

# 自主學習一天氣瓶實驗

學校:高雄市新莊高中

姓名:宋承育

## 摘要

透過上網閱讀文獻資料，了解天氣瓶原理，並設計了天氣瓶實驗，改變不同操縱變因，並記錄現象及統整數據，且比較文獻資料，探討與其的差異，從中進行誤差分析，並思考應該如何改進。

## 目錄

1. 研究動機
2. 研究目的
3. 文獻參考
4. 實驗器材
5. 實驗步驟
6. 實驗結果及數據統整
7. 結論
8. 反思與檢討
9. 參考資料

## 研究動機

在國中剛接觸化學課時，我覺得內容蠻有趣的，尤其是在教有實驗的單元，生成物會變色或狀態改變引起我的好奇心，在之前老師教到溶解度的單元的時候，老師只有利用曲線圖來解釋溫度對溶解度的影響，而因為我的個性是一定要看到實體的事物才能理解，因此我上網搜尋有關溶解度的實驗，就找到了天氣瓶實驗，當時看到就覺得不只外觀很漂亮，瓶內的結晶是如何形成的，引發我的好奇心，且跟我想探討的溶解度有關，因此選擇作為自主學習的主題，來了解其實驗現象，統整結果並得出結論，也希望透過這份自主學習，可以對未來想走化學、化工科系有更大的興趣及熱情。

## 研究目的

1. 透過實驗來了解天氣瓶原理，溫度以及溶質、溶液等不同因素對結晶型態的影響。
2. 學習如何設計實驗、實驗操作、彙整數據的能力、撰寫報告的能力
3. 磨練對於時間的掌握能力

## 文獻參考

天氣瓶，別名風暴瓶，由羅伯特·菲茨羅伊發明，在不同溫度、天氣下，瓶內會有不同形態的結晶，根據瓶內不同的變化，來預測天氣的變化。瓶內清澈代表晴天，朦朧代表雨天，但後來研究發現，控制天氣瓶內變化最主要的原因

是溫度，而與天氣毫無關聯，因此現在天氣瓶沒有預測天氣的價值，但因為瓶內結晶隨著外界溫度而有許多變化，而常被拿來當裝飾品。

樟腦外觀為白色固體，其特性易溶於乙醇而不易溶於水，而在室溫下樟腦結晶類似雪片形狀，因此選用樟腦來當作溶質，乙醇當作溶劑。而水、氯化銨及硝酸鉀是高極性物質，而極性大的物質易溶於極性大的物質，因此可以使樟腦對溫度的變化更敏感，促使樟腦結晶速度提升。

樟腦在混合溶液（水、乙醇、硝酸鉀、氯化銨）溶解度會因「溫度」而改變，樟腦的結晶因低溫而析出，反之，因高溫而溶解。天氣瓶中結晶的平衡溫度是  $31.4^{\circ}\text{C}$ 。所以在  $31.4^{\circ}\text{C}$  以上時，天氣瓶的樟腦結晶才有可能全部溶解為澄清透明溶液。

結晶，稱為晶體，是原子或分子凝固成高結構的形式。大部分來說，指物質從溶液中慢慢沉澱，而結晶形成結晶方法有兩種：

1. 冷卻法，將溶液冷卻，使其變為過飽和溶液，漸漸將會產生結晶，適合溶解度隨溫度下降的物質使用。
2. 蒸發法，提高溫度使溶劑減少，相對達到過飽和狀態，而產生結晶，適合用於溶解度不容易隨溫度改變的物質。

