

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

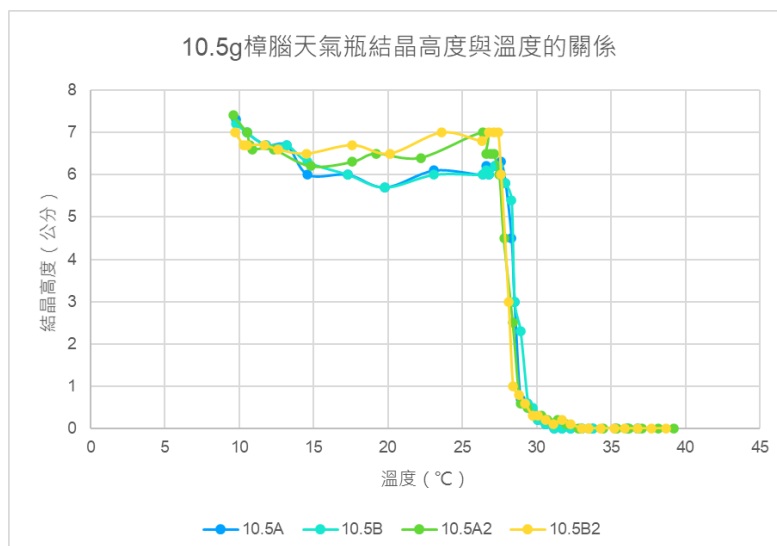
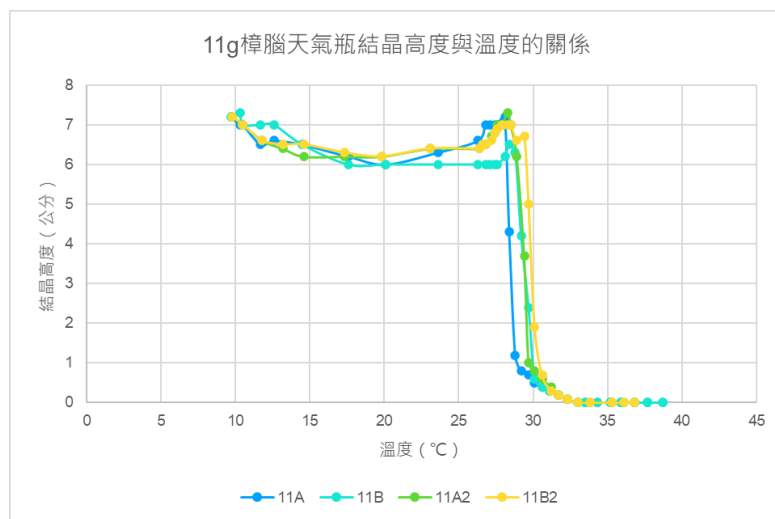
題目名稱： 客製化的天氣瓶
一、摘要
天氣瓶的結晶狀況通常與溫度有關，看到網路上有人抱怨熱帶國家的天氣瓶都看不到結晶！因此我們想為不同緯度的城市，找出適當的配方比例，製出客製化的天氣瓶。研究發現，若想看到結晶變化量少到多，而且有明顯的變化時，緯度較高的倫敦（天氣瓶發源地）和溫哥華（月均溫 4~23°C），建議樟腦量使用 8.5g 即可；臺北、洛杉磯（月均溫 10~33°C）建議使用樟腦量 9 或 10g，更低緯度的馬尼拉、新加坡（月均溫 24~33°C）建議樟腦量使用 10.5g 或 11g 皆可。若此城市的一年之中大部份的月均溫都在 13.4°C 之下，會因為天氣瓶結晶量太多，不建議使用天氣瓶。
二、探究題目與動機
前陣子在 YouTube 上看見教學製作天氣瓶的影片，出於好奇就點進去，裡面詳細介紹了製作過程，包含器具及步驟。而在影片的最後也展現了美麗的樟腦結晶，像下雪一樣堆積在瓶中。實際製作過天氣瓶之後，發現天氣瓶的結晶狀況通常與溫度有關，還看到網路上有人抱怨熱帶國家的天氣瓶都看不到結晶！我們想到因為天氣瓶的配方發源於十九世紀的英國倫敦（另有一說是來自法國），氣候溫度與熱帶國家不同，因此我們想為不同緯度的國家或城市，找出適當的配方比例，製出客製化的天氣瓶。
三、探究目的與假設
根據前人研究（黃奕愷等，2015）發現，更改樟腦與酒精的比例對天氣瓶的結晶影響比較明顯，因為在天氣瓶內的結晶主要是來自於樟腦，理論上樟腦量越高結晶量也會越多，標準配方中使用 10g 的天然樟腦，但熱帶地區全年氣溫高不易結晶，故假設應該要用更多的樟腦量才能看到結晶出現。而溫、寒帶地區全年氣溫不高，為避免結晶量太多，假設應該使用較少的樟腦量。因此本研究的目的為： 一、配置出不同樟腦量的天氣瓶，測量其出現結晶高度與溫度的關係。 二、利用溫度區間不同緯度之地區，找出各緯度適合的天氣瓶配方比例。
四、探究方法與驗證步驟
● 研究方法與過程： （一）挑選不同緯度的城市，查詢該地 1~12 月的月均溫區間。 （二）使用不同樟腦量配置天氣瓶，測量結晶高度與溫度的關係。 （三）將實驗數據進行分析，將各配方結晶高度變化與城市溫度範圍進行對比，提出建議。 ● 實驗步驟： 1. 將天氣瓶溶液配置完成後，隔水加熱完全至澄清狀態，便可自然降溫，開始每 5 分鐘測量

