

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030209

聲聲不息？探討各種變因對硫酸銅晶體的影響

學校名稱：高雄市立陽明國民中學

作者： 國二 鄭謹譯 國二 王劭宇 國二 郭聿睿	指導老師： 藍玉山
---	------------------

關鍵詞：飽和溶液、聲波、硫酸銅晶體

摘要

- 一、晶種在試管內，距底部 4cm 為最佳的結晶位置，結晶後的量較多。
- 二、不同樓層高度(50m 之內)對結晶量的影響並不大。
- 三、硫酸銅的結晶在自然狀態下，反應時間以兩天的結晶量最佳。
- 四、不同聲音頻率下的環境，以 300Hz 的音頻，結晶量最多，1200Hz 的音頻，結晶量最少，我們推論 1200Hz 為硫酸銅水溶液自然震動的頻率。
- 五、300Hz 的音頻環境下，反應時間為三天的效果最好。
- 六、銅線共振頻率為 600Hz，銅線共振的結晶量均較硫酸銅水溶液自然震動下的結晶量少。
- 七、六字大明咒與打擊樂音樂型態，結晶量較佳，噪音對結晶量為最差。
- 八、使用乙醇與水的雙溶劑對結晶量的影響比單溶劑效果好。
- 九、酸鹼值對硫酸銅對結晶量有影響，但無規律性，加入濃硫酸，硫酸銅的結晶量特別明顯。

壹、研究動機

國二理化第三章，我們學習到聲波的基本概念，對聲波產生了好奇，很想瞭解聲波對物質可以產生哪些影響呢？而到了第五章，課文裡有提及硫酸銅晶體結晶的現象，便把兩者觀念結合為一，激起我們研究的動機，想探討聲波對硫酸銅晶體的變化，且設計一系列實驗，探索硫酸銅晶體結晶的變因，希望能對晶體有進一步的了解，徜徉在晶體的世界。

貳、研究目的

- 一、探討晶種形狀對結晶量的影響
- 二、不同試管位置對結晶量的影響
- 三、不同樓層高度對結晶量的影響
- 四、探討時間對結晶量的影響
- 五、探討聲音對結晶量的影響
 - (一)不同頻率的聲波對結晶量的影響
 - (二)相同頻率不同天數對結晶量的影響
 - (三)共振頻率對結晶量的影響
 - (四)不同風格型態的音樂，對結晶量的影響
- 六、探討雙溶劑蒸發結晶裝置的外杯溶劑之變因影響
- 七、探討染色劑對結晶量的影響
- 八、探討酸鹼性對結晶量的影響

參、研究設備與器材

- 一、器材：電腦、軟體(Audacity)、保利龍箱、隔音棉、擴大喇叭、耳機、保麗龍盒、試管、燒杯、量筒、滴管、陶瓷纖維網、三腳架、電子秤、刮勺、銅漆包線。
- 二、藥品：硫酸銅($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)、乙醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)、正丁醇($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$)、紅藍墨水、鹽酸(HCl)、硫酸(H_2SO_4)、醋酸(CH_3COOH)、碳酸氫鈉(NaHCO_3)、氨水(NH_4OH)

肆、實驗過程與討論

實驗先前步驟：

培養晶種，晶種的生長步驟：

晶種有誘發過飽和溶液析出晶體的功能，所以要生長晶體前，先要培養晶種，多次實驗之後，得到實驗步驟如下：

(一)培養晶種方法

- 1.秤重 12.5g 硫酸銅加入蒸餾水 25ml，便形成飽和溶液，再加熱至 70°C 使之完全溶解。
- 2.把 70°C 的飽和溶液放入防潮箱中使之冷卻。
- 3.隔數日，取出晶種並加以分離，以做下列各實驗之用。



一、探討晶種形狀對結晶量的影響

(一)實驗步驟

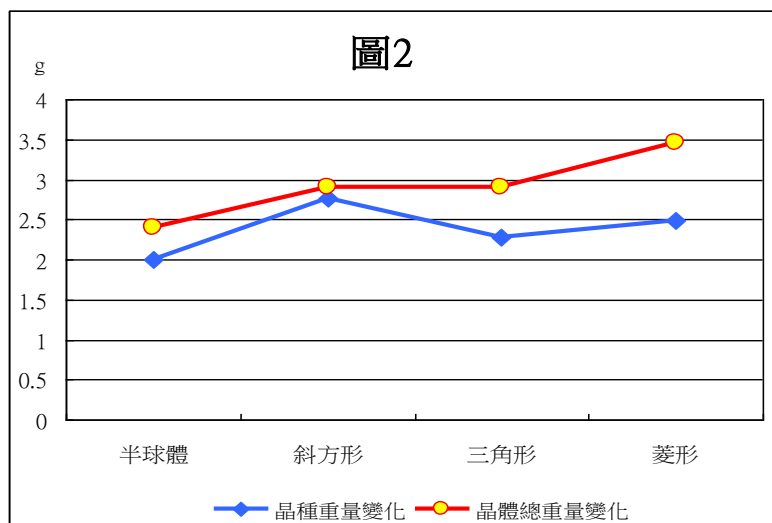
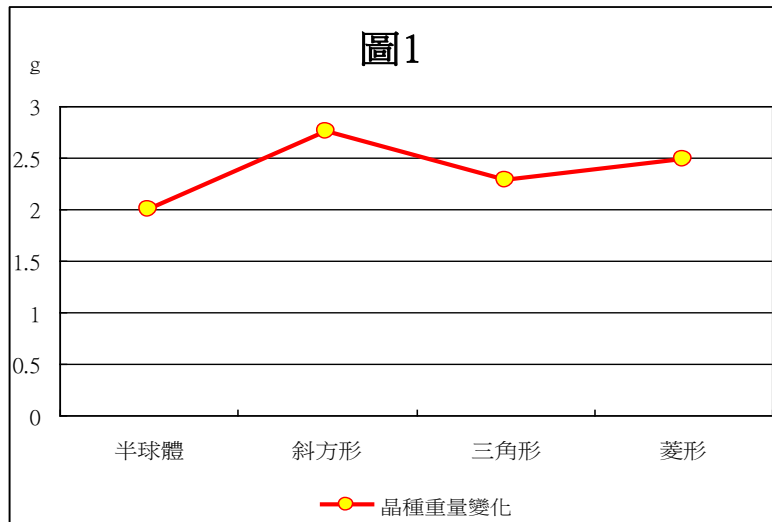
- 1.配置 70°C 飽和硫酸銅水溶液加熱後量取 25cc 冷卻。
- 2.取出預先做好的半球體、斜方形、三角形、菱形不同形狀晶種並秤重。
- 3.將不同形狀的晶種，以適當高度放入過飽和硫酸銅水溶液中。
- 4.待一天後將晶種結晶取出，乾燥後秤重，觀察晶形，記錄於表格中。

(二)實驗結果

表 1

形狀	實驗前晶種	實驗後晶種	晶種重量變化	晶體總重量變化 (注 1)	晶形	晶系
半球體	6.45	8.45	2.00	2.40	半球體	三斜晶系
斜方形	2.52	5.28	2.76	2.90	斜方形	三斜晶系
三角形	1.41	3.69	2.28	2.91	三角形	三斜晶系
菱形	1.54	4.02	2.48	3.46	菱形	三斜晶系

