

# 彰化縣 109 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選 作品說明書（內文）

## 第一階段 研究訓練階段

### 一、 近二年學校獨立研究課程之規劃

#### （一） 獨立研究課程的目的：

1. 培養學生研究的興趣與精神
2. 提供學生實際研究的經驗
3. 加強學生研究方法的訓練
4. 培養學生獨立及自學的能力
5. 提高學生問題解決的能力
6. 發展學生高層思考的能力

#### （二） 獨立研究課程規劃原則：

	課程安排	師生參與課程方式
五年級	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 以獨立研究為課程主軸。</li><li>2. 獨立研究作品評析。</li><li>3. 以個人或分組方式進行獨立研究。</li><li>4. 完成作品並發表。</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 全部學生皆需修課。</li><li>2. 分成數學、自然與生活科技和人文科學三組。</li><li>3. 各作品有第一指導老師，另協同指導。</li></ol>
六年級	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 以專題研究、科展研究為課程主軸。</li><li>2. 科展作品、專題報告之評析。</li><li>3. 以個人或分組方式進行科展研究。</li><li>4. 完成作品並發表。</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 全部學生皆需修課。</li><li>2. 分成數學、自然和生活應用科學三組。</li><li>3. 科展研究採分組進行研究和指導。</li><li>4. 各作品有第一指導老師，另協同指導。</li></ol>

## 二、學校如何提供該生獨立研究訓練

### (一) 獨立研究基礎能力課程：

單元名稱	授課內容摘要
如何選定研究主題	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 研究主題的分類。</li><li>2. 研究主題實例討論。</li><li>3. 練習訂定不同類別的研究主題。</li><li>4. 研究主題分享和討論。</li></ol>
如何收集參考資料	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 參考資料有哪些。</li><li>2. 收集參考資料的管道和可利用的工具。</li><li>3. 分享和討論。</li></ol>
篩選並統整參考資料	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 參考資料的歸檔和分類。</li><li>2. 參考資料的呈現。</li><li>3. 分享和討論。</li></ol>
研究方法與計畫	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 認識研究方法。</li><li>2. 依主題決定研究方法並擬定研究計畫。</li><li>3. 分享並討論研究方法與計畫。</li></ol>
問卷的編製	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 認識問卷編製的方法和過程。</li><li>2. 問卷編製練習和實作。</li><li>3. 問卷的分享和討論。</li></ol>
資料的統計與分析	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 問卷資料的轉換和建檔。</li><li>2. Excel 程式的介紹和練習。</li><li>3. 問卷資料的統計和分析結果。</li><li>4. 分享分析結果和討論</li></ol>
自然科學獨立研究	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 閱讀自然科學類獨立研究。</li><li>2. 找尋相關主題並訂定子題。</li><li>3. 收集相關資料並進行文獻探討。</li><li>4. 擬定研究方法和計畫。</li><li>5. 分享並討論研究計畫。</li></ol>

<p>人文社會獨立研究</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 閱讀人文社會類獨立研究。</li> <li>2. 找尋相關主題並訂定子題。</li> <li>3. 收集相關資料並進行文獻探討。</li> <li>4. 擬定研究方法和計畫。</li> <li>5. 分享並討論研究計畫。</li> </ol>
<p>數學獨立研究</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 閱讀數學類獨立研究。</li> <li>2. 找尋相關主題並訂定子題。</li> <li>3. 收集相關資料並進行文獻探討。</li> <li>4. 擬定研究方法和計畫。</li> <li>5. 分享並討論研究計畫。</li> </ol>
<p>實驗式獨立研究</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 閱讀實驗式獨立研究。</li> <li>2. 找尋相關主題並訂定子題。</li> <li>3. 收集相關資料並進行文獻探討。</li> <li>4. 擬定研究方法和實驗計畫。</li> <li>5. 分享並討論研究計畫。</li> </ol>
<p>研究問題、 困難的解決</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 進行研究時如何發現問題和困難。</li> <li>2. 記錄研究時產生的問題和困難</li> <li>3. 找尋解決問題、困難的方法和資源。</li> </ol>

