

長晶的奧祕

高中組化學科第三名

嘉義縣私立協同高級中學

作者：葉芳誠、李基華、賴彥彰、王齡誼

指導教師：郭建載、蔡德民

一、研究動機

在高一化學課本中，有談到過飽和結晶的現象，另外在一些書籍上提到以蒸發的方式析出晶體，但未深入解說探討，使我想深入探討長晶的奧祕，並長出較大的晶體。

二、研究目的

各以溶解生長和蒸發生長的方式來生長晶體，並討論兩方法的利弊，再找出最好的長晶的方法。

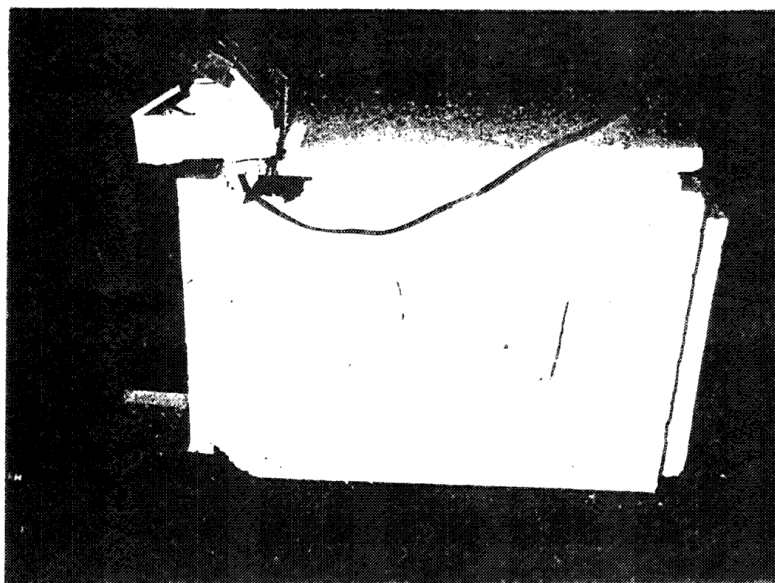
(一)溶解生長：把溶液降溫而析出晶體的長晶方法。

(二)蒸發生長：把溶液蒸發而析出晶體的長晶方法。

三、研究設備

(一)溶解生長：

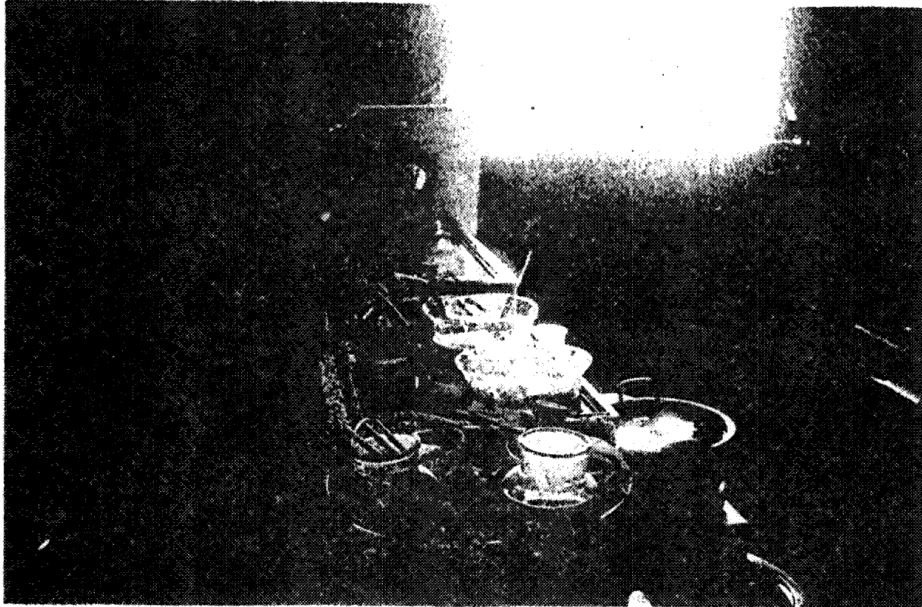
1. 降溫器組。
2. 保麗龍外殼。
3. 加熱器。
4. 恆溫槽、鍋墊、鐵罐。
5. 1000ml燒杯×2、2000ml燒杯×2。
6. 過濾器組。
7. 硝酸鉀粉數包、明礬、鉻礬數瓶。



