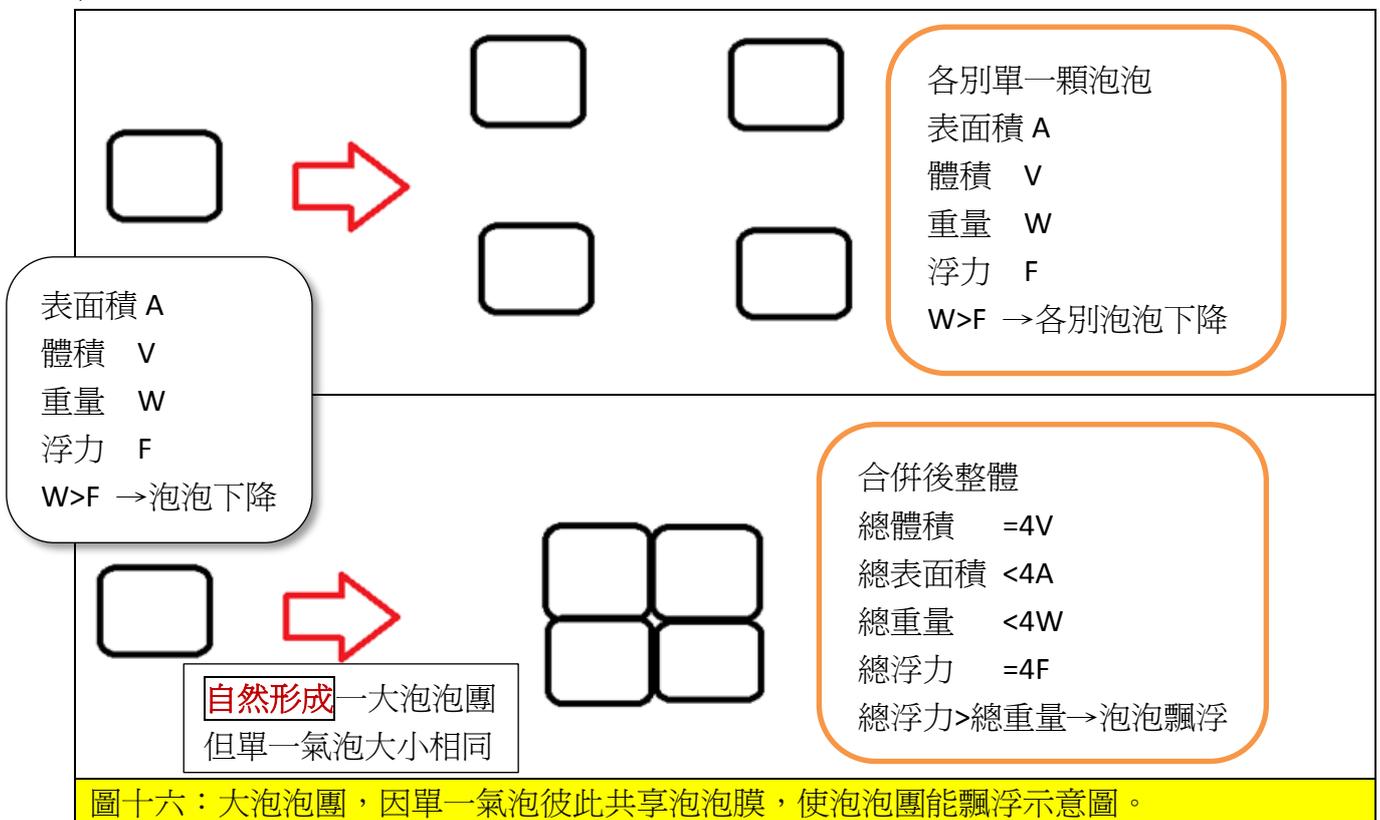
從結果可得知，當組成單一氣泡大小固定時，氦氣泡團總體積越大，氣泡團整體所得到的上升力量越大，氦氣泡團上升速度越快。

關於這個問題，在實驗中，一開始我們的認知為，若單一單一氦氣泡獲得 $1F$ 上升力量，那 4 顆大小相同氦氣泡，應可獲得 $4F$ 上升力量，因此當氦氣泡團體積越大，將可獲得更大的上升浮力。