(二) 獨立研究作品實作課程：

單元名稱	授課內容摘要
獨立研究主題初探	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 從日常生活中找尋想要研究的主題。</li><li>2. 蒐集與主題相關研究的資訊。</li><li>3. 分析研究主題的困難和可行性。</li></ol>
擬定工作進度表	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 研究工作之分析。</li><li>2. 擬定年度工作進度表。</li></ol>
擬定初步研究問題及研究目的	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 決定初步決定可研究的問題。</li><li>2. 決定初步的研究目的。</li></ol>
找尋相關資源	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 尋找與研究相關之文獻、研究工具。</li><li>2. 找尋可提供相關資訊的專家或老師。</li></ol>
擬定正式研究問題及研究目的	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 修正或剔除不可行的研究問題、目的。</li><li>2. 確認正式的研究問題及目的。</li></ol>
研究計畫發表會	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 撰寫正式研究計畫前四章節。</li><li>2. 舉辦研究計畫發表會。</li><li>3. 研究計畫優缺點分析和修正。</li></ol>
進行研究	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 進行研究、記錄研究結果。</li><li>2. 隨時提出遇到的困難和疑問。</li><li>3. 分析和討論解決研究困難的方法。</li></ol>
提出研究成果	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 分析取得的研究結果。</li><li>2. 繪製相關表格、統計圖，撰寫研究結果。</li><li>3. 分析和討論並提出研究結論。</li></ol>
成果發表會與分享	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 製作成果海報或 PPT 檔，舉辦發表會。</li><li>2. 分析與討論作品優、缺點。</li></ol>

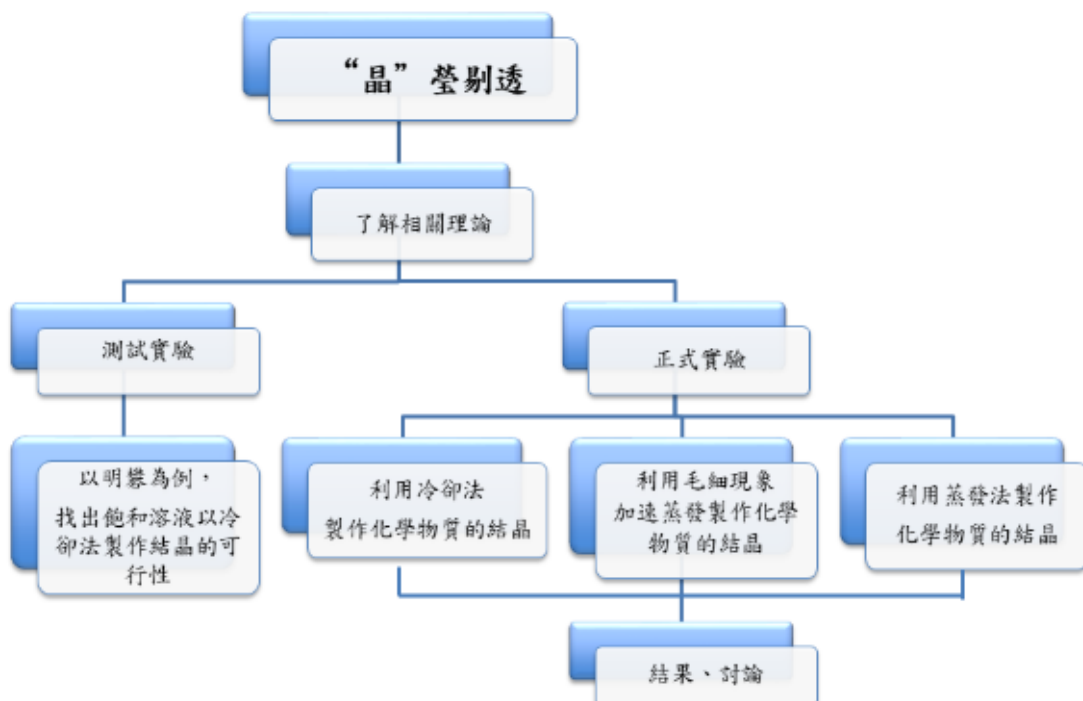
## 第二階段 獨立研究階段(由學生撰寫)

### 一、研究動機

在中年級的時候我和媽媽一起去國外旅遊時，在水族館中有販賣可以自己 DIY 的手做結晶產品，我就對化學物質的結晶充滿好奇。自然課老師進行水溶液的特性實驗：探討鹽的溶解度、飽和溶液的製作，最後靜置得到鹽的結晶，又在書中看到對明礬的介紹，我想親眼看看明礬的結晶到底是長什麼樣子呢？因此上網搜尋有關明礬的資料，在 YouTube 上看見有許多教人如何讓明礬形成結晶的影片，我也想親身試驗如何讓明礬長出結晶，並試試看其他化學物質是不是也可以用同樣方法長出漂亮的結晶。

