

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 地球科學科

030506

大氣怎麼流，泡泡來解說

學校名稱：雲林縣私立永年高級中學(附設國中)

作者：	指導老師：
國一 陳矩翰	陳尚民
國二 李建毅	吳文龍
國二 許翔鈞	

關鍵詞：大氣環流(Atmospheric circulation)、
北極震盪(Artic Oscillation)、泡泡(Bubble)

大氣怎麼流，泡泡來解說

運用肥皂泡泡模擬大氣環流（Atmospheric circulation）與北極震盪（Arctic Oscillation）情形

摘要

本研究主要為下列幾點：

- 一、泡泡（Bubble）配方若加入起泡劑、薄膜劑與保濕劑有效延長泡泡壽命。
- 二、透過肥皂泡沫虹彩紋路觀察，有助於了解大氣環流（Atmospheric circulation）。
- 三、泡泡若不受側壁阻擋，會產生紊流（Turbulent flow）造成單氣旋（Cyclon）。
- 四、肥皂泡沫升溫或降溫，可用來解釋北極震盪（Arctic Oscillation）正相位與負相位原因。
- 五、觀察泡泡上的顏色變化，主要是黃、藍是其常出現的顏色，之後變白破裂。

壹、研究動機

近年來地球氣候異常，歐洲英國、亞洲中國、南韓接陸陸續創下幾十來來的低溫紀錄，導致原因皆指向大氣的自然現象「北極震盪」（Arctic Oscillation），因此本研究利用泡泡的虹彩流動，解釋大氣環流「北極震盪」（Arctic Oscillation）如何造成氣候異常。

貳、研究目的

本研究目的分為下列幾點：

- 一、了解大氣環流（Atmospheric circulation）所造成的自然現象。
- 二、實驗大氣環流與泡泡虹彩流動的相關性。
- 三、實驗泡泡內溫度變化造成虹彩流動的關聯性。
- 四、增進同學對大氣環流（Atmospheric circulation）的了解及激發研究之精神。

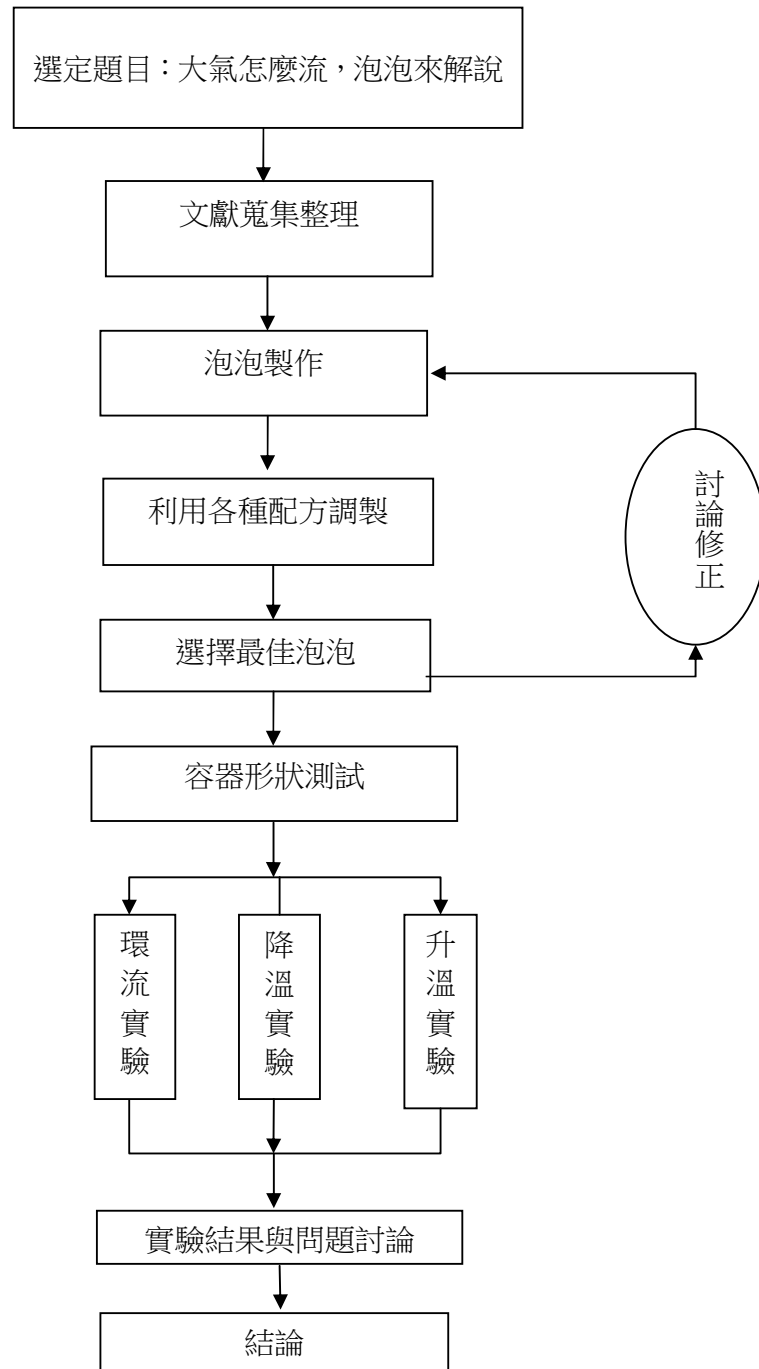
參、研究設備及器材

表一、研究設備及其用途

編號	物品	數量	用途
一	筆記本、筆	1 本 2 支	實驗日記，紀錄觀察結果
二	數位相機	2 台	拍攝實驗過程
三	電子式加熱器	1 台	控制泡泡溫度
四	冰塊	數包	控制泡泡溫度
五	吸管	數根	吹泡泡工具
六	燒杯	10 組	調製泡泡用
七	洗衣粉	1 包	製作泡泡
八	洗碗精	1 罐	製作泡泡
九	蜂蜜	1 罐	製作泡泡
十	甘油	1 罐	製作泡泡
十一	沙拉油	1 瓶	模擬氣流
十二	白糖	1 包	顏色影響
十三	茶葉	1 罐	顏色影響
十四	肥皂絲	1 包	實驗空間
十五	蒸餾水(1 公升)	1 罐	計時
十六	太白粉	1 包	控制燈泡時間
十七	玻璃板	1 塊	地表性質實驗
十八	鍋子	一個	濕度調整
十九	手套	數只	實驗用
二十	碼表	數個	計時器

