

奇妙的晶體

國中組化學科第三名

台北市立仁愛國民中學

作者：胡正恆·杜克玲

指導教師：杜雯華

一、研究動機

平常煮菜作湯的鹽和味精，都是一種漂亮的晶體，何不自己動手來做一些假寶石（晶體）呢？說不定能因此而發現一些規律性呢！

二、研究目的

- (一)了解晶體形成的過程
- (二)了解溶液濃度對晶體的影響
- (三)認識晶體的各種特性
- (四)明白磁場對晶體生長的影響

三、研究設備器材

- (一)藥品：酒石酸鈉鉀、赤血鹽、硫酸銅、硫酸鎳、明礬、 NaCl 、 NaClO_3 、 KCl 、 Na_2HPO_4 、 KNO_3 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
- (二)器材：燒杯、濾紙、細線、玻棒、溫度計、刮勺、石綿心網、酒精燈、三腳架、試管夾、滴管、量筒、磁鐵、銼刀、變壓器、電池。

四、研究過程及結果

實驗(一)：製造晶體種子及晶體

1. 在 100 ml 蒸餾水中加入足量的藥品，配裝成飽和溶液。
2. 過濾後的飽和液靜置數天後，可在燒杯底部發現一些小晶體顆

粒。

3. 小心選取燒杯底部一粒結構良好，表面工整的晶體為晶種。
4. 將晶種以細繩縛結，浸入冷卻後的飽和液，將晶體連線縛於刮勺上，浸入飽和液時靜置，蓋上一張濾紙，以防灰塵雜質進入
5. 靜待結果。如下表示：

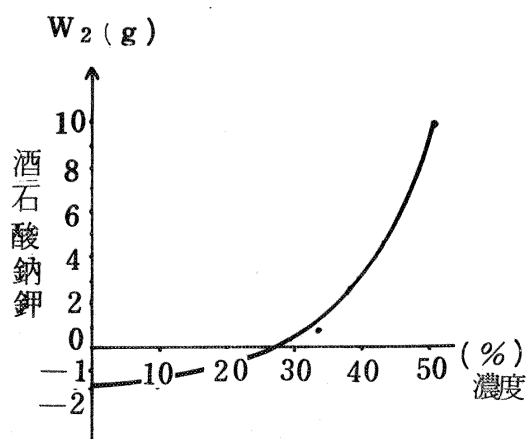
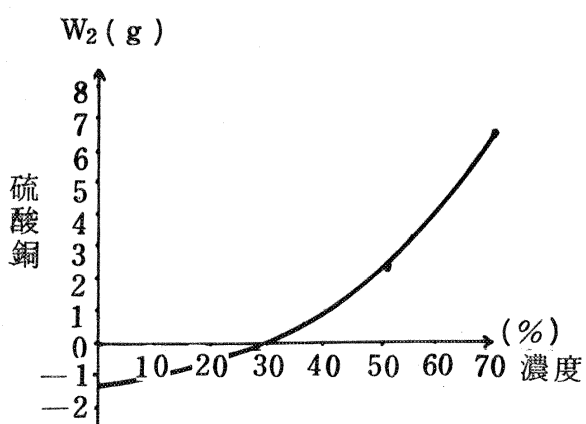
No.	名 稱	結 晶 情 況
1.	酒石酸鈉鉀	⇒無色透明，其溶質本身即可做為種子，可成長得很大。 $\text{COOKCH(OH)CH(OH)COONa} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
2.	赤 血 塩	⇒紅色結晶體，溶質為粉末狀，晶體亦可長得很大。 $\text{K}_3\text{Fe(CN)}_6$
3.	硫 酸 銅	⇒結晶相當大，表面呈菱形。藍色 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
4.	硫 酸 鎳	⇒長條形綠色，二端呈金字塔形，可長到6cm的晶體。 $\text{NiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
5.	明 礬	⇒白色透明，雜亂成長，不過可隱約地看出約為立方體形。 $\text{K}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
6.	氯 化 鈉	⇒即食塩，只呈粉末狀沈澱於杯底。 NaCl
7.	氯 酸 鈉	⇒非常工整的正方體，略泛黃。 NaClO_3
8.	氯 化 鉀	⇒結晶細長，白色針狀沈澱。 KCl
9.	十二水磷酸氫鈉	⇒結晶呈長形，而溶質即為良好晶種。 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
10.	硝 酸 鉀	⇒針狀晶體，結晶良好。 KNO_3
11.	硫代硫酸鈉	⇒透明結晶，雜亂堆積，不易控制。 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
12.	廿四水硫酸鋁鉀	⇒白色沈澱至杯壁，極大。 $\text{K}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
13.	廿四水硫酸鉻鉀	⇒黑色結晶，不易控制，效果不佳。 $\text{K}_3\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