注 1:容器底部重量變化+晶種重量變化



二、不同試管位置對結晶量的影響

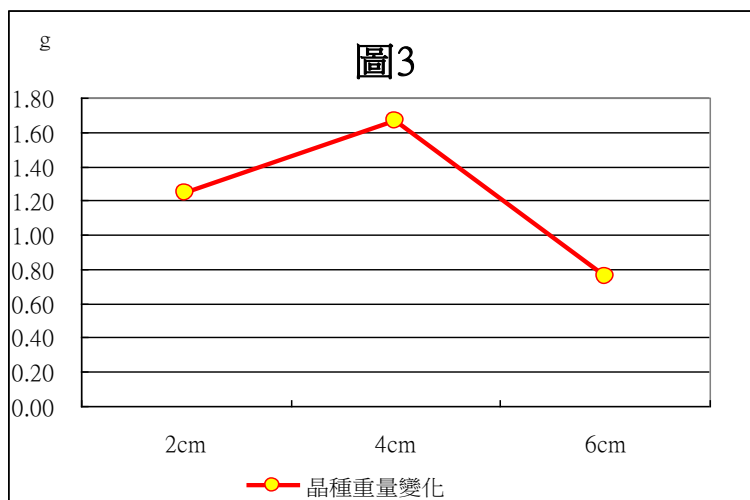
(一)實驗步驟：

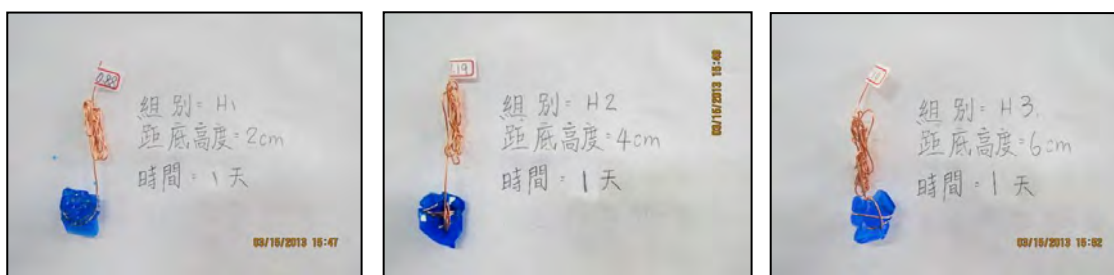
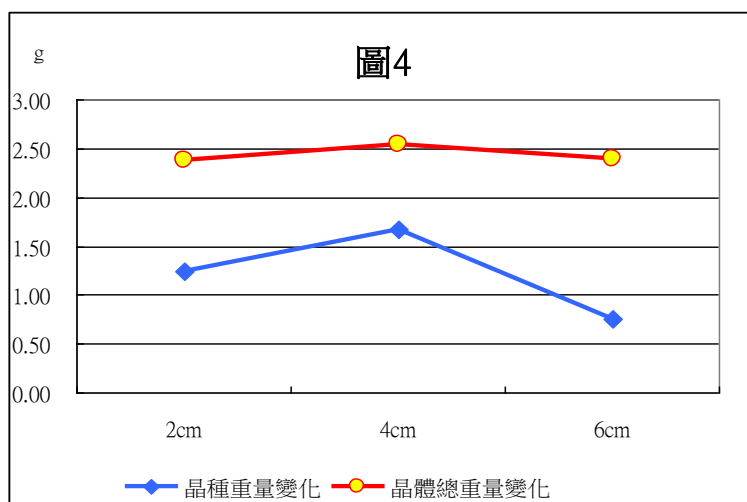
- 1.分別配置 25 毫升之飽和硫酸銅溶液(步驟如前)三份預備。
- 2.取一硫酸銅晶核，用銅線將其綁住後秤其重量，並記錄之，且重複三次。
- 3.將試管秤重，且將已備好的硫酸銅溶液(步驟 1)倒入，並將綁在銅線上之晶核置入試管中並將其固定。
- 4.固定好後校正晶體與試管底部高度為 2 公分、4 公分、6 公分。
- 5.放置一天後，觀察其結晶形狀並秤重記錄。

(二)實驗結果

表 2

組別	實驗前晶種	實驗後晶種	晶種重量變化	晶種重量變化平均	晶體總重量變化
2 公分-1	0.88	2.15	1.27	1.25	2.38
2 公分-2	1.02	2.20	1.18		
2 公分-3	0.89	2.18	1.29		
4 公分-1	0.72	2.39	1.67	1.67	2.55
4 公分-2	1.19	2.79	1.60		
4 公分-3	1.21	2.94	1.73		
6 公分-1	1.24	2.01	0.77	0.76	2.40
6 公分-2	1.08	1.77	0.69		
6 公分-3	1.10	1.92	0.82		





三、探討不同樓層高度對結晶量的影響

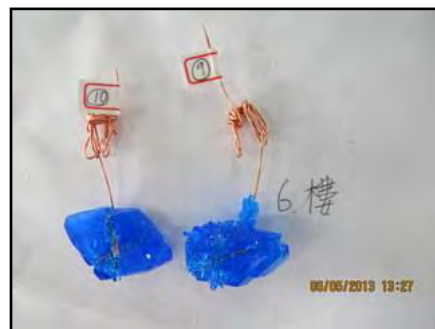
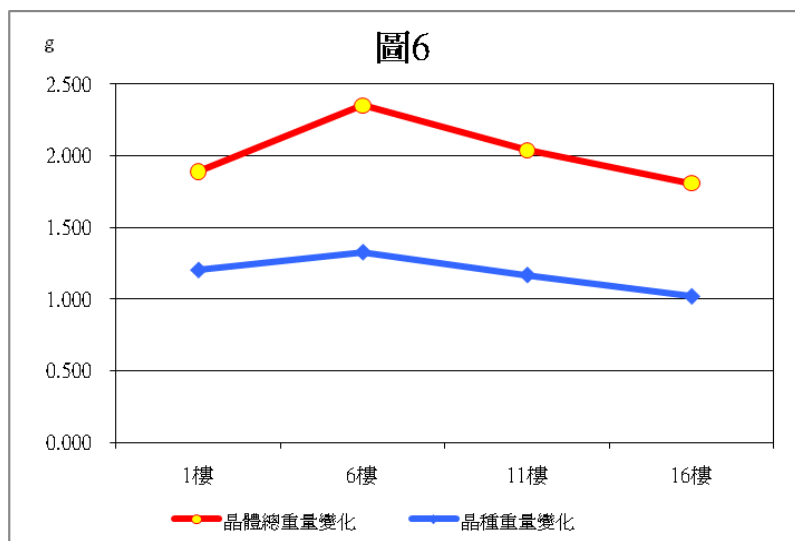
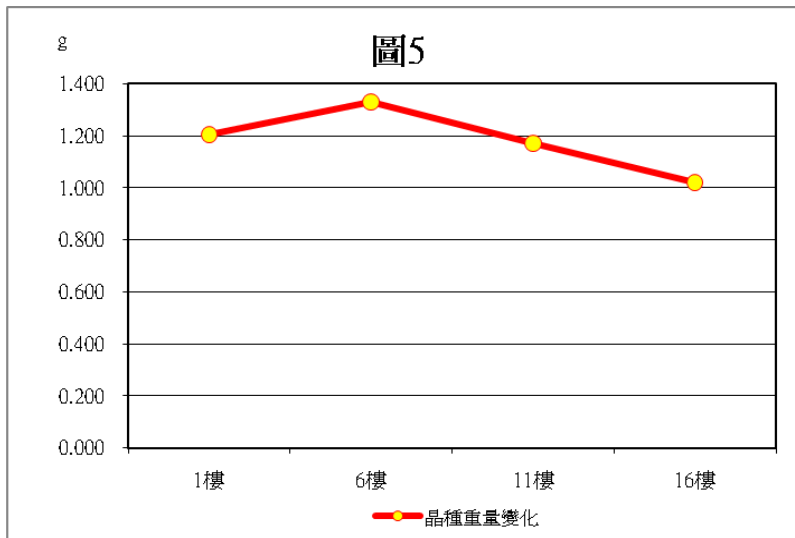
(一) 實驗步驟

1. 分別配置 25 毫升之飽和硫酸銅溶液(步驟如前)八份預備
2. 待結晶後，取一晶種與一段銅線秤重，將晶種綁於銅線上懸空吊於試管內距底部 4cm 處。
3. 改變不同溶液的樓層高度(1F,6F,11F,16F)待一天後將晶種取出並乾燥秤重，且觀察其晶形，拍照和記錄於表格中。

(二) 實驗結果

表 3

樓層	晶種前	晶種後	晶種扣重	晶種重量 變化平均	晶體總重 量變化
一樓	2.06	3.56	1.50	1.21	1.89
一樓	1.43	2.34	0.91		
六樓	1.25	2.78	1.54	1.33	2.35
六樓	1.38	2.51	1.13		
十一樓	1.49	2.70	1.21	1.17	2.04
十一樓	1.61	2.74	1.13		
十六樓	1.26	1.96	0.70	1.02	1.81
十六樓	1.25	2.59	1.34		