肆、研究過程

一、研究流程圖



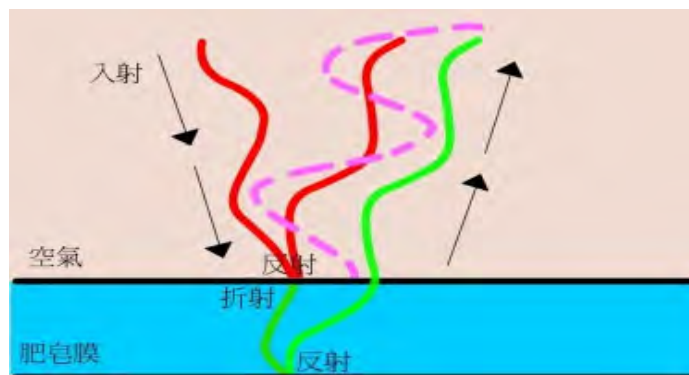
二、文獻蒐集

(一) 泡泡膜虹彩色的成因

泡泡膜的顏色五彩繽紛，主要是因為光線進入泡泡膜產生「反射」(Reflection) Reflection、「折射」以及「干涉」的結果。

泡泡膜相當的薄，但是我們把泡泡膜放大後，會發現光線在進入泡泡的時候，膜的最外層會先反射部分入射光〈第一次反射〉，而部分的光進入泡泡膜之後，先產生折射（光由空氣進入泡泡），接著在遇到泡泡膜的內層時，會再一次反射〈第二次反射〉。二次反射的光重疊後，就會產生「干涉」，不同的干涉結果就產生不同顏色的光了，而且只要泡泡膜的厚度有微小的變化，光的顏色就會跟著變化。

由於泡泡膜厚度並不完全均勻，而且水分會一直蒸發，所以我們可以看到泡泡的顏色五彩繽紛，而且一直在變化。〈薄膜的厚度一直在改變〉



圖一、肥皂膜顏色呈現原理

(二) 泡泡膜虹彩計算方式

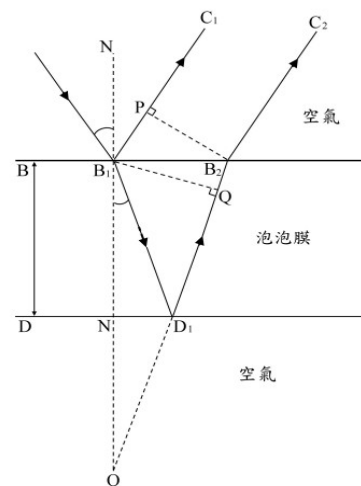
泡泡膜形成的顏色與其厚度有關，右圖是入射光遇到泡泡膜時，約反射 4% 的光 (B1C1 進入泡泡膜，產生折射 (B1D1)。折射光經反射形成的 B2C2 光與 B1C1 產生干涉，就形成了我們所看到的泡泡膜顏色。

計算公式如下：

$$T = \lambda / (2 \pi \cdot \mu \cos \theta) \sin^{-1} \sqrt{I / I_0}$$

t ：薄膜厚度 θ ：折射角 λ ：光的波長 I ：反射光強度

μ ：薄膜折射率 I_0 ：干涉光強度



圖二、泡泡膜虹彩計算方式圖

表二、泡泡膜厚度與干涉形成的光顏色對照表 (單位：Å)

一級	厚度	四級	厚度
黑色	60, 120	草綠色	5970
粉紅色	2010	綠色	6340
二級	厚度	黃綠色	6820
紫羅蘭色	2160	洋紅色	7460
藍色	2500	五級	厚度
綠色	2900	綠色	7900
黃色	3220	綠色	8420
橘色	3480	粉紅色	8930
深紅色	3710	粉紅色	9450
三級	厚度	六級	厚度
紫色	3960	綠色	10000
藍色	4100	綠色	10440
祖母綠	4660	粉紅色	11000
黃綠色	5020	粉紅色	11500
洋紅色	5420		
藍紅色	5780		

註：1. Å= 10⁻⁸cm； 2. 級數代表光在泡泡膜內的反射次數

近期發表的 *Physical Review Letters* 中，法國 Kellay 帶領的研究小組成功地利用熱對流，在肥皂泡泡上發展出單一氣旋。他們用吸管吹出一個直徑約十公分的半球形肥皂泡泡，從底部加熱，藉由溫度梯度的差異，使得較溫暖的肥皂溶液往上跑，形成對流旋渦。

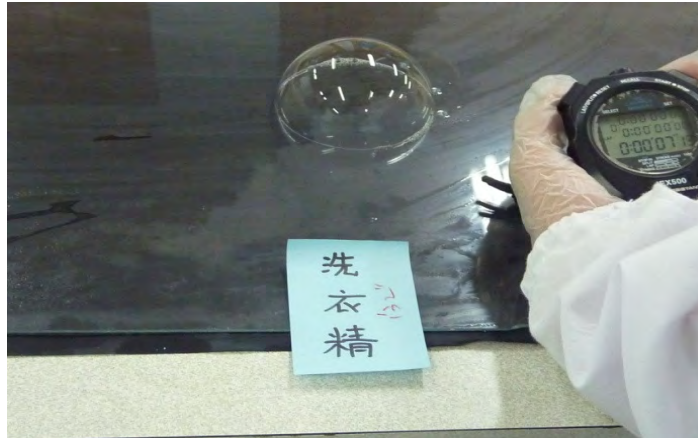
本研究參考 Kellay 方式針對泡泡作一連串實驗，藉由觀察大氣的流動，以下為泡泡製作過程。

三、泡泡製作方法

多方參考各家製作方式，本研究以洗衣精、甘油、蜂蜜、白糖、沙拉油、茶葉、太白粉、肥皂絲為材料，皆用蒸餾水混合調配，選出較適合之肥皂泡泡。

(一)洗衣精配置法

以 500ml 燒杯，蒸餾水：洗衣精=3：1 方式製作，測試泡泡在玻璃板持續時間，如圖所示：



圖三、洗衣精配置法

(二)洗衣精、甘油配法

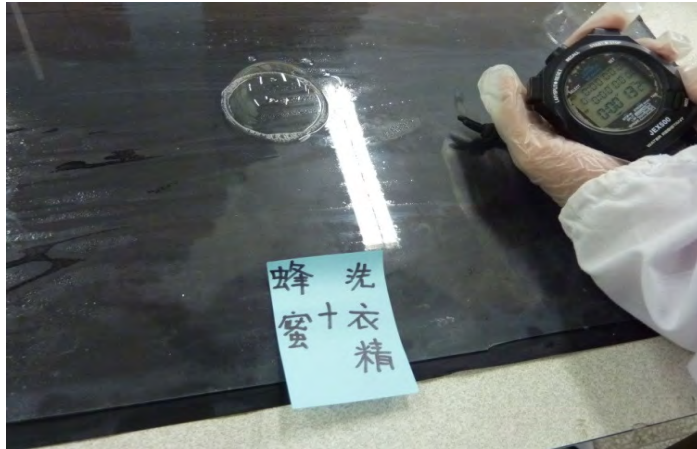
以 500ml 燒杯，蒸餾水：洗衣精、甘油=3：1：1 方式製作，測試泡泡在玻璃板持續時間，如圖所示：