## 實驗器材

氯化銨	2.5g
硝酸鉀	2.5g
乙醇	40ml
蒸餾水	33ml
樟腦	10g
燒杯	1 個
量筒	1 個
玻璃瓶	1 個
攪拌棒	1 根

## 實驗步驟

將 2.5g 硝酸鉀和 2.5g 氯化銨溶解於 33ml 純水中製成溶液（一）

接著把 10g 樟腦溶解於 40ml 乙醇中製成溶液（二）

將溶液（一）以及溶液（二）混和，並隔水加熱攪拌至澄清，加熱溫度 30 至 40°C（加熱攪拌會加速溶解的時間）

混和後封存在試管或玻璃容器中（瓶子一定要密封，避免酒精揮發）

## 實驗結果與數據統整

### 一、實驗（一）乙醇多寡對結晶溶解度的影響

#### 實驗說明

藉由調整溶劑，來從實驗中觀察對結晶程度的影響，因此將乙醇在此實驗中設定為溶劑，而樟腦粉為溶質，並假設對照組為恰飽和溶液，設計實驗組（一）及實驗組（二），並調整其溶劑的多寡 $\pm 10\text{ml}$ ，如表(一)。

表（一）

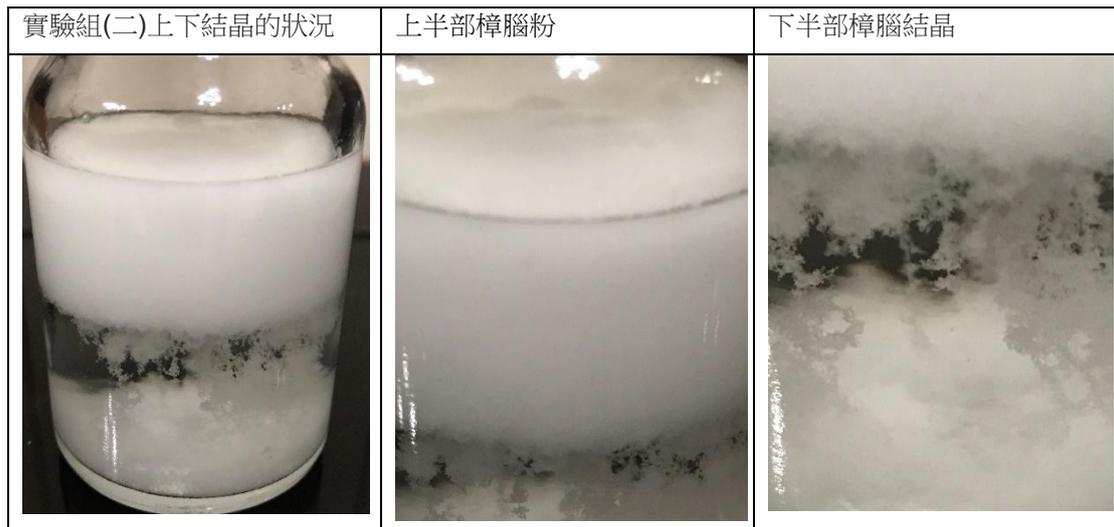
實驗名稱	乙醇	蒸餾水	樟腦	氯化銨	硝酸鉀
對照組	40ml	33ml	10g	2.5g	2.5g
實驗組(一)	50ml	33ml	10g	2.5g	2.5g
實驗組(二)	30ml	33ml	10g	2.5g	2.5g

#### 實驗觀察

實驗觀察到在溶液剛混合完後，對照組瓶內有許多的白色細小固體漂浮在溶液中，而實驗組（一）為完全透明，相反的實驗組（二）瓶內幾乎為白色固體。而隨著時間越久，對照組開始析出類似雪片狀的結晶，實驗組（一）仍然保持透明，實驗組（二）瓶內白色固體也不隨時間有所減少。經過了一天，對照組析出了許多大片白色結晶沉到瓶底，在實驗組（二）觀察到更多溶質析出並從析出溶質中觀察到，上半部的白色物體為粉末狀，而下半部的白色物體為結晶狀，且在結晶的定義中，是需要藉由未飽和溶液變成飽和溶液過程中，析出的溶質所形成的。因此，推測上半部的白色物體為完全沒有溶進乙醇的樟腦粉，而下半部為經過溶解，又因溫度下降而析出的樟腦結晶。