但這推論，很快地就被我們自己所推翻了，因為我們觀察到在某些界面活性劑的調配下，氦氣泡團在體積過小時，是會下降飄不起來的。但在相同的界面活性劑調配比例下、相同的單一氦氣泡大小相同下，竟然只要增加總體積，便可使原本飄浮不起來氦氣泡團飄浮起來。

這使得我們，要去打破原本我們自己的推論，因為在邏輯上，怎可能原本飛不起來的氣球，但在我們綁上 100 顆在一起後，它們就飛起來了呢?因此在背後應該還有藏了一些我們沒想到的東西在。

接著，我們思考著這可能和下(圖十六)有關，即泡泡在形成過程當中，若是一次是由多個泡泡一起形成，這些泡泡可能彼此之間，會共用泡泡膜，因此如(圖十六)中，當泡泡團中，泡泡數量增為 4 倍時，但總表面積，增加倍數少於 4 倍，又由於前面講過的，對泡泡而言，其重量和表面積有很大的關係，因此，當總表面積不增為四倍，表示其重量並不會增加 4 倍。但是因為體積影響了浮力，而體積增加為 4 倍，浮力也跟著增加了 4 倍，所以，在浮力增加為 4 倍，但重量增加量少於 4 倍的情況下，使得原本飛不起來的小泡泡團，在大泡泡團的情況下，就飛的起來了。一切論述如(圖十六)



圖十六：大泡泡團，因單一氣泡彼此共享泡泡膜，使泡泡團能飄浮示意圖。

而有關於泡泡團中泡泡膜會合併使用的問題，我們另外進行與(圖十六)有點類似，但卻又不太一

樣的活動，我們將不能飛的幾個小泡泡團，以手動方式，將它們結合成一個大泡泡團，如(圖十七)，這大泡泡團的體積，若是一個自然形成的等體積大小的泡泡團，它是可飄浮的，但在透過手動結合的大泡泡團，則是無法飄浮，可見得泡泡之間，若是以手動結合泡泡的方式，並無法達成泡泡之間會有共用泡泡膜的情況出現。



二、泡泡膜含水層的含水量與可塑性、穩定性及持久性，其綜合討論

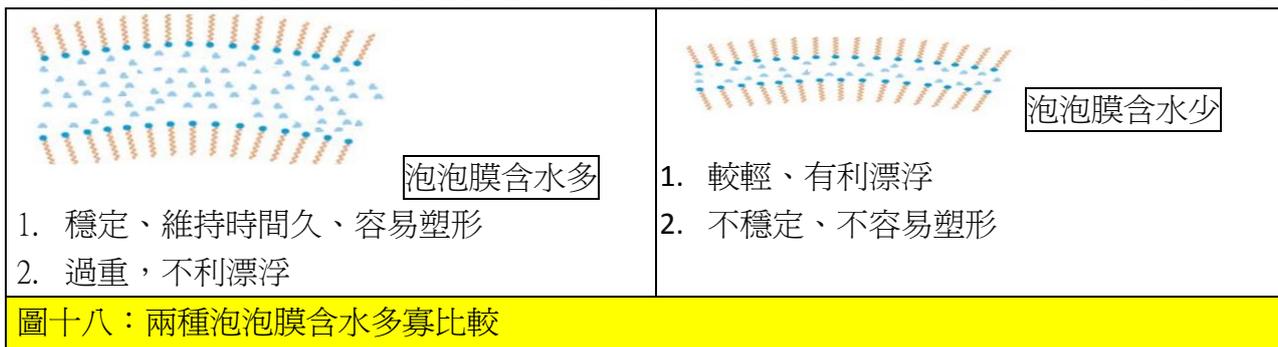
關於這部分的綜合討論，我們分成了底下兩部分來討論

1. 從界面活性劑和添加劑的種類切入討論

書籍或網路有一堆關於泡泡最佳配方比例和理論可參考。但一般將重點擺放在泡泡的持久性、彈性等地方。我們這實驗則是重點擺放在，如何利用調配，適當種類的發泡劑、添加劑及比例的分配，讓泡泡獲得最大的浮力、有最小的重量，以及還要兼具有可塑性、穩定性等眾多條件。