### 二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

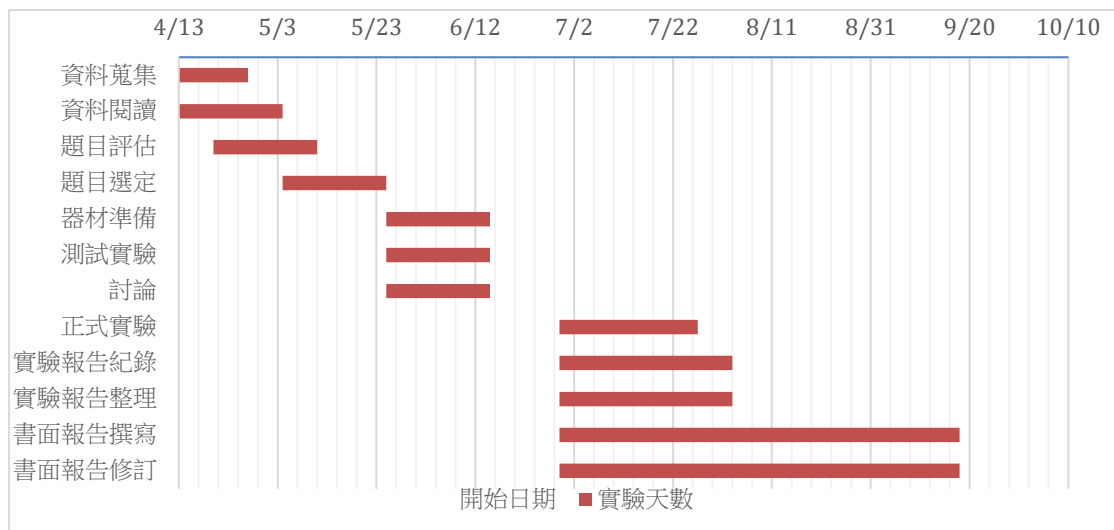
#### (一) 正式計畫(流程圖)



## (二) 研究問題

1. 蒐集如何製作結晶的方法
2. 以明礬為例，找出飽和溶液冷卻製作結晶的可行性
3. 利用冷卻法製作各種化學物質的結晶
4. 利用毛細現象加速蒸發製作各種化學物質的結晶
5. 利用蒸發法製作各種化學物質的結晶
6. 比較不同結晶法的優缺點

## (三) 工作進度表



## 三、彙整相關文獻

### (一) 常用結晶法

#### 1. 冷卻法(cooling):

利用溫度上升溶解度增加，將溶液過飽和，再使其冷卻至室溫，將會產生結晶。

## 2. 蒸發法(evaporation):

配置一飽和溶液，使其蒸發。隨著溶劑蒸發，將會產生結晶。

## 3. 介穩定區概念(邁耶理論)

### (1) 不穩定區:

位於過溶解度曲線上方，會迅速析出許多微小固體(稱為晶核)，這些晶核分享了溶質的量，使溶質無法變大。

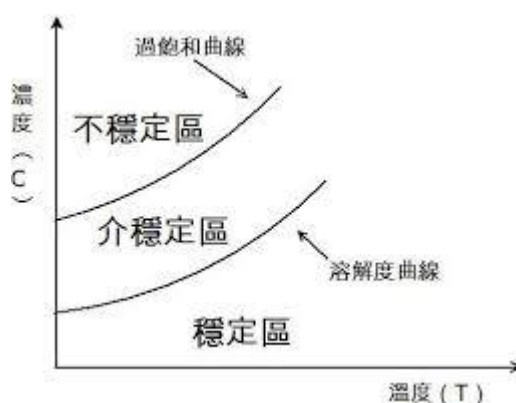
### (2) 介穩定區:

位於溶解度曲線和過溶解度曲線之間，裡面只能成長晶體，不能產生晶體，故放至晶體控制其成長。

### (3) 穩定區:

位於溶解度曲線下方，即溶液尚未飽和，所以不會產生出結晶。

### (4) 介穩定區和不穩定區都是過飽和溶液



## 4. 影響晶癖的因素:

晶體慣態，又稱晶癖，晶體習性，結晶習性，簡稱晶習，指礦物晶體趨向於某一種特定外形的特性。這種外形可以指單晶，也可以指晶簇的形態。晶體慣態主要取決於晶體本性，但有時也與生長條件有關，影響晶癖的因素包括:溶劑、攪拌、雜質、冷卻速率、磁場、晶種。

## (二)化學藥品特色

### 1. 食用鹽 (化學式： $\text{NaCl}$ )

是一種調味劑，能產生人類能感知的鹹味，常在烹飪和享用食物時用作調味。常見的餐桌鹽是一種含有 97 至 99% 的氯化鈉的精製鹽，另外還有未經提純的粗鹽、以氯化鉀取代氯化鈉的低鈉鹽、加入了碘化合物以防止使用者出現碘缺乏的碘鹽等。

