

『晶』生有道

高小組化學科第一名

台北市立師範學院附設實驗小學

作者：高得宇、張瑜珊、張瑩瑩

指導教師：卓娟秀、陳錦雪

一、研究動機

在自然教室看到許多漂亮的晶體，所以五、六年級時針對影響晶體生長的因素，進行一些探討。從文獻中發現以前都以析晶量做為研究的對象，又在報章書籍中知道大晶體有許多用途故做大而亮的晶體。

二、研究目的

- (一)探討懸線與晶體生長的關係。
- (二)探討懸晶與晶體生長的關係。
- (三)探討自然蒸發與晶體生長關係。
- (四)探討晶種大小與晶體生長關係。
- (五)探討晶種位置與晶體生長關係。
- (六)探討時間與晶體生長的關係。
- (七)探討生長液體積與晶體生長關係。
- (八)探討容器形狀與晶體生長的關係。
- (九)探討溶劑與晶體生長的關係。
- (十)如何做一個又大又亮的晶體。

三、文獻探討

(一)參考歷屆科展作品與相關文獻，採用結論部分如下：

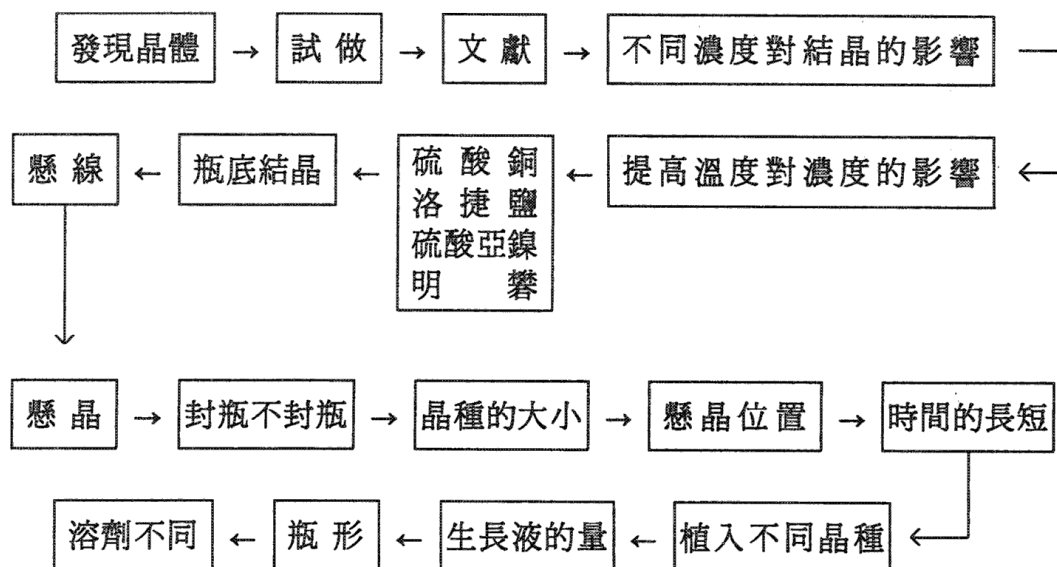
- 1.水溶液的濃度愈高，愈快出現晶體。
- 2.容器愈小愈快出現晶體，但顆粒較小。
- 3.飽和液的溫度愈高析晶量愈大。
- 4.溶液與環境溫差愈大，愈容易出現晶體。
- 5.附著物的表面愈粗糙，愈快出現晶體且不易掉落。
- 6.晶種的形狀對晶體生長沒有影響。

7.定溫箱中進行實驗可避免受環境溫度變化，造成多重變因影響。

(二)部分實驗結果，經實做後，發現與事實不符，摘錄如下：

- 1.只要溫差大，低溫溶液置於高溫外液中，可迅速析晶。
- 2.水溶液加入染料染色，會出現有顏色的晶體。
- 3.燒杯底面積愈小，所得晶體較大且晶型完整。

四、研究過程



五、實驗結果

問題(一)懸線的質料不同，晶體生長量都一樣嗎？

1.方法：

- (1)分別取10cc的洛捷鹽(A)、硫酸銅(B)生長液置入寬1.7cm試管14支。
- (2)生長液30℃時放入不同質料的線，置入25℃恆溫箱中1天。

2.結果：

A組：洛捷鹽液

$W1 = \text{線} + \text{紙片}$

$\Delta W = W2 - W1$

$W2 = \text{長成後晶體重} + \text{線} + \text{紙片}$

$W\text{均} = \Delta W \text{的平均}$ R：沈澱量（克）

線	號	W1	W2	ΔW	W均	R	說明
A	1	0.31	0.33	0.02	0.09	0	晶體少，碎粒少。
	2	0.28	0.44	0.16		0	
B	1	0.23	0.58	0.35	0.33	0	晶體較大，碎粒少。
	2	0.18	0.49	0.31		0	
C	1	0.20	0.66	0.46	0.49	1	線上有許多碎小晶體，主晶不大。
	2	0.20	0.71	0.51		1	
D	1	0.21	0.89	0.68	0.61	1	主晶大，碎粒少。
	2	0.22	0.75	0.53		0	
E	1	0.47	0.63	0.16	0.16	0	晶體小。
	2	0.46	0.61	0.15		0	
F	1	0.42	1.21	0.79	0.78	0	線上有許多碎小晶體，主晶不大。
	2	0.38	1.15	0.77		0	
G	1	0.18	0.35	0.17	0.16	0	晶體小。
	2	0.13	0.28	0.15		0	