首先來討論泡泡團的重量問題，這裡將前述兩點討論的泡泡團總體積、單一泡泡大小等變因先固定下來，此時影響到泡泡重量的，就是泡泡本身泡泡膜的含水層，裡頭含有多少的水，會去影響到整個泡泡的重量。而影響整個泡泡含水層中水有多少，界面活性劑的種類和一些添加劑、增稠劑、甘油等物質，將會有很大的影響。如想要泡泡「保持」得更久，其中一個方法，為讓膜中的水流得慢一些。利用增加黏度的物質「增稠劑」，可使水流得較慢，灌出的泡泡的持久性較好。另外利用甘油，可讓在泡泡膜面上的水分，蒸發速度會變慢。因為甘油分子吸引水分子，形成氫鍵。這些氫鍵使水分子更難以離開氣泡的表面。

但在這會有一個很矛盾的地方，在這個實驗中出現。當我們想要有好的彈性及可塑性、持久性時，我們會希望，泡泡膜能厚一點，含水量能多一點。但過厚的泡泡膜、含水量過多，則會影響到泡泡的上升動力，這些能力的條件會有所衝突，如(圖十八)。因此在這兩者之間我們必須做一個取捨，讓泡泡膜能有適中的塑型能力，以及足夠能上飄的升力，所以在最後，我們施放上天空的各種氮氣雲朵，並不是在實驗過程中飄浮力最強、也不是選用塑形能力最好，當然也不是選用穩定性、持久時間最久的泡泡團條件，而是在這當中選擇各項能力最為平均的，來做為戶外的實際測試施放



2.從單一泡泡大小切入討論

除了界面活性劑、添加劑的種類及比例會影響整體泡泡團的可塑性、穩定性、持久性外，另外氮氣泡團中，單一氮氣泡大小，也會有很大的影響。甚至在實驗中，如(表十八)、(表十九)，會發現當在其他條件相同的情況底下，若單一氮氣泡夠小，對整體泡泡團也會有穩定性佳、持久性久等優點。而在後面泡泡團切割實驗中，也會發現單一泡泡較小，有較易切割、塑形的優點在。

在(表十八)、(表十九)中另外會發現，將單一泡泡縮小的情況，其在這些特點的發揮，甚至會超越，添加了一堆增稠劑、聚乙烯醇、甘油等添加物的效果。但利用在相同體積下、縮小單一泡泡的此方法，一樣會遇到如(圖十八)、(表二十三)，所遇到特點衝突的情況，兼顧了穩定性、持久性、切割塑形程度，就會喪失了上升力，一樣是魚與熊掌不可兼得。

所以最後，我們在考量兼顧上升力、穩定性、塑形容易程度，除了需考量界面活性劑種類比例、添加劑種類比例，亦須去考量到泡泡團總體積大小、組成單一泡泡大小等因素，都需納入一起考慮，無法單純低只是單就考量某特點，若只是單純將某方面特點、條件放大、強調，只會造成最後實驗的失敗。

