

# 你在看我嗎？ ～晶瑩剔透之美

國中組化學科第二名

彰化縣立埤頭國民中學

作者：莊雅雲、連敏秀、王嫻華、李順發  
指導教師：詹佳霖、周殷瑞

## 一、研究動機

在國中二年級的時候，理化第一章談到精鹽的精製。老師帶領我們做實驗，精鹽經溶解、過濾、蒸發、結晶後得到了一顆顆晶瑩剔透的小顆粒，老師告訴我們那就是「晶體」，也就是平常所食用的「精鹽」，這是我們第一次接觸「晶體」。後來升上國三，在新的科目——〈地球科學〉中，老師談到「礦物的特性」一節時，介紹水晶是一種形狀固定的二氧化矽，老師說這也是「晶體」。再次的接觸，讓我不禁想到，從我們吃的食鹽，到台灣西部的砂岩、頁岩，這一切的結晶，究竟是如何形成的呢？其間又受何影響呢？

## 二、研究目的

從晶體的培養出發，針對生長速率、溶質、晶種、溶劑以及水質等，來探討影響結晶的各種因素，並提出解釋；進而歸納提出幾種不利用控制溫度而能培養晶體的方法，最後藉由理化的觀點去比較各種方法的利弊並推廣。

## 三、研究設備及器材

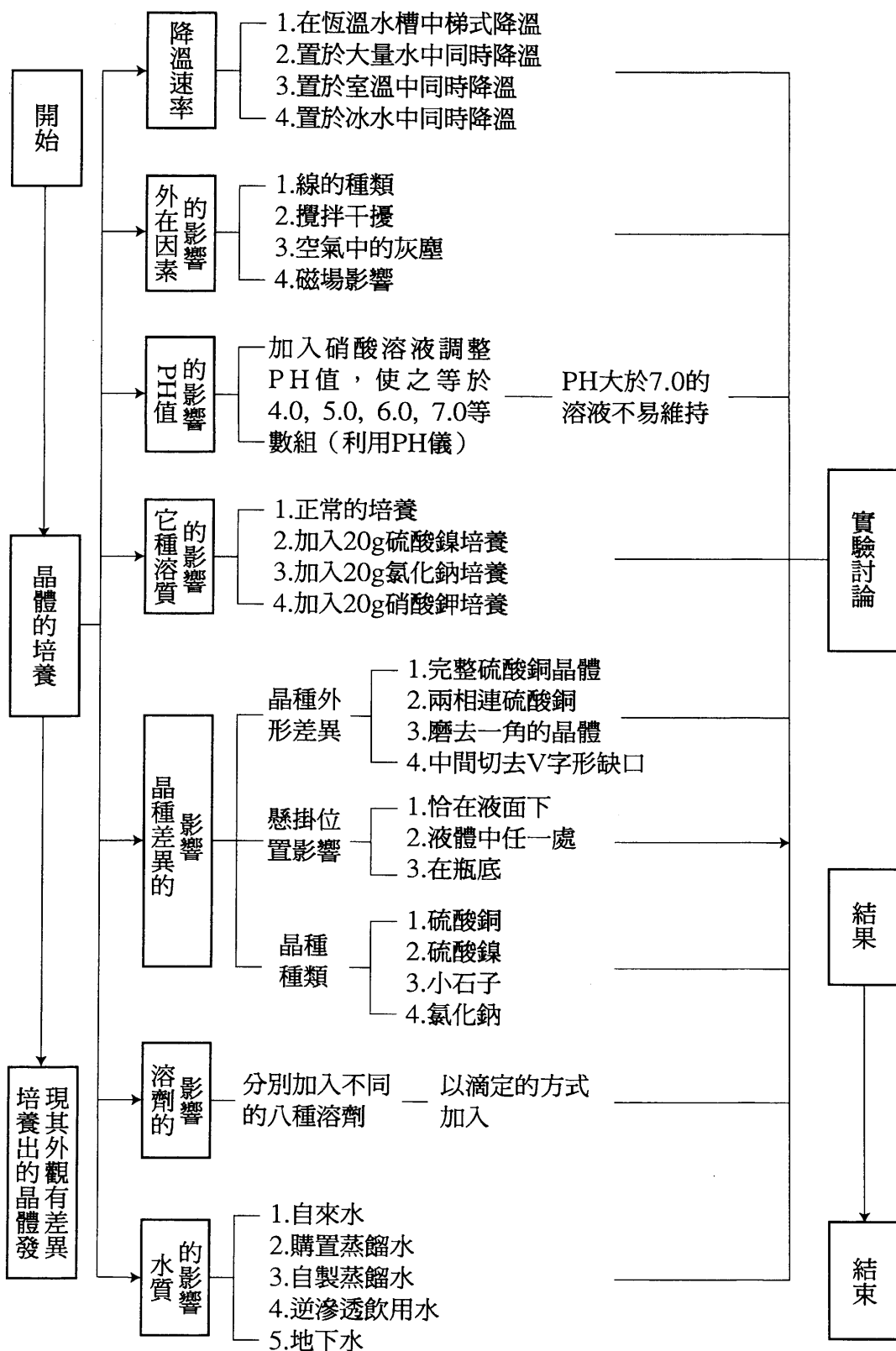
### （一）研究用儀器

天平 PH計 濾紙 玻棒 漆包線 培養皿 恆溫槽 游標尺  
細線 量筒 燒杯 安培計整流計 採集瓶 溫度計

### （二）研究用試

尿素 硫酸鎳 碘化鉀 硫酸銅 草酸銨 重鉻酸鉀 酒石酸鉀鈉  
明矾 硝酸銅 硝酸鈉 硝酸鉀 鉻酸鉀 氯化鈉

## 四、研究過程



## 五、討論

- (一) 就本實驗對晶體不規則生長的主因，大致可歸就於：
1. 溫度變化的速度
  2. 溶液震盪的干擾
  3. 溶劑的種類
  4. 灰塵掉落
- (二) 欲防止帶有結晶水的晶體其含結晶水量的改變，保存方法有：
1. 懸綁於飽和溶液中，以凡士林封口。
  2. 有潮解現象的晶體，加硝酸銅，可在裝有晶體的瓶內加入乾燥劑。
- (三) 在飽和溶液中，離子濃度的乘積有一定的數值，即是溶解度積，在真溶液中，二個離子的濃度乘積超過溶解度積時，便會造成結晶析出，這種結晶作用之所以發生，主要是因為帶有正電荷的陽離子，和帶有負電荷的陰離子互相包圍，互相結合一個粒子。一旦粒子生成了，則立即有陽離子或陰離子附在粒子的適當位置排列，獲得了結晶所特有的構造和外形。
- (四) 結晶完後常在恆溫狀態靜置一段時間，在浸漬的期間，粒子小的會溶，大的則成熟變成更大；小粒子溶解時，附在其上的不純物也同時進入溶液，然後再以再結晶的方式精製，如此可在過程中得到高純度的結晶。