A：28號鐵絲

B：3號釣魚線

C：車縫棉線

D：硬棉線

E：漆包線

F：細毛線

G：透明線

B組：硫酸銅液

（克）

線	號	W1	W2	ΔW	W均	R	說明
A	1	0.31	0.19	—	—	—	鐵絲在液面交界的地方斷掉，一部分沈到試管底，溶液變褐色。
	2	0.32	0.20	—			
B	1	0.20	0.20	0	0	0	線上光滑沒有晶體，管底也沒有。
	2	0.20	0.20	0.20			
C	1	0.20	0.20	0	0	0	線上光滑沒有晶體，管底也沒有。
	2	0.19	0.19	0			
D	1	0.18	0.18	0	0	0	線上光滑沒有晶體，管底也沒有。
	2	0.20	0.20	0			
E	1	0.41	0.32	—	—	—	晶種掉落，漆包線表面有點掉漆。
	2	0.42	0.40	—			
F	1	0.21	0.18	—	—	—	線上光滑沒有晶體，管底也沒有。
	2	0.21	0.13	—			
G	1	0.20	0.20	0.20	0	0	線上光滑沒有晶體，管底也沒有。
	2	0.20	0.20	0.20			

- 3.我發現：洛捷鹽液懸毛線產生的晶體最重，而鈎線和硬棉線附著的碎晶最少。
。硫酸銅會與鐵絲發生交互作用，生銹而斷掉。

問題(二)在懸線上加晶種，能使晶體的生長量增加嗎？

〔二-1〕1.方法：同問題(一)，各種線上懸上晶種各三支。

2.結果：(如下表)

3.我發現：懸上晶種確實可增加析晶量及獲得完整的晶體。

〔二-2〕1.方法：〔二-1〕生長液改為200cc，各8瓶置6天後取出記錄。

2.結果：(如下頁表)

〔二-1〕結果：

A組：洛捷鹽液

W 1 = 晶種 + 線 + 紙片

W 2 = 長成後晶體重 + 線 + 紙片 (克)

線	號	W 1	W 2	△W	W均	R	說 明
A	1	0.28	2.18	1.90	1.95	0.7	晶形完整晶體大
	2	0.28	2.56	2.28		0.55	
	3	0.28	1.94	1.66		0.76	
B	1	0.23	1.20	0.97	0.94	0.77	1.晶體大，碎粒少 2.線上有碎粒附著 3.碎粒少
	2	0.24	1.14	0.90		0.70	
	3	0.21	1.15	0.94			
C	1	0.19	0.54	0.35	1.05	1.6	晶體大，有碎粒
	2	0.25	2.86	2.60		1.2	
	3	0.18	0.39	0.21		2.5	
D	1	0.29	3.65	3.36	2.56	0.	1.晶體很大，靠管壁 2.無碎粒
	2	0.24	2.14	1.90		0.	
	3	0.22	2.64	2.42		0.	
E	1	0.40	晶掉		—	1.4	晶種都掉落
	2	0.45	晶掉			1.5	
	3	0.45	晶掉			1.5	
F	1	0.19	1.15	0.96	1.44	0.6	2、3有碎粒
	2	0.19	2.30	2.11		0.3	
	3	0.19	3.36	3.17		0.7	
G	1	0.17	0.16	0.01	0.44	2.6	1.線上碎粒多
	2	0.19	0.26	0.05		2.5	
	3	0.13	1.40	1.27		1.6	

B組：硫酸銅液

(克)

線	號	W 1	W 2	ΔW	W均	說 明
A	1	0.41	0.20	—	—	晶種掉落且鐵絲斷落，溶液變褐色
	2	0.41	0.19	—		
	3	0.42	0.14	—		
B	1	0.26	0.40	0.14	0.30	晶體變大一點 晶體變大一點 晶體變大一點
	2	0.42	0.70	0.28		
	3	0.31	0.83	0.51		
C	1	0.33	1.10	0.87	0.79	1號晶體稍大，2、3、號線上有小碎晶
	2	0.22	0.85	0.65		
	3	0.36	1.15	0.85		
D	1	0.26	1.21	0.95	0.86	線上晶體都很少
	2	0.35	1.15	0.80		
	3	0.40	1.23	0.83		
E	1	0.55	1.38	0.88	0.84	1號晶體大 2號線晶體少 3號晶體大
	2	0.55	1.40	0.90		
	3	0.55	1.36	0.81		
F	1	0.31	1.40	1.09	1.41	線上有許多碎晶成串
	2	0.23	1.34	1.11		
	3	0.23	1.16	0.93		
G	1	0.23	1.18	0.95	1.0	1號線上有些晶體 2、3號線上有些體成串
	2	0.26	1.27	1.01		
	3	0.26	1.30	1.04		