溫度與結晶高度。

2.若降到室溫，再加入 1 顆冰塊，持續每 5 分鐘測量溫度與結晶高度，直到溫度降低但結晶高度不再改變為止。

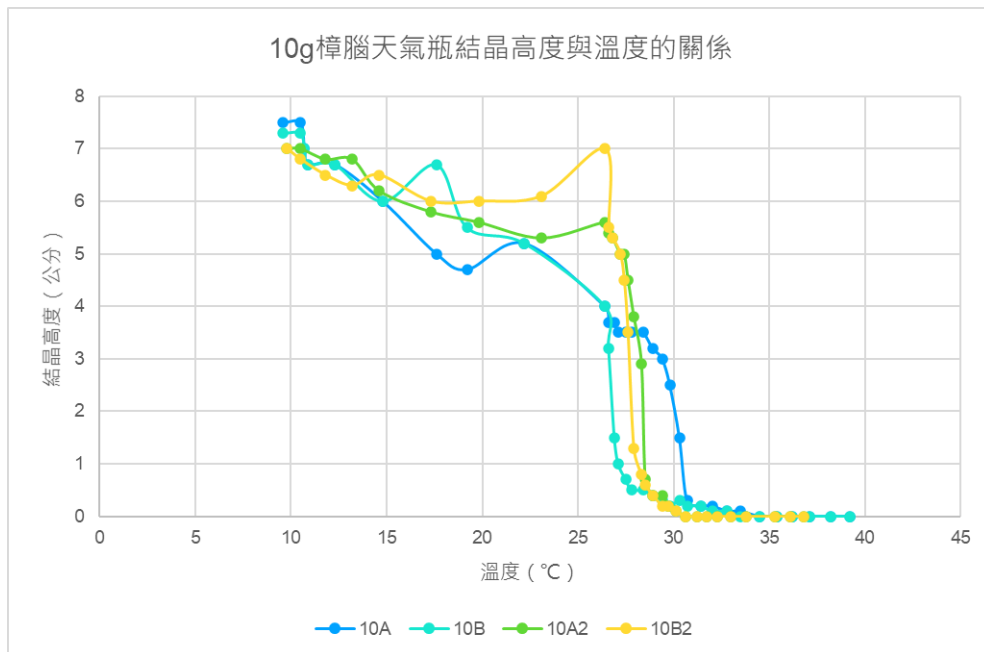
● 研究結果與討論：

1. 研究發現天氣瓶的結晶高度與溫度沒有成正比，但是大致上有溫度越低，結晶高度越高，且時常是降到了一個特定溫度時，迅速結出大量的晶體，所以要用天氣瓶當作溫度測量的工具是不準確的，但是可以欣賞天氣瓶內晶體的變化。
2. 根據圖一的結果，發現樟腦量比標準配方多的 11g 和 10.5g，31~32°C附近開始出現結晶，會在大約 28°C左右開始快速大量結晶，27~26°C就結晶到瓶頂，但是後面溫度續降的時候結晶高度測量起來會稍減，則是結晶向下沈澱的關係。