三、探討測試如何讓氮氣泡穩定均勻且大範圍輸出。

1.初期輸出方法

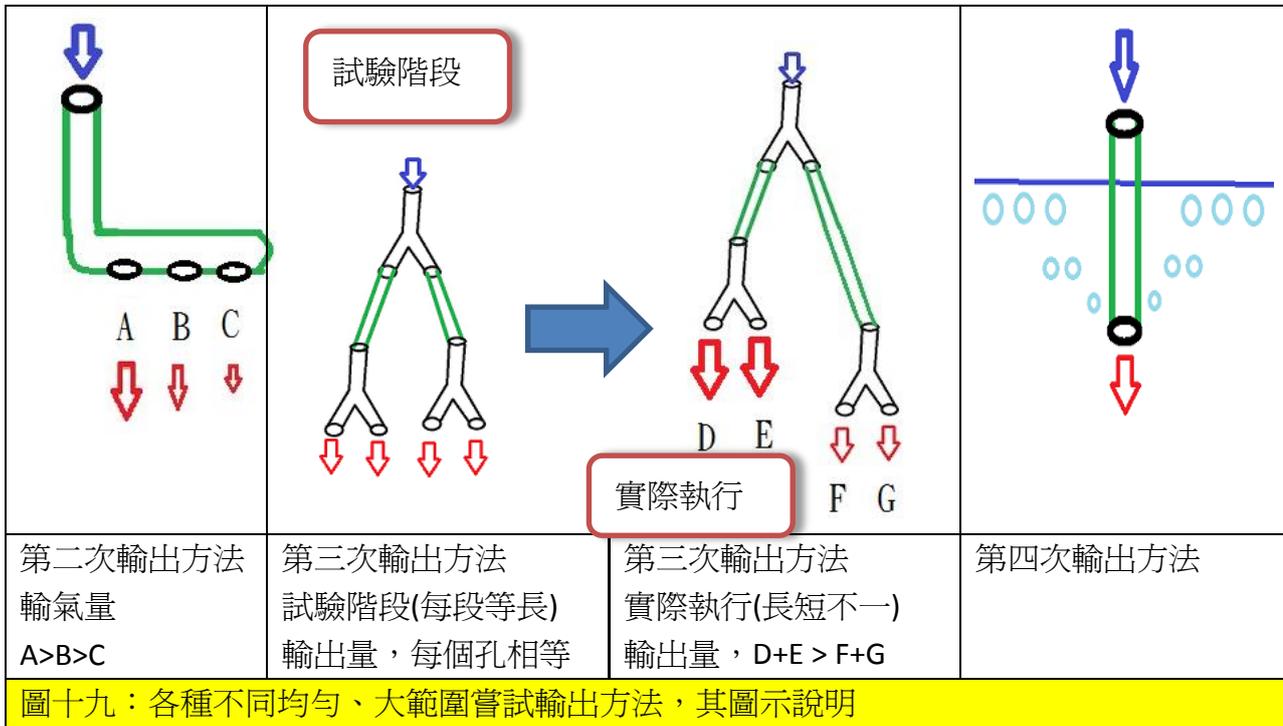
在我們初期的實驗中，我們是採取(表八)中第一組的做法，但這種做法，所輸出的氮氣泡團，一次只能針對一個地方，進行氮氣輸出，若是想輸出較大面積的氮氣雲朵，則是需分多次在不同地方做輸出，這樣的結果，常常會有這一頭氮氣輸出完畢後，結果，在前次在另一頭所輸出的氮氣雲朵，已出現萎縮的情況。最後，所造成的，就是這氮氣雲朵，非常地不均勻。

2.第二次輸出方法

爲了改善初期的輸出方法，接著我們嘗試了，在一根管子中，多個地方穿刺多個相同大小的孔洞，將這些孔洞，平均安排在要輸出裝置的各個角落，期待這些多個孔洞，能同時進行輸出，製造出一個均勻等高的氮氣泡泡團。

但結果令人非常的不滿意，因爲如(圖十九)中的左圖所表示，在均勻大小的 A、B、C 三個孔洞，最後輸出的氣流量，差異相當的大，出氣輸出幾乎集中於 A 點，C 點則是幾乎沒有輸出。

爲何會有這原因，推估是因爲 A 點內外壓力差最大，導致輸氣量最高，等到了 C 點時，由於氣壓減弱，於是幾乎沒有氣流輸出。



3.第三次輸出方法

再來則是嘗試(圖十九)中的第三次輸出方法，利用 Y 形管，進行氣流分流，來達到氮氣均勻大範圍輸出，在原本的試驗階段，利用多根等長的塑膠管及 Y 形管做輸出，其結果，的確可達到均勻輸出的效果，在每一根 Y 形管的開口，都輸出等量的氣體，做出大小約略相同的泡泡團。