〔二—2〕結果：

A組：洛捷鹽液

(克)

線 別	號	W1	W2	ΔW	W均	說 明
釣 魚 線	1	0.23	13.48	13.25	13.48	塊狀透明
	2	0.22	13.92	13.70		
車 棉 線	1	0.18	13.77	13.59	13.69	塊狀透明
	2	0.19	13.97	13.78		
毛 線	1	0.19	26.45	26.26	21.82	1.塊狀不透明 2.線上有小碎粒
	2	0.19	17.57	17.38		
漆 包 線	1	0.45	20.48	20.03	17.88	1.成串碎粒 2.碎粒不分掉落
	2	0.40	16.13	15.73		
鐵 絲	1	0.28	14.81	14.53	10.50	1.成串碎粒 2.碎粒不分掉落
	2	0.28	6.74	6.46		

B組：硫酸銅液

(克)

線 別	號	W1	W2	ΔW	W均	說 明
釣 魚 線	1	0.31	3.59	3.28	4.27	晶形完整，晶體大
	2	0.41	5.67	5.26		
車 棉 線	1	0.33	8.03	7.70	6.42	線上有少許碎晶
	2	0.36	5.50	5.14		
毛 線	1	0.23	5.03	4.86	4.76	線上有許多碎粒的晶體
	2	0.31	4.35	4.66		
漆 包 線	1	0.55	4.62	4.07	3.85	線上有少許碎晶
	2	0.55	4.17	3.62		

3.我發現：當生長液增加時其結果仍為毛線最重碎晶多，而釣魚線為單獨塊狀的晶體。只在晶種與溶液同藥品晶體才會長。

問題(三)生長液自然蒸發或封瓶，晶體生長量都一樣嗎？

1.方法：同〔二—2〕分別用封瓶，自然蒸發及加蓋濾紙各2瓶。

2.結果：

A組：洛捷鹽液

(克)

處理方法	號	W1	W2	ΔW	W均	說 明
封 瓶 法	1	0.27	8.36	8.09	9.29	晶體大而透明
	2	0.26	10.74	10.48		
加 蓋 濾 紙	1	1.24	5.12	3.88	7.14	晶形較差，上半部較不透明
	2	0.13	8.74	8.61		
自 然 蒸 發 (未加蓋)	1	0.18	24.73	24.55	32.57	晶體上端呈蕈狀，液面高度降低
	2	0.23	40.81	40.58		

B組：硫酸銅液

(克)

處理方法	號	W1	W2	ΔW	W均	說 明
封 瓶 法	1	2.36	4.83	2.47	3.54	燒杯外乾淨
	2	2.52	3.59	1.07		
加 蓋 濾 紙	1	1.24	5.12	3.88	5.42	杯壁內外有許多淡藍色細碎粉末
	2	1.41	9.16	7.75		
自 然 蒸 發 (未加蓋)	1	0.60	7.20	6.60	7.08	杯壁內外有許多淡藍色細碎粉末
	2	0.43	7.98	7.55		

3.我發現：洛捷鹽的結晶量以自然蒸發>封瓶>加蓋濾紙，但自然蒸發的上端呈蕈狀，封瓶得單獨大晶體；硫酸銅結果亦同。

問題(四)大小不同的晶種，是否會長出一樣大的晶體？

1.方法：同問題〔二-2〕晶種分別為A約0.1克B約0.3克C約0.5克D約1.0克E約1.5克，放入25℃定溫恆溫箱中6天後取出觀察記錄。

2.結果：

A組：洛捷鹽液

W_1 = 晶種重 W_2 = 長成後晶體重 + 約線 $\Delta W = W_2 - W_1$
 $W_{均} = \Delta W$ 的平均 增加率 = $W_{均} \div W_1$ (克)

晶種	號	W_1	W_2	ΔW	$W_{均}$	增加率	說明
A	1	0.1	1.83	1.73	1.67	1.67	ΔW 為負值不列入平均
	2	0.1	1.70	1.60			
	3	0.1	0.09	—			
B	1	0.3	3.39	3.09	1.88	6.3	
	2	0.3	2.10	1.80			
	3	0.3	1.06	0.76			
C	1	0.5	4.24	3.47	3.02	6.0	晶體非常大，而晶形漂亮
	2	0.5	3.09	2.59			
	3	0.5	3.23	2.73			
D	1	1.0	0.92	—	0.37	0.4	ΔW 為負值不列入平均
	2	1.0	1.32	0.32			
	3	1.0	1.42	0.42			
E	1	1.5	3.22	1.72	4.16	2.8	晶體非常大，而晶形漂亮
	2	1.5	7.82	6.32			
	3	1.5	5.93	4.43			