實驗(二)：探討晶體生長的速度和溶液濃度的關係：

1. 配製各種不同濃度的溶液。

2. 以天平稱量晶種重 W_1 ，然後用線懸掛在溶液中。
3. 一週後，將晶體取出，乾後，秤其重 W_2 。
4. 求出增加（或減少）之重量 $\Delta W (= W_2 - W_1)$ 。
- * 如果 $\Delta W < 0$ 表示晶種溶在水中。
5. 其結果如下表：

名稱	濃度 (%)	溶質 (g)	溶劑 (g)	晶種 W_1 (g)	晶體 W_2 (g)	$\Delta W = W_2 - W_1$ (g)
1. 硫酸銅	0	0	40	1.3	0	-1.3
	20	8	32	1.5	0.9	-0.6
	40	16	24	1.2	0.7	0.5
	60	26.8	13.2	1.4	5.1	3.7
	70	28	12	2.1	8.6	6.5
2. 酒石酸鈉鉀	0	0	40	1.8	0	-1.8
	20	8	32	1.5	0.7	-0.8
	40	16	24	1.4	4.5	3.1
	50	20	20	1.9	11.7	9.8



* $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 在 67% (常溫下) 已達飽和。而酒石酸鈉鉀在 50% 飽和。

* ΔW 若為負值，即表示溶液未達飽和，而使晶體溶解於溶液中。

實驗(三)：晶種的形狀對晶體的生成有何影響？

1. 製造大量的晶種，利用撿取、斷裂、切刻等法，取各種不同晶體。
2. 分別垂入飽和溶液中。
3. 一週後取出，觀察並比較其形狀。
4. 其結果為：晶種的形狀對晶體的形狀沒有影響，只不過有若干極微極微小的差異，如：面的傾斜，角隅的大小……等。

實驗(四)：以磁鐵為晶種，晶體生長情況如何？

1. 整理選擇方整平滑的小磁石一塊，用細線縛結。
2. 垂入飽和液中，罩上濾紙。
3. 一週後，取出觀察。
4. 其結果為：
 - (1) 磁石上不附有任何晶體顆粒，這是因為磁鐵和溶質性質不相似，故無法堆積而上。
 - (2) 杯底沈澱的晶體沿磁力線方向排列。

實驗(五)：探討尿素在橫置、豎立或與地面成 45° 角時的試管中，生長速度的影響。

1. 以尿素為溶質。配製 120 g 的飽和液，分成三組，倒入三支試管。
2. 分別把試管以橫置、豎立和水平成 45° 角傾斜放置。
3. 廿分鐘後取得尿素結晶，秤重 W。
4. 結果如下表：

方 式	t(分)	$\Delta W(g)$	$R = \Delta W/t (g/分)$
試管橫置	20	34.8	1.74
試管豎立	20	27.6	1.38
試管和水平成 45° 角	20	32.0	1.60

實驗(六)：探討非水溶劑對沈晶狀態有何影響？

1. 以水浴法加熱各種溶液。
2. 選取不和溶質起反應的物質當溶劑。

3. 以 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 及 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ 做二組實驗。