四、探討時間對結晶量的影響

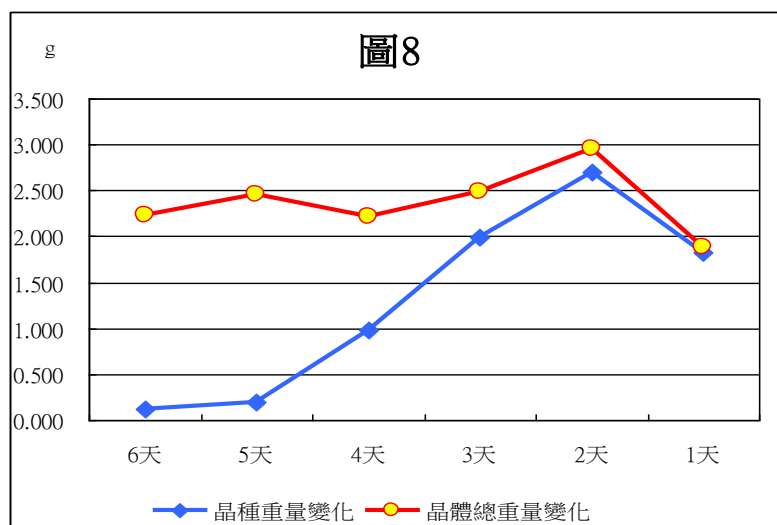
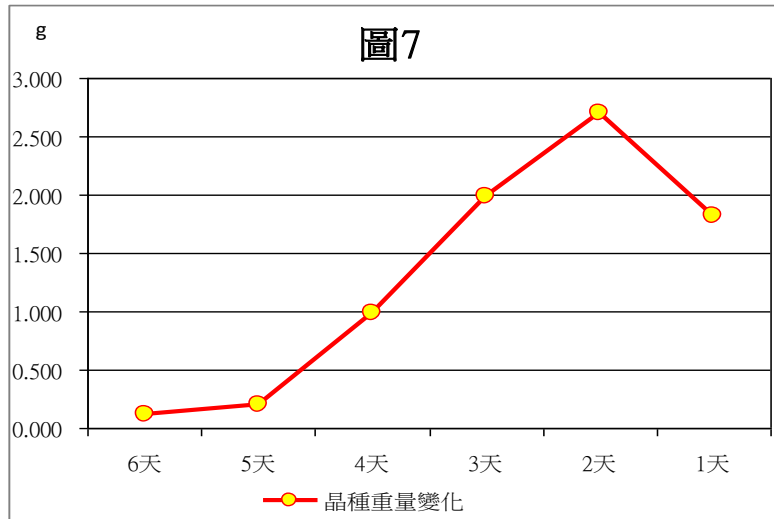
(一)實驗步驟

- 1.先製造硫酸銅 25 cc飽和溶液後置於培養皿內待結晶。
- 2.結晶後取一晶種與一段銅線秤重，將晶種綁於銅線上懸空吊於試管內適當高度。
- 3.調配常溫下硫酸銅的飽和溶液後取 25 cc倒入試管中。
- 4.待相對應天數後，將結晶取出後，乾燥秤重，並記錄數據。

(二)實驗結果

表 4

時間	實驗前晶種	實驗後晶種	晶種重量變化	晶種重量 變化平均	晶體總重 量變化
6天-1	0.54	0.65	0.11	0.12	2.24
6天-2	0.69	0.83	0.14		
6天-3	0.95	1.06	0.11		
5天-1	0.68	0.91	0.23	0.20	2.46
5天-2	0.82	1.03	0.21		
5天-3	0.71	0.88	0.17		
4天-1	1.01	1.92	0.91	0.99	2.22
4天-2	0.74	1.78	1.04		
4天-3	0.64	1.65	1.01		
3天-1	0.80	2.76	1.96	1.99	2.48
3天-2	0.91	3.00	2.09		
3天-3	0.56	2.47	1.91		
2天-1	0.84	3.56	2.72	2.70	2.96
2天-2	1.09	3.84	2.75		
2天-3	0.89	3.52	2.63		
1天-1	0.68	2.52	1.84	1.83	1.89
1天-2	0.79	2.67	1.88		
1天-3	0.59	2.35	1.76		



五、探討聲音對結晶量的影響

(一)不同頻率的聲波對結晶量的影響

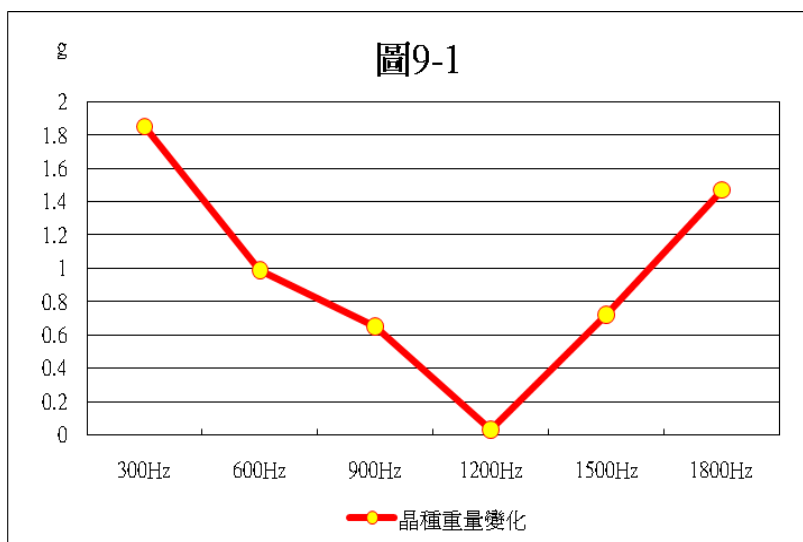
1.實驗步驟

- (1)取 12.5 克硫酸銅加入 25 毫升純水加熱至 70°C使其完全溶解，量取其中 25 毫升溶液預備。
- (2)取一硫酸銅晶核，用銅線將其綁住後秤其重量，並記錄之。
- (3)空試管秤重，且將已備好的硫酸銅溶液(步驟 1)倒入，並將綁在銅線上之晶核置入試管中再將其固定。
- (4)放進保麗龍箱內並播放相異頻率的聲音，有：300Hz、600Hz、900Hz、1200Hz、1500Hz、1800Hz。
- (5)放置兩天後，觀察結晶形狀並秤重記錄。

2. 實驗結果

表 5

頻率	晶種 實驗前	晶種 實驗後	晶種重 量變化	晶種重量 變化平均	晶體總重 量變化
300Hz-1	1.78	3.76	1.98	1.85	3.53
300Hz-2	1.28	3.01	1.73		
300Hz-3	2.32	4.16	1.84		
600Hz-1	1.35	2.17	0.82	0.99	1.80
600Hz-2	1.04	2.18	1.14		
600Hz-3	1.21	2.21	1.00		
900Hz-1	1.07	1.61	0.54	0.65	0.92
900Hz-2	1.51	2.15	0.64		
900Hz-3	1.12	1.89	0.77		
1200Hz-1	1.24	1.28	0.04	0.03	0.50
1200Hz-2	1.02	1.03	0.01		
1200Hz-3	1.61	1.64	0.03		
1500Hz-1	1.01	1.82	0.81	0.72	1.66
1500Hz-2	1.32	1.97	0.65		
1500Hz-3	1.17	1.87	0.70		
1800Hz-1	1.17	2.64	1.47	1.47	2.77
1800Hz-2	1.19	2.69	1.50		
1800Hz-3	1.27	2.70	1.43		



