

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

第三名

080201

許我一個長命泡泡吧！

---氫氣泡泡會比較長命嗎？

學校名稱：桃園縣平鎮市復旦國民小學

作者：	指導老師：
小六 江翎	江李波
小六 張善絜	蔡可芳
小六 何松霖	
小六 羅宇莊	

關鍵詞：泡泡、長命泡泡

摘要

泡泡好美麗，可惜都很「短命」。金氏世界記錄裡最長命的泡泡可以活一年，我們試着找出使泡泡「長命」的方法。

因為吹出來的泡泡極難掌控，我們用注射針筒將泡泡打在玻璃片上，形成一個半球形的薄膜泡泡，如右圖。並設計實驗來探討多種變因對泡泡存活時間的影響。

結果我們做的**最長命的泡泡活了4天又13個小時**！這個記錄用的泡泡水配方是 **Joy：水：甘油=1：60：8**，半球泡泡半徑3 cm，填充氫氣並將泡泡關在小箱中。



觀察泡泡的生命史，我們將它先後分為「白膜期」、「彩虹期」、「幻影期」及「水牆期」。分別用不同氣體打成泡泡，發現**只有二氧化碳泡泡會迅速縮小**，可見**二氧化碳的「穿透力」驚人**。

壹、研究動機

記得二年級的生活課程中，老師帶我們玩吹泡泡，我們玩得好高興。光線照耀下，泛著彩虹般光芒的肥皂泡泡真令人著迷！老師說那是光在「捉迷藏」，許多光線在泡泡中穿進穿出，互相干擾後形成了漂亮的彩虹。雖然不是很懂，但以後每次看到泡泡，總幻想著光在玩「捉迷藏」，就覺得特別開心。

這次做科展，找老師討論研究的主題，老師說做研究需要有熱情，一定要選自己最有興趣的題材，做起來才會開心。這時，腦海中閃過泡泡在空中飄浮的情景，就想：泡泡好美麗，可惜都很「短命」，跟老師討論後，就想做個「長命」泡泡。上網查資料，得知金氏世界記錄裡最長命的泡泡可以活一年，真不知他們是怎麼做到的呢？老師說我們可以試着找出影響泡泡壽命的變因，並採用六上剛學到的控制變因的方法來探討，看看能不能找出使泡泡長命的方法。

貳、研究目的

- 一、探討**不同濃度**的泡泡水配方，對半球泡泡壽命的影響。
- 二、探討在泡泡水中加入**甘油**或**膠水**後，對半球泡泡壽命的影響。
- 三、探討**泡泡的大小**對半球泡泡壽命的影響。
- 四、探討半球泡泡在**開放**或**密閉**的不同空間中，對半球泡泡壽命有無影響。
- 五、探討不同的**填充氣體**對半球泡泡壽命的影響。

參、研究設備及器材

碼錶、注射針筒、量筒、滴管、培養皿、水準儀、自製平台、方格紙、護貝膠膜、玻璃片、旋風杯、計算機、圓規、直尺、電腦、照相機、大壓克力箱、小壓克力箱、廚房紙巾、試管、試管架、試管刷、標籤紙、軟木塞、薊頭漏斗、過濾錐形瓶、橡皮管、水桶、刮勺、Joy 清潔劑、甘油（丙三醇）、膠水、鋅粒、鹽酸、雙氧水、二氧化錳、大理石（碳酸鈣）、硫粉、燃燒匙、廣口瓶、酒精燈、小瓦斯罐（液態丁烷）、小壓克力罐。

肆、研究過程與方法

我們試著吹泡泡來研究，發現吹出來的泡泡飄在空中，極難掌控，我們試了很多種方法，最後決定用注射針筒將泡泡打在玻璃片上，形成一個半球形的薄膜泡泡，再找出影響這個半球泡泡壽命長短的變因。

<實驗一> 測試不同濃度的泡泡水配方，對泡泡存活時間的影響

網路上查到做泡泡水的配方，真是五花八門。我們將其歸納後，訂定研究方向為：選取 Joy 清潔劑加水調配出不同濃度的泡泡水配方，找出使半球泡泡最長命的濃度比例。

一-1. 用滴管及量筒量取不同份量的 Joy 清潔劑和水，以調出不同濃度的泡泡水配方。



一-2. 將量好的 Joy 清潔劑和水倒入旋風杯中攪拌均勻。



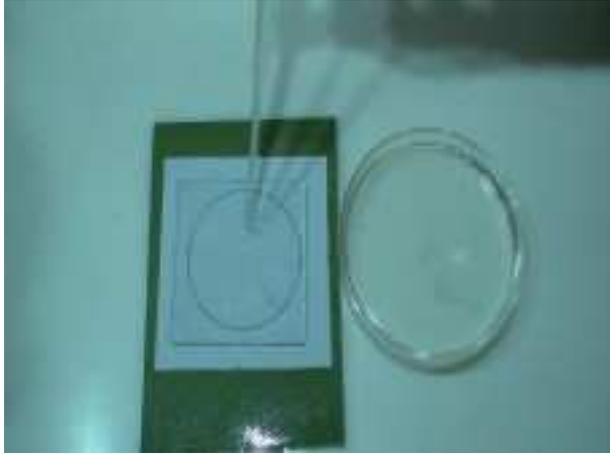
一-3. 將攪拌均勻的泡泡水配方倒入培養皿中靜置。



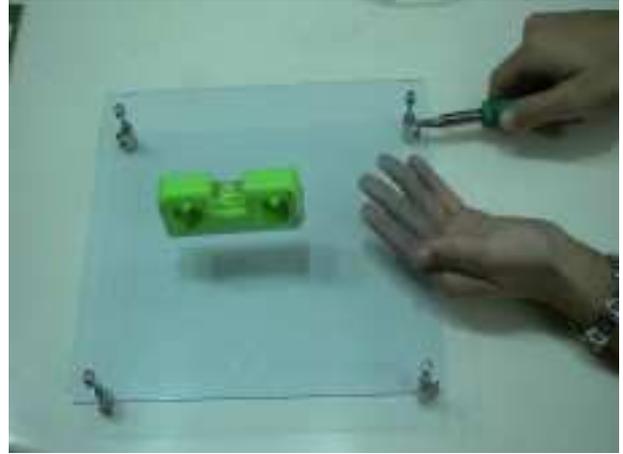
一-4. 在方格紙上畫出半徑 3cm 的圓，並用膠膜護貝後備用。



一-5. 將玻璃片平放在畫了圓的方格紙上，並用滴管從培養皿中取出適量泡泡水，滴在玻璃片上且塗抹均勻。



一-6. 將水準儀放在自製平台上，並用螺絲起子調整平台的腳架，使平台維持水平。



一-7. 用注射針筒打氣，在玻璃片上形成一個半徑 3cm 的半球形泡泡。(注意：打氣時，針頭斜缺口朝下，緩慢均勻的將推桿向內推，小心針頭，要避免受傷)