(二)蒸發生長：

1. 水槽三個、廣口瓶、溫度計兩支、玻棒三支。

2. 風扇兩座，電源供應器一個，磁性攪拌器一個。
3. 蒸餾水廿公升、燒杯三個、巨瓶一個。
4. 保麗龍數塊、衛生紙數包、漆包線一網。
5. 電子秤一個、竹筷數支、鐵罐十數個。
6. 加溫棒一支、恆溫棒兩支。



四、研究過程

(一)晶種的生長步驟：

晶種有誘發過飽和溶液析出晶體的功能，所以要生長晶體之前，先要生長晶種。經多次實驗後，得出步驟如下：

1. 泡製一 60 度的飽和溶液，加熱至 70 度使之完全溶解。
2. 同時準備一水槽，並用加熱棒加熱至 75 度。
3. 把 70 度的飽和溶液放入一防水紙盒中。
4. 把紙盒放入水槽中並把水槽上蓋。
5. 隔日，取出盒中晶體並加以分離收藏。

防水紙盒：可用大型鋁包即可，因析出的晶體會緊密的附著在容器上，若以燒杯生長則必須要打破燒杯來取出晶種。

此長晶種方法是運用溶解生長，生長一次可得平均 30 至 40 顆晶種。

(二)長晶的步驟：

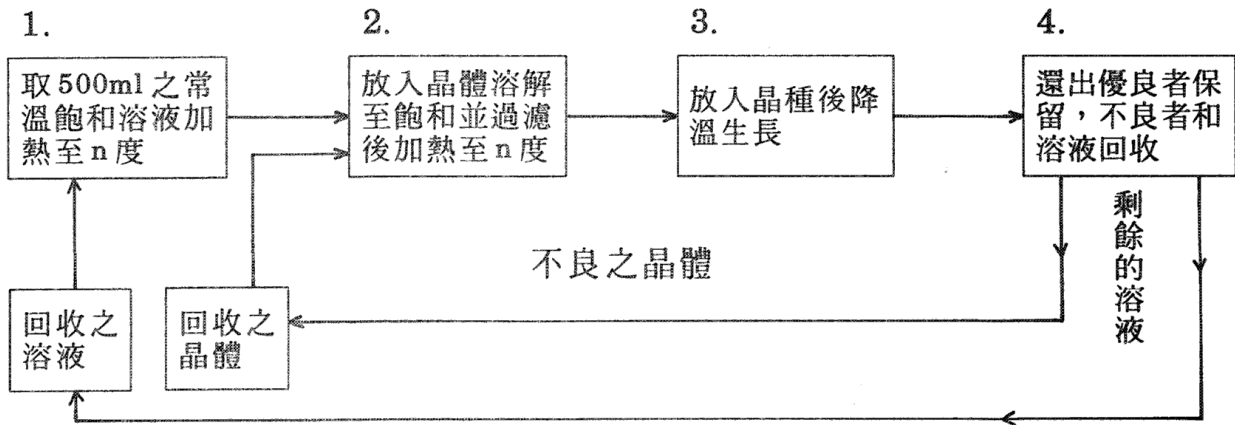
要把晶體長大的方法可用溶解生長或蒸發生長，在此加以分述如下：

1. 溶解生長步驟：

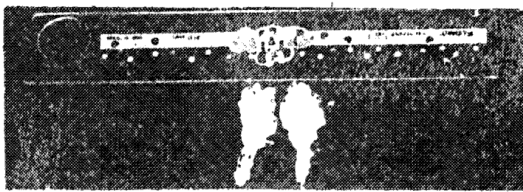
晶體生長的速率愈慢愈好。而且溶解生長會受雜質影響，使晶體生長

不全（詳細實驗內容見問題與討論）。所以，溶液要加以過濾，降溫也要緩慢。因此得下流程：

設欲以 $n^{\circ}\text{C}$ 之溶液降至常溫來長晶



以此方法長出之晶體如下圖所示，由 60° 度開始降溫，以每天約 8° 度的降溫速率，使用上表的流程）。



降溫速度	n 值	過濾	加蓋	生長位置
8 度 / 天	60	有	無	中部

在實驗中，可看出兩個缺點：

- (1) 產生過多晶核，使晶種析出減少。
- (2) 在過濾時消耗許多溶質，使析出量顯著減少。

A. 探討此二缺點的原因：

- (a) 降溫過程中，產生過多晶核或晶種，包括肉眼無法辨識的小晶核或雜質。而所產生的晶核最有可能是降溫過程中溶液表面蒸發而落下的小晶核。在晶種上的晶核，則可能是在網綁或放置晶種時，沾黏到手上的微小晶核而產生的。
- (b) 在過濾前雖然有將燒杯預熱，但是因過濾時間較久（約 45 分），使許多晶體在濾紙上析出，則又使過濾速度減慢，也使溶液飽和度