圖四、洗衣精、甘油配置法

(三)洗衣精、蜂蜜配法

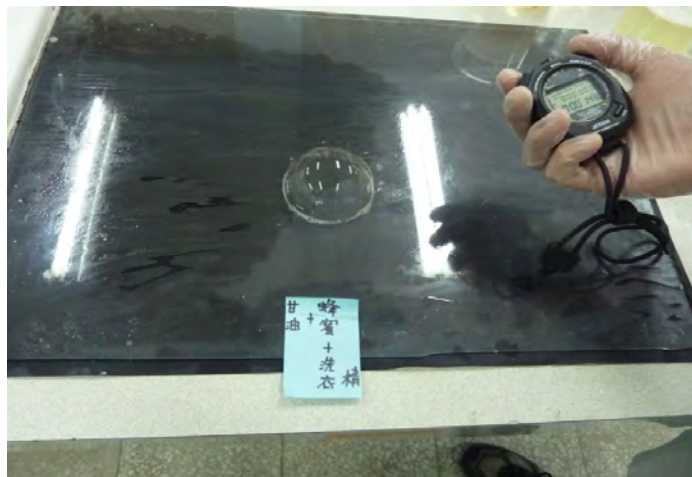
以 500ml 燒杯，蒸餾水：洗衣精、蜂蜜=3：1：1 方式製作，測試泡泡在玻璃板持續時間，如圖所示：



圖五、洗衣精、蜂蜜配法

(四)洗衣精、蜂蜜、甘油配法

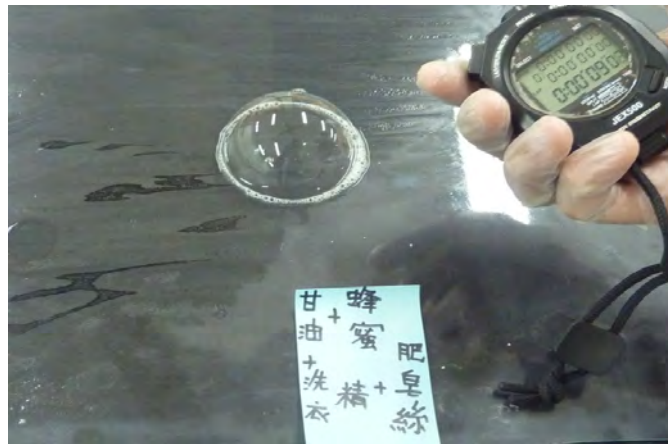
以 500ml 燒杯，蒸餾水：洗衣精、蜂蜜、甘油=3：1：1：1 方式製作，測試泡泡在玻璃板持續時間，如圖所示：



圖六、洗衣精、蜂蜜、甘油配法

(五)洗衣精、蜂蜜、甘油、肥皂絲配法

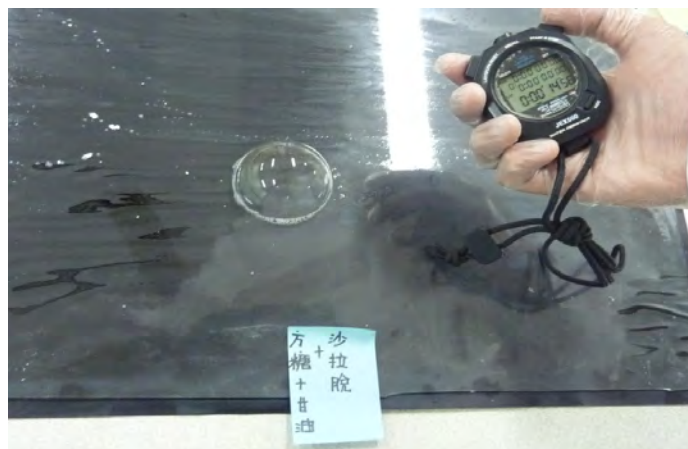
以 500ml 燒杯，蒸餾水：洗衣精、蜂蜜、甘油=3：1：1：1 方式製作，測試泡泡在玻璃板持續時間，如圖所示：



圖七、洗衣精、蜂蜜、甘油、肥皂絲配法

(六)沙拉脫、方糖、甘油配法

以 500ml 燒杯，蒸餾水：沙拉脫：方糖：甘油=3：1：1：1 方式製作，測試泡泡在玻璃板持續時間，如圖所示：



圖八、沙拉脫、方糖、甘油配法

(七)肥皂絲、太白粉、蜂蜜、甘油配法

以 500ml 燒杯，蒸餾水：肥皂絲：太白粉：蜂蜜：甘油=3：1：1：1：1 方式製作，測試泡泡在玻璃板持續時間，如圖所示：



圖九、肥皂絲、太白粉、蜂蜜、甘油配法

(八) 茶葉、方糖、甘油、沙拉脫配法

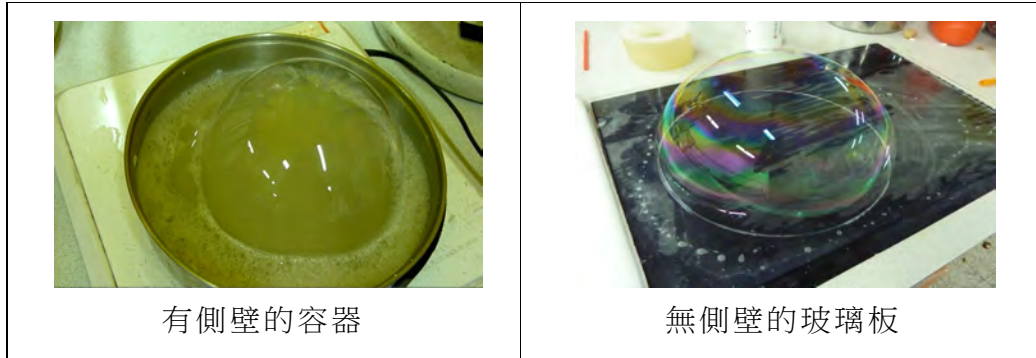
以 500ml 燒杯，蒸餾水：茶葉：方糖：甘油：沙拉脫=3：1：1：1：1 方式製作，測試泡泡在玻璃板持續時間，如圖所示：