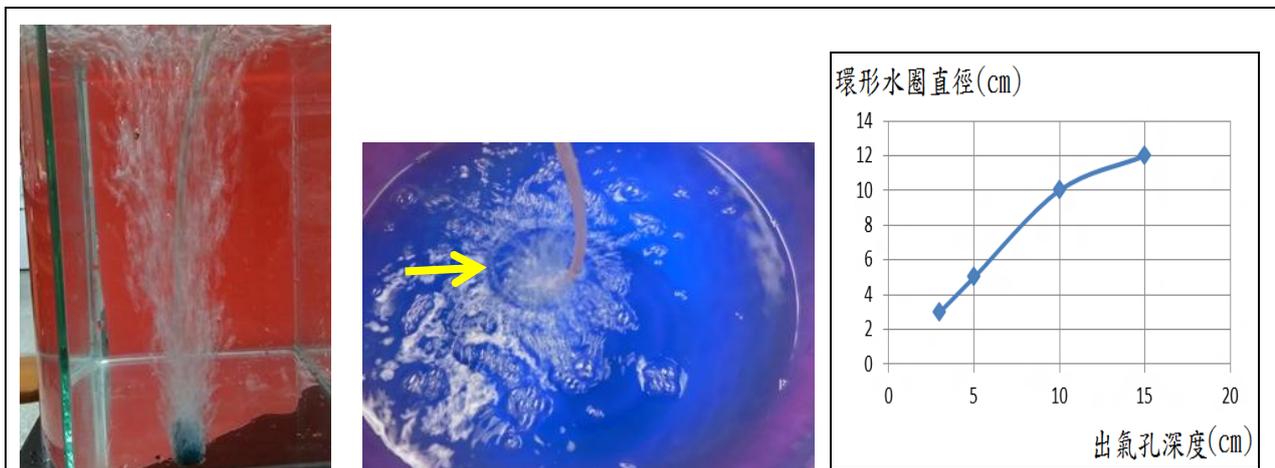
但由於實際執行時，為配合保麗龍切割的圖形，須使 Y 形管有不同的長短，如(圖十九)的中間圖，才能配合切割好的保麗龍圖形。而一旦 Y 形管接出來的塑膠管，有了長短不一情況出現，則又會出現類似第二次輸出方法的情況，不同長短的 Y 形管，其輸出量大小不一，原因推測也是類似上述的解釋，因為 D、E 孔洞的內外壓力差較大，導致這兩個孔的輸氣量較大，所以最後做出來的泡泡團，仍會有高、矮不均勻的情況出現。

4.第四次輸出方法

接著，為嘗試(圖十九)中的第四次輸出方法，利用將氮氣輸出管壓到較深的位置，使氣泡在水中上飄時，會有一個自然梯度的擴散開現象，利用此自然產生的現象，則可以使輸出的氣泡團，達到均勻、穩定且大範圍的效果。

使用此方法，會隨著將出氣孔，放在深淺不同位置，而出現一個大小不同的環形水圈，如(圖二十)的箭頭所指，這環形水圈內，會有強勁的上升水流，並將所有上升的泡泡，趕到這環形水圈，形成一個大範圍的擴散。我們將此環形水圈，與出氣孔的深度做一個比較圖，如(圖二十)，在固定的輸氣量情況底下，深度放得越深，泡泡團便可形成一個越大範圍的輸出。

關於這部分方法的原理，我們推測為，當氮氣泡從較深的水底，開始上飄後，其體積會漸漸變大，體積變大的氣泡，彼此為了有空間，於是就擴散開，造成最後我們看到的，在越深的地方做氣體輸出，最後產生的泡泡團範圍就越大。



圖二十：左圖為利用氣泡石，在較深位置製造氣泡，其氣泡向上時，錐形散開情況。中間為箭頭所指為其環形水圈，泡泡會被趕到環形水圈外，擴散開來。右圖為出氣孔所在深度和環形水圈直徑的關係，在氣體輸出量固定下，出氣孔位置越深，環形水圈會變大，形成泡泡團的範圍，也將越大。

基於上述種種嘗試與推測，所以在氮氣泡的輸出，最後我們採取利用深度位置夠深的位置，進行氮氣輸出，以利整個氮氣泡團能整個，大範圍且均勻地擴散開來。

四、研究如何使氮氣泡團有效率的分離之討論

這部分，如何使氮氣泡團最有效的分離。也是分成底下兩個階段，進行討論。

前半階段：

一開始，我們好不容易，在克服完有關氮氣泡團浮力、可塑性、氮氣輸出等等問題後，接著遇到的問題為，輸出大型造型氮氣泡團後，無法有效率切割分離。

在小型實驗階段，氮氣泡團切割不是難事，但在大型的氮氣泡團中，進行切割分離時，常會有切割器具，劃過氮氣泡團，但卻見氮氣泡團仍附著於，原本的輸出裝置上，無法將兩者切割分離。

剛遇到這問題時，我們在嘗試錯誤過幾次後，得到一個初步的歸納，那就是只要物體是乾的，就可以進行氮氣泡團切割分離。在得到這初步歸納後，我們再進行幾次的實驗驗證，也發現真的利用乾燥的塑膠棒、尺或氣球，都比潮濕的這些物品，更易將氮氣泡團切割分離。

但，問題是這方法，並不是百分之百有效，於是可能還是有些問題，是我們沒發現的。後來我們持續考慮各種變因，繼續進行實驗，包含了切割物的切割面大小、銳利與否，或切割面的材質等等變因，但總是無法很有效、百分之百的進行切割。這問題一直持續到我們拿乾燥的鐵尺，進行此實驗時，發現乾燥的鐵尺，似乎效果不若其他乾燥的物品好，於是讓我們採取了下一階段的切割分離實驗。