降低，以致析出量大為減少。

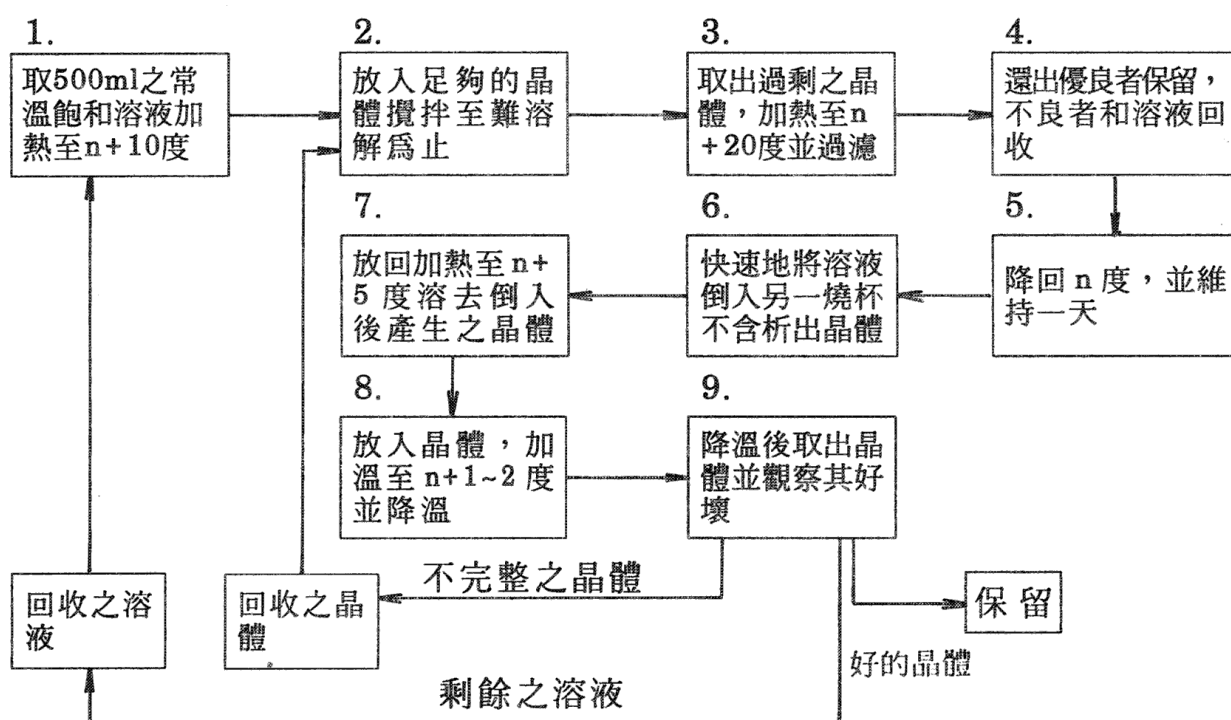
B 補救方法：

(a) 降溫時把燒杯加上蓋子並密封，以保麗龍為內蓋，放置時與溶液面接觸，使溶液與保麗龍交接面無法蒸發溶液至空氣中。降溫前先增溫 0.5 度，如此，可溶回剛開始溫時所產生的小晶核及放入之晶種的粗糙表面，減少晶核的數目。

(b) 過濾前先增溫 5 ~ 6 度，並快速過濾，在過濾時也要常換濾紙。過濾後再使溶液維持原來的溫度一天，以去除多餘晶體。

綜合以上討論，得另一流程：

設欲以 $n^{\circ}\text{C}$ 之溶液降至常溫來長晶



好的晶體留下，不好者回收，長出的晶體可再做晶種再長一次，而再增大。

在前面所述的 1 ~ 4 步驟中雖使用先升高溫度再過濾的方法，但在過濾的過程中，也會發生析出晶體的困擾，並使過濾速度減慢。況且在較高溫度下過濾也極不容易，因此想出另一方法：

