

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

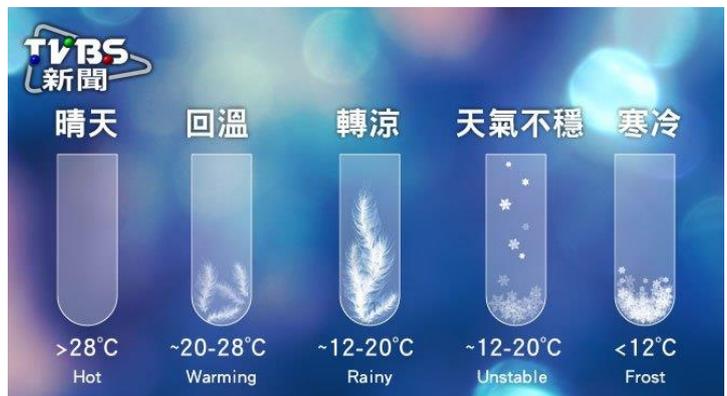
題目名稱：天氣瓶

一、摘要

本實驗目的在於製作出能夠在東南亞地區使用的天氣瓶。市面上的天氣瓶結晶溫度的範圍為攝氏 15 度 ~ 25 度之間，於 30 度左右結晶便會完全溶解，但東南亞地區日常平均溫度都在 30 度以上，所以本實驗透過探討酒精與樟腦對於結晶溫度的變化，製作出能夠在東南亞氣候下結晶的天氣瓶。

二、探究題目與動機

天氣瓶，是一種歐洲曾在 18 世紀~19 世紀時用於天氣預報工具。天氣瓶裡面會放有特製液體(乙醇和樟腦)，並因不同的溫度導致液體從透明逐漸產生出白色晶體，並透過晶體的型態判斷天氣。另外，天氣瓶已經被證實無法用來預測天氣，只能反映當下的溫度作為簡易的溫度計。市面上的天氣瓶大多在攝氏 15 度 ~ 25 度之間結



圖(一)結晶對照之氣候圖

晶，越南屬於熱帶地區的國家，僅僅是室溫就超過了 30 度，恰好是結晶溶解的溫度。既然如此，身處東南亞的我們豈不是無法使用了？所以我們想要透過實驗了解其原理並製作出能適應東南亞溫度變化的天氣瓶。

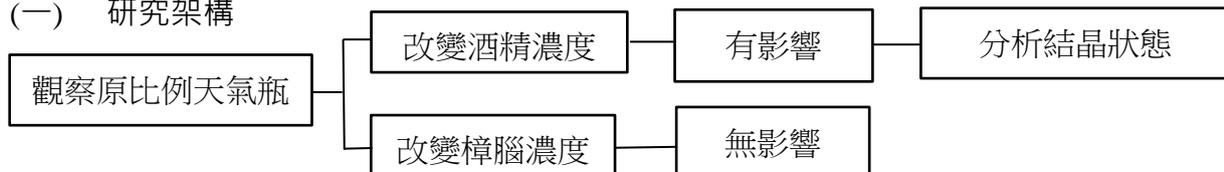
三、探究目的與假設

目的：製作出能適應東南亞氣候溫度的天氣瓶。

- (一) 溫度會對樟腦的結晶產生影響。
- (二) 樟腦的比例會對結晶溫度產生影響。
- (三) 酒精的比例會對結晶溫度產生影響。

四、探究方法與驗證步驟

(一) 研究架構



圖(二) 研究架構

(二) 研究設備與器材

硝酸鉀 KNO_3 、氯化銨 NH_4Cl 、樟腦 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ 、酒精 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、水 H_2O 、燒杯、試管、橡膠塞、溫度計、酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架、玻棒、測量紙、電子秤、量筒、冰塊。

(三) 研究方法：改變天氣瓶內樟腦與酒精的比例並觀察其結晶生成的溫度是否有變化

1. 天氣瓶的製作

市面上的天氣瓶成分比例

硝酸鉀 KNO_3	2.5g
氯化銨 NH_4Cl	2.5g
樟腦 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	10g 或 8g
水 H_2O	33mL
酒精 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	40mL