B組：硫酸銅液

(克)

晶種	號	W_1	W_2	ΔW	$W_{均}$	增加率	說明
A	1	0.1	1.49	1.39	1.11	11.1	晶體較小
	2	0.1	1.05	0.95			
	3	0.1	1.10	0.99			
B	1	0.3	2.01	1.71	1.57	5.2	
	2	0.3	2.00	1.70			
	3	0.3	1.60	1.30			
C	1	0.5	2.57	2.07	2.13	4.3	
	2	0.5	2.63	2.13			
	3	0.5	2.68	2.18			
D	1	1.0	3.40	2.40	2.78	2.78	
	2	1.0	3.51	2.51			
	3	1.0	4.43	3.43			
E	1	1.5	5.88	4.38	4.32	2.8	晶體非常大
	2	1.5	5.49	3.99			
	3	1.5	6.09	4.59			

3.我發現：洛捷鹽增加量 $E > D > C > B > A$ ，增加率 $A > B > C > E > D$ ；硫酸銅增加量及增加率皆與洛捷鹽相同。

問題(五)晶種在容器內的位置不同，晶體生長量都一樣嗎？

1.方法：取甲500cc、乙250cc的A、B生長液，置入口徑7.5cm高15cm的直筒瓶中，位置分別瓶底、離底2cm、液體中間與離液面2cm，放入25℃恆溫箱中，6天後取出觀察並記錄。

2.結果：

A組：洛捷鹽液

(克)

位 置		W 1	W 2	ΔW	說 明
瓶 底	甲	0.33	100.39	100.06	甲、乙晶形都不完整
	乙	0.32	44.39	44.07	
底 2 cm	甲	0.32	35.26	34.94	甲、乙晶形都不完整
	乙	0.32	48.87	48.54	
中 間	甲	0.33	69.78	69.45	甲、乙晶形都不完整
	乙	0.34	39.79	39.45	
面 2 cm	甲	0.34	47.18	46.84	晶形上半部都不完整
	乙	0.33	26.33	26.00	

B組：硫酸銅液

(克)

位 置		W 1	W 2	ΔW	說 明
瓶 底	甲	0.33	—	—	甲：與底部相連
	乙	0.43	5.95	5.52	乙：底部形成大塊沈晶
底 2 cm	甲	0.32	3.63	3.31	甲：晶形完整
	乙	0.38	8.06	7.68	乙：晶體完整成串附著
中 間	甲	0.33	3.32	2.99	甲：晶形完整
	乙	0.45	8.12	7.64	乙：晶形完整
面 2 cm	甲	0.34	3.18	2.84	甲：晶形上半部不完整
	乙	0.36	4.20	3.84	乙：晶形上半部不完整

3.我發現：晶種放在溶液中央到離底2cm處晶體長得最大且完整。

問題(六)時間長短不同，是否會長出不一樣重的晶體？

1.方法：取100cc生長液A、B兩種各30瓶，每天取3瓶觀察。

2.結果：

A組：洛捷鹽液

W1=晶種重 W2=結晶重 ΔW =增加量 A:增加倍率 D:殘液密度 D:殘液密度平均 (克)

		W 1	W 2	ΔW	W均	A	沉 晶	D	D	說 明
一 天	1	0.18	1.04	0.86	0.8	3.43	41.44	1.249	1.31	主晶小，上有碎晶附著，底部有許多細碎的沉晶
	2	0.32	1.05	0.73			40.39	1.319		
	3	0.20	0.95	0.75			42.68	1.359		
二 天	1	0.28	1.31	1.03	1.0	4.44	32.67	1.284	1.28	晶形不規則，底部有多量細碎沉晶
	2	0.20	0.14	—			27.65	1.283		
	3	0.17	0.47	0.30			25.59	1.276		
三 天	1	0.72	2.89	2.17	2.0	4.48	34.97	1.277	1.26	主晶體小，沉晶顆粒較大
	2	0.37	2.77	2.40			22.84	1.263		
	3	0.25	1.54	1.29			34.97	1.253		
四 天	1	0.29	4.18	3.89	3.89	13.41	9.27	1.303	1.27	主晶體完整、透明 2、3 晶種掉落在瓶底造成大塊結晶
	2	0.17	0	—			極多	1.286		
	3	0.30	0	—			極多	1.268		
五 天	1	0.17	34.62	34.45	28.3	161.64	極多	1.243	1.27	2的晶種掉落瓶底 1、3 晶體長大與沉晶相連，線上有碎晶
	2	0.20	14.11	13.91			極多	1.251		
	3	0.27	36.95	36.68			極多	1.240		
六 天	1	0.35	2.03	1.87	16.1	100.63	24.74	1.237	1.27	1號主晶小，底部有盤狀沉晶 2號主晶大而不透明、沉晶層狀排列 3號沉晶沿壁生長
	2	0.16	16.25	16.09			25.50	1.275		
	3	1.17	0.12	晶種掉			26.14	1.307		
七 天	1	0.15	2.29	2.14	2.8	20.00	25.81	1.290	1.28	1 號主晶上有碎晶 2 號晶形完整 3 號沉晶塊狀與主晶體類似
	2	0.08	0.49	0.41			25.78	1.298		
	3	0.13	3.52	3.39			25.70	1.285		
八 天	1	0.13	0.17	掉	0.75	4.41	23.51	1.274	1.27	1、3 號失敗 不列入記錄
	2	0.17	0.92	0.75			24.90	1.262		
	3	0.13	0.09	掉			—	1.278		
九 天	1	0.17	4.98	4.81	38.7	430.00	31.38	1.257	1.26	2 號有誤不列入記錄
	2	0.09	0.11	0.02			27.52	1.259		
	3	0.09	38.80	38.71			0	1.264		
十 天	1	0.17	0.11	—	6.88	53.00	25.66	1.273	1.27	1、3 號失敗 不列入記錄
	2	0.13	7.01	6.88			30.34	1.267		
	3	0.13	0.23	—			23.58	1.276		