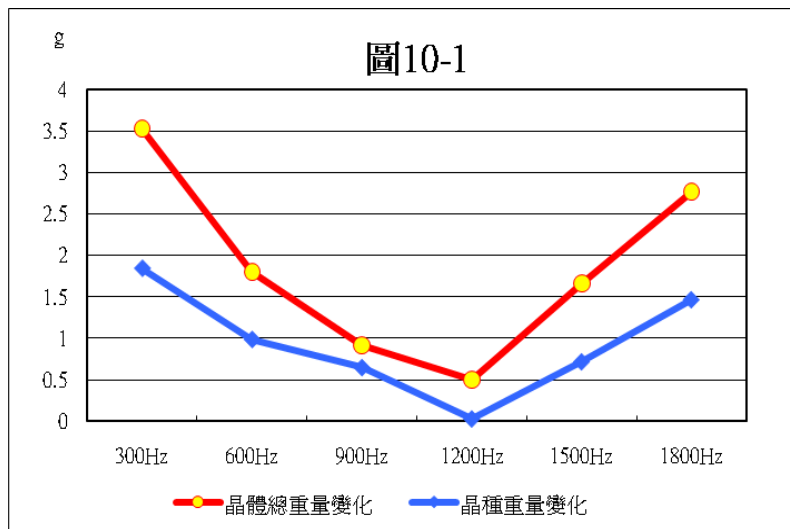
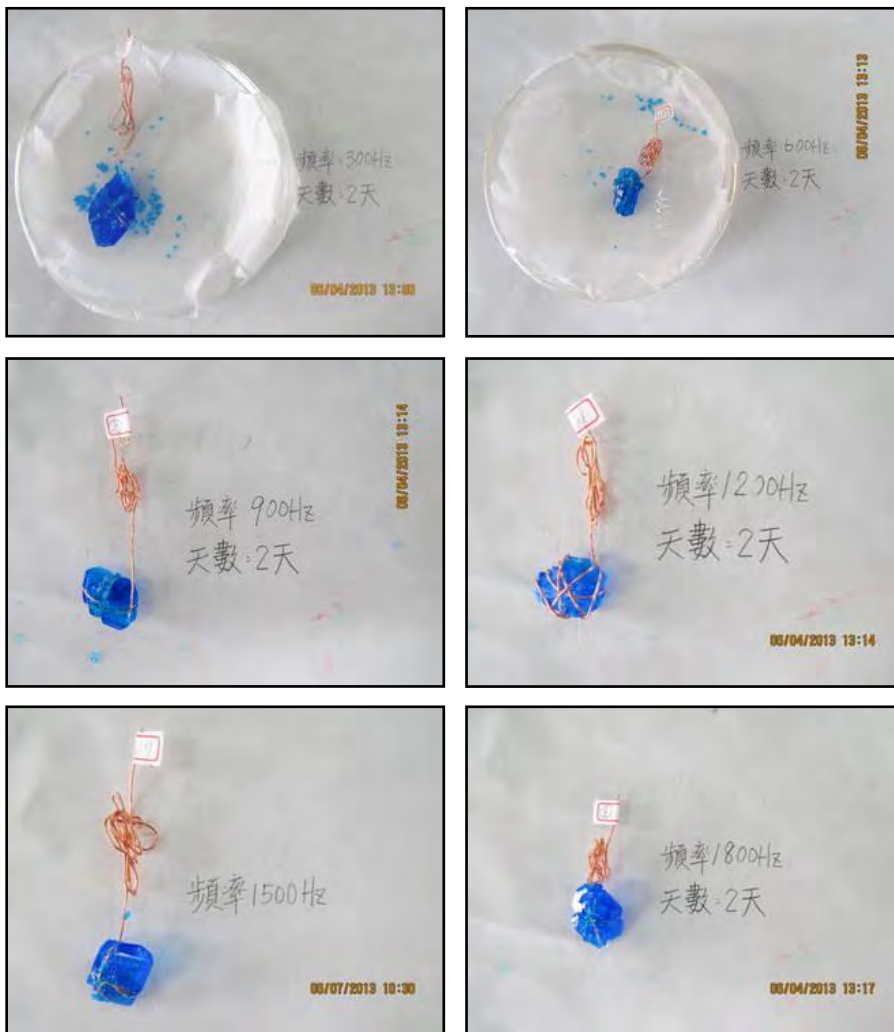
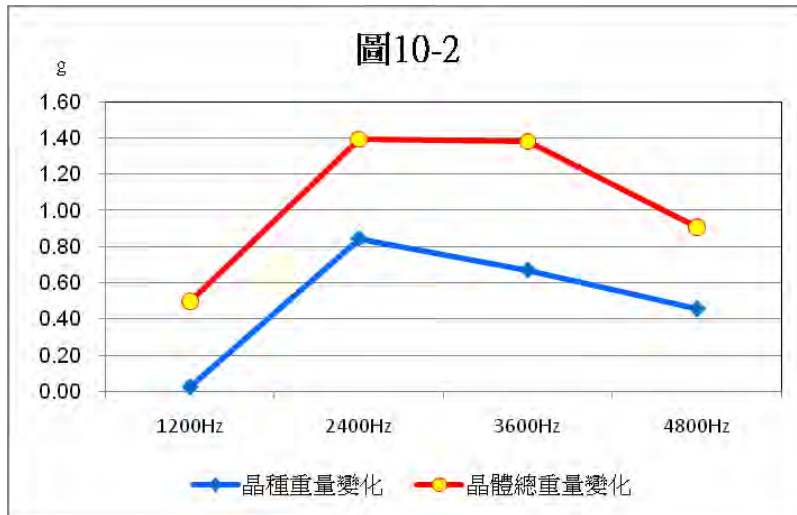


表 6

頻率	晶種 實驗前	晶種 實驗後	晶種重量 變化	晶種重量 變化平均	晶體總重 量變化
1200Hz	1.24	1.28	0.04	0.03	0.50
	1.02	1.03	0.01		
	1.61	1.64	0.03		
2400Hz	1.56	2.41	0.85	0.84	1.39
	0.98	1.76	0.78		
	1.25	2.15	0.9		
3600Hz	0.94	1.65	0.71	0.67	1.38
	1.07	1.69	0.62		
	1.32	2.00	0.68		
4800Hz	1.02	1.46	0.44	0.46	0.91
	0.89	1.39	0.5		
	1.09	1.52	0.43		





(二)相同頻率不同天數對結晶量的影響

1. 實驗步驟

- (1) 先製造硫酸銅 25 cc飽和溶液後置於培養皿內待結晶。
- (2) 結晶後取一晶種與一段銅線秤重，將晶種綁於銅線上懸空吊於試管內適當高度。
- (3) 調配常溫下過飽和硫酸銅水溶液後取 25 cc倒入試管中。

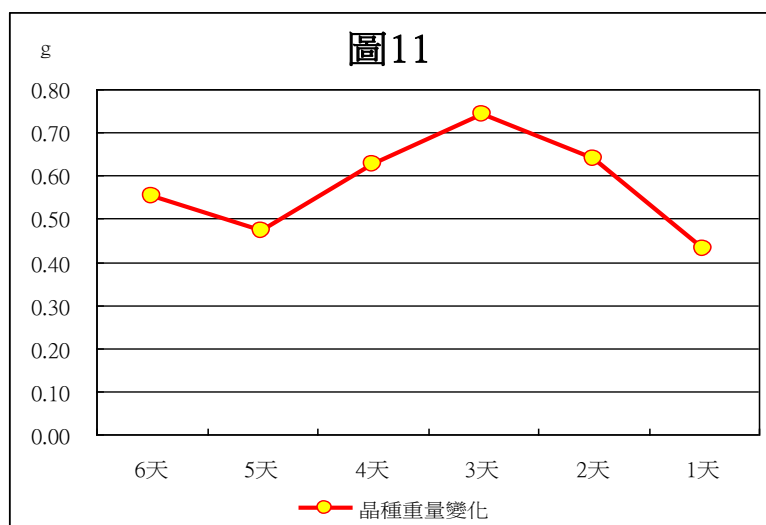
(4)使用電腦程式產生聲波 300Hz，並將耳機接到試管邊用膠帶黏緊後，再將試管置於保麗龍盒內(密閉空間)。

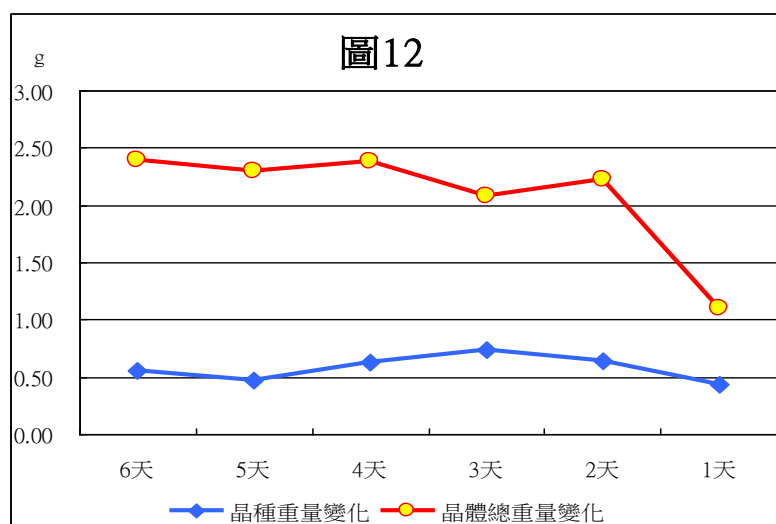
(5)待相對應天數後，將銅線取出乾燥後秤重。

2.實驗結果

表 6

時間	實驗前晶種	實驗後晶種	晶種重量變化	晶種重量變化平均	晶體總重量變化
6 天	0.70	1.24	0.54	0.55	2.39
6 天	0.68	1.25	0.57		
6 天	0.67	1.22	0.55		
5 天	0.63	1.13	0.50	0.47	2.30
5 天	0.65	1.12	0.47		
5 天	0.68	1.13	0.45		
4 天	0.78	1.40	0.62	0.63	2.39
4 天	0.80	1.45	0.65		
4 天	0.81	1.42	0.61		
3 天	0.77	1.50	0.73	0.74	2.08
3 天	0.76	1.52	0.76		
3 天	0.77	1.51	0.74		
2 天	0.72	1.33	0.61	0.64	2.22
2 天	0.69	1.35	0.66		
2 天	0.71	1.36	0.65		
1 天	1.30	1.76	0.46	0.43	1.10
1 天	1.32	1.74	0.42		
1 天	1.31	1.72	0.41		