(1) 製出常溫下已過濾的飽和溶液一公升。

(2) 取其中 500ml 已過濾之溶液，放入冰箱下層，降至 4 度。

(3)取出冰冷的溶液並快速倒出，留下析出的大量晶體。

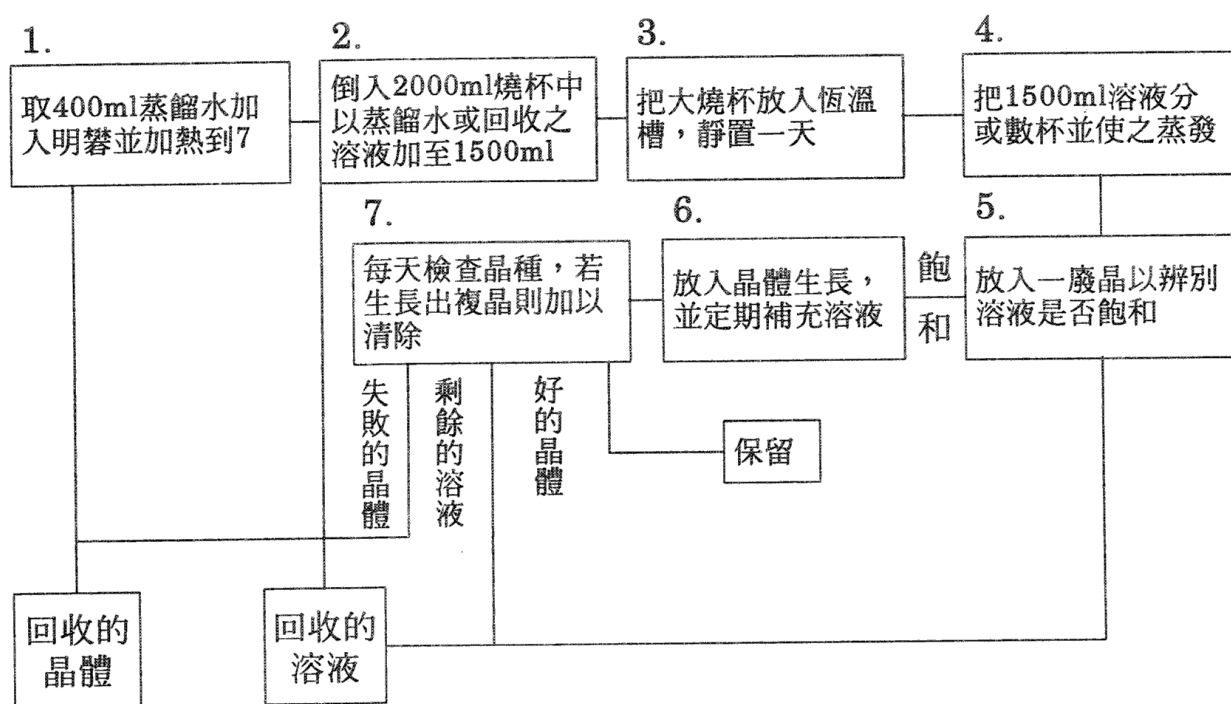
(4)把晶體放入另一 500ml 的常溫飽和溶液，加熱至所要的飽和溫度。

用此方法，最多可製成 60 ~ 70 度的飽和溶液，往後實驗多用此法。

2. 蒸發生長步驟

蒸發生長所用之晶種仍以溶解生長方式來生長，且因硝酸鉀溶解度差不大又貴，所以用便宜的明礬，鉻礬來作為蒸發生長的晶體。