3.我發現：洛捷鹽的結晶過程非常易受到外界的干擾，重覆多次實驗發現在第4天以後殘液密度達穩定數值（ 1.28 ± 0.01 ），故以第5天為洛捷鹽的生長極限。而硫酸銅則在第4～5天達到生長極限。

問題(七)生長液的量不同，是否會長出一樣重的晶種？

1.方法：同問題(六)生長液分別為100、200、300、400、500cc，置入口徑 $\varnothing$ cm，高15cm的瓶中，各5瓶放6天後取出觀察並記錄。

2.結果：

A組：洛捷鹽液

W1 = 晶種重 + 大紙片重 W2 = 結晶重 + 大紙片重

ΔW = 增加量 A：增加倍率 D：殘液密度 D：殘液密度平均 (克)

cc數	號	W1	W2	ΔW	W均	A	沉晶	D	D	說明
100		1.18	3.08	1.90	1.9	1.9	14.66	1.25	1.25	晶體小
200	1	1.17	7.91	6.74	4.45	5.2	13.84	1.25	1.253	晶體大小略有差別，但晶形都完整，主晶較小的沉晶較多
	2	1.16	4.52	3.36			20.72	1.254		
	3	1.01	4.25	3.24			18.42	1.254		
300	1	0.97	4.91	3.94	5.24	5.0	23.38	1.264	1.266	同上 3號失敗，不列入記錄
	2	1.01	7.54	6.53			24.65	1.262		
	3	1.13	1.17	0.04			43.46	1.272		
400	1	1.13	11.59	10.46	25.70	23.6	23.22	1.263	1.279	同上 3號不列入記錄
	2	1.06	31.53	30.47			16.42	1.272		
	3	1.07	1.26	0.19			40.04	1.302		
500	1	1.07	1.27	0.20	37.97	31.6	55.24	1.269	1.283	1號失敗，不列入記錄，其餘同上
	2	1.36	49.03	47.67			15.54	1.277		
	3	1.27	29.54	28.27			20.28	1.304		

B組：硫酸銅液

(克)

cc數	號	W1	W2	ΔW	W均	A	沉晶	D	D	說明
100		0.22	2.51	2.37	2.37	12.5	8.32	1.20	1.20	晶形完整美觀
200	1	0.38	1.88	1.50	2.63	8.77	25.10	1.191	1.189	晶體完整但與沉晶相連，沉晶稍大
	2	0.22	3.98	3.76			25.11	1.187		
300	1	0.18	5.22	5.05	5.37	29.02	36.64	1.195	1.204	晶體完整但與沉晶相連，沉晶結成盤狀
	2	0.19	5.88	5.69			36.14	1.213		
400	1	0.17	8.21	8.04	8.65	37.61	57.76	1.136	1.141	晶體完整但與沉晶相連，沉晶成盤狀
	2	0.29	9.53	9.25			46.84	1.146		
500	1	0.25	10.32	10.08	9.96	49.8	60.04	1.228	1.187	晶體完整但與沉晶相連，沉晶多
	2	0.15	9.98	9.83			56.94	1.145		

3.我發現：生長液體積愈多，晶體生長的潛能也越大，晶形也完整，約在8～9天才會達極限。

問題(八)容器形狀不同，晶體生長量都一樣嗎？

1.方法：同問題(六)取200cc生長液，放入100cc量杯、500cc錐形瓶、直筒瓶、大燒杯、培養皿中，6天後取出。

2.結果：

A組：洛捷鹽液

W1：晶種重 W2：結晶重 ΔW ：W1-W2 W均= ΔW 均 D：殘液密度 D：殘液密度平均

容 器	號	W1	W2	ΔW	W均
上寬下窄 (量杯)	1	0.13	7.08	6.95	4.14
	2	0.13	2.71	2.52	
	3	0.12	3.07	2.95	
上窄下寬 (錐形瓶)	1	0.09	4.03	3.94	5.84
	2	0.11	8.15	8.04	
	3	0.11	5.64	5.54	
培養皿徑 12.5cm	1	0.12	主晶不長沉晶 難取出	—	—
	2	0.14			
	3	0.11			
燒 杯 500cc	1	0.13	32.52	32.4	23.65
	2	0.13	35.90	35.7	
	3	0.17	3.44	3.27	