實驗結果

對照組	實驗組一(乙醇 50ml)	實驗組二(乙醇 30ml)
剛混合完的結果		
		
30 分鐘的結果		
		
1 小時的結果		
		



### 實驗結論

從實驗中，觀察到透過調整乙醇量，增加就會讓溶質完全溶解，並讓溶液澄清，形成未飽和溶液，反之，減少就會讓更多溶質無法溶解，並讓溶液更混濁，也從其溶質得知，上半部的白色物體為尚未溶解的樟腦粉，下半部的白色物體為溶解後又析出的樟腦結晶，並非完全為結晶。

## 二、實驗(二)樟腦多寡對結晶溶解度的影響

### 實驗說明

藉由調整溶質，並從實驗中觀察對結晶程度的影響，因此將乙醇在此實驗中設定為溶劑，樟腦粉為溶質，並假設對照組為恰飽和溶液，設計實驗組(一)及實驗組(二)，並調整其溶質的多寡 $\pm 5g$ ，如表(二)。

表(二)

實驗名稱	乙醇	蒸餾水	樟腦	氯化銨	硝酸鉀
對照組	40ml	33ml	10g	2.5g	2.5g
實驗組(三)	40ml	33ml	5g	2.5g	2.5g
實驗組(四)	40ml	33ml	15g	2.5g	2.5g

### 實驗觀察

從文獻上得知，水、氯化銨及硝酸鉀的目的皆為使樟腦與乙醇對溫度更加敏感，因此控制結晶狀況的因素為乙醇及樟腦，而本實驗以樟腦多寡為操縱變因，在實驗組(三)，減少樟腦數量，從隔水加熱完放置室溫下到一小時，瓶內皆未有任何物體，進而推測溶質減少，溶劑不變，導致原本的恰飽和溶液變成未飽和溶液，而使溶液變澄清，在實驗組(四)中，在隔水加熱時發現瓶內樟腦完全無法溶解，猜測其原因為溶質過多，超過乙醇能溶解的數量，而有許多白色沉澱物，因此不管放置多久，瓶內皆為混濁。

實驗結果:

對照組	實驗組(三)	實驗組(四)
0 分鐘結果		
		
30 分鐘結果		
		
1 小時結果		
		

實驗結論

從實驗中我觀察到，利用調整樟腦數量，增加會讓溶質無法溶解，並讓容易更加混濁，形成飽和溶液，反之，減少就會讓溶質完全溶解，並使容易變為未飽和溶液，進而讓溶液變澄清，並在此實驗中，我發現結論與調整乙醇實驗之結論恰好相反，因為在溶解度中，溶質與溶劑扮演相對的角色，當溶劑增加，也

代表溶質相對減少，以此類推，最後得到實驗並不一定只能透過一個變因來驗證，而是可以透過不同變因來驗證同一項實驗。

### 三、實驗（三）溫度變化速度對結晶狀態的影響

#### 實驗說明

從文獻資料得知，影響天氣瓶內的結晶變化最主要的原因為溫度，因此將溫度變化速度設為操縱變因，對照組以自然冷卻的方式，讓天氣瓶溫度慢慢回到常溫，而實驗組（五）利用冰塊快速冷卻的方式，讓溫度迅速降至常溫，來觀察兩者瓶內結晶型態的差異。