根據多次的實驗指出，在蒸發生長的方式下，雜質影響不大（詳細實驗和原因見後面問題與討論），並為了實驗方便把恆溫蒸發槽溫度定為 30 度，且探討得到下表之步驟：



五、實驗結果

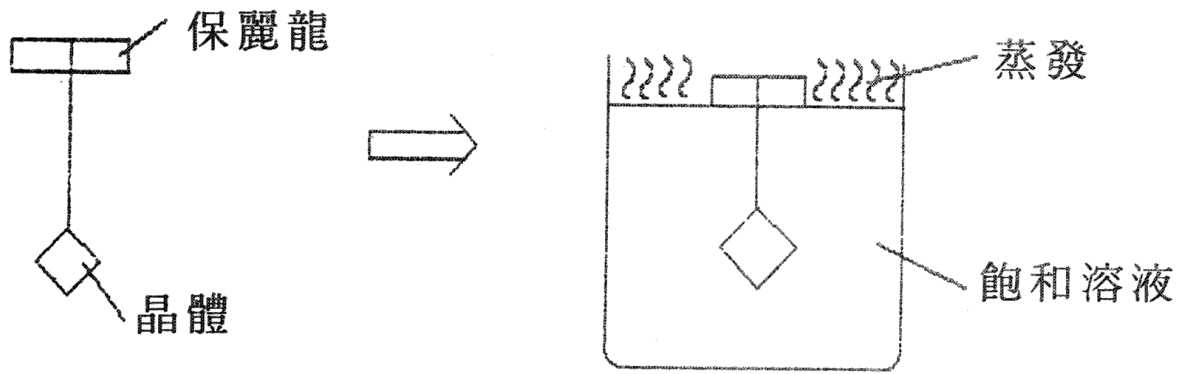
(一)溶解生長所長出的晶體最大者硝酸鉀約 2 克，明礬約 6 克。

(二)蒸發生長所長出的晶體最大者鉻礬約 210 克，明礬約 121 克。

六、問題與討論

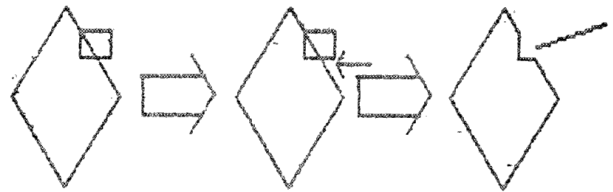
(一)液面蒸發所落下的顆粒，會落在晶體上而導致晶體生長不全。

改進方式：為晶體上方加一把傘，可以避免液體表面析出的小晶體落在晶體上，但可能會影響蒸發速度。