溶解度： $37\text{g}/100\text{ml}(20\text{ }^\circ\text{C})$ 。

### 2. 明礬 (化學式： $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )

又稱鉀鋁礬、鋁明礬、鉀礬、白礬、生礬、羽涅<sup>[3]</sup>或雲母礬，可以用作淨化水質、鞣製皮革、當作發粉或者代替硫酸鋁作凡拉明藍防染劑。明礬也可以添加在化妝品中當作除臭劑，或為刮鬍子時造成的小傷口當作止血劑。

溶解度： $12.00\text{ g}/100\text{ g}(20\text{ }^\circ\text{C})$  $36.80\text{ g}/100\text{ g}(50\text{ }^\circ\text{C})$ 。

### 3. 硫酸鎂(化學式： $\text{MgSO}_4$ )

無水硫酸鎂，是一種含鎂的化合物。無水的硫酸鎂是一種常用的化學試劑及乾燥試劑。其水溶液呈中性。但是硫酸鎂常指七水硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )，因為它不容易潮解，比無水硫酸鎂更容易秤量，便於在工業中進行的定量控制。

溶解度： $25.5\text{ g}/100\text{ ml}(20\text{ }^\circ\text{C})$ 。

### 4. 硫酸鉀 (化學式： $\text{K}_2\text{SO}_4$ )

是硫酸根離子與鉀離子結合生成的化合物。其固體為無色或白色六方形或斜方晶繫結晶或顆粒狀粉末。溶於水，不溶於醇、丙酮和二硫化碳。具有苦鹹味。

溶解度： $11.1\text{ g}/100\text{ ml}(20^\circ\text{C})$ 。

### 5. 硫酸銅(化學式： $\text{CuSO}_4$ )

無水為白色粉末，或因不純而呈淡灰綠色，是可溶性銅鹽。硫酸



銅常見的形態為其結晶體，一水合硫酸四水合銅(〔Cu(H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub>〕SO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O，五水合硫酸銅)為藍色固體，故俗名為藍礬、膽礬。其水溶液因水合銅離子的緣故而呈現出藍色，故在實驗室里無水硫酸銅常被用於檢驗水的存在。在現實生產生活中，硫酸銅常用於煉製精銅，與熟石灰混合可製農藥波爾多液。硫酸銅屬於重金屬鹽，有毒，成人致死劑量0.9g/kg。若誤食，應立即大量食用或飲用牛奶、雞蛋清等富含蛋白質食品，或者使用EDTA鈣鈉鹽解毒。溶解度：31.6 g/100 ml (0 °C)。

#### 6. 硫酸鈉 (化學式：Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

是硫酸根與鈉離子結合生成的鹽。硫酸鈉溶於水且其水溶液呈弱鹼性。溶於甘油而不溶於乙醇。暴露於空氣容易吸水生成十水合硫酸鈉。在241°C時硫酸鈉會轉變成六方型結晶。純度高且顆粒細的無水硫酸鈉稱為元明粉，十水合硫酸鈉俗稱芒硝。硫酸鈉味道苦而鹹。

溶解度：19.5 g/100 ml (0 °C) 42.7 g/100 ml (100 °C)。

#### 7. 草酸 (化學式：H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)

全稱酢漿草酸，也稱乙二酸，是一種強有機酸。常見的草酸通常含有兩分子的結晶水(H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)。草酸在菠菜和植物大黃中廣泛存在。