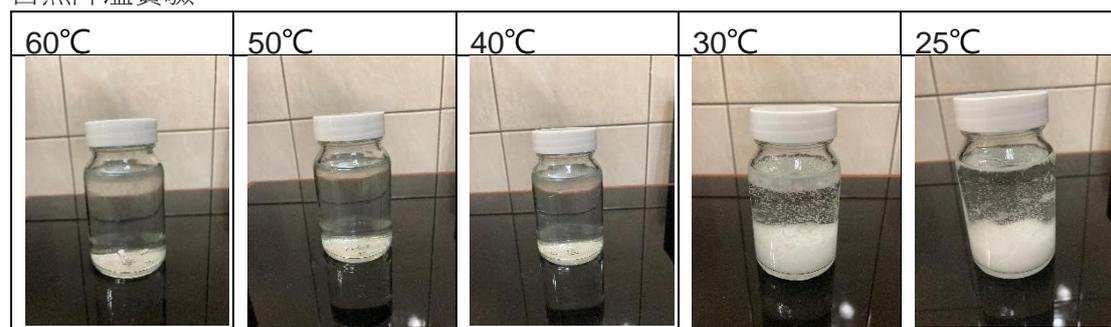
#### 實驗觀察

在實驗的過程中，我皆用對照組的比例以不同的溫度變化速度去觀察結晶，首先我先將溶液隔水加熱至  $60^{\circ}\text{C}$ ，並發現溶液變澄清，而當我將溫度下降至  $50^{\circ}\text{C}$ 時，瓶內看不見任何結晶，而下降至  $40^{\circ}\text{C}$ 時，溶液依然澄清，直到下降至  $30^{\circ}\text{C}$ 時，溶液開始有白色結晶，並發現結晶為白色顆粒，形狀類似雪片，到了  $25^{\circ}\text{C}$ 常溫狀態的結晶，跟  $30^{\circ}\text{C}$ 時外型類似，皆為雪片狀，可不同於  $30^{\circ}\text{C}$ 的是，裡接著是做從快速降溫的實驗，我一開始一樣先將溶液隔水加熱至  $60^{\circ}\text{C}$ ，接著瞬間把溶液取出，放置  $15^{\circ}\text{C}$ 的水裡冷卻，而也因為更低溫，而讓更多溶質析出。

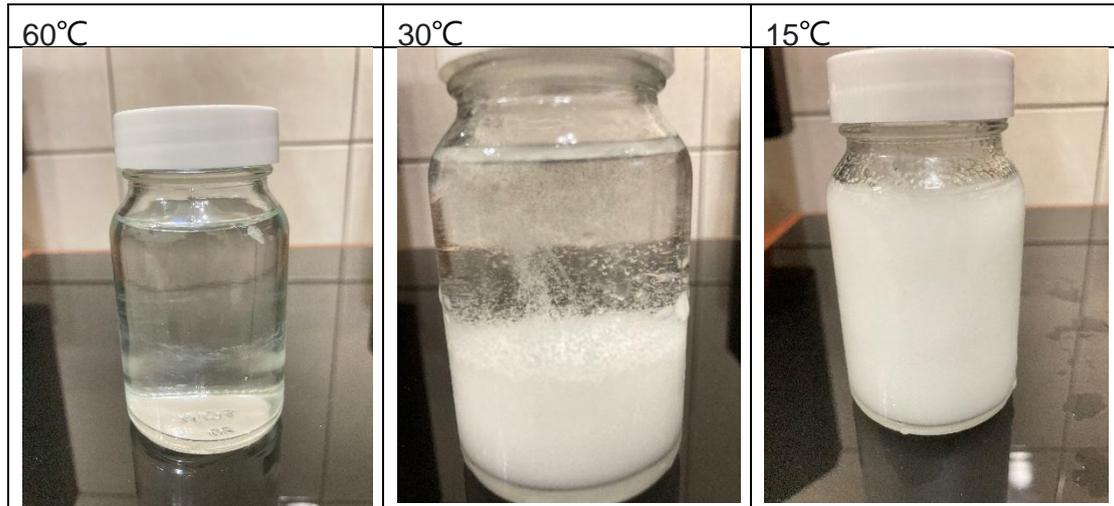
而兩個實驗中，我觀察  $25^{\circ}\text{C}$ 的結晶狀況，發現兩種不同的形狀結晶，在自然降溫時，裡面的白色結晶類似雪片狀，而在快速降溫時，白色結晶較為顆粒較細小，較密集。