- (1) 將 10g 樟腦倒入盛有 40mL 酒精的燒杯，攪拌均勻後作為 A 溶液。
- (2) 分別秤取 2.5g 硝酸鉀和 2.5g 氯化銨倒入裝有 33mL 水的燒杯，攪拌均勻後作為 B 溶液。
- (3) 將 A、B 溶液倒入試管混合，並塞上橡膠塞密封，此時會產生大量結晶。
- (4) 將試管隔水加熱至結晶消失，此時試管內的溶液應呈透明。
- (5) 靜置冷卻後即完成。(靜置一周後結晶較為穩定。)

2. 溫度會對樟腦的結晶產生影響

為觀察天氣瓶是否能依照溫度變化而有不同結晶，我們將燒杯裝滿冰水，記錄天氣瓶從攝氏 12 度 ~ 30 度的結晶狀態。

原比例天氣瓶之溫度變化

溫度	是否結晶	結晶狀態	是否分層
12 ~ 16	是	上澄清，中雪花，下棉絮狀	否
18 ~ 26	是	上澄清，下雪花狀	否
28 以上	否	無結晶	否

根據上述實驗可以發現，天氣瓶在攝氏 16 度以下時的結晶最多且最緊密，為棉絮狀

居多。隨著溫度上升，結晶的數量變少且開始變得越來越大，呈雪花狀居多，而溫度超過 28 度時就不會再產出結晶了，甚至結晶會全部溶解回透明溶液。於是我們假設酒精及樟腦會對結晶開始產生的溫度造成影響。

3. 改變樟腦及酒精的比例

- (1) 將樟腦的比例做為操縱變因，並觀察調整過樟腦比例的天氣瓶是否能在 30 度結晶。

改變樟腦的比例

酒精	樟腦	12 度	30 度
40mL	5g	無結晶	無結晶
40mL	7.5g	有結晶	無結晶
40mL	8.5g	有結晶	無結晶
40mL	10g(原比例)	有結晶	無結晶
40mL	15g	有結晶	無結晶

根據上表可以得知，減少樟腦的比例對結晶產生的溫度影響不大，甚至當樟腦只有 5 克時，低溫也無法產生結晶。而增加樟腦會使天氣瓶內的溶液變成飽和溶液，變得整瓶都是結晶且在 35 度下無法完全融化，要不斷加熱直至 60 度以上才能變回澄清。

- (2) 將酒精的比例做為操縱變因，並觀察調整過酒精比例的天氣瓶是否能在 30 度結晶。

改變酒精的比例

酒精	樟腦	12 度	30 度
20mL	10g	有結晶	有結晶、有分層
30mL	10g	有結晶	有結晶
35mL	10g	有結晶	有結晶
40mL	10g(原比例)	有結晶	無結晶
60mL	10g	無結晶	無結晶

由上表可知，減少酒精的比例會影響結晶產生的溫度。反之，增加酒精的比例會使樟腦全部溶解於酒精內，無法產生結晶，所以我們接下來選擇前三組能在 30 度下結晶的配方進行觀察。

4. 溫度對調整過酒精比例的天氣瓶之結晶變化

根據上述兩個實驗得知，會對天氣瓶產生結晶的溫度產生影響的是酒精的含量，於是我們將 20mL、30mL 及 35mL 三個不同酒精含量比例的天氣瓶分別放入冰水中並記錄於不同溫度下其結晶變化。

20mL 酒精之天氣瓶

溫度	是否結晶	結晶狀態	是否分層
12 ~ 22	是	上結晶，中、下棉絮狀	是
24 ~ 28	是	上結晶，中棉絮狀，下澄清	是
30 ~ 36	是	上結晶，中雪花狀，下澄清	是