溶解度：9.5 g/100 mL (15 °C) 14.3 g /100 mL (25 °C) 120 g/100 mL (100 °C)。

### 四、資料分析

#### (一) 實驗器材、藥品

##### 實驗器材

燒杯	攪拌棒	溫度計	培養皿	電子秤	電磁爐
					

濾紙	鋼鍋	量匙	食用鹽	明礬	硫酸鉀
					
硫酸銅	硫酸鎂	硫酸鈉	草酸		
					

## (二)實驗步驟

### 1. 測試實驗實驗步驟

選擇書上介紹的明礬來進行測試實驗，以明礬在 200C，100 克水的溶解量為基準(溶解度：12.00 g/100 g，20 °C)。

(1)在燒杯中分別加入溶解度 1 倍(12 克)、2 倍(24 克)、3(36 克)倍的明礬，在高溫中(水溫 > 50°C)攪拌溶解，製造飽和、過飽和溶液

(2)將明礬水溶液靜置、降溫，觀察溫度下降溶解度降低的過程中，明礬結晶產生的情形。

### 2. 正式實驗實驗步驟

#### 實驗 1、利用冷卻法製作結晶的實驗步驟

因實驗期間室溫下水溫大約在 25 度左右，因此利用高溫溶解化學藥品，製造過飽和水溶液，當冷卻至室溫的過程，會因溫度降低溶解度下降，而使結晶產生。

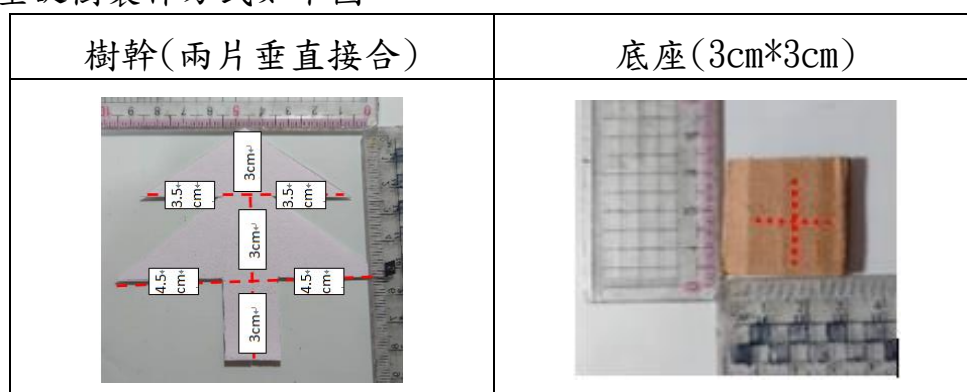
此次實驗化學藥品的量都以水溫 20~25 度時之溶解度重量為基準，各加入 2 倍化學藥品的量，高溫下攪拌至不能溶解後，製造過飽和溶液，過濾，靜置，觀察結晶產生的過程，並記錄結果。

- (1) 先將 250 毫升燒杯放上電子秤，歸零，加入 100g 的水。
- (2) 再將 74 克的食用鹽加入燒杯中，編號 1。
- (3) 將水浴鍋加熱，維持水浴鍋溫度在 80 度左右，將加入過量化學藥品粉末的燒杯放入水浴鍋加熱，燒杯內水溫維持在 50 度以上，持續攪拌至無法溶解(至少 5 分鐘以上)。
- (4) 將燒杯內未溶解的化學藥品過濾，為避免飽和溶液遇冷化學藥品結晶，因此使用的化學器皿均需預熱。
- (5) 過濾後之水溶液，蓋上鋁箔紙，減少水分蒸發。靜置、冷卻，觀察、拍照、記錄其結晶狀況。
- (6) 每 24 小時觀察、拍照、記錄其結晶狀況，第 96 小時後將水溶液以濾紙過濾，過濾後將結晶晾乾、秤重。
- (7) 過濾後剩下的濾液分成兩半，繼續進行實驗 2、實驗 3。
- (8) 重複步驟(1)~(7)，分別配置不同化學藥品的過飽和水溶液，加入化學藥品為：編號 2：明礬 28g；編號 3：硫酸鎂 51g；編號 4：硫酸鉀 23g；編號 5：硫酸銅 65g；編號 6：硫酸鈉 40g；編號 7：草酸 29g。

### 實驗 2、利用聖誕樹毛細現象加速蒸發製作結晶實驗步驟

用圖畫紙製作聖誕樹，利用水的毛細現象，使水分升高，增加水溶液與空氣的接觸面積，使水分蒸發速度變快，產生結晶。

- (1) 聖誕樹製作方式如下圖



1. 樹幹一片在中線由上往下剪 4.5 公分，另一片由下往上剪 4.5 公分，將切口互相插在一起。
2. 用美工刀在底座割出兩個 2cm 的線條，線條互相垂直。
3. 將兩樹幹插入底座即完成聖誕樹製作。

- (2) 將實驗 1 結晶取出後的水溶液，一半倒入放有聖誕樹的培養皿中。
- (3) 觀察、拍照記錄水溶液上升狀況、聖誕樹上結晶狀況、培養品中結晶狀況。

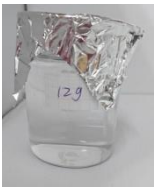


### 實驗 3、利用水份蒸發製作結晶的實驗步驟

- (1) 直接將實驗 1 結晶取出後的水溶液，一半倒入培養皿中。
- (2) 觀察、拍照記錄培養品中結晶狀況。
- (3) 為觀測水分蒸發中、蒸發完全其結晶有何不同，因此在第 3 天、第 8 天分別進行觀察、拍照、記錄。

## 五、研究結果與討論

### (一) 測試實驗實驗結果

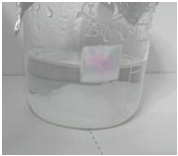

表格 A：12 克明礬/100 克水

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	×	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶
照片	×				×

表格 B：24 克明礬/100 克水

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	×	無結晶	無結晶	無結晶	無結晶
照片	×				×

表格 C：36 克明礬/100 克水

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	×	有結晶， 不規則形	有結晶， 顆粒大小 改變不大	有結晶， 顆粒大小 改變不大	有中型不 規則形結 晶 7g
照片	×				