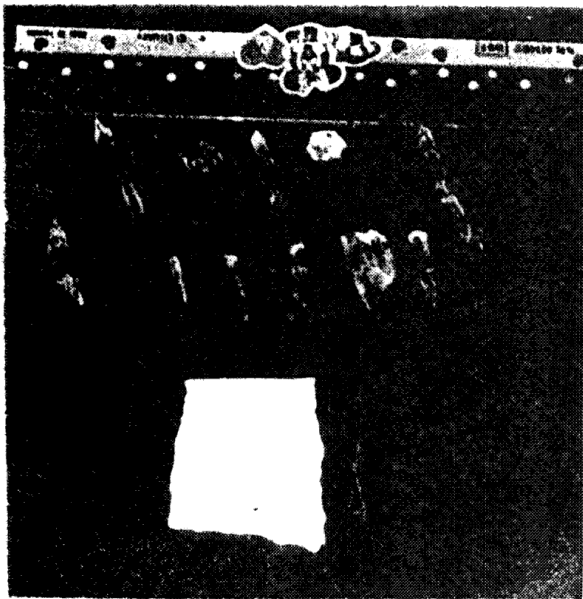
(二)如何消除晶體上長出的小晶體？

改進方式：晶體上長出的小晶體
 附著情形如右圖，使用
 銳利挫刀在小晶體
 附近將其挖出，並清
 除大晶體表面細屑，
 再回溶。

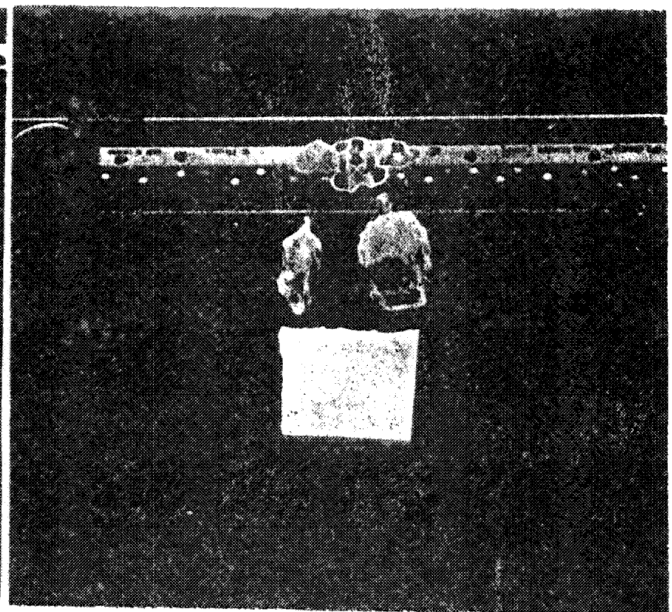


(三)生長快慢如何影響晶體？

討論結果：生長太快會使晶體一軸生長加快，使晶體成針狀，而且因析出太多在晶體上，來不及排列，並產生面紗或有小晶體在表面析出，一般來說，晶體生長越慢越好，但因效率的問題，一般以每天 0 至 3 克為佳。