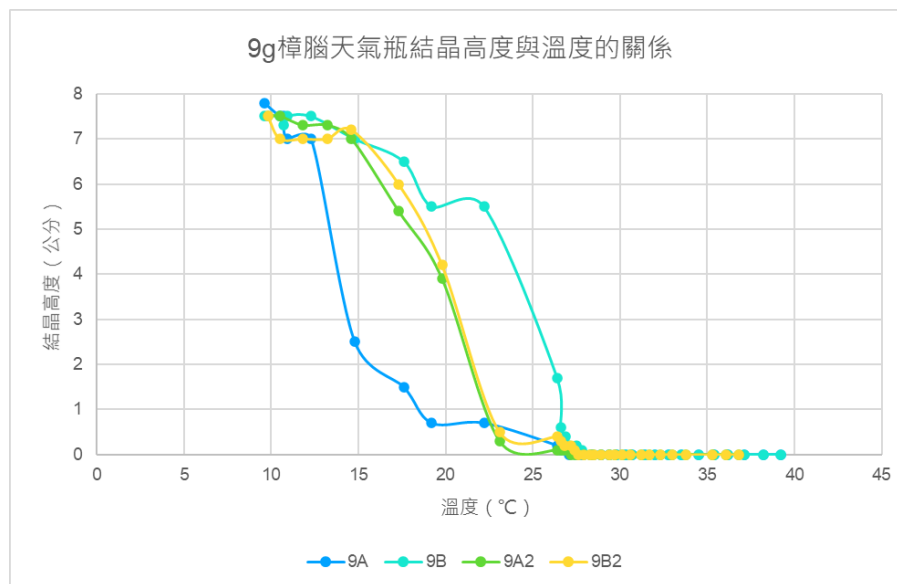
圖一 比標準配方高的樟腦量結晶高度與溫度關係圖

3. 圖二為標準配方，開始結晶的溫度約 31°C，在 28°C 開始大量結晶，結晶穩定達到瓶頂的溫度約在 10°C。

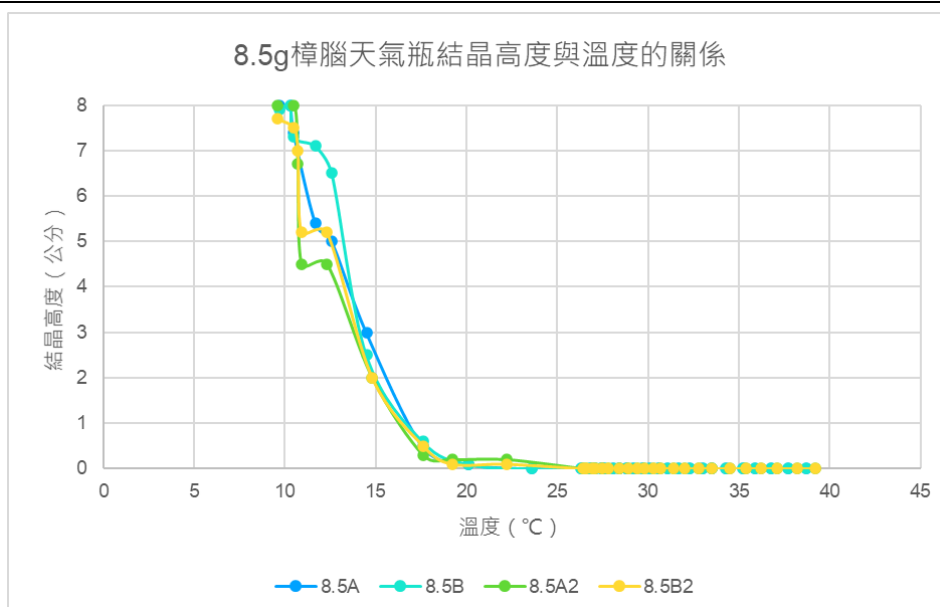


圖二 標準配方 10g 樟腦結晶高度與溫度關係圖

4. 圖三為比標準配方低，9g 與 8.5g 的樟腦量，開始結晶的溫度在 27°C，大量結晶的溫度在 19°C 和 13°C，結晶達到瓶頂的溫度約在 10°C。



77777



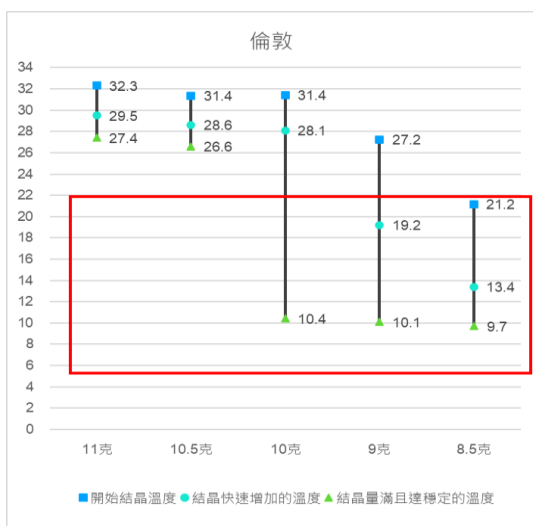