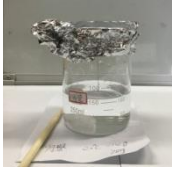
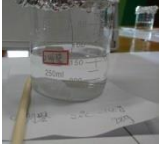
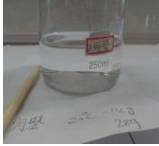

(二) 正式實驗：製作結晶實驗結果

實驗 1. 利用冷卻法製作結晶實驗結果






表格(1)、食用鹽

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	溶解過濾成無色透明水溶液，但溫度一降低，立刻有少許粉狀結晶在液體表面。	有少許粉狀結晶產生。	粉狀結晶增加。	粉狀結晶持續增加。	結晶顆粒細小約 0.1cm，呈正方體形狀。 結晶重量約 2.8 克  顯微鏡放大倍率為 10*4 拍攝
照片					

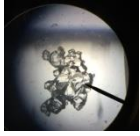




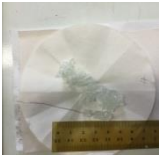
表格(2)、明礬

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	溶解過濾成無色透明水溶液	有兩塊中型結晶	結晶數量不變，但顆粒便大	結晶數量不變，但顆粒便大	結晶約為2.5*2.5*1 (單位:cm) 共2顆，呈六邊形結晶重量約13.3克
照片					

表格(3)、硫酸鎂

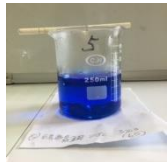


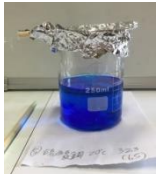
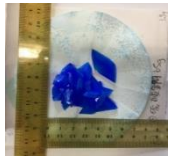
結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	溶解過濾成無色透明水溶液	有多粒氣泡黏於杯壁	無結晶產生	無結晶產生	無結晶產生
照片					

表格(4)、硫酸鉀

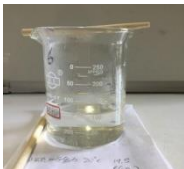


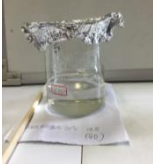

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	溶解過濾成無色透明水溶液	有結晶黏在線上	有結晶黏在線上，杯底亦有結晶產生	有結晶黏在線上，杯底亦有結晶產生	結晶顆粒大小約為0.4*0.4*0.4 (單位:cm) 成串結晶 結晶形狀為正方體 結晶重量約6.3克 
照片					








表格(5)、硫酸銅

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	溶解過濾成藍色透明水溶液	有許多結晶在杯底產生	結晶變大	結晶持續變大	結晶顆粒大小約為2*1.5*0.5 (單位:cm) 成堆結晶 結晶形狀為片狀 平行四邊形 結晶重量約21.3克
照片					

表格(6)、硫酸鈉

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	溶解過濾成無色透明水溶液	無結晶產生	無結晶產生	無結晶產生	無結晶產生
照片					


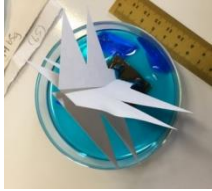
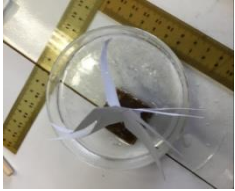
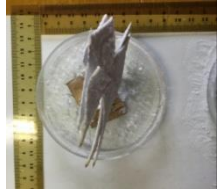


表格(7)、草酸

結晶時間	0hr	24hr	48hr	72hr	96hr
結晶狀況	溶解過濾成無色透明水溶液	有結晶在杯底產生	結晶為長方體狀	結晶持續變大	結晶大小平均約為4.5*1*0.5 (單位:cm) 結晶形狀為長方形 結晶重量約8克
照片					