一-8. 打好半球泡泡後，按下碼錶計時，測量半球泡泡的存活時間，重複十次並記錄求平均。



一-9. 每次更換新的泡泡水配方前，必須將玻璃片清洗乾淨並擦乾備用。



一-10. 使用後剩餘的泡泡水配方倒入試管中貼上標籤紙留存備用。



<實驗二> 在泡泡水配方中添加**甘油**或**膠水**，看看對泡泡存活時間有無影響？

選取泡泡水配方，再測試添加甘油或膠水後，是否能再延長半球泡泡的壽命？

二-1 量取甘油或膠水

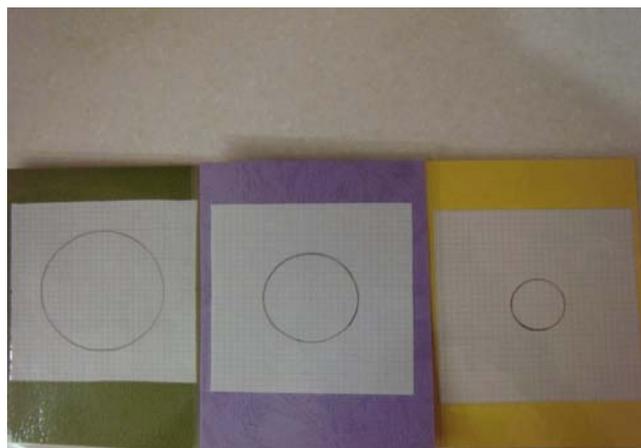


二-2 加入先前選好的泡泡水配方中，一起倒入旋風杯中攪拌均勻。重複操作一-3、5、7、8。



<實驗三> 探討半球泡泡的**大小**對半球泡泡存活時間的影響

三-1 製作三種半徑不同的圓，分別為半徑 3.0 cm、2.1cm、1.2cm，護貝後備用。



三-2 分別用注射針筒打出大小不同的半球泡泡，並記錄泡泡的存活時間。



<實驗四> 比較半球泡泡在**開放空間**或**關在大、小壓克力箱**中，對泡泡存活時間的影響。

四-1 將打好的泡泡封在大壓克力箱中，記錄泡泡的存活時間。



四-2 將打好的泡泡封在小壓克力箱中，記錄泡泡的存活時間。



<實驗五> 注入半球泡泡內氣體種類對半球泡泡壽命的影響

氫氣的製造與收集：用鋅粒加鹽酸反應產生氫，並用排水集氣法來收集氫氣。

五-1 在過濾錐形瓶內放入少許鋅粒，再加些水，並將附有橡皮塞的薊頭漏斗塞入過濾瓶內務使薊頭漏斗的長管底端開口在水面下。



五-2 將注射針筒的推桿拔出，將針頭用小橡皮塞封住。



五-3 注射筒內裝滿水後，倒立在水桶中。並將注射筒開口保持在水面下。



五-4 由薊頭漏斗上方加入鹽酸，剛開始冒出的氣泡不要收集，因為那是過濾瓶內原有的空氣。等大量冒泡時，將橡皮管放入注射筒內收集氫氣，待收滿後再將推桿置入密閉。



五-5 將收集到的氫氣打成半徑 3.0cm 的泡泡。



五-6 觀察半球泡泡的變化並用碼錶計時。



氧氣的製造與收集：利用雙氧水加二氧化錳產生氧氣，一樣用排水集氣法收集。

五-7 在過濾瓶內加入二氧化錳和少量的水。



五-8 由薊頭漏斗上方加入雙氧水。等大量冒出氧氣時，一樣用排水集氣法收集。重複操作 五-5、五-6。



二氧化碳的製造與收集：用大理石加鹽酸產生二氧化碳，同樣用排水集氣法收集。

五-9 在自製的小壓克力罐中放入稀鹽酸。



五-10 在注射針筒內放入少量大理石後，將推桿盡量推到底，拔掉針頭後放置如下圖。



五-11 將推桿向上拉高到極限，讓稀鹽酸充滿針筒內，見大理石冒泡，二氧化碳氣體又將稀鹽酸壓回小罐內。



五-12 注射筒內收集滿二氧化碳後，拔起注射筒，再裝上針頭，在玻璃片上打個二氧化碳泡泡並觀察。



二氧化硫的製造與收集：讓硫粉在氧中燃燒生成二氧化硫，再用針筒將二氧化硫抽入筒內。

五-13 將燃燒匙放在酒精燈上加熱，讓匙內的硫粉起火燃燒。



五-14 將燃燒的硫粉放入預先準備好的氧氣瓶中，燃燒更旺盛，火焰呈漂亮的藍色。



五-15 廣口瓶內收集到刺鼻難聞的二氧化硫。



五-16 用注射針筒將二氧化硫抽入筒內。打成泡泡觀察。



丁烷的收集：將小瓦斯罐內的丁烷釋出，用排水集氣法收集。

五-17 將小瓦斯罐口套上橡皮管。



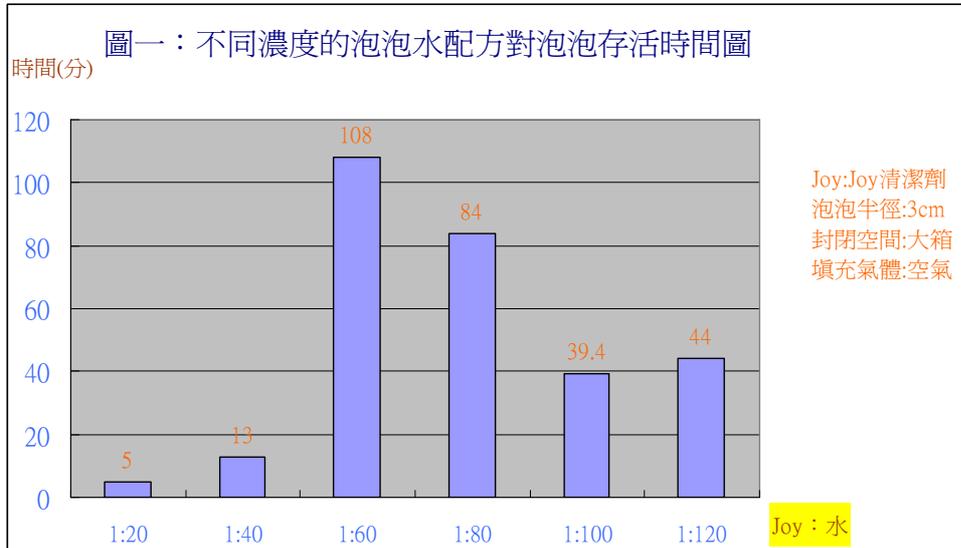
五-18 用排水集氣法收集。



伍、研究結果

<實驗一> 測試不同濃度的泡泡水配方對泡泡存活時間的影響

實驗記錄詳細數據請參考附錄表一。將結果繪成圖，如下圖一。

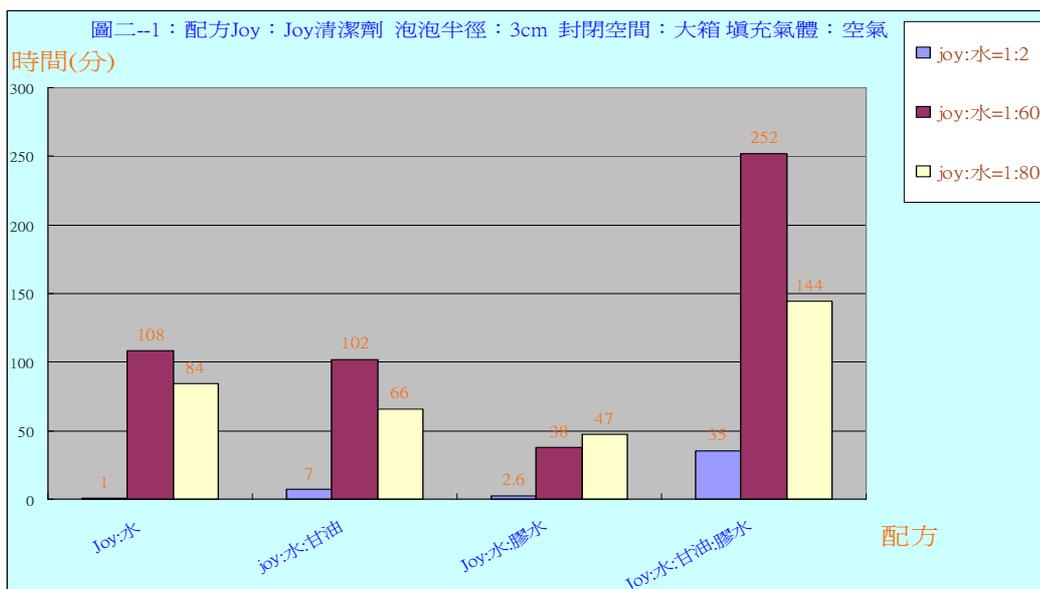


原本認為泡泡水配方越濃越好，結果由實驗一可以得知：

泡泡水配方太濃（Joy 清潔劑：水=1：20）時，泡泡存活時間較短。若泡泡水配方太稀（Joy 清潔劑：水=1：120）時，也不利於泡泡存活。根據我們的實驗結果，**Joy 清潔劑和水的最佳比例為 1：60**，用這樣的泡泡水配方打成半徑 3cm 的半球泡泡，並將泡泡放在大壓克力箱中，最長命的記錄是 3 小時 42 分鐘，平均存活時間為 1 小時 48 分鐘。