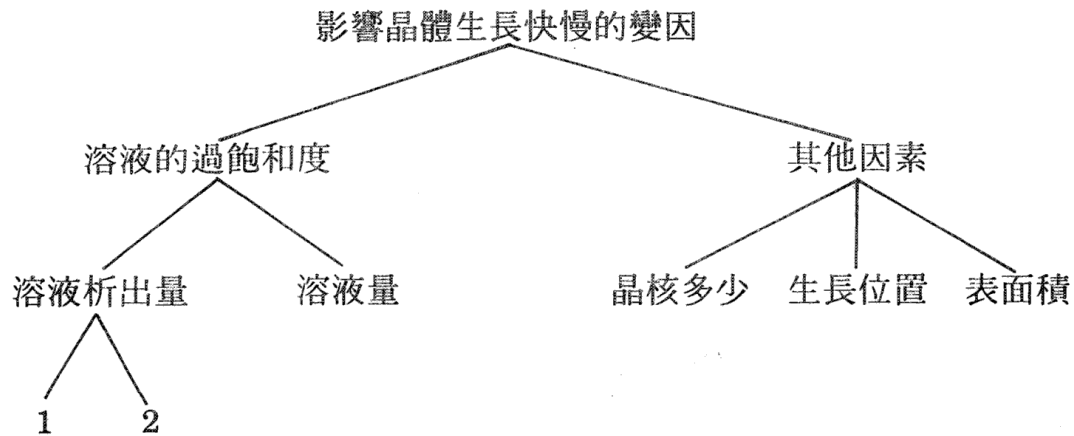
生長太快而成針狀晶體



適 中

四 影響晶體生長快慢的變因？

討論結果：經過深入討論後，依生長原理歸納出幾種變因，並加以實驗。



1. 蒸發生長：(1)蒸發時的溫度。(2)蒸發面積。(3)晶體對溫度的溶解度。

2. 溶解生長：(1)所降的溫度。(2)晶體在不同溫度下的溶解度差。

影響的變因有許多種，但可歸為兩類：(1)溶液的過飽和度。(2)其它因素。

(1)溶液的過飽和度：

溶液的過飽和度為溶液析出量除以溶液總量，所以過飽和度應和溶液析出量成正比關係，再細分下去，溶液析出量在蒸發生長和溶解生長中又各有不同的變因：

溶液的過飽和度 = 溶液析出量 / 溶液總量。

溶液析出量 (蒸發生長) = 蒸發的溶液量 × 晶體溶解度。

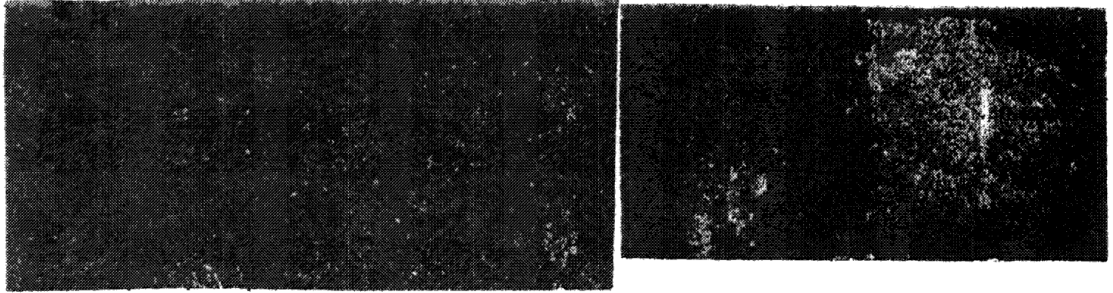
溶液析出量 (溶解生長) = 溶液總量 × 晶體在不同溫度下的溶解度差。

(2)其它因素：

A. 晶形：各選出不同晶形的晶種在同一溶液中同一高度生長三天，並每天記錄生長克數。

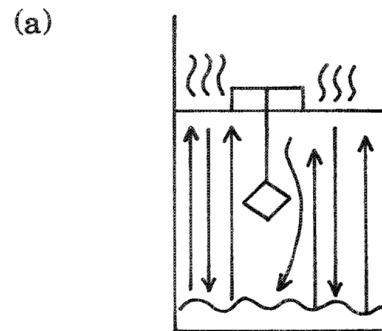
	晶形完整 透 明	不 規 則 透 明	一 半 晶 形 完 整	雙 晶	晶形完整 不 透 明	不 規 則 不 透 明
第一天	1.47	1.36	1.26	1.26	1.82	1.30
第二天	2.48	3.18	2.50	2.41	3.19	2.74
第三天	2.60	3.47	2.75	2.55	3.38	2.90

B.雜質：在此的雜質皆指不溶性雜質，因技術器材關係，無法對可溶性雜質作精密實驗，下圖兩晶體皆為同一未過濾溶液中生長，但晶體 A 由液面懸掛向下生長，不受不溶性雜質影響，而晶體 B 由底部長出，受雜質影響甚大（不溶性雜質皆沉至底部）。