圖三 比標準配方低的樟腦量結晶高度與溫度關係圖

不同樟腦量與天氣瓶結晶出現變化時的確切溫度詳見表一。

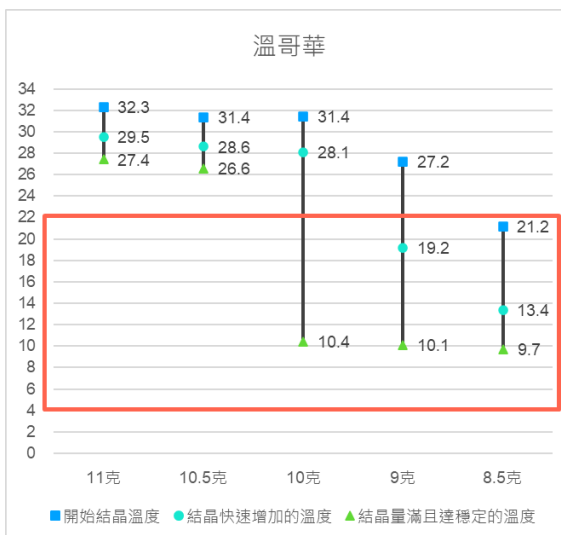
表一 結晶高度出現變化時的溫度

定義	出現 0.1cm 的結晶	首次 5 分鐘內結晶量增加超過 1 公分	穩定: 連續 15 分鐘都沒有變化
樟腦量	開始結晶溫度	結晶快速增加的溫度	結晶量滿且達穩定的溫度
11 克	32.3	29.5	27.4
10.5 克	31.4	28.6	26.6
10 克	31.4	28.1	10.4
9 克	27.2	19.2	10.1
8.5 克	21.2	13.4	9.7