圖十、茶葉、方糖、甘油、沙拉脫配法

四、泡泡置入容器形狀測試

將肥皂泡泡置於不同容器內觀察，泡泡虹彩移動有顯著不同，以下為實驗操作過程。



圖十一、泡泡置入容器形狀測試

五、升溫實驗

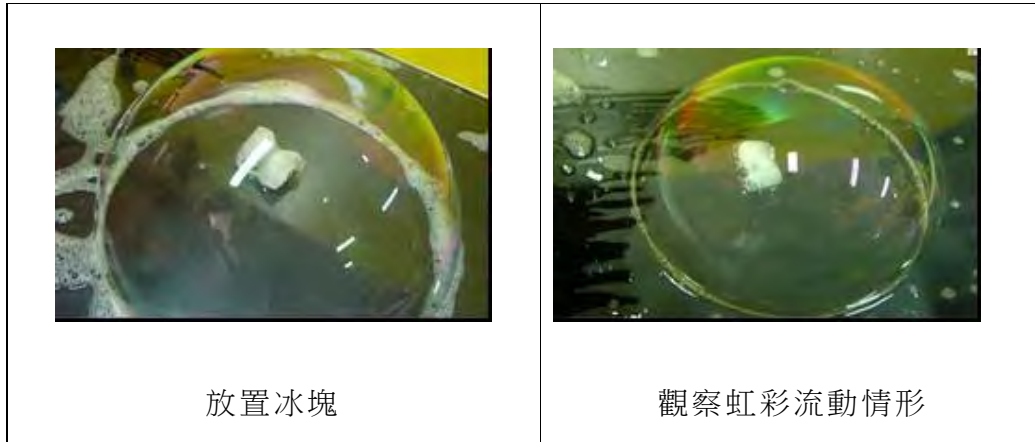
將肥皂泡泡放置在加熱器上，慢慢調高溫度使其泡泡內部溫度升高，再觀察泡泡虹彩移動路徑。



圖十二、升溫實驗

六、降溫實驗

將肥皂泡泡放入冰塊，慢慢調降溫度使其泡泡內部溫度下降，再觀察泡泡虹彩移動路徑。

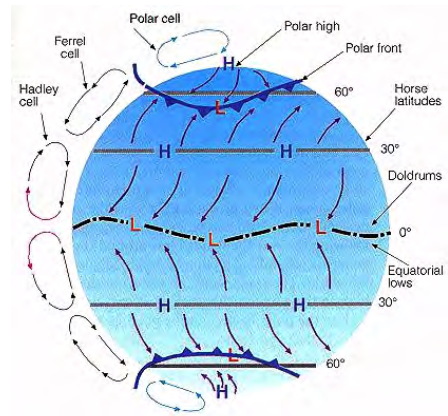


圖十三、降溫實驗

七、實驗容器設計(攜帶式)

(一)容器外殼設計

以透明壓克力為原料，製作 60×60cm 的立體方型外殼，頂部設計蓋子，方便掀開觀察，將 60cm 分成三段，安裝三個小風扇，上下風扇安裝同側，而中間風扇則安裝在另一側，藉此模擬外部大氣環流(三胞環流)，東北信風、西風與極地東風。



圖十四、大氣環流圖

(二)隔板設計

以 30×30cm 金屬圓盤作隔板，方便製冷晶片溫控，底部銜接鋁鰭與晶片，金屬圓盤作為泡泡底座。



圖十五、金屬圓盤底座

(三)溫控核心

以 5x5cm 的製冷晶片做溫控核心，晶片的名稱相當多，如 thermoelectric cooler、thermoelectric module (簡稱 T.E 或 T.E.C)、主要為碲化鉍(Bismuth Telluride)，下圖是一個致冷器的典型結構，由許多 N 型和 P 型半極體之顆粒互相排列而成，而 NP 之間以一般的導體相連接而成一完整線路，通常是銅、鋁或其他金屬導體，最後上下再覆蓋陶瓷片。

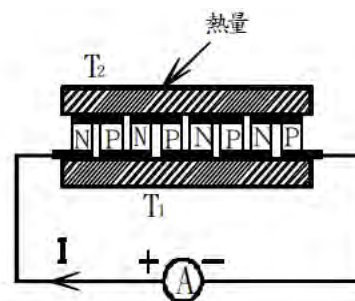
致冷晶片原理為 N 型半導體材料具有多餘電子，故有負溫差電動勢；P 型半導體材料因電子不足，故有正溫差電動勢，可傳遞電荷與熱能，將 P 型與 N 型半導體依序結合，可將熱能和電能相互轉換，稱為熱電效應(Thermoelectric Phenomenon)主要效應分為：



圖十六、致冷晶片內部構造

(a) 席貝克效應 (Seebeck Effect)

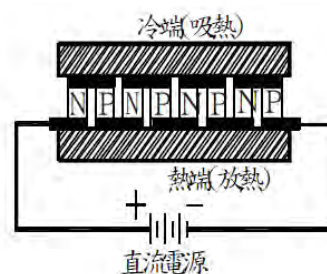
1821 年 Thomas J. Seebeck 發現當兩種不同性質的金屬連接在一起而形成閉合迴路(closed loop)，當兩接點之間溫度分佈不均勻時，則在此迴路中將產生感應電動勢，而使兩接點之間產生電位差，則成為席貝克效應(Seebeck effect)。



圖十七、Seebeck 效應示意圖

(b) 皮爾特效應 (Peltier effect)