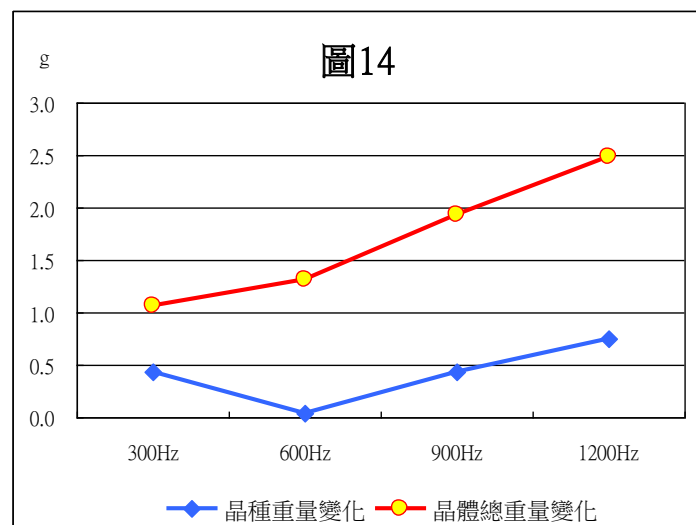
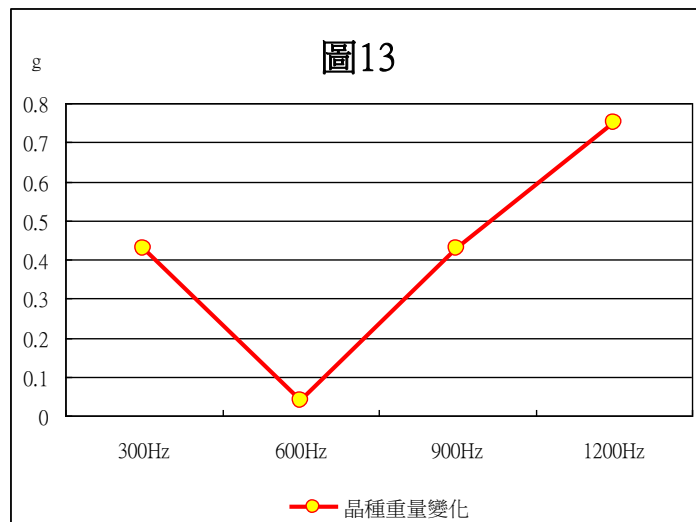
(三) 共振頻率對結晶量的影響

1. 實驗步驟

- (1) 取 12.5 克硫酸銅加入 25 毫升純水加熱至 70°C 使其完全溶解，量取其中 25 毫升溶液預備。
- (2) 取一硫酸銅晶核，用銅線將其綁住後秤其重量，並記錄之。
- (3) 空試管秤重，且將已備好的硫酸銅溶液(步驟 1)倒入，並將綁在銅線上之晶核置入試管中再將其固定。
- (4) 放進保麗龍箱內並把耳機的聲音出口固定在銅線上使之產生共振。
- (5) 改變聲波頻率為 300Hz、600Hz、900Hz、1200Hz。
- (6) 放置兩天後，觀察結晶形狀並秤重記錄。

2. 實驗結果

共振頻率	晶種實驗前	晶種實驗後	晶種重量變化	晶種重量變化平均	晶體總重量變化
300Hz-1	1.80	2.23	0.43	0.43	1.07
300Hz-2	1.93	2.42	0.49		
300Hz-3	1.77	2.13	0.36		
600Hz-1	2.62	2.66	0.04	0.04	1.31
600Hz-2	2.84	2.85	0.01		
600Hz-3	2.44	2.50	0.06		
900Hz-1	1.94	2.42	0.48	0.43	1.93
900Hz-2	2.07	2.54	0.47		
900Hz-3	2.31	2.66	0.35		
1200Hz-1	2.18	2.93	0.72	0.75	2.49
1200Hz-2	2.27	3.06	0.79		
1200Hz-3	1.97	2.70	0.73		



(四)不同風格型態的音樂，對結晶量的影響

1.實驗步驟

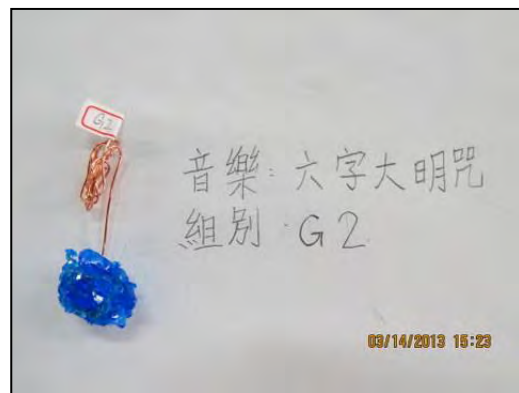
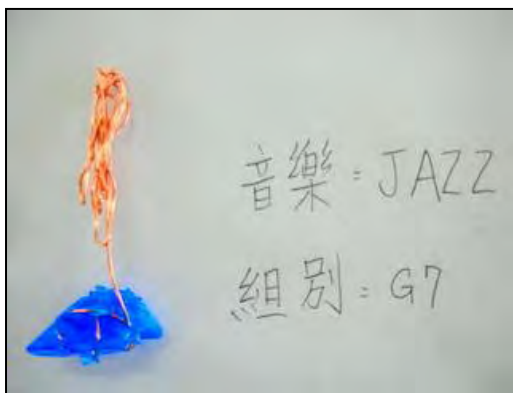
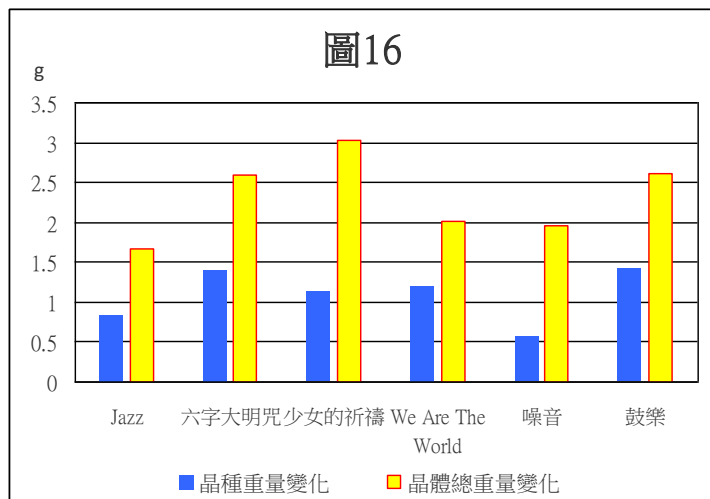
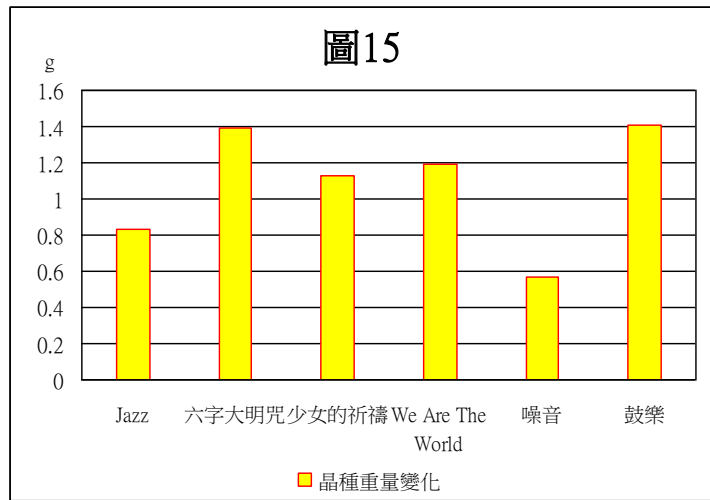
- (1)取 12.5 克硫酸銅加入 25 毫升的純水加熱至 70°C使其完全溶解，在量取 25 毫升溶液預備。
- (2)取一硫酸銅晶核，用銅線將其綁住後秤其重量，並記錄之。
- (3)空試管秤重，且將已備好的硫酸銅溶液(步驟 1)倒入，並將綁在銅線上之晶核置入試管中並將其固定。
- (4)放進保麗龍箱內並播放相異風格型態的音樂，有: JAZZ、六字大明咒、少女的祈禱、we are the world、噪音、鼓樂。
- (5)放置一天後，觀察結晶形狀並秤重記錄。