<實驗二> 在泡泡水中添加甘油或膠水，看看對泡泡存活時間有無影響？

實驗記錄詳細數據請參考附錄表二、三、四。將結果繪成圖，如下圖二-1。



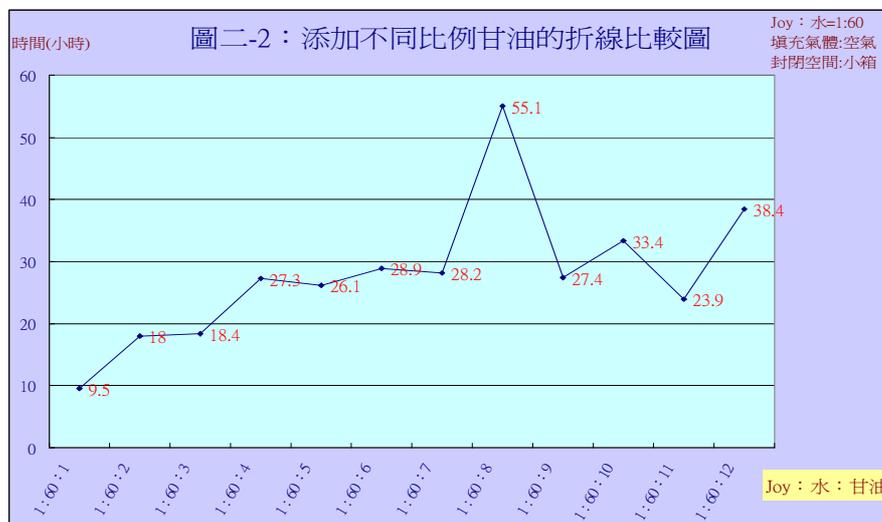
由實驗二可以得知：

Joy 清潔劑：水=1：2 時，因為這配方太黏稠，所以泡泡存活時間超短，最長命的記錄也只有 1 分 13 秒，平均存活時間不到 1 分鐘。添加甘油後，泡泡存活時間明顯增長，最長命的記錄有 25 分 32 秒，平均存活時間提升到 7 分鐘。添加膠水後，泡泡存活時間稍微增長。但若同時添加甘油與膠水，泡泡存活時間大幅增長，最長命的記錄可達 2 小時 15 分，平均存活時間也有 35 分鐘。

至於最佳比例 Joy 清潔劑：水=1：60 時，添加甘油後，泡泡存活時間無顯著變化，添加膠水後，泡泡存活時間反而減少，但若同時添加甘油與膠水，泡泡存活時間又大幅增長。最長命的記錄是 7 小時 30 分，平均存活時間可達 4 小時 12 分。而 Joy 清潔劑：水=1：80 時，也有相似的結果。

結論是**同時**添加甘油與膠水，確實可以大幅增長泡泡存活時間。

泡泡水配方中到底添加多少甘油最好？實驗記錄詳細數據請參考附錄表五。將結果繪成圖，如下圖二-2。

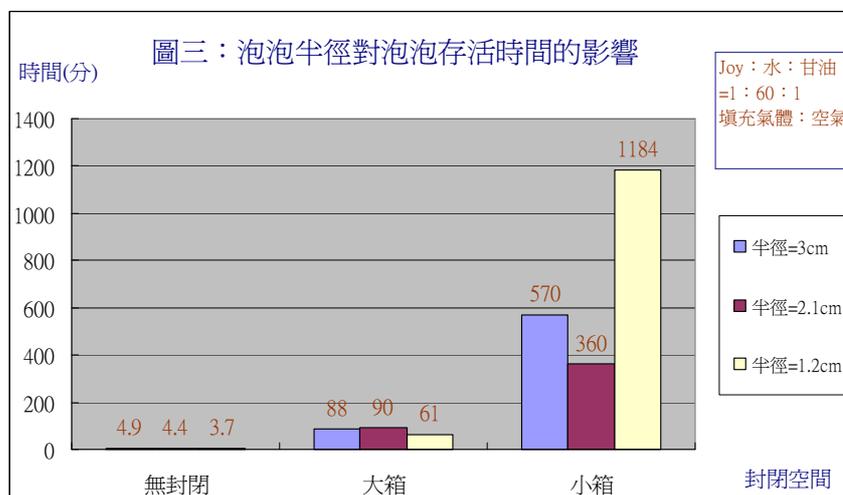


在 Joy：水=1：60 的泡泡水配方中，依序添加不同比例的甘油，發現：

Joy：水：甘油=1：60：8 的配方，泡泡的存活時間最長，平均為 55 個小時。

<實驗三> 探討半球泡泡的大小對半球泡泡存活時間的影響

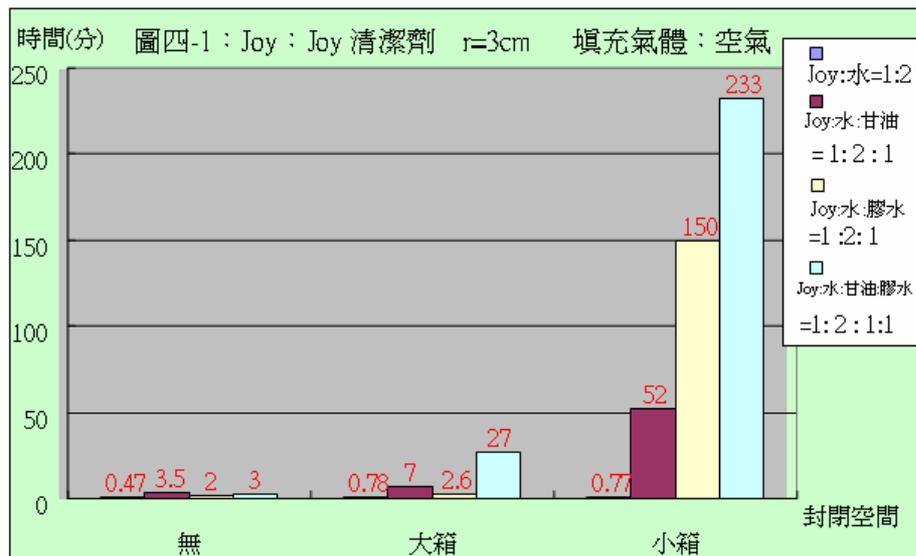
實驗記錄詳細數據請參考附錄表六、七、八。將結果繪成圖，如下圖三。



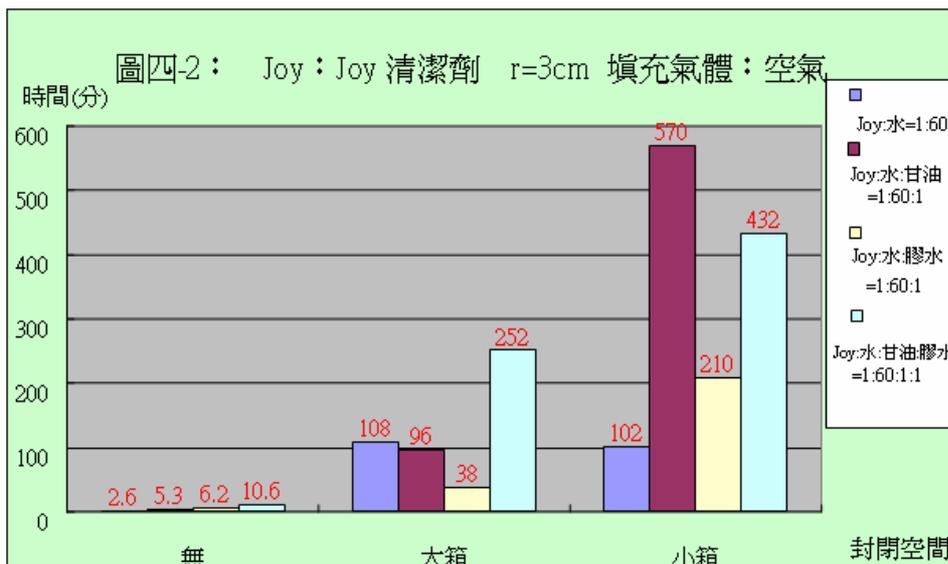
直覺上認為泡泡越小，存活時間會越久。可是由實驗三的結果卻無法得到同樣的結論，在無封閉的情況下半徑 3 公分的大泡泡存活時間略長，關在大箱中，半徑 1.2 公分的小泡泡存活時間最短，關在小箱中，大、小泡泡存活時間都明顯增長，特別是半徑 1.2 公分的小泡泡平均存活時間約為 20 小時，因為活的時間長，泡泡有明顯縮小的現象。（因為選用的方格紙每一格為 0.3cm，所以半徑選取為 0.3 的倍數）