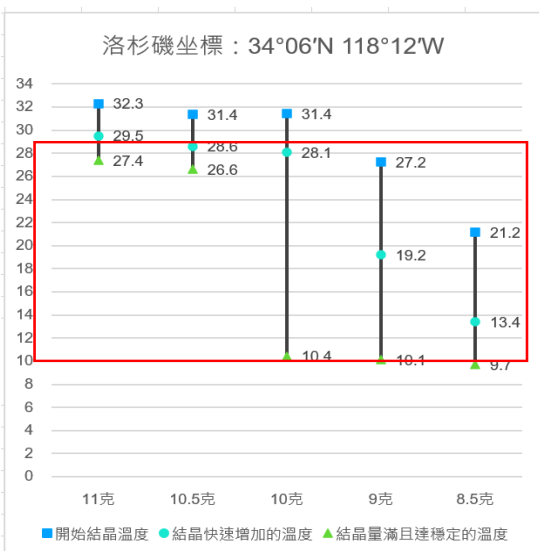
5. 依據實驗記錄結果，對比同在北半球城市的月均溫區間，挑選不同緯度的六個城市，找出比較合適的天氣瓶樟腦量配方，本研究選擇了倫敦 51°N (天氣瓶發源地)、溫哥華 49°N、洛杉磯 34°N、臺北 25°N、馬尼拉 14°N、新加坡 1°N，沒有挑選更高緯度是因為氣溫太低天氣瓶內的液體會結凍，超出本研究的實驗溫度範圍。圖五~十為六個城市對照本研究的各種樟腦量的結晶溫度範圍，比對出適用的樟腦量天氣瓶配方。