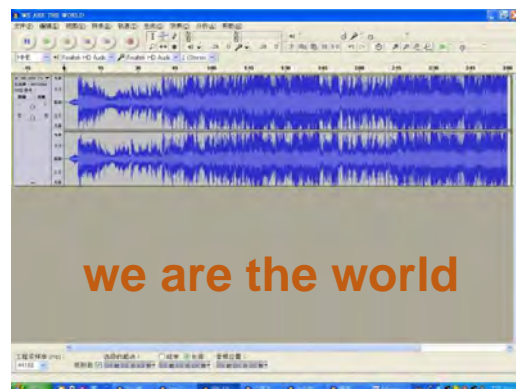
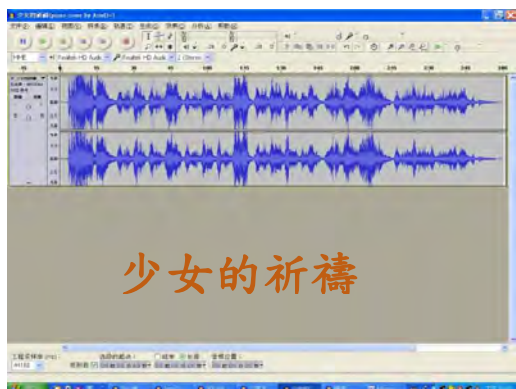
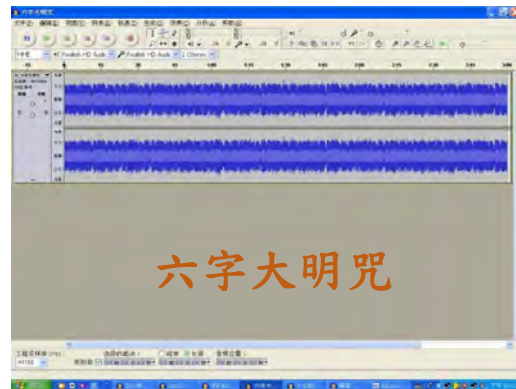
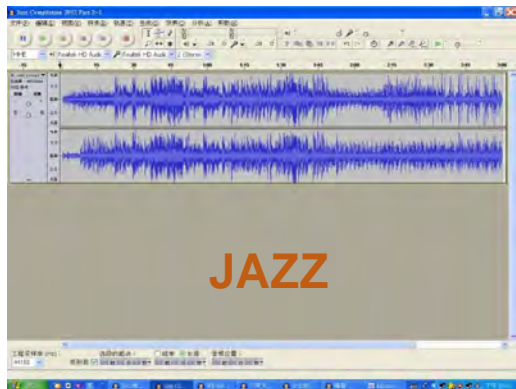
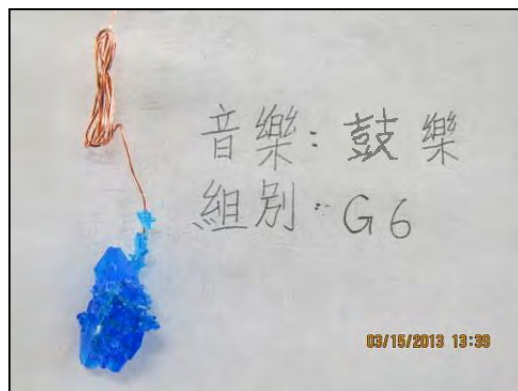
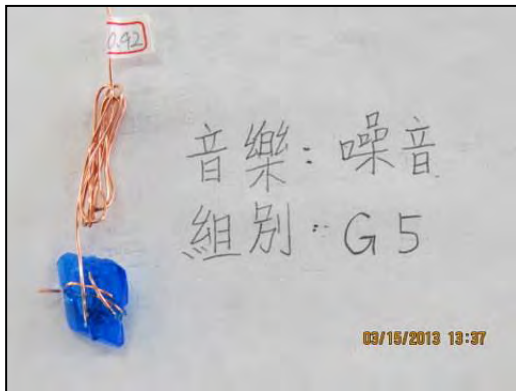
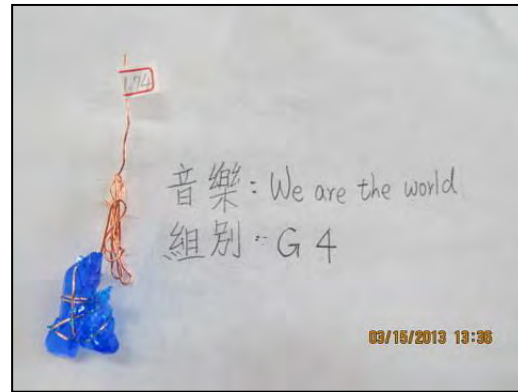
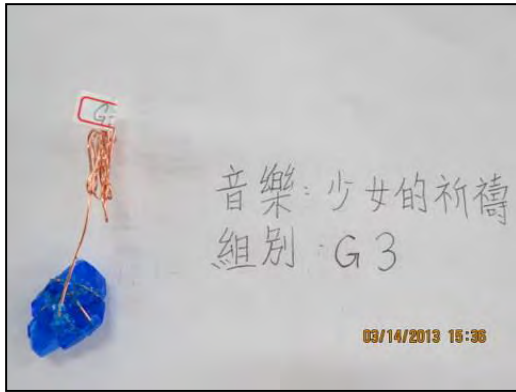
2.實驗結果

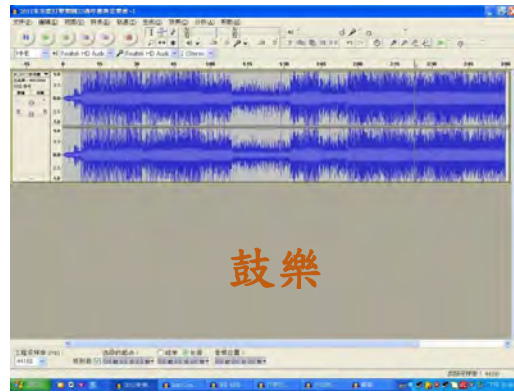
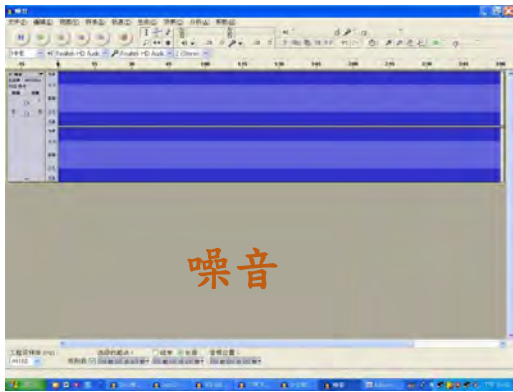
表 8

組別	音樂	實驗前晶種	實驗後晶種	晶種重量變化	晶體總重量變化
A	JAZZ	1.17	2.00	0.83	1.66
B	六字大明咒	1.17	2.56	1.39	2.59

C	少女的祈禱	1.67	2.8	1.13	3.02
D	we are the world	1.74	2.93	1.19	2.01
E	噪音	0.92	1.49	0.57	1.96
F	鼓樂	1.03	2.44	1.41	2.61