- (五) 結晶體可以來自溶液的結晶作用，我們要說明這一點，可以舉食鹽的結晶為例，假定有一氯化鈉的水溶液在這，如果受到十分緩慢的蒸發，那麼在每單位體積的溶液當中所含有的鹽份，必逐漸增加；到了最後，所剩的水分，已不足以把所有的鹽類保留在溶液裡頭的時候，鹽便開始沉澱析出，換句話說，在溶液裡頭已有了部分的氯化鈉結晶成為團體而分離出來，這種結晶作用之所以發生，主要是因為帶有正電荷的鈉離子，被帶有負電荷的氯離子所包圍，而每一負離子又為若干離子所包圍，這種排列是有規則的，同時反覆不已，終於聚結成群，而獲得了食鹽所持有的構造和一定的結晶外形。

## 六、結論

- (一) 在恆溫槽中做梯式降溫時，乃是將系統保持於——“過飽和的平衡狀態”，溶質除了在懸入之晶體上析出之外，並不另外發生核，故效果

最好，而其它方法隨著降溫愈快，效果也愈差，是因快速的降溫，迫使系統中過剩的自由能增加，系統的不穩定度變大，容易產生“核”，溶質也就不依原先理想的析出於晶體上，所以效果差。

- (二) 在我們的實驗過程中，發現到如果我們所用之溶質不同，其結晶生長之速率亦有顯著不同，且生長速率以酒石酸鈉鉀 > 硫酸銅 > 硫酸鎳；再以此數據和此三種物質之溶解度曲線比較，發現此三者溶解度的變化率果然以酒石酸鈉鉀 > 硫酸銅 > 硫酸鎳；由此驗證溶解度和晶體成長速率之關係。
- (三) 如果搖動溶液，相同的，會造成系統不穩定性增加，而促成了核的發生，倘若搖動得愈加激烈，發生的核便愈多，晶形便愈小，另外，以攪拌棒子激烈攪動時，溶液中不穩定之水流亦影響了溶質的析出，造成了晶形的不完整。
- (四) 在水溶液中加入它種溶劑時，會對原本溶液造成影響，影響的結果，可以分為二種，一則是促使其快速的生成許多細小的結晶，二則是液體分成兩層，對原本之溶液則無影響；再仔細觀察，我們發現造成第一種影響者，皆為該種溶劑可以和水互溶，而水中之溶質相對於該溶劑之溶解度極小者，會有這種結果的原因，正是因為溶劑溶於水中後，造成了溶質在液體中之溶解度急速下降，於是晶體便呈細碎而亂的情況，大量的結晶析出；造成第二種影響的，都是和水不互溶之溶劑，而和水不互溶的溶劑並不溶於水，自然不會影響到水溶液中之溶解度。
- (五) 另類培養實驗，大致上可分為四類，都可用以培養晶種，但也都互有利弊，敘述如下：
  1. 第一種方法乃利用溶質在不同溶劑中溶解度之不同來做溶質的結晶，如圖（一），由右邊杯中蒸發出來的酒精蒸氣會緩慢溶入左杯中，使左杯中的溶質析出。用這個方法可以培養出良好的結晶，免除一般養晶操作中控制溫度的煩瑣過程，具有容易操作、節省溶液等優點，並且如氯化鈉等隨溫度變化，而溶解度變化不大之溶質，也可以用此法培養出良好的結晶，但是因酒精溶入水中時，並未完全均勻分布於水溶液中，如圖（二），致使上層酒精濃度比下層高，假如溶質是對酒精的溶解甚小，如硫酸鎳等，則在上層便會發生核，而造成失敗，另外，溶質假如會和溶劑反應者，並不適用此法。