#### 實驗結果

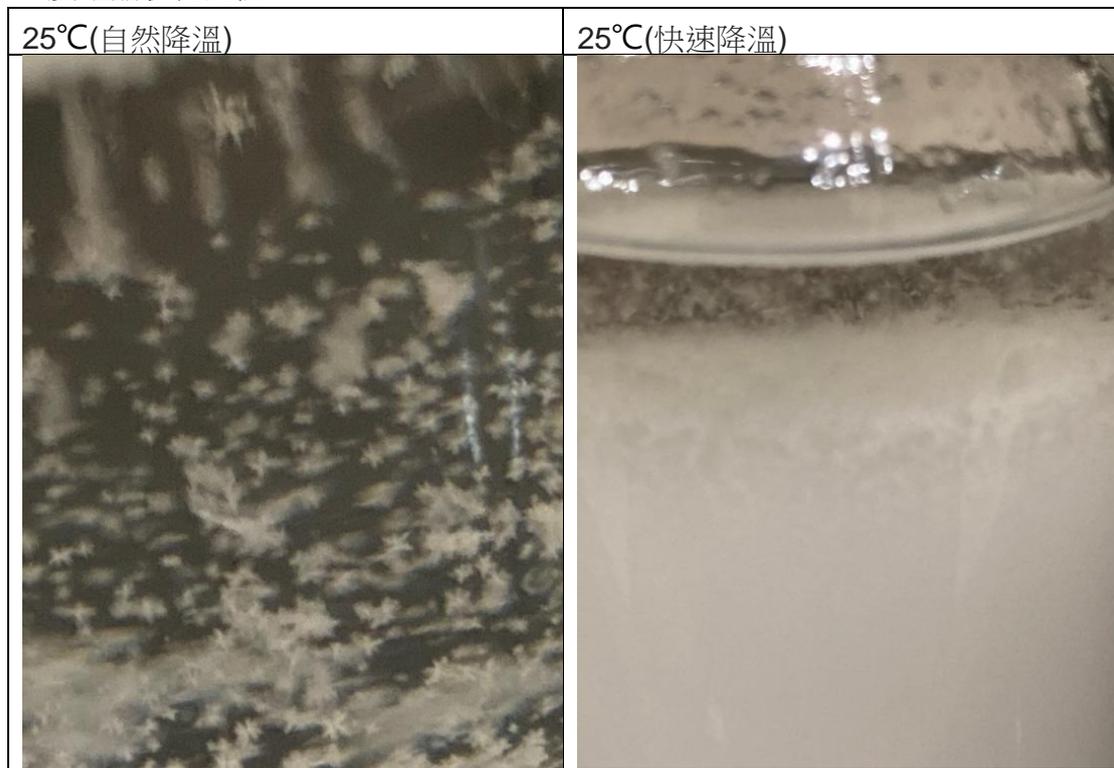
##### 自然降溫實驗



### 快速降溫實驗



### 25 度結晶狀況比較



### 實驗結論

從兩實驗中，我觀察到溶液在高溫時，溶解度較高，使溶液變成未飽和溶液，因此溶液較澄清，反之在低溫時，溶解度較低，使溶液變成飽和溶液，而使溶液較混濁，從此得知，樟腦溶液的溶解度是隨著溫度而改變的，而從實驗結果比較，我觀察到由自然降溫的結晶形狀類似雪片，而由快速降溫的結晶是較細小密集的，因此推測，會導致此結果是因為當自然冷卻時，溫度慢慢變化，結晶是慢慢形成，透過時間慢慢堆疊，進而變的較細緻，類似雪片，而快速冷卻時，因溫度變化速度太快，而導致結晶速度變快，無法形成較大結晶，因此結晶較細小密集。