六、探討雙溶劑蒸發結晶裝置的外杯溶劑之變因的探討

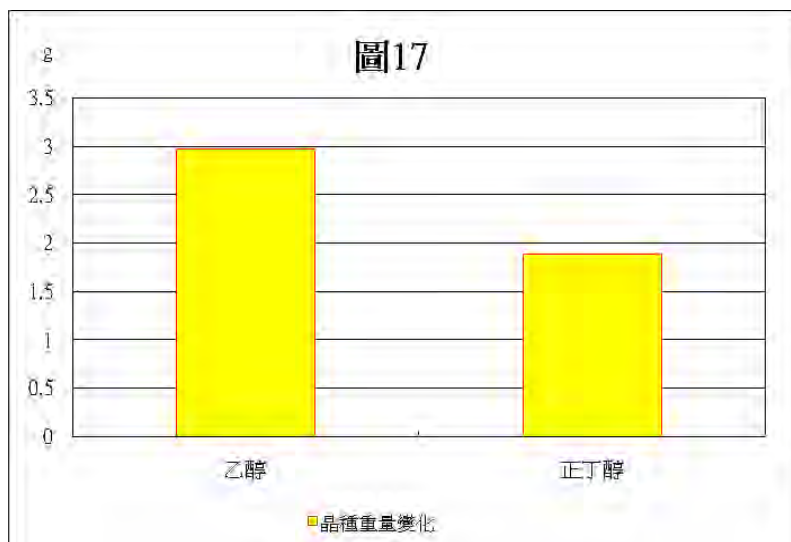
(一)實驗步驟

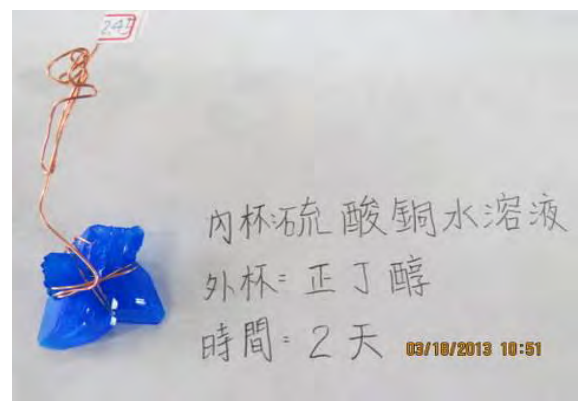
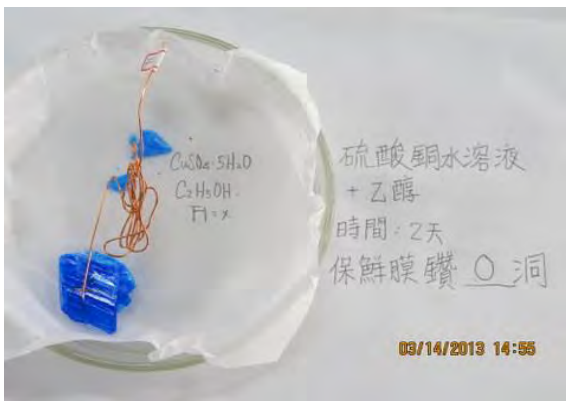
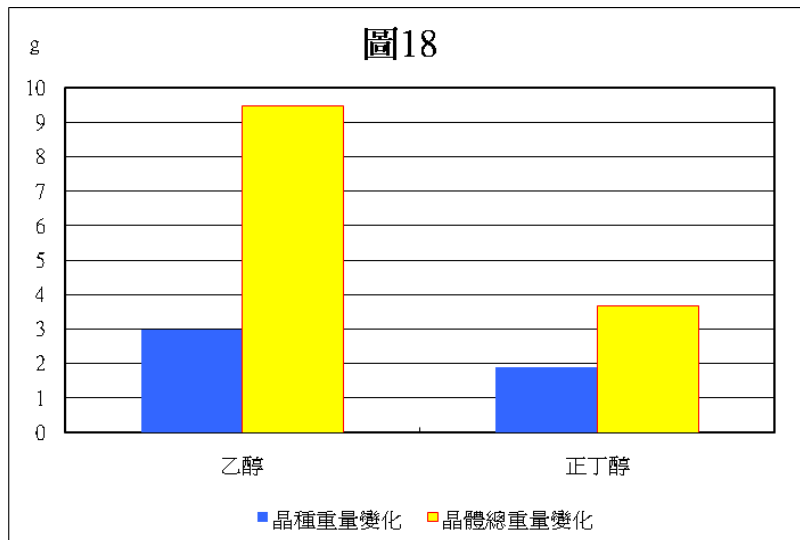
- 1.如前述實驗之步驟配置飽和硫酸銅水溶液放置晶種。
- 2.外杯依序改變不同的有機溶劑乙醇、正丁醇用保鮮膜密閉封好二天。
- 3.取出銅線上之結晶乾燥秤重，記錄於表中。

(二)實驗結果

表 9

外杯溶劑	實驗前晶種	實驗後晶種	晶種重量變化	晶體總重量變化
乙醇	1.16	4.13	2.97	9.47
正丁醇	2.45	4.33	1.88	3.68








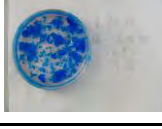






七、探討染色劑對結晶量的影響

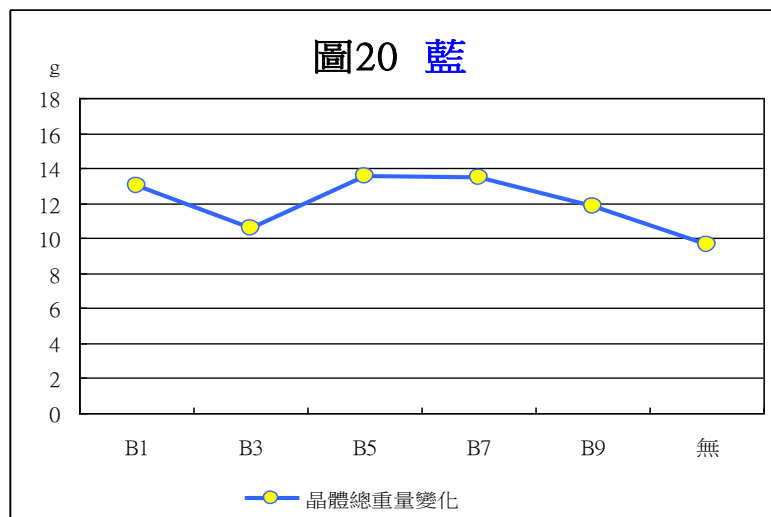
(一) 實驗步驟

1. 利用電子秤稱出 20g 的硫酸銅，量筒備 50 cc 純水，於燒杯內配製硫酸銅飽和溶液。
2. 取 50 cc 的硫酸銅飽和溶液十組，分別滴入紅墨水/藍墨水各一、三、五、七、九滴。
3. 待結晶後稱重並用保鮮膜封存並稱重。

(二)實驗結果

表 10

硫酸銅加墨水				
組別	照片	總重	培養皿重	淨重
1-R1		146.88	132.06	14.82
2-R3		108.38	95.07	13.31
3-R5		147.47	131.02	16.45
4-R7		123.01	111.24	11.77
5-R9		126.65	110.92	15.73
6-B1		149.79	136.76	13.03
7-B3		132.35	121.81	10.54
8-B5		58.43	44.91	13.52
9-B7		128.04	114.6	13.44
10-B9		104.86	93.04	11.82