4. 溶質 25g、溶劑 25g，初溫 23°C ，時間 240 分鐘。

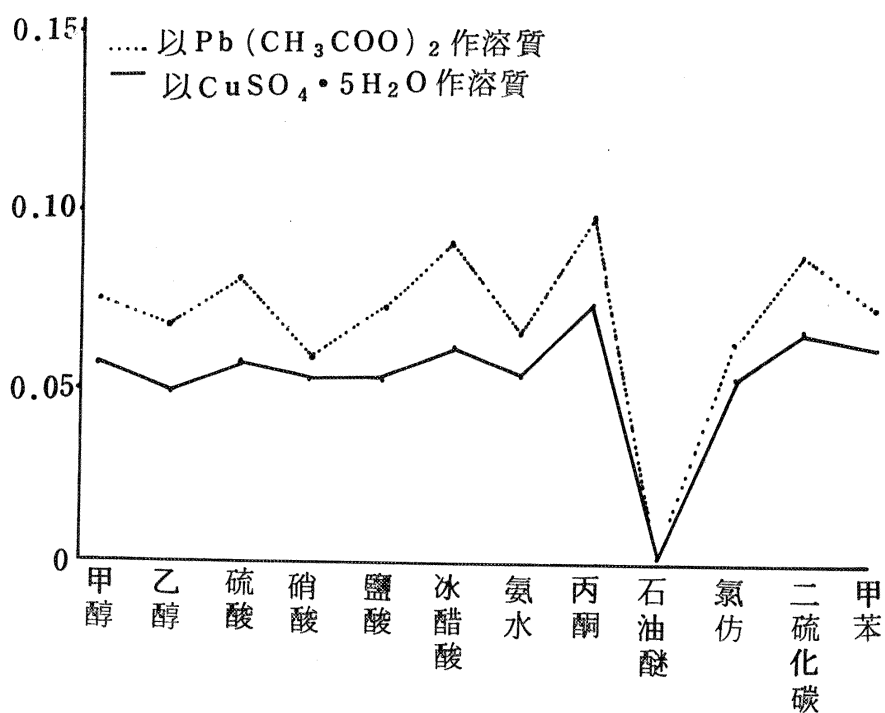
5. 結果如表格示：

(1) 以 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 當溶質： R：結晶速率 (g/分)

名稱	稀釋溶劑	主要溶劑	$\Delta W = W_2 - W_1$	$R = \Delta W / 240 (\text{g/分})$
CH_3OH	10	15	13.4	0.056
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	10	15	11.8	0.049
H_2SO_4	10	15	13.7	0.057
HNO_3	10	15	12.8	0.053
HCl	10	15	13.0	0.054
CH_3COOH	10	15	14.6	0.061
氨 水	10	15	12.9	0.054
丙 酮	10	15	17.8	0.074
石 油 醚	0	25	12.1	0.005
氯 仿	0	25	12.6	0.053
CS_2	0	25	15.8	0.066
甲 苯	10	15	15.2	0.063

(2) 以 $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 當溶質： R：結晶速率 (g/分)

名稱	稀釋溶劑	主要溶劑	$\Delta W = W_2 - W_1$	$R = \Delta W / 240 (\text{g/分})$
CH_3OH	10	15	17.9	0.075
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	10	15	16.3	0.068
H_2SO_4	10	15	19.1	0.080
HNO_3	10	15	16.5	0.069
HCl	10	15	17.4	0.072
CH_3COOH	10	15	21.8	0.091
氨 水	10	15	15.8	0.066
丙 酮	10	15	23.6	0.098
石 油 醚	0	25	0.9	0.004
氯 仿	0	25	14.7	0.061
CS_2	0	25	21.2	0.088
甲 苯	10	15	17.8	0.074



實驗(七)：探討溶劑的酸鹼度對沈晶速度的影響如何？

1. 以 HNO_3 及水配成酸溶劑以氨水及水配成鹼性溶劑。
2. 以尿素為溶劑，取溶質 33g，溶劑各 17g，形成重 50g 的溶液。
3. 時間 240 分鐘。
4. 其結果如表示：

(1) 酸性溶液：

P%	0	10	20	30	40	50	70	80	90
$H_2O(g)$	17	15	13	11	10	8	5	3	2
$HNO_3(g)$	0	2	4	6	7	9	12	14	15
$\Delta W = W_2 - W_1(g)$	15.4	15.7	14.9	13.8	14.3	12.1	11.5	11.0	12.7
$R = \Delta W / 240(g/分)$	0.064	0.065	0.062	0.058	0.06	0.05	0.048	0.046	0.053