後半階段：

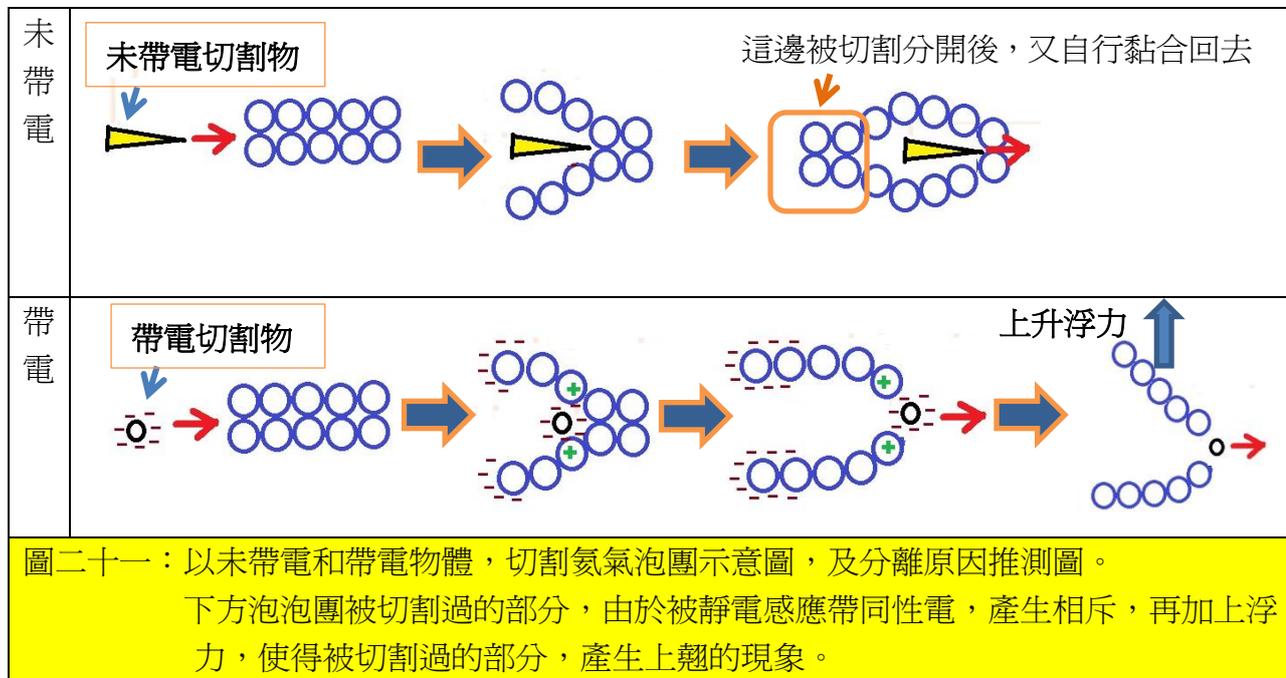
延續上一階段，我們開始思考到，是否有可能因為，我們在讓物體乾燥過程，去動手摩擦了一些絕緣體，使這些絕緣體帶電，而帶電的物體，會使得泡泡團被切割更容易。所以在之前，我們無法百分之百，去有效切割泡泡團，原因就在於，我們之前重心是放在，將物體乾燥，乾燥的過程，有時是磨擦乾燥、有時是自然乾燥，使得有時切割物帶電、有時不帶電。另外，鐵尺切割效果，一直弱於塑膠製品，原因可能就出在鐵尺為導體，無法摩擦起電。

有了這樣的推測後，我們開始著手進行，利用將絕緣體帶電，使之來切割氮氣泡團。實驗的結果，也發現當絕緣體帶電後，的確會使得氮氣泡團，更易被切割分離。

在我們剛開始的實驗中，會切割分離不易的原因，往往是如(圖二十一)未帶電部分所示，在(圖

二十一)未帶電部分，可以看到一開始會失敗的原因，為當把氦氣泡團前端分割完畢，前進到後端時，一開始分割好的前端，又會自行閉合、黏著，導致實驗失敗。

至於(圖二十一)的帶電部分，為後來利用摩擦起電的物品，進行切割的示意圖及帶電推測圖。從圖中可發現當切割後，由於一開始的前段，被靜電感應為帶同性電，使得分離的部分暫不結合。再加上被分離的部分，本身帶有浮力，所以會整個往上揚，因此在實驗中，若發現切割後，被切割的部分，會有往上翹的現象出現，表示這次切割還滿成功，反之，則代表不行。