實驗 2. 利用聖誕樹毛細現象加速蒸發製作結晶實驗結果


表格(8)、結晶聖誕樹實驗結果






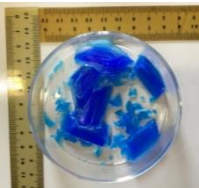

藥品名稱	1. 食鹽	2. 明礬	3. 硫酸鎂
聖誕樹結晶狀況	水溶液上升至聖誕樹頂部，整顆紙樹潮溼、癱軟、傾倒，紙樹上佈滿細小結晶。培養皿底部佈滿顆粒約 0.2 公分結晶。	水溶液只上升至聖誕樹 1 公分左右，紙樹上無結晶。培養皿底部有 4 顆 1 公分~2 公分六邊形大小不同的結晶。	水溶液只上升至聖誕樹 1 公分左右，紙樹上無結晶。培養皿底部也無結晶產生。
聖誕樹結晶照片(3 天)			
聖誕樹結晶狀況	水溶液上升至聖誕樹頂部，整顆紙樹已乾燥、傾倒，紙樹上佈滿細小結晶。培養皿底部佈滿顆粒約 0.2 公分 <b>正方體結晶</b> 。	水溶液已乾燥，只上升至聖誕樹 1 公分左右，紙樹上無結晶。培養皿底部有 2 顆約 2 公分、約 20 顆 0.5~1 公分、許多較細小的 <b>六邊形結晶</b> 。	水溶液已乾燥，只上升至聖誕樹 1 公分左右，紙樹上無結晶。培養皿底部有長條形 <b>透明絲狀結晶</b> 。 (備註:21 天後水溶液仍未完全乾燥)
聖誕樹結晶照片(8 天)			

4. 硫酸鉀	5. 硫酸銅	6. 硫酸鈉	7. 草酸
<p>水溶液上升至聖誕樹頂部，水分已完全蒸發，整顆紙樹傾倒，紙樹上佈滿細小粉狀結晶。培養皿底部佈滿顆粒約 0.1~0.2 公分細小結晶。</p>	<p>水溶液只上升至聖誕樹 1 公分左右，紙樹上無結晶。培養皿底部有 2 顆底部約 3 公分、高約 1.5 公分的平行四邊形結晶。</p>	<p>水溶液只上升至聖誕樹 5 公分左右，紙樹上無結晶。培養皿底部約 1/4 間佈滿 0.2 公分大小的結晶。</p>	<p>水溶液上升至聖誕樹頂部，水分已完全蒸發，整顆紙樹上佈滿約 0.2 公分厚細小結晶。培養皿底部佈滿顆粒約 0.3 公分結晶。</p>
			
<p>X</p>	<p>水溶液上升至聖誕樹 1 公分左右，已完全蒸發，紙樹上有細小結晶。培養皿底部有 3 顆底部約 3 公分、高約 1.5 公分的平行四邊形結晶，旁邊佈滿大小約 0.5 公分的較小結晶。</p>	<p>水溶液上升至聖誕樹 2 公分左右，已完全蒸發，紙樹上有細小結晶。培養皿底部佈滿大小約 0.1~0.2 公分的細小結晶。</p>	<p>X</p>
<p>X</p>			<p>X</p>

實驗 3. 利用水份蒸發製作結晶實驗結果

表格(9)、利用水份蒸發製作結晶實驗結果

藥品名稱	1. 食鹽	2. 明礬	3. 硫酸鎂
蒸發皿 結晶狀況	水溶液未蒸發完全，培養皿底部佈滿顆粒約 0.2 公分結晶。	水溶液未蒸發完全，培養皿底部有 4 顆約 1 公分左右六邊形的結晶，旁有 5 顆 0.2 公分左右的小結晶。	水分未完全蒸發，培養皿底部無結晶產生。
蒸發皿結晶照片(3 天)			
蒸發皿 結晶狀況	水溶液已蒸發完全，培養皿底部佈滿顆粒約 0.2 公分結晶。	水溶液已蒸發完全，培養皿底部有 4 顆約 1 公分左右六邊形的結晶，旁有約 50 顆 0.2~0.5 公分左右的小結晶。	水分已完全蒸發，培養皿底部佈滿長條形透明絲狀結晶。 (備註:21 天後水溶液仍未完全乾燥)
蒸發皿結晶照片(8 天)			

4. 硫酸鉀	5. 硫酸銅	6. 硫酸鈉	7. 草酸
<p>水分未完全蒸發，培養皿底部零星呈現顆粒約 0.1~0.5 公分結晶。</p>	<p>水分未完全蒸發，培養皿底部有 6 顆底約 2 公分、高約 1.5 公分的平行四邊形結晶。</p>	<p>水分未完全蒸發，培養皿只水面上方有 1 顆 0.2 公分大小的結晶。</p>	<p>水分已完全蒸發，培養皿底部佈滿顆粒約寬約 0.2~1 公分，長約 2 公分的長條狀結晶。培養皿外面、桌面上也佈滿結晶顆粒。</p>
			
<p>水分已完全蒸發，培養皿底部佈滿顆粒約 0.1~0.5 公分結晶，數量較之前增加。</p>	<p>水分已完全蒸發，培養皿底部除了原有 6 顆底約 2 公分、高約 1.5 公分的平行四邊形結晶之外，還產生許多約 0.5~1 公分較小結晶。</p>	<p>水分已完全蒸發，培養皿底部佈滿許多 0.1~0.2 公分大小的結晶。培養皿外面也佈滿結晶顆粒。</p>	<p>X</p>
			<p>X</p>