2. 第二種方法是利用半透膜的特性。在實驗課時，蛋膜的滲透作用實驗中，水會從低濃度溶液滲到高濃度溶液中，故我們將外界大燒杯中存放著酒石酸鈉鉀之飽合溶液，管內存放著硫酸銅之飽合溶液，中間隔以一半透膜，推論；由於酒石酸鈉鉀之溶解度大，離子化程度亦大，其滲透壓也就較大，因此其淨效應為硫酸銅溶液中的水會向燒杯內滲透，造成濃度上升，超過飽合，溶質便析出到晶種上；我們在操作這個實驗時，半透膜是利用玻璃紙和蛋膜，所以其效果並不甚佳，離子也會穿透，並不理想，由此得知此二種膜的孔隙應大於所探究鹽類的離子。
3. 因為經由溶劑的蒸發亦會加大濃度，所以也可以用培養晶體，而這個方法以揮發性大的溶劑為宜，例如以水當溶劑，效果不錯，但極其漫長的等待倒是免不了的，大體而言，只要溶質適當，溶劑適當，這個方法的效果是很不錯的。在處理時，以在容器底部用一銅線作成的架子懸起晶體為宜，否則在氣液交界處的綿線，會吸附溶液，蒸乾後，便會析出大量雪花狀的結晶。不用晶種讓其自然結晶如圖（三），有一種特殊現象，結晶體會爬牆延著容器壁在液面上結晶，觀察、歸納發現是晶體吸水引起的毛細現象，促成此特殊景觀。
4. 這個方法是利用離子效應“擠”出硫酸銅；由於溶劑中無硫酸鎳，故硫酸鎳會溶解，造成硫酸根離子濃度上升，使硫酸銅析出；在作這個實驗之前，我們預期硫酸鎳晶體上亦可能附著有硫酸銅晶體；但事實不然，仔細觀察，發現硫酸鎳溶解時形成一下沉的密度流，如圖（四）、圖（五）使得硫酸鎳晶體周圍的溶液未飽和，經過多次觀察，我們也發現了一般晶體結晶時，也有一種密度流隨時維持晶體周圍的過飽和，因此，不得不更令人感嘆造物主之偉大啊！不過由此法無獲得大型晶體，也不可一次加入過多的硫酸鎳，否則溶液中的離子強度過高，反而增加了硫酸銅之溶解度。

## 七、參考資料

- （一）國民中學理化課本第一冊第一、三章。
- （二）國民中學理化課本第三冊第十八章。
- （三）國民中學理化課本第四冊第二十五章。
- （四）地球科學第一冊。

- (五) 國民小學自然課本。
- (六) 徐泰謀，晶體與晶體生長，徐氏基金會。
- (七) 徐樹楨，晶體之結構與性質，渤海堂文化公司，76年12月版，第十四、十五、十六章。
- (八) 鄭華生，無機半微量定性分析，歐亞書局，第三版，第136頁。
- (九) 梁繼文，礦物學上、下，五南圖書出版公司，76年12月版，二、三、四、十二、十三、二十四章。
- (十) 曾國輝，大學化學，東華書局，第五、十四、十六章。

## 評語

本研究有系統探討硫酸銅及其他晶體（如酒石酸鉀鈉）養晶之各種影響因子，所探討的因子包括溫度，PH值，磁場，攪拌，溶劑（各種有機溶劑），水質及外加物質（如加 $\text{NiSO}_4$ ， $\text{NaI}$ ， $\text{KNO}_3$ ）與削角效應等，同時也探討各種養晶方法（如蒸發乾燥，蒸發溶解及滲透膜法），思考相當嚴密，實驗設計也相當具有創意，本實驗研究成果可編寫相當有系統及實用的晶體培養之教學教材。