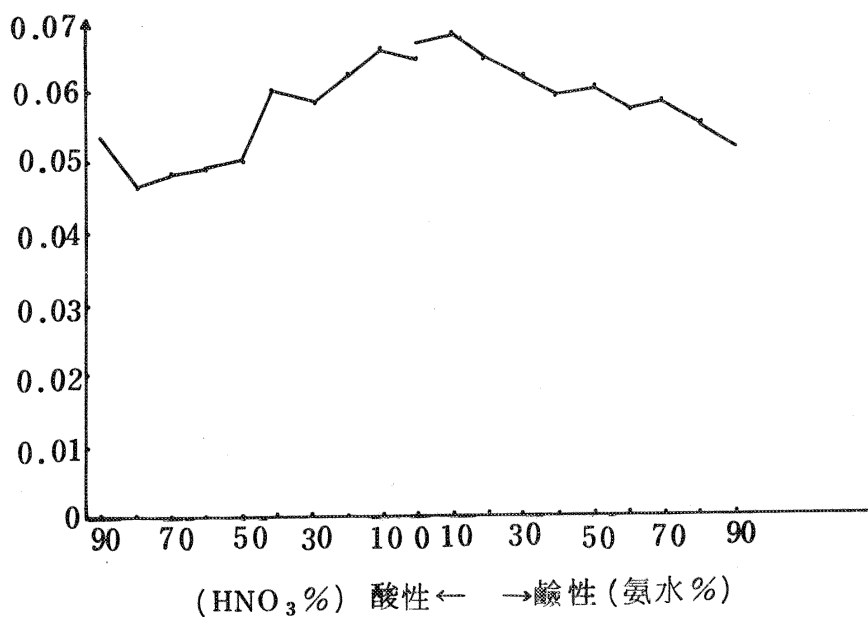
* W_2 = 試管及溶液總重。

W_1 = 取出結晶後之試管及剩餘溶液重

R：結晶速率 (g / 分)



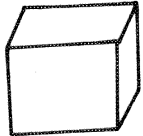

(2) 鹼性溶液：


P %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
H ₂ O	17	15	13	11	10	8	7	5	3	2
氨 水	0	2	4	6	7	9	10	12	14	15
$\Delta W = W_2 - W_1$ (g)	15.8	16.3	15.4	14.8	14.2	14.5	13.7	13.9	13.2	12.4
$R = \Delta W / 240$ (g/分)	0.066	0.068	0.064	0.062	0.059	0.06	0.057	0.058	0.055	0.052



五、討 論

(一) 就本實驗將晶體大致分類如下：

1.  如： $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 等
2.  如： NaNO_3 等
3.  如： NaCl 、 KCl 、 NaClO_3 等
4.  如： K_2SO_4 、 KNO_3 等

5.  如： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、酒石酸鈉鉀等

6. 雜亂生長：如 $\text{K}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4$ 等

(一) 不規則生長的原因主要是：

1. 溫度不當 2. 溶液震盪干擾 3. 灰塵掉落 4. 結晶太快

(二) 欲防止帶有結晶水的晶體乾裂，其保存法為

1. 以廣口瓶以線懸掛法縛好。
2. 瓶內注入少許該晶體成分之飽和液。
3. 用凡士林緊夾封口。

(三) 強酸及揮發性溶液加熱宜小心，並注意熱膨脹以免試管破裂。

六、結 論

(一) 晶體的成長好壞受：1. 溶質的溶解度 2. 溶液的溫度
3. 時間的控制 4. 溶劑的種類 5. 結晶的方式等等而定。

(二) 晶種的形狀對晶體的形狀沒有太大的影響。

(三) 磁性會影響晶體的結晶速率、排列方向。

(四) 地心引力會影響晶體的成長方向。

(五) 非水溶劑的揮發性大小直接影響結晶成長速率，但不影響晶型。

(六) 酸鹼性對沈晶速率影響不太大，但若其溶解度受酸鹼度影響，則其沈晶速率將受影響。

七、參考資料

(一) 晶體的生長與合成（徐氏基金會出版）

(二) 國中理化第一冊、第二冊（國立編譯館）

(三) 高中化學（上下冊）（東華書局）

(四) 科學教授之四 P. 190

評 語

本實驗乃求了解結晶的各種特性內容，設計良好，觀察仔細，有關數據之分析亦屬詳盡周延。唯其中磁力線影響之實驗結果尚有缺點

並稍欠完整。

主要作者胡正恆同學認真好學、勤於動手，思慮亦相當縝密，資賦極為優異。整個研究工作甚有意義，成果亦屬優良值得獎勵。