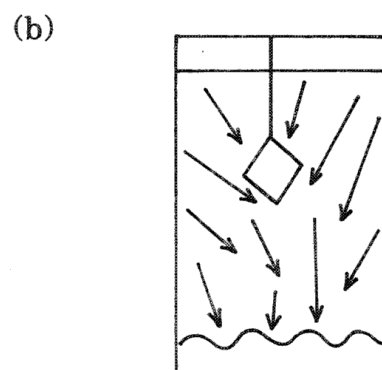


但在蒸發生長下，不溶性雜質卻不影響晶體生長速度，經討論，得下結論：

(a)因溶液在表面蒸發而過飽和，使溶液下流，先經過晶種才降至底部所以沉澱在底部的雜質不會影響析出在晶種上的量。（溶液會對流）



(b)溶解生長利用降溫而使整體溶液過飽和，因底部有大量雜質可作為晶核，所以在底部大量析出，使整體溶液過飽和度降低，甚至因過飽和的溶液往下沉，造成上方未飽和而底部過飽和，使晶體回溶。



C.表面積

從明礬和鉻礬中選出晶形完整者，探究表面積對晶體生長快慢的影響，先個別量出表面積，生長三天後，取出再量表面積，並測出增加的重量，繪成圖表如下：

	原先 重量	後來 重量	增加 重量	原先 表面積	後來 表面積	平均 表面積
晶體 1	184.18	198.88	14.70	119.97	136.14	128.06
晶體 2	88.70	99.01	10.31	74.78	87.48	81.13
晶體 3	18.97	24.12	5.15	23.87	33.13	28.50
晶體 4	1.81	2.45	0.64	3.93	5.61	4.77
晶體 A	101.98	121.67	19.69	81.96	101.45	91.71
晶體 B	35.83	45.10	9.27	42.55	51.75	47.15
晶體 C	8.81	12.82	4.01	15.82	23.84	19.83
晶體 D	1.91	3.54	1.63	5.66	8.32	6.99

D.比較蒸發生長和溶解生長的利弊：

	蒸發生長	溶解生長
成功率	高	低
生長難易	易	難
所需器材	簡易	繁雜
產量	較少	較多
晶體品質	較好	較差
所需技術	低	高
雜質	不受雜質影響	受雜質影響
可長晶體	低溶解度差的可溶物	高溶解度差的可溶物

七、結論

綜合問題與討論的內容和實驗的結果，得知要生長晶種，則用溶解生長的方法（速度快、產量多），但要再加以長大，則要用蒸發生長的方法（較穩定，能持續析出）。再注意影響晶體生長的變因和其他生長過程的要領，並以每天 1 至

2 克的生長速度長晶，如此可長出較大的晶體，至今我們所生長的晶體中，最大顆者為 416.67 克。

八、參考資料

- (一)最新晶析理論操作 P1 ~ P5 , P20 , P89 ~ P90 作者：中井資源，復漢出版。
- (二)晶體與晶體生長 P46 ~ 74 , P75 ~ P84 , P152 ~ P160 , P172 ~ P178 作者：Alan Holden , 徐氏基金會。

評語

- (一)研究若由一個簡單的化合物在水中結晶過程，構想出如何改善條件而能獲得較大且較整齊的結晶，很具創意。
- (二)一般學生做科展時常會以累積越多實驗數據會覺得越好，而實際上的科學研究應以擇重要的實驗操作為主，本工作即是不需繁的工作，卻能表現良好的成果可見其事前思考準備很完整。
- (三)本作品做出了一塊逾 300 公克的巨大鉻礬晶體，構造均勻整齊，反映其思考方向的正確，並表現研究者的高度耐性及技巧。而依本實驗之過程，可推斷作者有能力養出更大的晶體，此亦為本研究成功之處。