檢討部分：

實驗至此，利用摩擦起電的物品，進行切割分離氦氣泡團，應該是都沒問題。但，在這，我們還有一個疑惑存在，那就是我們觀看影片上外國人利用機器產生氦氣雲朵，並用機器進行氦氣雲朵切割時，並沒有進行所謂的，使切割物帶電後，再來進行切割。關於這，在我們反覆操作後，推想是否和他們的氦氣雲朵，其單一氣泡較小有關。

於是，我們利用驗電瓶，去檢測、製作帶電強和弱的切割物，再分別去切割單一氣泡大和小的氦氣泡團，得到結果發現，當單一氣泡較小時，即使切割物，所帶靜電不足，仍可稍微進行切割分離。所以，在我們最後結果的呈現上，單一氣泡的大小，不僅與上述的浮力、結構、塑形有關，也會與此部分的切割分離有關聯。

五、最後有關氦氣泡，其先飄後降問題之探討

在做了所有上述的實驗，以及一堆問題的探討後，我們這個實驗中，所遇到的最後一個問題為，為何在整個實驗流程中，常常會遇到，若有氦氣泡團，在浮力不足的情況下，會出現往上飄個一陣子後，懸浮於半空中，最後，又會往下墜落。

關於此，在查了一些資料後，我們推測可能原因為，氦氣泡團在飄浮過程中，出現了氦氣外洩的問題出現，會有這樣的推測，來自兩個理由，1.自己的經驗。2.氦氣的分子夠小。1.在過去自己的經驗中，參加喜宴拿到氦氣飄浮氣球，往往是很令人興奮的，但這興奮感常會消退的很快，因為氦氣氣球很容易在隔天早上起床，就漏氣到無法飄浮。若拿一般普通灌空氣氣球相比，氦氣氣球漏氣速度要快上許多。2.氦氣的分子，和一般空氣分子相較，也是小上許多，使得它很容易穿過許多高分子材料。

所以，我們依此推測原因，設計了兩個實驗，

第一個：氦氣柱傾斜與否實驗

利用氦氣柱的升高實驗，可清楚地發現，當原本穩定升高的氦氣柱，只要氦氣柱上頭的泡泡團，出現顏色變淡的情況出現，就會觀察到，氦氣柱開始出現傾斜的現象，甚至整根氦氣柱會撐不住，出現 180 度倒轉的情形，如(圖十)、(圖十一)。若在此時，將顏色變淡或傾斜的氦氣柱切割，會發現其不再具備飄浮能力。

此是因爲，由眾多前人的研究，知道當泡泡顏色變淡，表示泡泡的生命週期到了尾聲，泡泡膜會變薄，所以此時若有氦氣外洩，會使得氦氣泡團喪失飄浮能力，也因此這類型的氦氣柱會開始傾斜、及不再能飄浮，此符合我們當初的推測。

第二個：氦氣泡縮小觀察

這部分的實驗，原本我們是計畫，利用攝影機或照相機，將先飄後降的氦氣泡，做一個攝影或拍照的動作，再比較其前後體積的變化，但因捕捉飄浮中的氦氣泡，要在動態中估算它的體積，不是簡單的事，因此而改用其他方法。

我們改成以觀察，靜態的體積變化，看是否氦氣泡在短時間內，會有體積縮小的情形出現。結果如(圖十二)、(圖十三)，和一般的空氣氣泡相較，氦氣氣泡在體積縮小速度上，的確要快上許多，由這兩個部份的實驗當佐證，推測氦氣泡其先飄後降的原因，應該是出在，氦氣會不斷快速從泡泡膜外洩，與此有關造成此現象。

而到了戶外，實際測試時，某些成功施放的氦氣雲朵，依然會有此先飄後降問題出現，會在飛到某個高度後，開始下降。因此，我們的方法爲，利用之前所得到的數據，藉由控制其總體積、總表面積、發泡劑、添加劑比例，來對其增強浮力、減少重量，使它上升力增強，讓它先能飛到一定高度後，它便可乘著上升氣流，不斷往高空做盤旋飄浮，而不會掉落。