<實驗四> 比較半球泡泡在開放空間或關在大壓克力箱或關在小壓克力箱中，對半球泡泡存活時間的影響。

實驗記錄詳細數據請參考附錄表九、十、十一。將結果繪成圖，如下圖四-1、圖四-2、圖四-3。

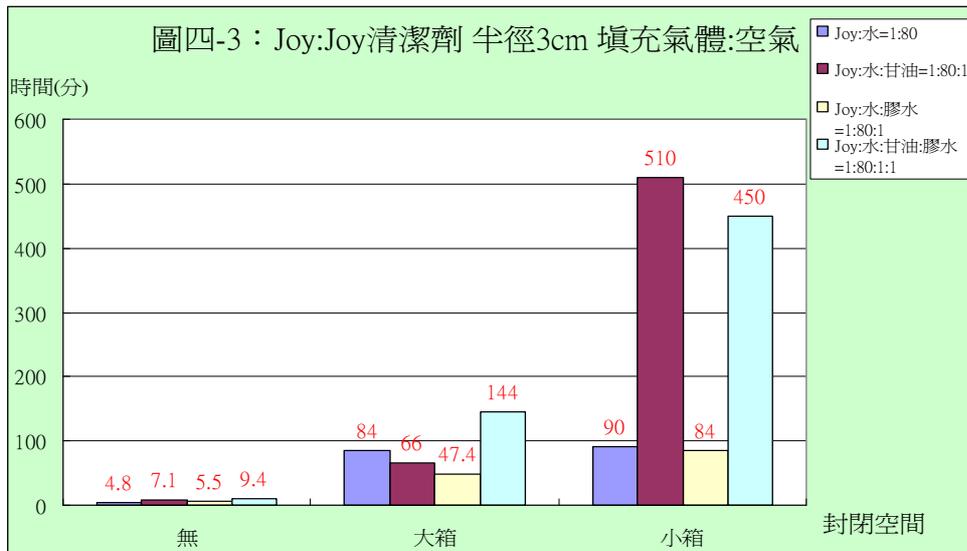


由圖四-1 得知：Joy 清潔劑：水=1：2 時，這個配方太濃，泡泡存活時間超短，平均只有 28 秒，關在大箱或小箱也沒什麼幫助，因為根本等不到氣流穩定或溼度一定，它就破了。但添加甘油和膠水後的配方，關在大箱中，存活時間已明顯增加，關在小箱中，存活時間更是大大提升，可見**關在小箱是延長泡泡壽命的必要條件**。



由圖四-2 得知：Joy 清潔劑：水=1：60 時，這個配方比例最佳，但沒有加箱子罩起來時，泡泡存活時間仍然很短，平均只有 2、3 分鐘而已。但是一旦關入箱子中，無論箱子大小，都

讓泡泡存活時間增加，平均都有 100 多分鐘。而且若在這**泡泡水配方**中添加**甘油**，並放入**小箱**中，**泡泡平均存活時間可延長至 9.5 小時**。



由圖四-3 得知：Joy 清潔劑：水 = 1：80 時，其結果和 Joy 清潔劑：水 = 1：60 時非常相似，再次可以證實，如果**要泡泡存活的久**，在**泡泡水配方**中添加**甘油**，並放入**小箱**中是**必要**的。

<實驗五> 注入半球泡泡內氣體種類，對半球泡泡壽命的影響

實驗記錄詳細數據請參考附錄表十二。將結果繪成圖，如下圖五。



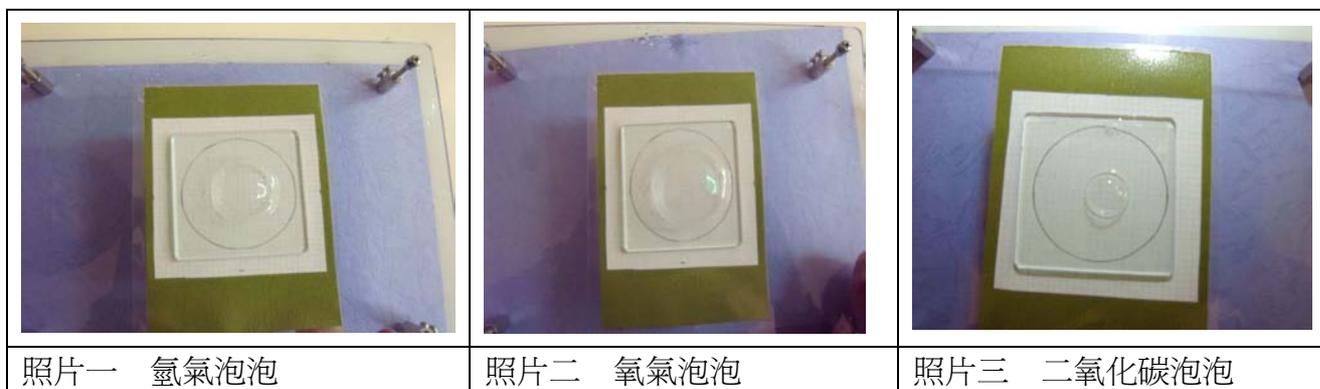
由實驗五得知：

用 Joy：水：甘油=1：60：1 的泡泡水配方，打成氫氣泡泡，平均存活時間為 11.6 個小時(696 分鐘)，其中最長命的泡泡存活了 40 個小時。

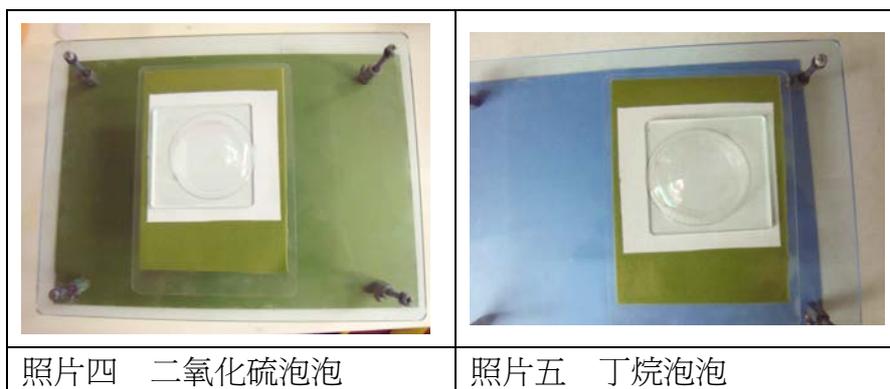
後來我們又用 Joy：水：甘油=1：60：8 的泡泡水配方，打成氫氣泡泡，結果氫氣泡泡存活時間最長為 4 天又 13 個小時(109 小時)，是我們這次實驗的最高紀錄！

原本只是好奇，用不同的氣體打成的泡泡，存活時間不知有何不同？所以用排水集氣法收集氫氣、氧氣、二氧化碳、二氧化硫、丁烷等氣體，再用注射針筒將這些氣體分別打成泡泡，結果**意外發現：用二氧化碳打成的泡泡會迅速縮小！**

用空氣打成的泡泡很穩定，一開始半徑是 3cm 的半球泡泡，到破掉前，泡泡大小都沒有什麼改變。但是氫氣泡泡會在數分鐘內縮成半徑約 2cm 的小泡泡，如下方照片（一）。而氧氣泡泡縮的不多，在數分鐘內縮成半徑約 2.4cm 的泡泡，如下方照片（二）。最特別的是二氧化碳泡泡，即使打進相同的氣體體積，卻無法形成半徑 3cm 的半球泡泡，而且一旦停止打氣，泡泡即迅速縮小成半徑僅 1cm 左右的小泡泡，如下方照片（三），**再用小壓克力箱罩住後，二氧化碳泡泡仍持續變小，直至數小時後竟然消失！**