B 組：硫酸銅液

(克)

容 器	號	W 1	W 2	ΔW	W均	沉 晶	D	D	說 明
上 寬 下 窄 (高腳杯)	1	2.95	6.03	3.08	1.64	錐狀多 不易取出	1.19	1.85	W1=晶種+線+紙 片晶體與底部沉晶 相連線上有小晶體
	2	2.97	3.17	0.2			1.18		
上 窄 下 寬 (錐形瓶)	1	0.60	3.46	2.86	2.64	22.54	1.18	1.165	W1=晶種+線 主晶體晶形完整 ，底部有沉晶
	2	0.43	2.84	2.41		22.95	1.15		
培 養 皿 徑 12.5cm	1	0.35	0.77	0.42	0.40	25.39	1.18	1.173	W1=晶種+線 在皿底形成細碎 的結晶結成盤狀
	2	0.46	0.83	0.37		23.18	1.17		
燒 杯 500cc	1	2.70	3.61	0.91	0.78	25.32	1.17	1.172	W1=晶種+線+ 紙片
	2	3.60	4.25	0.65		19.43	1.18		

3.我發現：容器形狀會影響結晶的發展，等量的液體放入不同的容器中，產生高低、寬窄不同的空間，結果在瘦長的空間內晶體發展成串，若在寬短的容器內，大多在底部形成沉晶。洛捷鹽屬於十面的立方體，晶體生長時所需的空間較大，較易受容器形狀影響；硫酸銅為扁平型晶體，液面的高矮對結晶影響較大。

問題(九)：在飽和溶液中加入其他的液體是否有助於結晶的形成？

〔九—1〕1. (詳見附件)

1.目的：找出能溶於水但不溶解溶質的第二種溶劑。

2.結果：甲醇、乙醇、丙酮的效果，但甲醇過於危險不採用。

〔九—2〕1. (詳見附件)

1.目的：找出能加入第二種溶劑的適當比例。

2.結果：以10cc:0.5、1.0、1.5、2.0、2.5cc比例較好。

〔九—3〕

1.方法：

(1)取A、B溶液各200cc內並分別加入5、10、20、30cc的酒精(甲組)、丙酮(乙組)等液體。

(2)攪拌均勻後於30℃植晶並置入25℃定溫恆箱中6天。

2.結果：

W1：晶種重 W2：結晶重 ΔW :增加量 T：析出總量

Ta:析出總量平均 D：殘液密度 D:殘液平均密度

(甲—1) 洛捷鹽+酒精

(克)

	號	W1	W2	ΔW	W均	沉 晶	T	Ta	D	D
0	1	0.34	32.97	32.63	26.83	3.4	36.37	36.25	1.28	1.28
	cc. 2	0.21	21.23	21.02		14.9	36.13		1.28	
5	1	0.16	4.77	4.61	3.76	38.65	43.42	39.44	1.27	1.28
	cc. 2	0.16	3.07	2.91		32.38	35.45		1.28	
10	1	0.26	4.94	4.68	5.21	39.30	44.24	45.21	1.28	1.28
	cc. 2	0.23	5.97	5.74		40.21	46.18		1.27	
20	1	0.21	7.96	7.75	6.52	46.35	54.31	59.67	1.22	1.22
	cc. 2	0.10	5.39	5.29		59.64	65.03		1.22	
30	1	0.42	7.53	7.11	5.24	66.62	74.15	71.69	1.22	1.23
	cc. 2	0.16	3.523	3.36		65.70	69.22		1.23	

(甲—2)：硫酸銅+酒精

(克)

	號	W1	W2	ΔW	W均	沉 晶	T	Ta	D	D
0	1	0.25	4.45	4.20	4.15	25.35	29.80	29.67	1.21	1.20
	cc. 2	0.26	4.33	4.07		25.21	29.54		1.19	
5	1	0.38	4.17	3.79	4.53	36.95	41.12	41.01	1.16	1.16
	cc. 2	0.22	5.48	5.26		35.41	40.89		1.16	
10	1	0.32	10.97	10.65	8.22	36.44	47.41	47.63	1.13	1.12
	cc. 2	0.27	6.05	5.78		41.80	47.85		1.11	
20	1	0.24	23.50	23.26	16.87	42.40	65.90	65.22	1.06	1.06
	cc. 2	0.35	10.83	10.48		53.70	64.53		1.07	
30	1	0.15	11.51	11.36	8.16	62.28	73.79	80.75	1.03	1.02
	cc. 2	0.18	5.13	4.95		82.60	87.73		1.02	