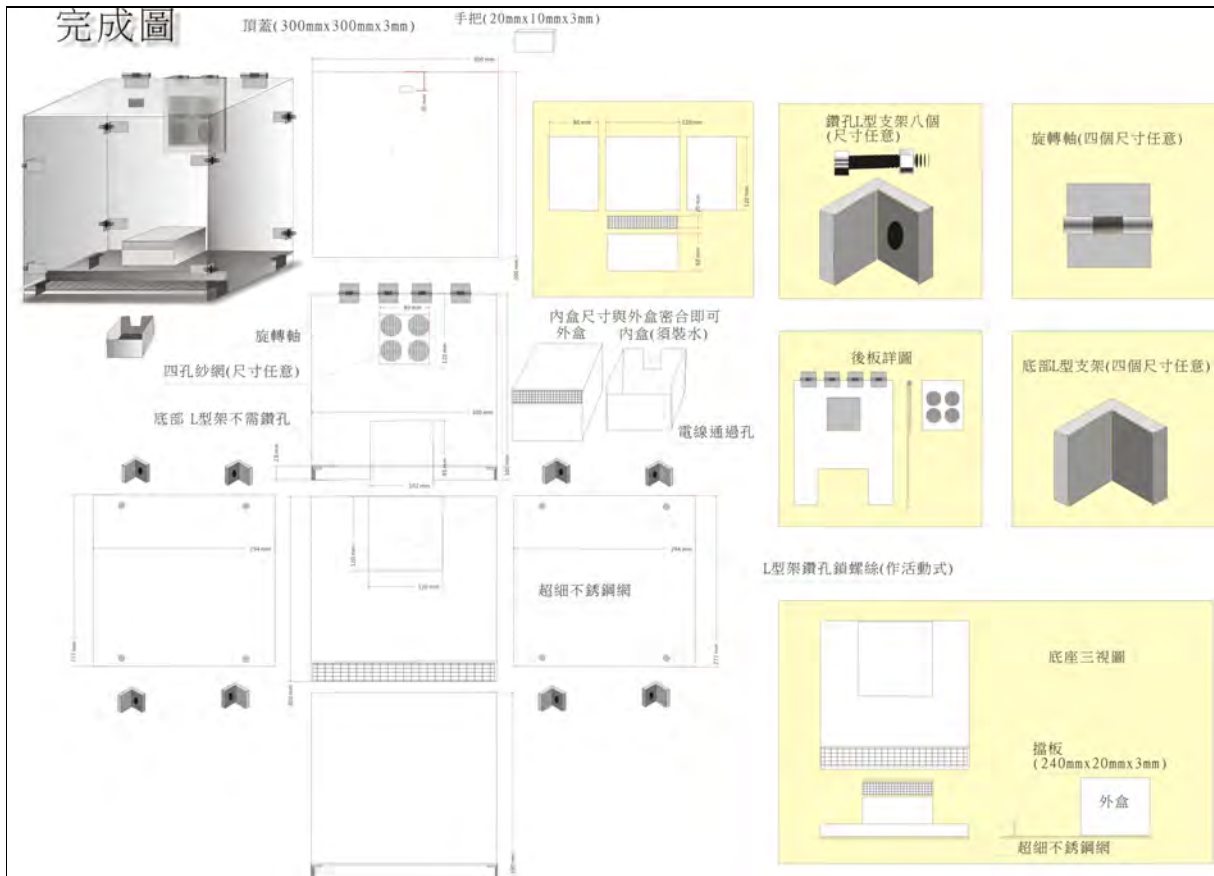
1834 年皮爾特發現，電流通過兩種不同的金屬導線之接合點時，在接合點處會因電流流動方向之不同而產生放熱或吸熱之現象，謂之為皮爾特效應。



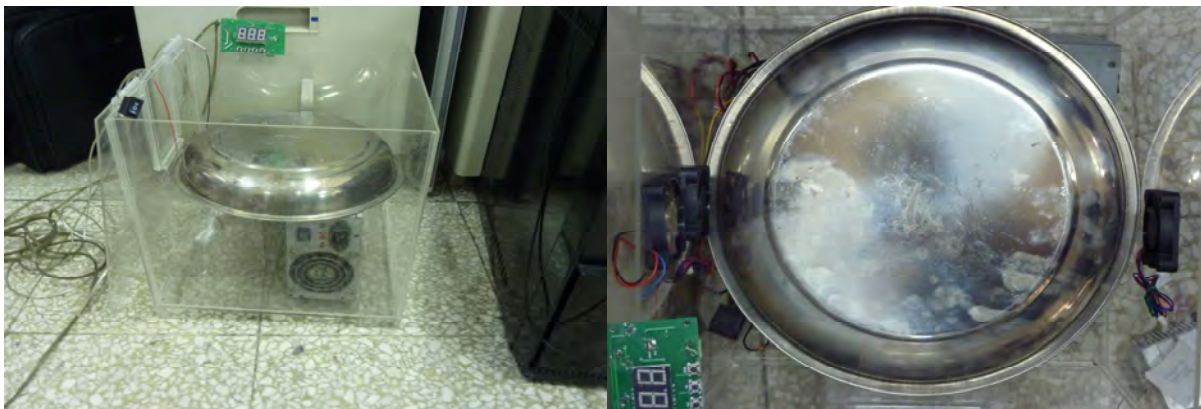
圖十八、Peltier 效應示意圖

(四)電源供應器

以舊電腦報廢之電源供應器(250w,12v)轉換，將交流電轉成直流電，穩定輸出 12v，在以簡易 switch 切換直流電的電流方向，即可將熱面轉換成冷面，方便升降溫。



圖十九、實驗容器設計圖



圖二十、實驗容器實體圖

伍、研究結果

一、泡泡虹彩變化過程

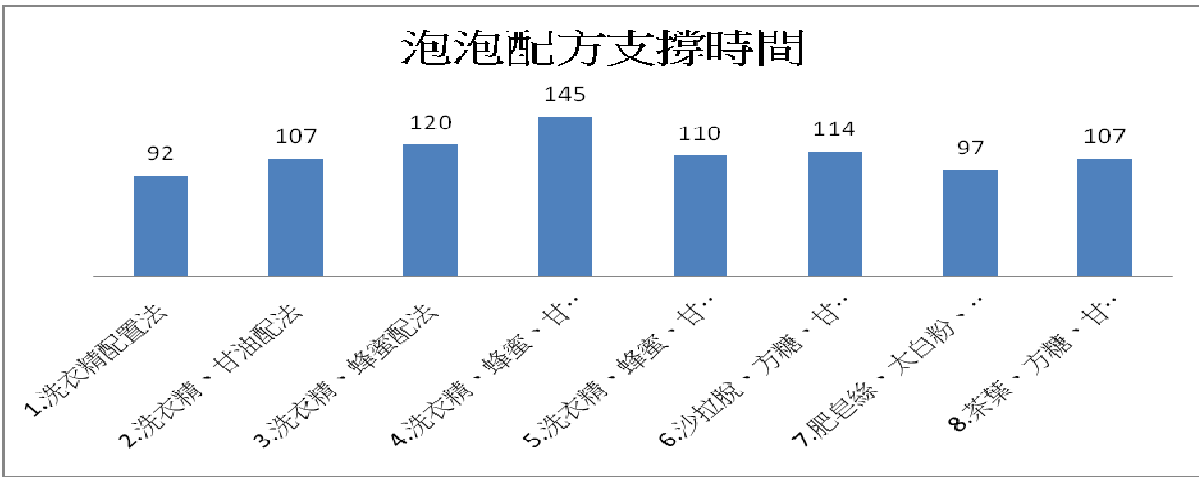
泡泡顏色變動方式，觀察數次泡泡形成後顏色的變化，發覺剛形成的肥皂泡泡，虹彩紋路不明顯，等到快破之前，泡泡頂部變成透明，邊緣到底部出現明顯虹彩，對照泡泡薄膜厚度顏色，可得知頂部變薄，而側邊變厚，推測因地心引力，造成泡泡厚度往側邊與底部集中，導致頂部過薄而破裂。

二、泡泡製作成份分析

實驗結果呈現洗衣精、蜂蜜、甘油配法泡泡支撐時間最久，在研究過程發現加入隔夜的茶葉水，泡泡虹彩顏色會更鮮明，因此實驗配方以洗衣精、蜂蜜、甘油配法加上隔夜茶葉水作測試。本研究實驗多種泡泡配方結果如下：