## 結論

根據天氣瓶原理，我分別設計三組實驗來觀察，從改變溶質與溶劑的實驗中，透過調整溶質溶劑數量，得知影響樟腦溶液在飽和溶液與未飽和溶液之間的變化，當溶質變多時，相對的溶劑較少，原本的溶液已是恰飽和溶液，因此溶液變得混濁，反之，當溶質減少時，相對的溶劑較多，恰飽和溶液變為未飽和溶液，因此溶液變得澄清，而因結晶的定義是溶質透過溶解在析出，才得到結晶，透過溶質較多觀察到，因上半部物體為全沒溶解，因此得出上半部白色物體為樟腦粉末，下半部為樟腦結晶，我從樟腦結晶析出狀況可以得知，無論怎麼改變溶質或溶劑，皆無法改變其溶解度，也能應證教科書中，溶解度無法透過調整溶質及溶劑來改變，而在溫度的實驗中，透過調整降低溫度的速度，當溫度變化緩慢時，結晶透過時間慢慢堆疊，形成類似雪片狀，而在溫度變化較快時，結晶快速析出而使形狀變得較細小較密集，而也觀察到在  $30^{\circ}\text{C}$  時，瓶內有結晶的情形，也應證了上述天氣瓶原理在  $31.4^{\circ}\text{C}$  時為其平衡溫度，因此慢慢析出結晶。

## 反思與檢討

### 1. 實驗設計心得

在這次的自主學習中，因沒有經驗設計實驗，在思考如何改變操縱變因就花了許多時間，雖然溶解度大家都學過，影響最大的因素就是溫度，因此我有將此變因放入選擇，可是只單單做溫度又覺得有點無趣，想說大家都做自然冷卻，為何不試試看快速冷卻，因此選擇比較自然冷卻與快速冷卻作為操縱變因。

在做此實驗之前，我又很好奇課本上都說改變溶解度的因素只有溫度以及壓力，為甚麼其他溶質跟溶劑不能影響，因此我設計了兩組不同的實驗，將其他因素都控制，一組只改變溶質的量，另一組只改變溶劑的量，來觀察溶解度是否有變化。

### 2. 實驗觀察心得

其中令我印象深刻的是，在我進行溶劑溶質實驗時，意外發現瓶內的白色固體大致分成粉末狀以及結晶狀，我很好奇兩個為什麼，就跑去網路搜尋結晶，才曉得原來結晶是要透過溶進液體再析出才算結晶，所以才會有形狀不同的情況發生，我覺得透過觀察這種細小的不同，發現更多原因跟原理的過程很有趣，不但能引起我好奇心，且還可以了解更多原理現象。

### 3. 誤差分析

而我覺得這次實驗，比較有問題的是溫度的實驗，因為我是用冰水來快速冷卻，在途中也有可能溫度會因為環境因素，導致瓶內溫度改變，且利用玻璃瓶觀察溫度，我只能將溫度計插在外面降溫的水中，此作法可能會有誤差，因為無法得知玻璃瓶內溫度是否跟外在溫度相同，應該使用燒杯觀察現象，不但溫度計可以測量準確，觀察也較方便。

### 4. 實驗過程轉折

起初，我一開始在計劃表上設定要做三組實驗，我也照著計劃進行，可是因為在實驗設計花了許多時間，在計畫的尾聲，我曾經有選擇過在此報告中是否要留下溶劑的實驗，因為感覺結果都與溶質實驗相反，很浪費時間，但我後

來發現，這個實驗正是我應該留下來作為檢討自己的，應該先想到溶質改變就相對於改變溶劑，預期結果應該為相似。下次在設計實驗時，應該製作實驗預報，先想好是否兩實驗有重疊性，避免造成浪費時間。

## 5. 總結

透過這次實驗，我發現我還有許多需要改進的地方，應該要在更穩定的環境下操作，才能使實驗精確，且讓我學到不應該把失敗或失誤的實驗給隱藏起來，反而要去正視問題，並想方法去解決問題，才是正確的科學精神。也從這次機會，讓我找到對化學的興趣，因為有細微的發現而能找出更多答案，我覺得這個過程能讓我收穫許多。

## 參考資料

1. 天氣瓶原理。  
取自：維基百科。  
網址：<https://reurl.cc/k7DVkb>
2. 實驗步驟及實驗器材。  
取自：天氣瓶教學紀錄原理學習單 - 黑熊老師的家  
網址：<https://reurl.cc/l9GRdY>
3. 結晶方法。  
取自：結晶- 溶質以晶體的形式析出 - 中文百科知識  
網址：<https://reurl.cc/Wkl5MD>