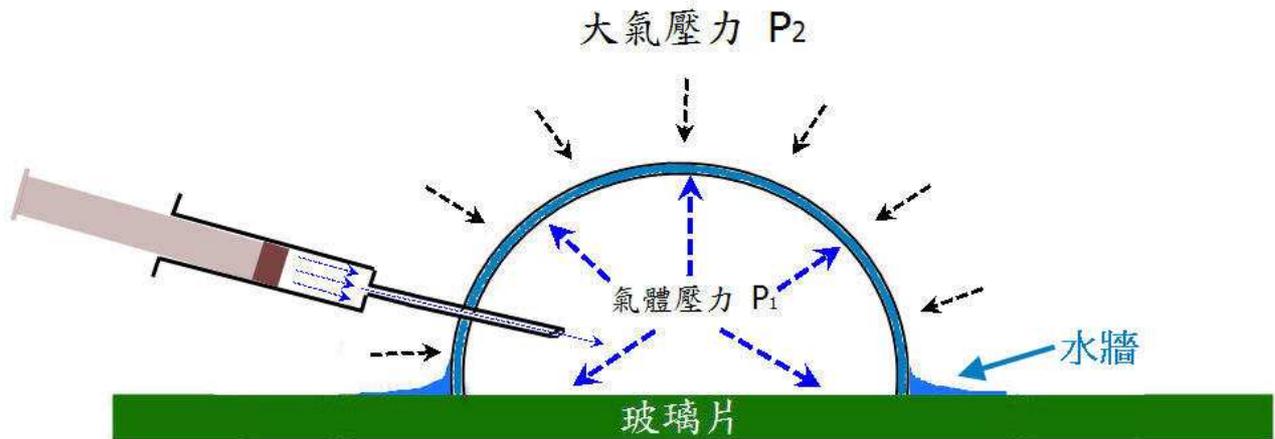


因為二氧化碳泡泡如此奇特，所以又試了二氧化硫、丁烷兩種氣體打成的泡泡，如下方照片（四）、（五），結果都**不像**二氧化碳般會快速縮小。



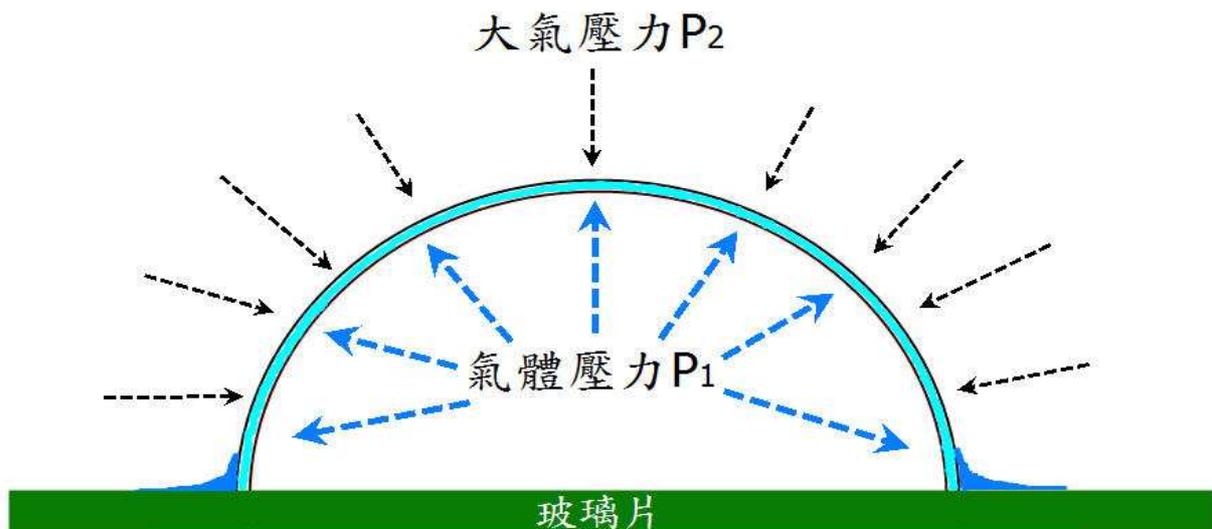
陸、討論

一、用注射針筒打氣時，一開始推推桿時，泡泡膜內部壓力增大，大於外界氣壓，所以泡泡膜逐漸被撐大（圖六）。而由於表面張力的作用，會讓泡泡成球形（因為同樣的體積時，球體的表面積最小）。而我們是將泡泡水塗在玻璃片上，所以打氣時泡泡膜會成爲半球形，而玻片上多餘的泡泡水則會被擋在泡泡膜外，在玻璃片上形成一圈圓形的「水牆」，打到一定大小時停止打氣，泡泡形成穩定的半球泡泡（圖七）。



圖六、泡泡膜內部壓力增大，大於外界氣壓示意圖

若半球泡泡膜表面積爲 A ，泡泡膜向內收縮的表面張力爲 F ，半球泡泡膜內氣體壓力爲 P_1 ，外界大氣壓力爲 P_2 。當 $(P_1 - P_2) \times A > F$ 時，合力向外，所以半球泡泡膜向外撐大起來。



圖七、停止打氣後，泡泡內穩定後示意圖

當停止打氣時，半球泡泡膜受力情形爲 $(P_1 - P_2) \times A = F$ ，合力等於零，半球泡泡膜呈穩定狀態。（半球泡泡膜表面積爲 A ，泡泡膜向內收縮的表面張力爲 F ）

二、我們試過單獨將水塗在玻璃片上，用針筒一樣打氣，卻很難形成半球泡泡，必須添加清潔劑才行。原來泡泡膜是由清潔劑內外夾雜著一層水薄膜形成的（如圖八）。



圖八、玻璃片上的半球泡泡膜

隨著時間增加，重力持續作用，薄膜厚度由上向下漸漸變薄。幻化過程中由於光線在泡泡膜中穿進穿出，因為跑的路徑長不同，所以互相干擾，而出現漂亮的彩虹膜，最後薄膜層變得超薄，而成爲透明的「幻影泡泡」。不仔細看幾乎找不到它，只能由玻璃片上的「水牆」還在，來確定它的存在。一旦泡泡膜消失，水牆即向內流入，玻璃片上的泡泡水即成平坦狀。

三、我們在玻璃片上用注射針筒打泡泡時，發現在第一張實驗桌上操作時，泡泡會留在玻璃片的中央，而在另一張實驗桌上操作時，泡泡卻會滑離，才發現原因是桌面沒有水平，原來在玻璃片上的半球泡泡也可以檢查桌面是否水平？可以說是一個簡易的水準儀。爲了確保水平，我們自製了一個平台，四個腳鎖入螺絲，可用螺絲起子調整高低，以達到水平。

四、我們試著將 Joy 清潔劑（超濃縮配方）塗在玻璃片上，用針筒打氣。結果只能撐起一個小泡泡，再持續打氣就破掉了。因此想到清潔劑和水之間應有個較佳的比例，所以做了〈實驗一〉嘗試了多個不同濃度比例的配方。因爲泡泡膜極脆弱，一點點氣流衝撞或一點點微塵都可能導致泡泡破裂，所以不論用哪一種配方測試泡泡存活時間，其中最長命和最短命泡泡，時間差異很大。因此討論後，決定每一種配方都測試十次，去除最長與最短時間，以八次平均時間做爲依據。

由〈實驗一〉結果得知：

太濃或太稀的泡泡水配方都不好，最佳濃度比例爲 Joy 清潔劑：水 = 1：60

五、網路上流傳著各式各樣的泡泡水添加物，大多數人都說添加甘油、膠水有效。我們想驗證是真的嗎？所以做了〈實驗二〉

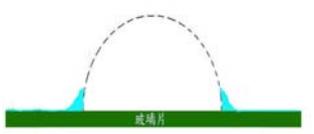
由〈實驗二〉結果得知：**同時**添加甘油和膠水，真的可以顯著延長泡泡的存活時間。因為甘油是一種保濕劑，可以減緩水分的蒸發，泡泡膜比較不容易乾掉。而膠水會讓泡泡膜比較有彈性，我們將手指沾濕後，戳進泡泡內，泡泡都不破。

我們測試添加不同比例的甘油後發現最佳比例是 **Joy：水：甘油=1：60：8**。

六、金氏世界紀錄最大的泡泡，可以大到把一隻大象包在裡面，但它只存活兩秒鐘。而世界紀錄中最長命的泡泡，可以存活一年，但沒說有多大？泡泡的大小應該會影響泡泡的壽命吧！所以我們做了〈實驗三〉。