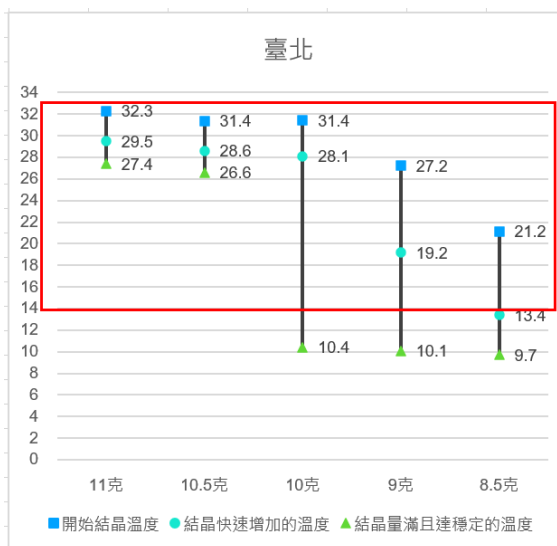
圖五 倫敦 51°N 0°W · 月均溫 6~23°C



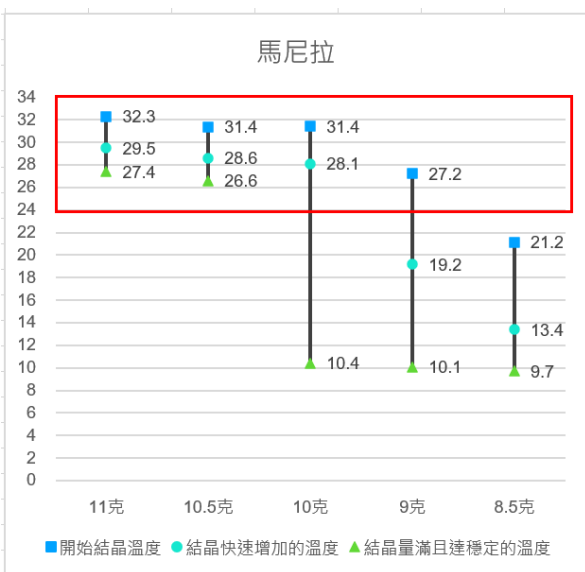
圖六 溫哥華 49°N 123°W · 月均溫 4~18°C



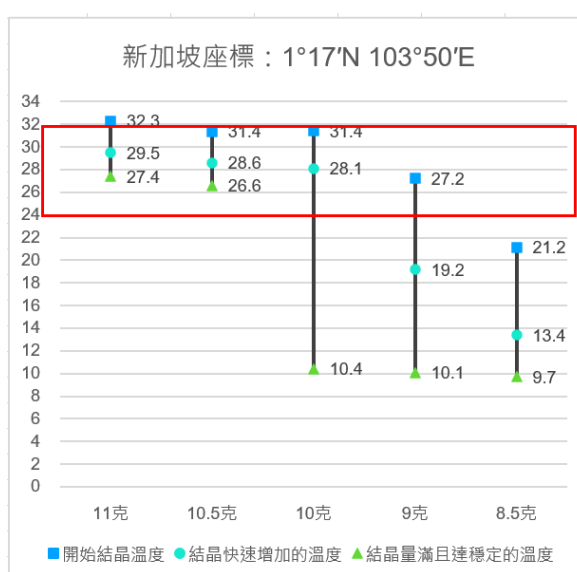
圖七 洛杉磯 34°N 118°W · 月均溫 10~29°C



圖八 臺北 25°N 121°E · 月均溫 14~33°C



圖九 馬尼拉 14°N 120°E · 月均溫 24~34°C



圖十 新加坡 1°N 103°E · 月均溫 24~32°C

6. 緯度較高的倫敦 (天氣瓶發源地) 和加拿大溫哥華，若想看到結晶變化量少到多有明顯的變化，建議樟腦量使用 8.5g 即可；臺北、洛杉磯建議使用樟腦量 9 或 10g，更低緯度的馬尼拉、新加坡建議使用 10.5g 或 11g 皆可。
7. 若要推廣到更多的城市，可依據當地的月均溫來調整樟腦量，當地夏季月均溫高溫不超過 22°C，可使用 8.5g 樟腦配方；當地月均溫在 10~28°C 之間，可使用 9g 樟腦配方；標準配方 10g 的可以適用的溫度範圍最廣，可以從 10~32°C；月均溫全年在 24°C 以上的地區，建議將樟腦量增加到 10.5g~11g 之間，但是不建議更高，我們曾經嘗試用 11.5g 的樟腦來製作，但是因為樟腦量太多，40ml 酒精無法將樟腦全部溶解，會做不出完全澄清的溶液，變成一開始就有結晶，造成實驗失敗。
8. 若以本實驗樟腦量最少的 8.5g 的結晶溫度區間來看，在 13.4°C 會出現大量的結晶，因此若此城市的一年之中大部份的月均溫都在 13.4°C 之下，會因為天氣瓶結晶量太多，看不出溫度與結晶量的明顯差異，就不建議使用天氣瓶。

五、結論與生活應用

結論：

1. 緯度較高的倫敦 (天氣瓶發源地) 和加拿大溫哥華，若想看到結晶變化量少到多有明顯的變化，建議樟腦量使用 8.5g 即可；臺北、洛杉磯建議使用樟腦量 9 或 10g，更低緯度的馬尼拉、新加坡建議使用 10.5g 或 11g 皆可。
2. 可依據當地的月均溫來調整樟腦量，當地夏季月均溫高溫不超過 22°C，可使用 8.5g 樟腦配方；當地月均溫在 10~28°C 之間，可使用 9g 樟腦配方；標準配方 10g 的可以適用的溫度範圍最廣，可以從 10~32°C；月均溫全年在 24°C 以上的地區，建議將樟腦量增加到 10.5g~11g 之間。
3. 若此城市的一年之中大部份月均溫都在 13.4°C 之下，會因為天氣瓶結晶量太多，看不出溫度與結晶量的明顯差異，就不建議使用天氣瓶。

生活應用：

不同樟腦量的天氣瓶製作並不是稀奇的事，本研究可將實驗結果找出結晶少到多的溫度區間，以及會出現大量結晶的溫度，這樣在做天氣瓶結晶觀察時，讓世界各地不同氣候條件的消費者，都可以明顯看到結晶量的變化，做出可以應用在世界各地的天氣瓶，可以在商業販售時達到最好的效果。

參考資料

黃奕愷、邱正標、謝秉均。寒暖霜晶透春秋 探索天氣瓶。中華民國第 55 屆中小學科學展覽會作品說明書

天氣瓶，國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系科學遊戲實驗室。

<https://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-033.html>

各城市月均溫和經緯度座標，維基百科。