(乙—1)：洛捷鹽+丙酮

(克)

	號	W 1	W 2	ΔW	W均	沉 晶	T	Ta	D	D
0	1	1.65	9.90	8.25	9.59	17.02	26.92	26.28	1.28	1.27
cc.	2	1.48	12.42	10.93		25.63	25.63		1.26	
5	1	1.44	12.68	11.24	10.76	29.08	29.08	29.46	1.28	1.29
cc.	2	1.42	11.60	10.18		29.83	29.83		1.29	
10	1	1.45	4.38	2.93	2.93	64.68	67.61	66.00	1.26	1.26
cc.	2	1.41	掉落	0		64.38	64.38		1.26	
20	1	1.51	6.57	5.06	4.5	46.85	50.24	51.02	1.17	1.20
cc.	2	1.55	5.50	3.95		46.30	51.80		1.22	
30	1	1.78	12.31	10.53	9.06	53.06	65.37	63.06	1.21	1.22
cc.	2	1.49	19.08	17.59		41.67	60.75		1.23	

(乙—2)：硫酸銅+丙酮

(克)

	號	W 1	W 2	ΔW	W均	沉 晶	T	Ta	D	D
0	1	0.25	4.45	4.20	4.15	25.35	29.55	29.67	1.21	1.20
cc.	2	0.26	4.33	4.07		25.21	29.28		1.19	
5	1	0.33	4.23	4.90	3.05	39.45	43.68	36.27	1.17	1.18
cc.	2	0.19	2.38	2.19		26.50	28.88		1.18	
10	1	0.28	5.00	4.72	5.36	47.11	52.11	47.63	1.14	1.14
cc.	2	0.31	6.30	5.99		58.97	65.27		1.14	
20	1	0.26	4.86	4.60	6.23	75.36	80.22	58.69	1.07	1.08
cc.	2	0.29	8.14	7.85		45.74	53.88		1.08	
30	1	0.29	6.70	6.41	24.07	86.87	93.57	80.34	1.05	1.04
cc.	2	0.22	41.95	41.73		25.16	67.11		1.02	

3.我發現：由甲組結果顯示：酒精加的越多晶體就越大，沉澱量也越多；但與對照組（0 cc）相比，晶體相對較小；由乙組結果顯示：加入丙酮對洛捷鹽液與硫酸銅液會產生明顯的反應，除了在沉澱量與主晶體生長量上與甲組有相類似的結果外，更會影響結晶的形狀。在洛捷鹽中加入丙酮後在液體交界面附近出現如花瓣狀的板狀結晶，加入越多越明顯。這種現象也同樣出現在硫酸銅液中，所以與〔九—2〕

的乙組實驗相互驗證得知加入丙酮會改變晶體的形狀與排列堆疊的方式。

九、結論與討論

- (一)線的質料影響溶質的吸附：表面粗糙的線易產生碎晶；表面光滑較適合單晶的生長。
- (二)養晶時懸晶種優於不懸晶種，懸晶提供溶質有吸附與生長空間。
- (三)製作品體的方法有三種：封瓶法、蓋濾紙與蒸發法。對溫度變化敏感者以恆溫封瓶法最好；較不受溫度影響的可用自然蒸發法。
- (四)晶種大小影響晶體生長增加量與增加率：晶種小增加量少晶種大增加量多；晶種小增加率大，晶種大增加率小。所以選擇晶種要兼顧增加量和增加率就要以0.3~0.5g的晶種較佳。
- (五)植晶位置受到晶形的影響：扁平形結晶的晶種放在離底2cm的地方長得最大；立體型結晶需放在液體中央，這樣才可以提供晶種生長的空間與足夠的溶質。
- (六)洛捷鹽和硫酸銅第4天後殘液的密度達到穩定的數值，到第十天仍為 $1.28 \pm 0.01 \text{ g/cm}$ 及 $1.18 \pm 0.02 \text{ g/cm}$ ，所以我們決定將第5天做為這兩種晶體生長極限的參考天數。
- (七)晶體的大小隨著生長液量的增加而增加，所以只要源源不斷的供應溶質，晶體就可以無限制的生長。
- (八)容器形狀會影響體晶的生長，細長的容器晶體發展成串，過於寬短的容器內，晶體生長空間小，大多在底部形成沉晶。以250cc的燒杯做為容器可提供良好的生長空間。
- (九)在生長液中加入其他的液體，不利單晶的形成，但是能加速碎小溶質的析出，或造成晶體形狀及排列方式的改變。
- (十)影響晶體生長的各因素需嚴加控制才有機會長成又大又亮的單晶。
- (十一)結晶生長液在配製時因高溫水份蒸發快，所以建議最好以溶液的密度來控制生長液的濃度。以殘液密度來檢查晶體生長是否達到極限或晶體增加率時都可避免沉晶所產生的困擾。
- (十二)懸晶只是提供晶種有良好的生長空間，但溶液中多餘的溶質會吸附在容器壁而產生沉晶，但在高溫時將溶液倒入容器中，在非常穩定的環境下，不會產生結晶；此時若在適當的溫度下植入晶種，可使得溶質大都吸附到晶種上，減少沉晶的產生，出現大而亮的晶體。
- (十三)隨溫度上升而溶解度增加極多的物質，對溫度的變化也非常敏感，所以採用此