由〈實驗三〉知：半徑 3.0cm、2.1cm、1.2cm 的大小不同半球泡泡在無封閉的情況下，反倒是半徑 3.0 公分的大泡泡活的比較久。一但關入小箱中，半徑 1.2 公分的小泡泡的存活時間明顯增長。

七、觀察泡泡的生命史，發現剛形成的泡泡膜呈現白色，我們稱它為「白膜期」，沒多久泡泡膜轉化成漂亮的七彩，我們稱它為「彩虹期」，接著彩虹向下移，上方開始出現透明的「眼洞」，若「眼洞」持續向下擴大最後形成全透明的半球膜，我們稱它為「幻影期」，如果有機會幻影的薄膜會薄到幾乎看不到它，只能由貼著玻璃片上的「水牆」還在否？來確認它的存在，這時我們稱它為「水牆期」。

			
<p>1.白膜期 一開始形成的泡泡膜上下厚薄接近，顏色白白的。</p>	<p>2.彩虹期 一段時間後受重力作用，薄膜上下厚度差異大，光線進出路程不同，而形成彩虹。</p>	<p>3.幻影期 持續受到重力作用，彩虹由上往下逐漸消失，泡泡膜薄得幾乎完全透明。</p>	<p>4.水牆期 當泡泡膜變得幾乎看不見了，只剩下貼在玻璃片上的一圈水牆來確定泡泡還在否。</p>

依照薄膜干涉原理，當薄膜厚度與入射光波長相近時干涉效果最好，可見光波長約 400 到 700 奈米之間，所以我們推測在「彩虹期」時，泡泡薄膜的厚度約在數百奈米之間。

不同的泡泡水配方所打成的泡泡，四個時期出現的時間長短差異非常大。

泡泡能活多久和「幻影期」能持續多久有關？而「幻影期」的泡泡膜極薄、極脆弱，想要保護它就得把它關在箱子裡。關在大箱或小箱內，是否會影響它存活的時間呢？所以我們做了〈實驗四〉。由〈實驗四〉結果得知：**不論哪一種配方打成的泡泡，只要關在小箱子內，半球泡泡都會存活的比較久。**

八、觀察泡泡膜大多由上方破裂，就想如果打入的氣體不是空氣而是氫氣，因為氫氣很輕容易上升，是否會使泡泡容易破裂？因而短命呢？網路上搜尋不到相關的討論，所以決定自己實驗看看，因此做了〈實驗五〉。

〈實驗五〉的結果令人意外！發現：**用氫氣打的泡泡反而比較長命，而用二氧化碳打成的泡泡會迅速縮小，最後消失！**

填充氫氣的半球泡泡一開始的半徑是 3cm，沒多久就縮小成半徑約 2cm 的小泡泡了。而填充氧氣的半球泡泡縮的不多，縮小後半徑大約 2.4cm，填充二氧化碳的半球泡泡最奇特，即使打進相同的氣體體積，卻無法達到半徑 3cm 的半球泡泡，而且一旦停止打氣，泡泡**迅速縮小**成半徑僅 1cm 左右的小泡泡，用壓克力箱罩住後，泡泡仍持續變小，直至數小時後**竟然消失**。

這些泡泡會縮小，是因為漏氣嗎？（難道泡泡膜像細胞膜一般，具有半透性？）這個奇特的現象，有待進一步研究。

而二氧化碳泡泡又最奇特，會快速縮小、最後消失不見！這個現象難道是因為二氧化碳比較易溶於水的關係嗎？查閱資料，在同為一大氣壓、20°C 時，1cm³ 的水可以溶解氣體的量分別是氫氣為 0.018 cm³、氧氣為 0.031 cm³，但是二氧化碳為 0.88 cm³，由此可知二氧化碳比氫氣或氧氣都易溶於水（難怪汽水是二氧化碳做的）。二氧化碳泡泡會快速縮小真的是因為二氧化碳比較易溶於水的關係嗎？我們進一步用更易溶於水的二氧化硫來做實驗，結果：**二氧化硫泡泡並不會快速縮小！**那到底是什麼原因呢？百思不得其解。最近得知嘉義女中的林育惠提出了「**飛刀理論**」，認為像二氧化碳這種**直線形分子**，其質量集中在小小的截面積上，會像飛刀般射穿泡泡膜，令泡泡快速縮小。好佩服她能提出這麼棒的想法，但我們仍然想不通**為什麼氫氣、氧氣一樣是線形分子，卻不會像飛刀般射出呢？**有待繼續研究。

柒、結論

從我們的實驗結果得知，要做一個長命泡泡的原則如下：

一、找到清潔劑和水的最佳比例，調成濃淡合宜的泡泡水配方。

我們做的最佳比例是 **Joy 清潔劑：水=1：60**

二、在泡泡水配方中同時添加甘油和膠水。

我們做出添加甘油的最佳比例是 **Joy：水：甘油=1：60：8**

三、泡泡不要打太大。我們做的泡泡半徑是 3 cm。

四、打好的泡泡一定要放置在封閉的小空間內保存。

五、泡泡內的填充氣體改用**氫氣**，泡泡會比較長命。而用二氧化碳打成的泡泡會迅速縮小，關在小箱中還會縮小到消失，不利泡泡存活，但可看出**二氧化碳的「穿透力」驚人**。

捌、參考資料及其他

一、小牛頓科學百科 1（p.232~236）。

二、小牛頓科學百科 4（p.104~111、p.232~238）。

三、國中自然與生活科技課本第三冊（康軒版）。

四、網路資料 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005032405710>。

五、網路資料 <http://scigame.ntcu.edu.tw/index.html>

六、網路資料 <http://www.ttv.com.tw/097/04/0970409/097040940339034.htm>

七、伽利略工房 66 個挑戰創意的科學實驗（p.62~63）

八、伽利略工房 70 個奇妙有趣的科學實驗

附錄

以下所有表格中畫有底線的數據分別代表最短、最長的存活時間，不列入計算平均值

<實驗一>

表一

Joy : Joy 清潔劑 泡泡半徑：3cm 封閉空間：大箱 填充氣體：空氣						
配方	半球泡泡存活時間					平均
Joy:水=1 : 20	<u>3'02"</u>	4'	5'31"	5'55"	4'24"	5 分
	<u>6'02"</u>	5'44"	4'58"	5'18"	4'08"	
Joy:水=1 : 40	<u>4'10"</u>	5'	7'30"	10'32"	17'6"	13 分
	<u>22'50"</u>	13'	16'24"	19'39"	13'30"	
Joy:水=1:60	<u>21'05"</u>	38'32"	1:12'	1:58'	3:10'	108 分
	<u>3:42'</u>	1:30'	3:41'	41'15"	1:40'	
Joy:水=1:80	<u>24'30"</u>	24'54"	33'57"	34'25"	5:13'	84 分
	<u>6:28'</u>	29'20"	1:02''	1:9'	1:30'	
Joy:水=1:100	<u>4'44"</u>	8'27"	11'17"	14'34"	8'46"	39.4 分
	<u>3:16'5"</u>	1:52'	17'30"	5'9"	14'32"	
Joy:水=1:120	<u>17'49"</u>	30'21"	33'02"	39'24"	55'40"	44 分
	<u>1:25'</u>	1:04'	20'02	44'26"	1:03'	

<實驗二>

表二

Joy : Joy 清潔劑 泡泡半徑：3cm 封閉空間：大箱 填充氣體：空氣						
配方	半球泡泡存活時間					平均
Joy:水=1 : 2	<u>26"</u>	32"	29"	50"	57"	不到 1 分
	<u>1'13"</u>	49"	51"	1'1"	50"	
Joy:水:甘油 =1 : 2:1	<u>2'16"</u>	5'40"	5'43"	4'8"	5'15"	7 分
	<u>25'32"</u>	9'17"	11'23"	10'17"	4'41"	
Joy:水:膠水=1:2:1	<u>1'44"</u>	2'20"	3'11"	2'40"	2'11"	2.6 分
	<u>4'5"</u>	3'6"	1'50"	2'	3'27"	
Joy:水:甘油:膠水 =1:2:1:1	<u>1'20'</u>	5'13"	5'31"	24'00"	50'07"	35 分
	<u>2:15'</u>	1'48"	7'00"	50'11"	1:15'	