表三、泡泡配方支撐時間

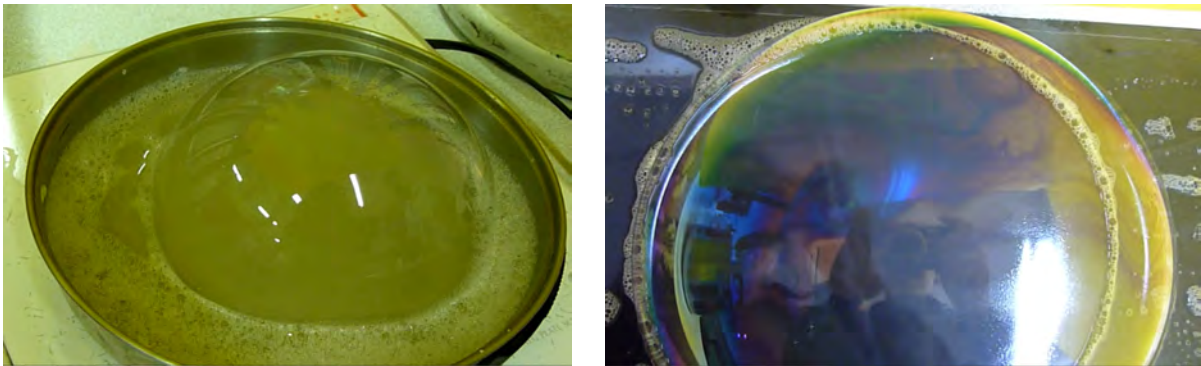
調配成份	支撐時間	調配成份	支撐時間
1.洗衣精配置法	1'32"	5.洗衣精、蜂蜜、甘油、肥皂絲配法	1'50"
2.洗衣精、甘油配法	1'47"	6.沙拉脫、方糖、甘油配法	1'54"
3.洗衣精、蜂蜜配法	2'00"	7.肥皂絲、太白粉、蜂蜜、甘油配法	1'37"
4.洗衣精、蜂蜜、甘油配法	2'25"	8.茶葉、方糖、甘油、沙拉脫	1'47"



圖二十一、泡泡配方支撐時間柱狀圖

三、泡泡置入容器結果

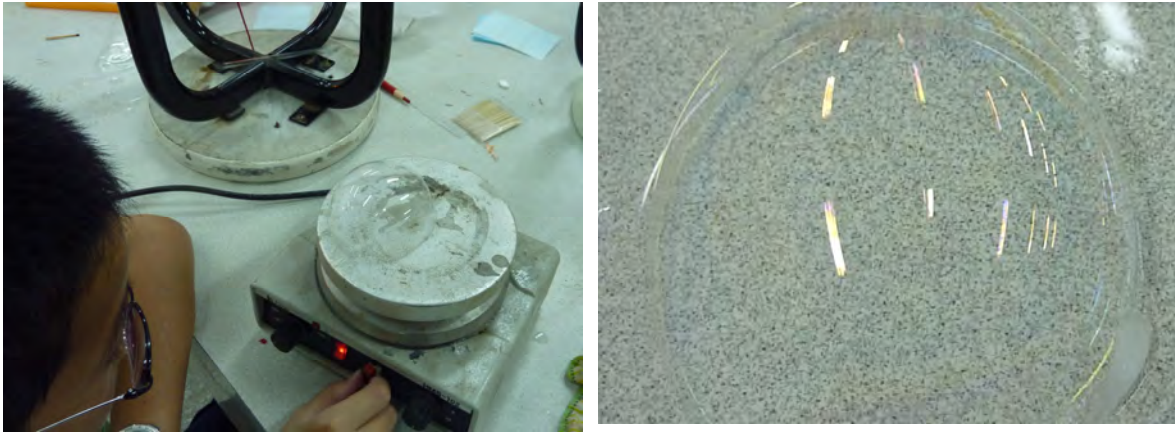
本研究結果顯示，若以有邊緣容器作測試，泡泡虹彩並無出現單氣旋形狀，去除邊壁以加熱器或玻璃板作實驗，肥皂泡沫則出現單氣旋。