柒、結論

氦氣雲朵製造開始

1. 事先準備：氦氣泡團製備，須滿足浮力要足夠、可塑形、穩定、易切割，這幾項條件。

因此製備上，需達到下列幾項要求。

- (1) 當總體積固定的情況底下，單一氣泡體積不宜過小，過小的單一氣泡，組成氦氣泡團，會讓總表面積過大、總重量過重，使得浮力 $<$ 重力，而造成無法飄浮。
- (2) 當單一氣泡大小固定的情況底下，讓總體積盡量求大，會有助於飄浮。因爲越大的總體積下，會有越多的泡泡共用泡泡膜，使其相對表面積減少、相對總重量減少，讓浮力會 \gg 重力，對結果來說，越有利於飄浮。
- (3) 調製泡泡膜時，所添加的界面活性劑、添加劑，並無所謂最佳的黃金比例，而是隨著發泡劑、添加劑不同的情況下，各自有其適合範圍的比例。要注意的是，這調製過程，讓泡泡膜含水層不要太厚，會有利於飄浮。但，含水層中的水過少，卻又不利於維持穩定及不利於塑形，這當中的矛盾，需在配置當中，做個取捨。
- (4) 當總體積固定的情況底下，單一氣泡體積較小時，由於造成相對表面積較大，對於泡泡團的塑形、穩定、壽命、切割上，都較有幫助。且在某種情況下，表面積夠大在這點的優勢上，還勝過一些穩定添加劑的加入。
- (5) 考量到，上述(1)(4)是互相矛盾的兩點，單就(3)這點中也存在著矛盾的點，因此實際製作時，需多方考量，取一個適中的範圍進行製作。

- 
2. 開始進行輸出：在這個階段的要求，為需穩定、均勻等高、大範圍的氮氣泡團輸出。
 - (1)以單管多孔或多管開口作輸出：在離氮氣輸出端較近的開口，會因與外界壓力差較大，使得此處會輸出氣流量較大；與輸出端離較遠的開口，則輸出量較低，甚至無輸出。最後，造成各個開口輸出不均勻。
 - (2)在深處作輸出達到大範圍效果：氣泡在水中往上移動時，因壓力變小、體積變大，使得泡泡會形成一個梯度擴散上飄。此時，輸出到水面上時，會形成環型水圈，泡泡輸出到水面上時，會擴散到環形水圈外圍，而在越深處作輸出，此環形之圈也會越大，利用此方法，可達成均勻、大範圍的輸出模式。
 3. 進行氮氣泡團切割：利用摩擦起電，使絕緣體物品帶電，再利用靜電感應，讓被切割過氮氣泡團，其切割面兩側的泡泡團，帶著同性電排斥，再加上其原本就具有的浮力，使被切割完的氮氣泡團，會有一個上揚的角度出現，以利於切割分離。
 4. 探討部分氮氣泡會先飄後降之問題：
 - (1)氮氣柱顏色變淡後，會垂下及喪失漂浮能力。
 - (2)和觀察氮氣泡與空氣泡，在同樣時間下，體積縮小速度較快。從這兩個實驗，佐證推測部分氮氣泡會有先飄後降問題，應為氮氣從泡泡膜縫中散失造成。
 5. 戶外實際測試：綜合前述所有，到戶外進行測試，在戶外施放時，一樣會遇到第 4. 點的先飄後降問題，因此需利用第 1. 點的所有數據，藉著控制其總體積、總表面積、發泡劑、添加劑比例，來對其增加浮力、減少重量，使氮氣雲朵飛到一定高度後，再使它乘著上升氣流飛入雲霄間，而不掉落。

捌、參考資料及其他

1. 國中自然課本第四冊 有機化學
2. 國中自然課本第四冊 生活中常見的力
3. 國中自然課本第五冊 電
4. 林清安 (2004) 界面活性劑與紡織工業應用 出版社：台灣區絲織工業同業公會
5. Global Special Effects - Flogos
<http://globalspecialeffects.com/flogos.aspx>

【評語】 030822

以簡易的裝置製作氦氣雲，是一相當不錯的嘗試，對學理的探討以及實驗參數的實作都有很清楚的說明，實為佳作。

如對界面活化劑的選擇以及實驗的重複，可以再加強會更好。