表三

Joy : Joy 清潔劑 泡泡半徑：3cm 封閉空間：大箱 填充氣體：空氣						
配方	半球泡泡存活時間					平均
Joy:水=1 : 60	<u>21'15"</u>	38'32"	1:12'	1:58'	3:10'	108 分
	<u>3:42'</u>	1:30'	3:41'	41'15"	1:40'	
Joy:水:甘油 =1 : 60:1	<u>28'4"</u>	1:35'	1:39'	2:4'	1:15'	102 分
	<u>2:43'</u>	2:00'	1:12'	1:52'	1:40'	
Joy:水:膠水 =1:60:1	<u>7'5s"</u>	7'58"	12'20"	17'16"	21'2"	38 分
	<u>2:59'</u>	1:17'	1:40'	45'23"	23'36"	
Joy:水:甘油:膠水 =1:60:1:1	<u>38'17"</u>	2:38'	2:37'	5:16'	7:16'	252 分
	<u>7:30'</u>	5:05'	5:17'	2:30'	2:40'	

表四

Joy : Joy 清潔劑 泡泡半徑：3cm 封閉空間：大箱 填充氣體：空氣						
配方	半球泡泡存活時間					平均
Joy:水 =1 : 80	<u>24'30"</u>	24'54"	33'57"	34'25"	5 : 14'	84 分
	<u>6 : 28'</u>	29'20"	1 : 02'	1 : 19'	1 : 30'	
Joy:水:甘油 =1 : 80:1	<u>29'35"</u>	57'09"	1 : 15'	1 : 19'	1 : 25'	66 分
	<u>1 : 34'</u>	1 : 29'	32'34"	45'01"	55'05"	
Joy:水:膠水 =1:80:1	<u>26'42"</u>	31'50"	41'36"	1 : 10'	40'39"	47 分
	<u>1 : 36'</u>	41'08"	1 : 20'	35'54"	38'06"	
Joy:水:甘油:膠水 =1:80:1:1	<u>14'53"</u>	1 : 01'	1 : 20'	2 : 17'	3 : 11'	144 分
	<u>4 : 16'</u>	1 : 5'	3 : 34'	3 : 47'	2 : 30'	

表五

Joy : Joy 清潔劑 泡泡半徑 : 3cm 封閉空間 : 小箱 填充氣體 : 空氣						
配方	半球泡泡存活時間					平均
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 1	<u>3:11'</u>	11:2'	11:5'	11:00'	16:00'	9.5hr
	<u>16:02'</u>	10:53'	5:10'	5:30'	5:30'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 2	<u>1 : 00'</u>	2 : 55'	11 : 15'	20 : 00'	15 : 30'	18hr
	<u>33 : 40'</u>	15 : 30'	21 : 50'	32 : 10'	25 : 00'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 3	<u>2 : 40'</u>	3 : 48'	4 : 20'	17 : 00'	17 : 26'	18.4hr
	<u>41 : 20'</u>	17 : 50'	22 : 40'	23 : 30'	40 : 48'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 4	<u>14 : 03'</u>	17 : 17'	18 : 50'	26 : 10'	15 : 10'	27.3hr
	<u>60 : 08'</u>	41 : 40'	21 : 28'	40 : 34'	37 : 00'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 5	<u>2 : 10'</u>	11 : 35'	11 : 50'	15 : 20'	20 : 10'	26.1hr
	<u>66 : 49'</u>	22 : 56'	37 : 00'	43 : 19'	46 : 37'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 6	<u>1 : 39'</u>	3 : 55'	9 : 25'	21 : 57'	18 : 26'	28.9hr
	<u>69 : 46'</u>	26 : 32'	28 : 10'	57 : 30'	65 : 25'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 7	<u>2 : 42'</u>	10 : 21'	18 : 38'	23 : 20'	26 : 04'	28.2hr
	<u>50 : 17'</u>	27 : 17'	41 : 41'	42 : 11'	36 : 06'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 8	<u>20 : 11'</u>	24 : 00'	42 : 53'	51 : 48'	54 : 39'	55.1hr
	<u>89 : 41'</u>	67 : 26'	60 : 02'	79 : 15'	60 : 46'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 9	<u>9:23'</u>	47:49'	16:00'	16:02'	23:37'	27.4hr
	<u>50:20'</u>	27:00'	28:36'	28:31'	31:52'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 10	<u>21:18'</u>	22:09'	24:52'	24:53'	24:57'	33.4hr
	<u>55:00'</u>	36:12'	39:23'	47:02'	47:43'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 11	<u>6:13'</u>	7:10'	10:39'	17:00'	19:35'	23.9hr
	<u>54:25'</u>	19:35'	35:15'	40:27'	41:18'	
Joy:水 : 甘油= 1 : 60 : 12	<u>13:34'</u>	13:38'	32:50'	37:29'	39:16'	38.4hr
	<u>68:17'</u>	45:16'	46:18'	43:21'	48:00'	

<實驗三>

表六

Joy : Joy 清潔劑 Joy:水:甘油=1 : 60:1 封閉空間：無 氣體：空氣						
泡泡半徑 r(cm)	半球泡泡存活時間					平均
r=3	<u>3' 31"</u>	5' 31"	5' 48"	6' 04"	4' 12"	4.9 分
	<u>7' 14"</u>	4' 40"	4' 39"	4' 01"	4' 40"	
r=2.1	<u>3' 54"</u>	4' 31"	4' 46"	4' 09"	4' 19"	13.6 分
	<u>4' 50"</u>	4' 32"	4' 21"	4' 35"	3' 54"	
r=1.2	<u>3' 02"</u>	3' 55"	3' 14"	3' 33"	3' 42"	3.7 分
	<u>4' 25"</u>	4' 20"	3' 40"	3' 56"	3' 10"	

表七

Joy : Joy 清潔劑 Joy:水:甘油=1 : 60:1 封閉空間：大箱 氣體：空氣						
泡泡半徑 r(cm)	半球泡泡存活時間					平均
r=3	<u>28' 04"</u>	1:35'	2:00'	2:43'	2:4'	96 分
	<u>1:39'</u>	1:12'	1:12'	1:52'	1:40'	
r=2.1	<u>57' 29"</u>	1 : 30'	2 : 00'	1 : 50'	1 : 17'	90 分
	<u>3 : 05'</u>	33' 54"	34' 32"	51' 10"	2 : 30'	
r=1.2	<u>2' 42"</u>	10' 35"	26' 31"	26' 18"	29' 28"	61 分
	<u>4 : 23'</u>	48' 41"	43' 45"	1 : 07'	3 : 56'	

表八

Joy : Joy 清潔劑 Joy:水:甘油=1 : 60:1 封閉空間：小箱 氣體：空氣						
泡泡半徑 r(cm)	半球泡泡存活時間					平均
r=3	<u>10:53'</u>	11:2'	11:5'	11:00'	16:00'	570 分
	<u>16:02'</u>	3:11'	5:10'	5:30'	5:30'	
r=2.1	<u>53' 50"</u>	3 : 05'	6 : 10'	6 : 20'	7 : 01'	360 分
	<u>20 : 12'</u>	8 : 05'	8 : 15'	2 : 00'	7 : 30'	
r=1.2	<u>6 : 45'</u>	8 : 00'	20 : 41'	20 : 41'	20 : 42'	1184 分
	<u>23 : 40'</u>	20 : 43'	21 : 45'	21 : 45'	23 : 38'	