圖二十二、泡泡置入容器實驗

四、升溫實驗結果

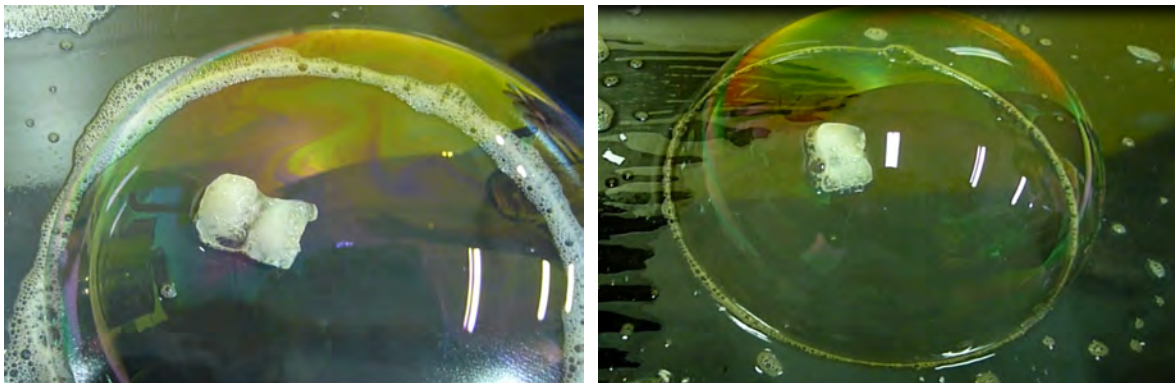
結果顯示升溫過程中，氣旋會快速形成，之後移動到側邊，溫度愈高移動速率愈快。



圖二十三、升溫實驗結果

五、降溫實驗

將冰塊置入後，泡泡虹彩皆集中在側壁，頂部虹彩量明顯減少，與加熱時現象差異甚大。



圖二十四、降溫實驗結果

六、外圍環流模擬實驗

運用三個小風扇，製造三胞環流效應，計此觀察西風與東風間的相對關係，結果顯示兩者存在負相關。

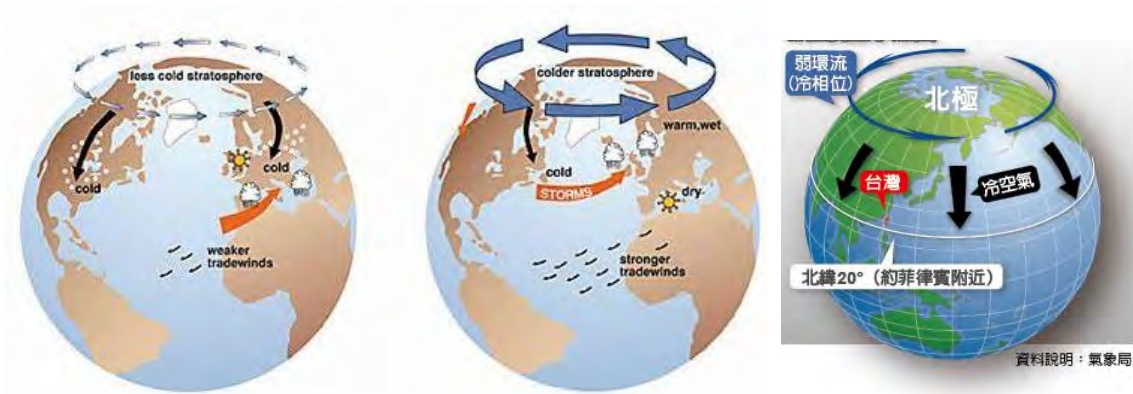


圖二十五、三胞環流實驗

陸、討論

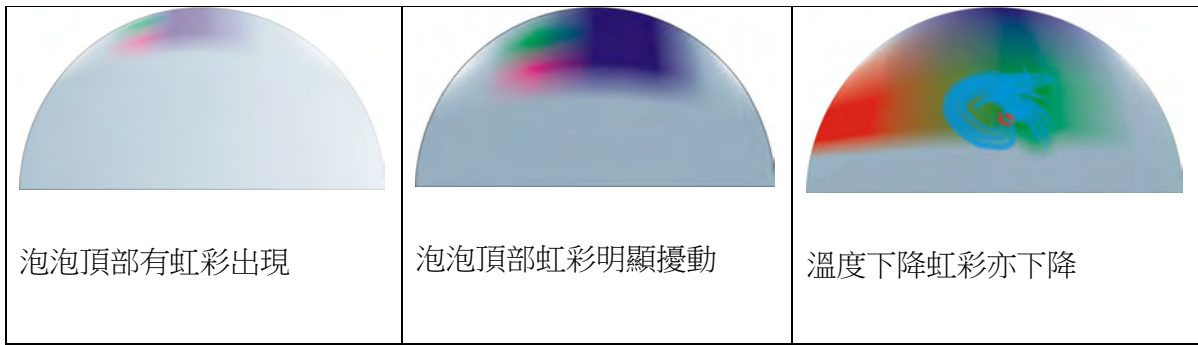
一、肥皂泡泡流動與大氣環流的對比

本研究發現肥皂泡泡可解釋北極震盪(Arctic oscillation, AO)所發生的因素，所謂北極震盪(Arctic Oscillation)是一種自然現象。當北極上空有一個低氣壓，氣流成逆時針轉動，一旦環流變強，稱為「正相位」(暖相位)，會讓北半球溫度變暖，若環流變弱，稱為「負相位」(冷相位)冷空氣向外擴散，會造成北半球中緯度特別冷。

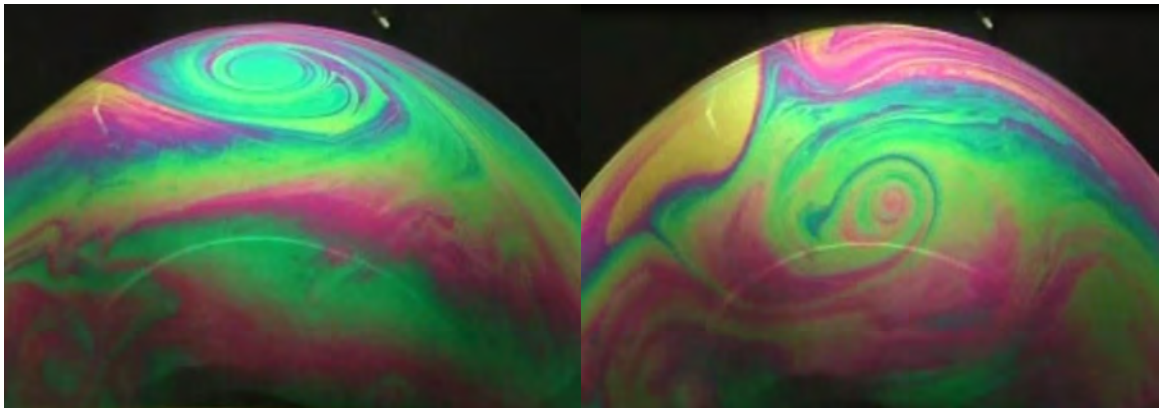


圖二十六、北極震盪示意圖

本研究觀察泡泡虹彩變化如圖所示，當在底部加熱時，泡泡顏色變化會從頂部慢慢擴散到中間，產生單氣旋後，頂部顏色漸變透明，泡泡隨即破滅。



圖二十七、泡泡虹彩變化如圖



圖二十八、泡泡虹彩變化特寫

泡泡底部加熱時，象徵氣候變暖，此時氣旋出現在頂部，低壓對流旺盛，使冷空氣鎖在極區形成一個強大的氣旋，中緯度則不受影響而形成暖冬，停止加熱後，氣旋明顯往中緯度移動，而使中緯度籠罩在氣旋之下，造成中緯度出現低溫、大風雪，有如明天過後電影情節。