種物質作結晶，一定要在恆溫下進行。

(四)實驗後的殘液可倒入種花的塑膠水盤，以自然蒸發法回收晶體留待以後再使用

。若加入酒精或丙酮的，雖然可快速析出溶質；但這樣比較浪費能源且不經濟，而且可能溶質與新溶劑產生交互作用，改變性質所以較不適合。

十、推 廣

我們歸納各種不同特性晶體的培養方法如下表，供各位做為參考：

條件 特徵		濃 度	懸 種 線 類	懸 與 晶 大 種 小	裝 溫 置 度	晶 位 種 置	生 時 長 間	生 體 長 液 積	容 形 器 狀	震 動	加 溶 入 劑
又大又亮	洛捷鹽	過飽和	釣魚線	要 0.3g	25℃ 恆密溫封	液 中 面 央	6 天	500 cc	密封瓶	不 能	無
	硫酸銅	過飽和	釣魚線	要 0.3g	室然 溫蒸自發	液 中 面 央	6 天	500 cc	250 cc 燒杯	不 能	無
成串 碎晶	洛捷鹽	過飽和	釣魚線	要 0.3g	25℃ 恆密溫封	離 公 底 2 分	6 天	200 cc	直約 筒12 瓶cm	稍 為	無
	硫酸銅	過飽和	釣魚線	要 0.3g	25℃ 恆密溫封	離 公 底 2 分	6 天	200 cc	直約 筒12 瓶cm	稍 為	無
放射 花狀	洛捷鹽	過飽和	釣魚線	要 0.3g	25℃ 恆密溫封	液 中 面 央	6 天	200 cc	密封瓶	不 能	丙 酮
	硫酸銅	過飽和	釣魚線	要 0.3g	25℃ 恆密溫封	液 中 面 央	6 天	200 cc	密封瓶	不 能	丙 酮
快速析出 小碎晶	洛捷鹽	過飽和	不 要	不 要	室然 溫蒸自發	無	立 刻	100 cc	250 cc 燒杯	可 攪拌	酒 丙 精 精 或 或 酮 酮
	硫酸銅	過飽和	不 要	不 要	室然 溫蒸自發	無	立 刻	100 cc	250 cc 燒杯	可 攪拌	酒 丙 精 精 或 或 酮 酮
上端 草狀	洛捷鹽	過飽和	釣魚線	要 0.3g	室然 溫蒸自發	液 中 面 央	6 天	200 cc	蓋濾 紙	不 能	無
	硫酸銅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

十一、參考資料及其他

- (一)國民小學自然課本第十一冊 臺灣書店出版
- (二)國民小學自然科教學指引第十一冊 臺灣書店出版
- (三)彩色自然科學辭典 華視出版社
- (四)牛頓科學研習百科—化學 牛頓出版社
- (五)環華百科全書 環華出版社
- (六)中華兒童百科全書 臺灣省政府教育廳
- (七)大不列顛百科全書 丹青出版社
- (八)晶體與晶體生長 徐氏基金會
- (九)歷屆科展作品專輯
 - 1.結晶世界的奧妙 台北市科展23屆 日新國小
 - 2.硫酸銅再深究 台北市科展20屆 西松國小
 - 3.燦爛耀眼的鑽石 全國科展33屆 旗津國小
 - 4.奇妙的晶體 台北市展19屆(全國科展26屆) 仁愛國中
 - 5.奇妙的晶體(續) 台北市展20屆(全國科展27屆) 仁愛國中
 - 6.純晶的秘密 台北市科展23屆(全國科展30屆) 北一女高

評 語

- 1.本研究深入探討洛捷鹽及硫酸銅的結晶過程，深入探討的程度已有研究論文的水準。
- 2.本研究對洛捷鹽及硫酸銅的結晶影響因子做相當有系統的探討例如結晶方法，晶種大小、位置，甚至容器大小形狀都考慮到了，本研究作者思考之完整性比起國高中相關優良作品並不遜色。
- 3.本研究作者透過本研究對沉澱及結晶分辨得很清楚，比起許多國高中生對結晶概念更清楚。
- 4.本研究作者對參考資料收集相當齊全，對各類似相關研究之進展及優缺點亦相當瞭解，以國小作品而言，確實難得。
- 5.本研究不論在科學精神、態度、方法、表達能力及思考嚴密性均屬上乘，本研究成果甚至可做為國小、國中有關結晶教學方面的教材材料。