上層的分層結晶成一大塊晶體堵塞在試管中央，推測其原因為試管中的樟腦過量，酒精及樟腦混和成的溶液 A 形成過飽和溶液，其中，樟腦難溶於水但易溶於酒精的特性，造成酒精與水的溶解度下降，導致多餘的樟腦和酒精一同析出，形成液態晶體，並漂浮於密度較大的 B 溶液(水、硝酸鉀和氯化銨) 及少量 A 溶液的混合溶液之上。

驗證推測：上方分層的溶液是否為酒精和樟腦的混合液？我們將加熱後的上層分層(液態)放入培養皿中點火燃燒，發現可以成功點燃，代表其成分必為可燃的酒精及樟腦的混合溶液。

30mL 酒精之天氣瓶

溫度	是否結晶	結晶狀態	是否分層
12 ~ 24	是	上澄清，中雪花狀，下棉花狀	否
26 ~ 30	是	上澄清，中、下雪花狀	否
32 ~ 36	是	上澄清，中、下雪花狀及樹枝狀	否

35mL 酒精之天氣瓶

溫度	是否結晶	結晶狀態	是否分層
12 ~ 22	是	上澄清，中雪花狀，下棉花狀	否
24 ~ 28	是	上澄清，中、下雪花狀	否
30 ~ 36	是	上澄清，中、下雪花狀及樹枝狀	否

30mL 及 35mL 酒精比例的天氣瓶結晶皆正常，可在越南室溫下結晶，且不會有分層問題。當溫度越高時，結晶累積的高度愈低且結晶大小愈來愈大，開始有稜角，反之，則結晶個數愈多，結晶大小愈小。由此得知，30mL 和 35mL 酒精比例的天氣瓶可以在東南亞地區使用。

五、結論與生活應用

結論：

- (一) 溫度的高低會影響天氣瓶內樟腦的結晶型態
- (二) 天氣瓶內樟腦的比例對樟腦本身產生結晶時的溫度影響不大。
- (三) 酒精的含量對天氣瓶內樟腦的結晶會產生影響：
 - (1) 天氣瓶內的酒精量在 30mL 和 35mL 可明顯觀察出變化：

30mL 及 35mL 酒精比例的天氣瓶結晶正常，可在越南室溫下結晶，且不會有分層問題。所以，30mL 和 35mL 酒精比例的天氣瓶可以在東南亞地區使用。

- (2) 天氣瓶內的酒精量在 20mL 時會在室溫下產生分層，而且分層嚴重，無法判斷出氣溫高低，所以，天氣瓶內的酒精必需有一定的量，根據上述，我們推測在東南亞使用的天氣瓶，其瓶內酒精的量必需大於 30ml，而在酒精量 30ml 到 40mL 之間，酒精量越少，樟腦結晶時的溫度越高。

生活應用：

- (1) 市面上的天氣瓶配方在東南亞國家的氣候下只會呈現完全澄清，也就是「晴朗」的狀態。但若使用酒精比例較低的天氣瓶，便可以生產出在副熱帶國家地區的氣候才能夠出現的結晶，所以天氣瓶適用的國家範圍就可以擴大了。
- (2) 市面上販售的水晶球是驅動馬達產生風力吹散泡沫造成下雪的效果，容易沒電且為了加裝馬達底座造成商品體積略大，如果利用天氣瓶的原理可以透過自然環境的溫度達到降雪的效果，不僅可以省去馬達的用電也可以節省成本。

參考資料

- (一) NTCU 科學遊戲 Lab 天氣瓶: <http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-033.html>
- (二) DIY 天氣瓶(Storm Glass)-製作出專屬的初雪吧!: <https://www.lifechem.tw/blog/141102>
- (三) 以「瓶」窺天--- 天氣瓶結晶變化與溫度改變之探究: [news_1006034917.pdf](#)
- (四) (PDF)Investigating the Relationship between Temperature and Crystal Growth of Storm Glass ([researchgate.net](#))

(五) 天氣預報瓶，真能預測天氣？: <https://m.guokr.com/article/439849/>