<實驗四>

表九

Joy : Joy 清潔劑 泡泡半徑 : 3cm 填充氣體 : 空氣							
配方	封閉空間	半球泡泡存活時間					平均
Joy : 水 =1 : 2	無	<u>13</u> ''	39''	29''	27''	19''	28 秒
		<u>1'05</u> ''	35''	36''	19''	26''	
	大箱	<u>26</u> ''	29''	32''	57''	49''	47 秒
		<u>1'13</u> ''	50''	51''	1'01''	50''	
	小箱	<u>34</u> ''	41''	47''	40''	1'14''	46 秒
		<u>1'48</u> ''	59''	37''	35''	34''	
Joy : 水 : 甘油 =1 : 2 : 1	無	<u>48</u> ''	3'55''	4'38''	2'08''	3'17''	3.5 分
		<u>7'02</u> ''	3'45''	2'44''	3'54''	3'53''	
	大箱	<u>2'16</u> ''	5'40''	5'43''	4'08''	5'15''	7 分
		<u>25'32</u> ''	9'17''	11'23''	4'41''	10'17''	
	小箱	<u>23'10</u> ''	59'40''	25'31''	29'00''	28'32''	52 分
		<u>2:03</u> '	1:21'	1:56'	45'30''	28'51''	
Joy : 水 : 膠水 =1 : 2 : 1	無	<u>52</u> ''	55''	2'47''	2'44''	1'50''	2 分
		<u>6'52</u> ''	1'42''	1'48''	2'20''	2'02''	
	大箱	<u>1'44</u> ''	2'11''	2'20''	3'11''	2'40''	2.6 分
		<u>4'05</u> ''	3'27''	3'06''	1'50''	2'01''	
	小箱	<u>23'32</u> ''	2 : 56'	43'11:	33'59''	3 : 59'	150 分
		<u>6 : 30</u> '	46'32''	5 : 06'	5 : 02'	1 : 03'	
Joy : 水 : 甘 油 : 膠水=1 : 2 : 1 : 1	無	<u>23</u> ''	5'14''	2'14''	5'50''	1'55''	3 分
		<u>32'30</u> ''	3'12''	2'03''	37''	1'54''	
	大箱	<u>1'20</u> ''	5'13''	5'31''	24'00''	50'07''	27 分
		<u>2 : 15</u> '	1'48''	7'00''	50'11''	1 : 15'	
	小箱	<u>6'09</u> ''	2 : 33'	3 : 25'	7 : 05'	7 : 10'	233 分
		<u>13 : 40</u> '	1 : 06'	3 : 41'	6 : 30'	6 : 40'	

表十

Joy : Joy 清潔劑 泡泡半徑 : 3cm 填充氣體 : 空氣							
配方	封閉空間	半球泡泡存活時間					平均
Joy : 水 =1 : 60	無	<u>1'19"</u>	4'11"	2'14"	3'03"	2'09"	2.6 分
		<u>4'18"</u>	1'30"	1'27"	3'06"	2'57"	
	大箱	<u>21'15"</u>	38'32"	1:12'	1:58'	3:10'	108 分
		<u>3 : 42"</u>	1:30'	3:41'	41':15'	1:40'	
	小箱	<u>46'</u>	1:22'	1:32'	1:25'	1:30'	102 分
		<u>2:30'</u>	2:00'	1:28'	2:20'	2:10'	
Joy : 水 : 甘油 =1 : 60 : 1	無	<u>1'20"</u>	5'16"	5'15"	7'45"	5'17"	5.3 分
		<u>16'01"</u>	3'27"	8'05"	2'21"	4'55"	
	大箱	<u>28'04"</u>	1:35'	2:00'	1 : 39'	2:04'	96 分
		<u>2:43'</u>	1:12'	1:15'	1:52'	1:40'	
	小箱	<u>3:11'</u>	11:02'	11:05'	11:00'	16:00'	570 分
		<u>16:02'</u>	10:53'	5:10'	5:30'	5:30'	
Joy : 水 : 膠水 =1 : 60 : 1	無	<u>2'58"</u>	5'34"	4'23"	8'06"	3'09"	6.2 分
		<u>9'13"</u>	3'57"	7'34"	9'05"	7'25"	
	大箱	<u>7'05"</u>	7'58"	17'16"	23'36"	1:40'	38 分
		<u>2:59'</u>	12'20"	21'02"	1:18'	45'23"	
	小箱	<u>14'16"</u>	1:22'	3:13'	3:55'	4:29'	216 分
		<u>13:30'</u>	2:47'	1:48'	5:35'	6:04'	
Joy : 水 : 甘 油 : 膠水=1 : 60 : 1 : 1	無	<u>7'06"</u>	10'40"	10'37"	11'03"	8'27"	10.6 分
		<u>15'22"</u>	11'05"	9'34"	9'43"	13'44"	
	大箱	<u>38'17"</u>	2:38'	2:37'	5:16'	7:16'	252 分
		<u>7:30'</u>	5:05'	5:17'	2:30'	2:40'	
	小箱	<u>3:31'</u>	4:05'	4:10'	5:13'	7:13'	432 分
		<u>13:30'</u>	5:41'	8:50'	9:25'	13:10'	

表十一

Joy : Joy 清潔劑 泡泡半徑 : 3cm 填充氣體 : 空氣							
配方	封閉空間	半球泡泡存活時間					平均
Joy : 水 =1 : 80	無	<u>47</u> ''	1'45''	6'22''	6'48''	5'00''	4.8 分
		<u>9'53</u> ''	8'21''	1'26''	2'05''	7'00''	
	大箱	<u>24'30</u> ''	24'54''	33'57''	34'25''	5'13''	84 分
		<u>6 : 28</u> '	29'20''	1 : 02'	1:11'	1:30'	
	小箱	<u>28'06</u> ''	41'01''	40'35''	54'16''	1:50'	90 分
		<u>7 : 44</u> '	40'59''	1:15'	2:54'	3:03'	
Joy : 水 : 甘油 =1 : 80 : 1	無	<u>6'20</u> ''	6'54''	6'31''	7'34''	7'29''	7.1 分
		<u>8'22</u> ''	6'53''	7'05''	7'00''	7'19''	
	大箱	<u>29'35</u> ''	57'09''	1:15'	1:19''	1:25'	66 分
		<u>1 : 34</u> '	1:29'	32'34''	45'01''	55'05''	
	小箱	<u>2 : 58</u> '	3:30'	4:30'	11:0'	5 : 30'	510 分
		<u>39 : 10</u> '	10 : 50'	12:50'	16:0'	4:10'	
Joy : 水 : 膠水 =1 : 60 : 1	無	<u>1'19</u> ''	6'20''	5'30''	5'06''	6'10''	5.5 分
		<u>7'40</u> ''	7'23''	2'54''	3'40''	6'34''	
	大箱	<u>26'42</u> ''	31'50''	41'36''	1:10'	40'39''	47.4 分
		<u>1:36</u> '	41'08''	1:20'	35'54''	38'06''	
	小箱	<u>49'47</u> ''	54'20''	1:05'	1:23'	1:22'	84 分
		<u>3:10</u> '	2:13'	1:20'	1:12'	2:35'	
Joy : 水 : 甘 油 : 膠水=1 : 80 : 1 : 1	無	<u>6'30</u> ''	15'30''	10'12''	10'27''	8'35''	9.4 分
		<u>16'25</u> ''	6'33''	6'50''	7'45''	9'37''	
	大箱	<u>14'53</u> ''	1:34'	1:20'	2:17'	3:11'	144 分
		<u>4'16</u> ''	3:34'	1:15'	2:30'	3:47'	
	小箱	<u>2:40</u> '	10:30'	11:10'	12:08'	4:40'	450 分
		<u>14:25</u> '	2:30'	6:13'	6:36'	6:45'	

<實驗五>

表 十二

Joy : Joy 清潔劑 配方 Joy : 水 : 甘油=1 : 60 : 1 泡泡半徑 : 3cm 封閉空間 : 小箱						
填充氣體	半球泡泡存活時間					平均
空氣	<u>10:53'</u>	11:2'	11:5'	11:00'	16:00'	9.5 時
	<u>16:02'</u>	3:11'	5:10'	5:30'	5:30'	
氫氣	<u>1 : 21'</u>	3 : 21'	3 : 38'	11 : 50'	6 : 05'	11.6 時
	<u>40 : 00'</u>	14 : 10'	16 : 20'	17 : 10'	20 : 20'	
氧氣	<u>26'32"</u>	1 : 06'	1 : 30'	2 : 23'	4 : 27'	7.6 時
	<u>20 : 12'</u>	11 : 38'	14 : 15'	5 : 40'	19 : 40'	
二氧化碳	<u>5'54"</u>	4 : 15'	4 : 30'	5 : 26'	5 : 28'	9.9 時
	<u>36 : 00'</u>	10 : 30'	11 : 10'	11 : 30'	26 : 00'	

【評語】 080201

題目十分有趣，對如何讓泡泡更「長命」的各種因素皆作了相當程度的探討。同一類型泡泡存活的時間差異是較大的原因值得進一步的探討。