### (三)晶形整理

藥品名稱	食鹽	明礬	硫酸鎂	硫酸鉀	硫酸銅	硫酸鈉	草酸
晶形	正方體	六邊形	長絲狀	正方體	平行四邊形	正方體	長方體
顏色	透明無色	透明無色	透明無色	透明無色	藍色	透明無色	透明無色

### (四)討論

#### 1. 實驗 1、利用冷卻法製作結晶

在這個實驗中燒杯上有錫箔紙覆蓋，水份不易蒸發，結晶會完全浸泡在水溶液中，實驗所得到的結晶會類似晶叢狀的立體結晶，顆粒比實驗 2、實驗 3 的結晶顆粒較大、晶形較明顯、結晶顏色較純淨。

#### 2. 實驗 2、利用聖誕樹毛細現象加速蒸發製作結晶

水份蒸發水量減少，物質能溶解的量減少，水在紙類(聖誕樹)中因位毛細現象而上升，會增加水與空氣的接觸面積，使得水分蒸發速度加快，加速讓化學物質析出，但其產生的顆粒較為細小，甚至粉末狀，對結晶的製作較無幫助。

#### 3. 實驗 3. 利用水份蒸發製作結晶

利用水份蒸發水量減少，物質能溶解的量減少，而使化學物質析出，但其產生的顆粒較實驗 2 大。但水分蒸發初期結晶顆粒較大、晶形明顯，但隨著水分蒸發慢慢蒸發，所產生的結晶顆粒會越來越小，甚至連成一片，對結晶的製作較無幫助。

#### 4. 由以上 3 個實驗的結果得到：

- (1)若要製作顆粒較大、晶形明顯的結晶，應該利用過飽和溶液降溫使溶解度下降的方法最好。
- (2)若利用水分蒸發溶解量下降，使結晶產生的蒸發法時，收集結晶時不要等到水份全乾，否則不易收到單獨、完整、乾淨的結晶。

晶。

(3)若蒸發速度過快，不容易產生漂亮的結晶。

5. 結晶的產生要慢慢培養，不可太過急躁。
6. 市售的化學藥品有些純度不高，因此在溶解的過程中常會發現有雜質出現，需要進行過濾，會造成重量損失，在重量的測量上不易準確，因此重量的測量、記錄不做為此次實驗的重點。

## 六、評鑑與檢討

1. 實驗過程中的我們利用拍照來記錄實驗結果，我發現拍照時要注意光源方向、背景顏色才能讓瓶中的結晶更明顯。在聖誕樹的實驗中應該讓聖誕樹有更多的支撐點，才能避免圖畫紙浸濕倒塌的現象發生。在蒸發的實驗中可能要用杯壁較高的培養皿，避免像草酸結晶跑出來的狀況。
2. 在實驗前我覺得只要把化學物質溶解、靜置，結晶就一定會產生，經過這次的實驗我體驗到：不是每一種化學物質結晶的方法都一樣，產生結晶形狀、顏色也都不相同，能親眼看到結晶的產生，真是奇妙的經歷。
3. 在這次實驗中，我覺得最好看又美觀的結晶是硫酸銅和硫酸鉀的結晶體，因為他們兩種晶體都有奇特的顏色，硫酸鉀有優美的淡藍色(非常淡的顏色)，而硫酸銅有神秘的深藍色。硫酸鉀的晶體可以結成一串，像一個充滿尖刺的淡藍寶石，而硫酸銅單一個結晶的形狀是有規則的平行四邊形，在利用冷卻法結晶時，卻長出像紫水晶一般的立體藍水晶，非常漂亮。
4. 如果下次還有研究機會，我想再選用不同的化學藥品來做實驗，好了解各種不同藥品的特性，再加上不同的變因，期望製造出的結晶有不同的變化。



## 七、參考資料

1. 明礬。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%98%8E%E7%9F%BE>
2. 硫酸鎂。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%AB%E9%85%B8%E9%95%81>
3. 硫酸銅。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%AB%E9%85%B8%E9%93%9C>
4. 硫酸鉀。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%AB%E9%85%B8%E9%92%BE>
5. 硫酸鈉。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%AB%E9%85%B8%E9%92%A0>
6. 食用鹽。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A3%9F%E7%9B%90>
7. 草酸。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8D%89%E9%85%B8>
8. 精益求精「晶」。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會化學組作品說明書佳作  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-080208.pdf>
9. 藍色夢幻—硫酸銅結晶的研究。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會化學組作品說明書第三名  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-080208.pdf>
10. 甘特圖：<https://www.youtube.com/watch?v=eP4f0oQvRHY>
11. 礦物與它們的產地(2019)，佐藤佳代子，台灣東販股份有限公司。
12. 康軒文教「國小自然與生活科技」第五冊 5 上第 三 單元水溶液。