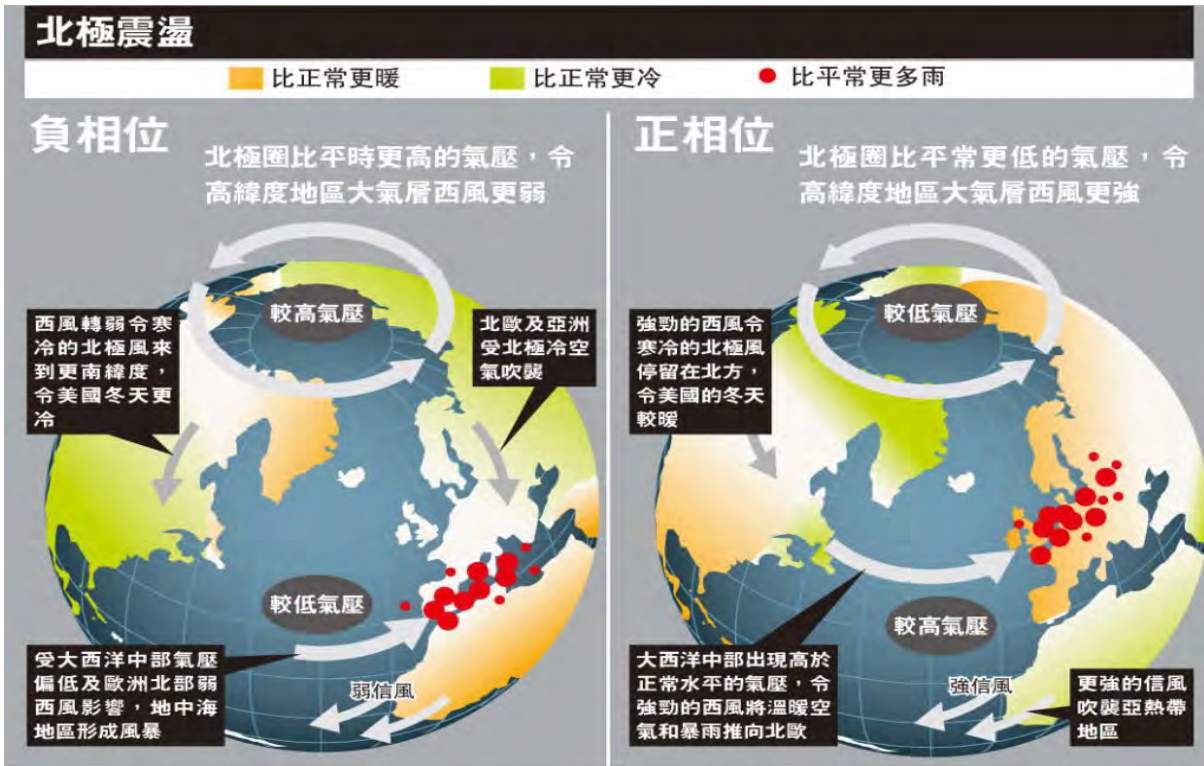
二、升溫、降溫實驗模擬暖相位、冷相位

(一)升溫

針對泡泡內部溫度變化設計，觀察泡泡虹彩變化，將泡泡內部升溫發現與北極震盪的正相位(暖相位)相當，此時大氣環流集中在頂部，溫度愈高頂部環流愈明顯，直到肥皂泡沫破裂，環流皆以頂部附近出現。

(二)降溫

泡泡內溫度下降，冷空氣因較重皆聚集在中緯度為主，環流亦下滑到中緯度的側壁，這種結果會造成中緯度產生大風雪、或驟冷的現象，與北極震盪負相位(冷相位)的情形類似，說明冷空氣釋放會造成中緯度地區的寒冬。



圖二十九、北極震盪正、負相位示意圖

三、容器形狀測試

本研究實驗結果，發覺有側壁的容器，無法造成單氣旋，而無側壁的容器則輕易產生單氣旋，經觀察得知，側壁似乎會阻擋住紊流，而無法形成氣旋，反之無側壁的容器，並無阻擋紊流形成，所以可以形成氣旋。

四、泡泡成份分析

本研究發現蜂蜜與甘油可以增加泡沫的黏度，若調製量適中，可以延長泡泡壽命，而茶葉水成為泡泡最佳的染色劑，隔夜的茶葉水效果會更加，白糖亦可以延長泡泡壽命，綜合以上結果可以整理出幾項原則：

- (一)起泡劑：為一界面活性劑，降低水的表面張力，使得易於起泡泡，此劑是泡泡水調製配方最難之處，常用的起泡劑為陰離子型、非離子型及兩性甜菜鹼等。
- (二)薄膜劑：一般為水溶性高分子，幫助起泡泡，並增強泡泡的強度，例如甲基纖維素、水解乙基纖維素、及其他纖維素衍生物、明膠、阿拉伯膠、三仙膠、PEG、PVA、PVP 等，膠水就是 PVA(聚乙烯醇)。
- (三)保濕劑：泡泡成形後，由於水的蒸發，泡泡膜乾掉，泡泡也就破掉，此保濕劑就是要保住水分，延長水分蒸發，使泡泡漂浮於空中久一些，常用的保濕劑有甘油、白糖，尿素等。

五、圓形泡泡的色彩變化數據：表四、圓形泡泡的色彩變化

次數	色彩變化
1	N→R→Y→G→B→P→R→Y→G→B→P→M→W
2	N→G→R→Y→G→B→P→M→B→P
3	N→R→G→B→P→M→P→M
4	N→R→Y→B→P→W
5	N→R→Y→B→P→R→Y→W→K

N：透明，R：紅色，Y：黃色，G：綠色，B：藍色，P：紫色，W：白色，K：黑色

肥皂泡膜的顏色變化主要是黃、藍是其常出現的顏色，而一開始時大部分皆為透明，膜較厚，最後可以明顯看到水因重力而被往下拉，膜變白、薄而破，則是這裡面最明顯的兩個階段。

柒、結論

- 一、泡泡配方若加入起泡劑、薄膜劑與保濕劑有效延長泡泡壽命。
- 二、透過肥皂泡沫虹彩紋路觀察，有助於了解大氣環流。
- 三、泡泡若不受側壁阻擋，會產生紊流造成單氣旋。
- 四、肥皂泡沫升溫或降溫，可用來解釋北極震盪正相位與負相位原因。
- 五、觀察泡泡上的顏色變化，主要是黃、藍是其常出現的顏色，之後變白破裂。

捌、參考資料及其他

壹、中文部分

- 王明星（1991）。**大氣科學**，氣象出版社，北京，416pp。
- 任明道（1990）。**肥皂泡的成因**。台灣商務出版。
- 吳宜昭（2006）。**亞洲季風區多重尺度的交互作用及其對熱帶氣旋生成的影響**。國立臺灣大學大氣科學所博士論文
- 歐陽鐘（1972）。**從肥皂泡到液晶生物**。牛頓出版。
- 傅宗玖（1987）。**冒泡的美**。民國76年6月科學發展月刊第29卷第11期p.788~P.796鄭凱天（2005）。**東亞大氣年際變化之研究與模擬**。國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。
- 蔡尚芳（1998）。**表面張力**。科學教育月刊第257期。

貳、網路資源

- 分享~神奇泡泡水製作方法（無日期）。**雅虎部落格網**。2011年1月21日，取自：
<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!VJLVOb2ZBA7U.Qw4KyFEMQ--/article?mid>
- 最好吹的泡泡（無日期）。**百度科技網**。2011年1月25日，取自：
<http://zhidao.baidu.com/question/89791166>
- 舞台上泡泡製作（無日期）。**愛魔術網**。2011年1月26日，取自：
<http://www.aimagic.cn/viewthread-2140>
- 北極震盪（無日期）。**維基百科網**。2011年1月26日，取自：
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8C%97%E6%A5%B5%E6%8C%AF%E7%9B%AA>
- 泡泡裏的行星風暴（2010,0504）。**科學影像網**。2011年1月28日，取自：
<http://scimage-tw.blogspot.com/2010/05/jupiters-storms-modelled-on-soap-bubble.html>

附錄



使用器材種覽



檢視器材內容



調配泡泡成份過程



加熱器使用過程



搬離板使用情形



泡泡成品

【評語】 030506

優點：能找出形成穩定泡泡之配方與條件。

缺點：定量實驗不足，條列式的摘要，不符合一般摘要的形式。

建議：應加強對大氣環流基本特性的了解，使實驗符合實際環境。