八、探討不同酸鹼性對酸銅晶體的影響

1. 實驗步驟：

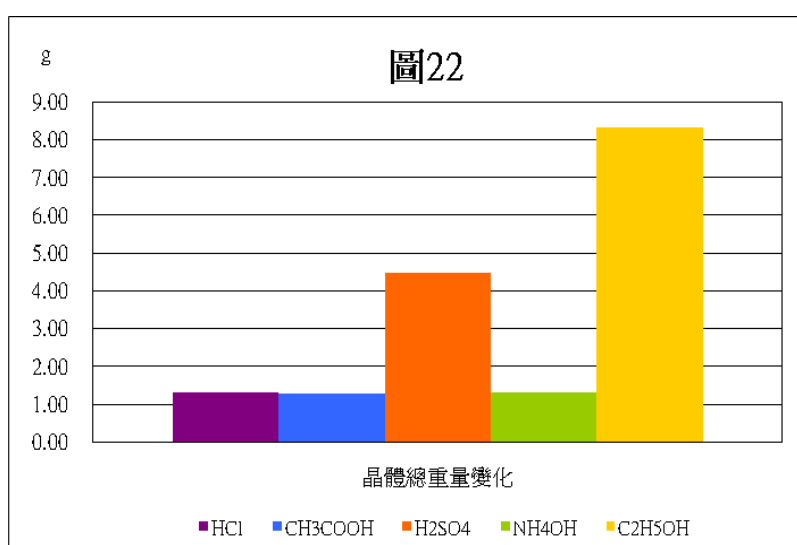
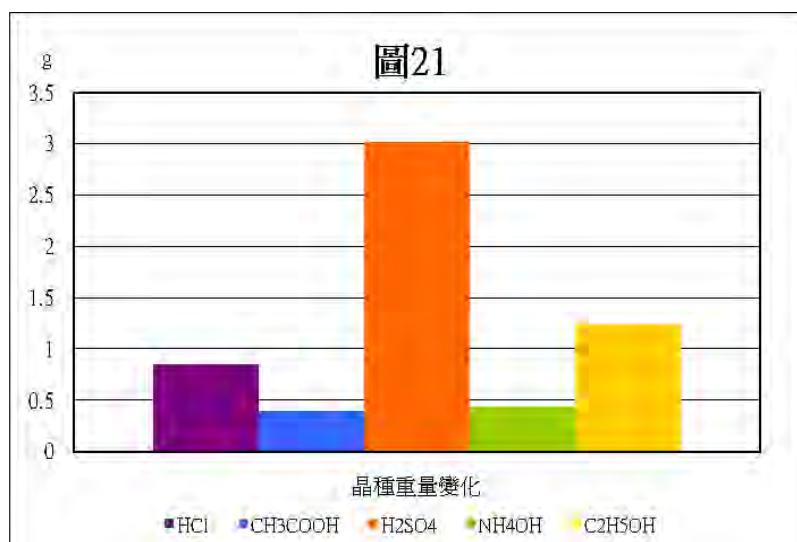
- (1) 將硫酸銅的飽和溶液，加入 pH 值不同的劉三銅溶液各 3 cc。
- (2) 待反應時間二天後，取出結晶乾燥秤重且記錄之。

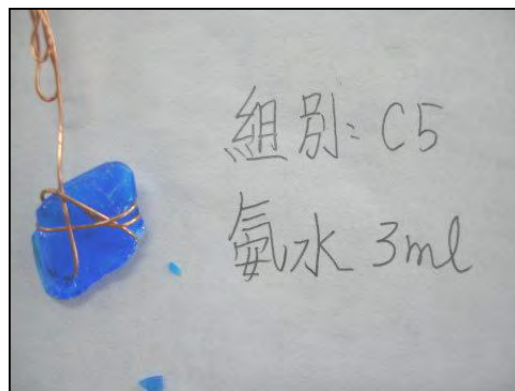
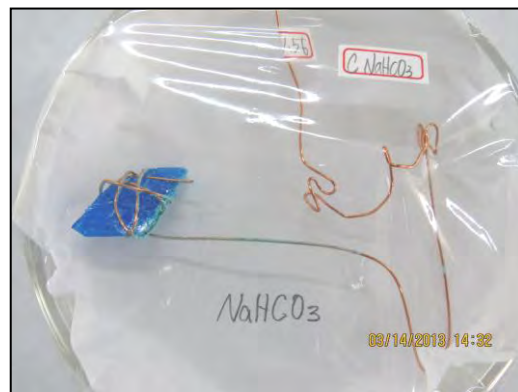
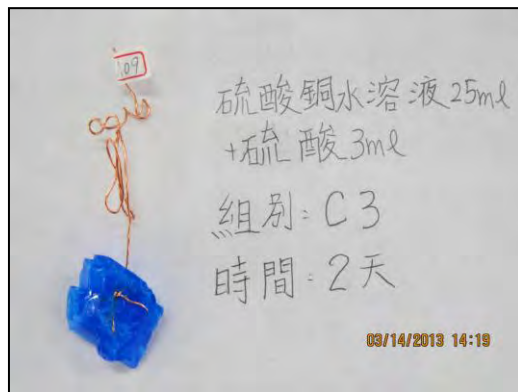
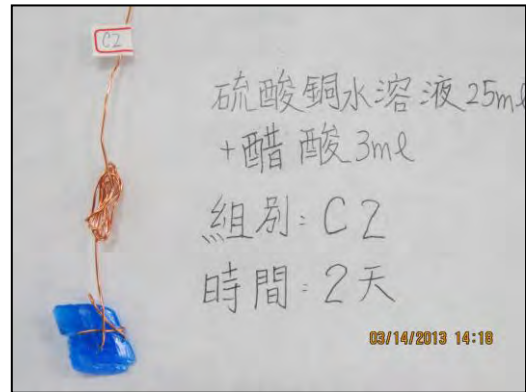
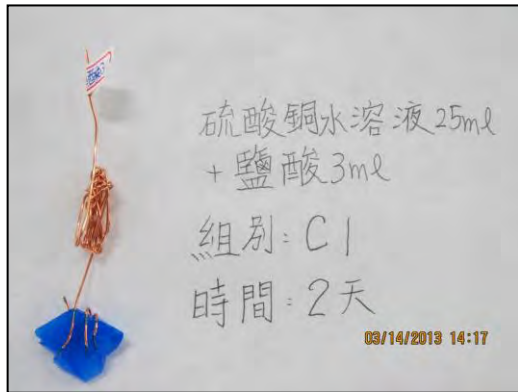
2. 實驗結果：

表 11

組別/藥品	pH	實驗前晶種	實驗後晶種	晶種重量變化	晶種重量變化平均	晶體總重量變化
HCl-1	1	1.24	2.10	0.86	0.85	1.31
HCl-2	1	1.20	2.05	0.85		
HCl-3	1	1.31	2.14	0.83		
CH ₃ COOH-1	4	1.06	1.44	0.38	0.39	1.29
CH ₃ COOH-2	4	1.21	1.62	0.41		
CH ₃ COOH-3	4	0.92	1.29	0.37		

H ₂ SO ₄ -1	0.3	1.09	4.12	3.03	3.02	4.46
H ₂ SO ₄ -2	0.3	1.15	4.28	3.13		
H ₂ SO ₄ -3	0.3	1.07	3.97	2.9		
NH ₄ OH-1	10	1.08	1.52	0.44	0.44	1.31
NH ₄ OH-2	10	1.01	1.39	0.38		
NH ₄ OH-3	10	1.16	1.67	0.51		
NaHCO ₃ -1	11	1.16	反應	反應	反應	反應
NaHCO ₃ -2	11	1.32	反應	反應		
NaHCO ₃ -3	11	0.85	反應	反應		
C ₂ H ₅ OH-1	7	1.08	2.32	1.24	1.24	8.31
C ₂ H ₅ OH-2	7	1.12	2.38	1.26		
C ₂ H ₅ OH-3	7	1.04	2.25	1.21		





伍 討論

- 一、我們發現晶種以斜方型的晶體形狀所結晶出的結晶量最大，晶體的形狀也與晶種的形狀相似，並無太大變化。所以接下來的實驗，晶種形狀皆採用斜方型。
- 二、不同試管位置的實驗，結果發現，晶種位置距試管底部 4 公分為最佳結晶量，可能因為離子移動形成的沉澱較不規律，統計學上，以中間位置機率較大，因距試管底部 4 公分恰為中間地帶，結晶量為最多。
- 三、我們得到一驚訝的結果：不同樓層高度結晶量會不同，但結晶量的差距不是很大，雖然有文獻報告指出重力會影響結晶，但有限的高度內，重力差距並不大，所以不同樓層高度對結晶量的影響並不大。
- 四、我們發現硫酸銅水溶液在自然環境下，反應時間以二天的結晶量最多。原因為若晶體生

成太快會使晶體一軸生長加快，且晶體成針狀，又因析出太多在晶體上，來不及排列，並產生針狀或小晶體在表面析出，所以晶體生長越慢越好。但若時間太久，隨著晶體量增加，重力加大，銅線上的晶體量增加，重力加大，銅線上的晶體會掉落到試管底部，因此本實驗的時間均控制在二天的時間最適當。

五、探討聲音對晶體的影響

- (一)不同頻率的聲波對晶體結晶量，以 300Hz 所做實驗得結晶量最大，隨著頻率變大，結晶量愈小；在低音頻的環境之下，每秒鐘撞擊結晶表面的較緩慢且次數少。因此使得結晶表面較易堆積，故較容易形成表面條狀或斜方形；反之，在高音頻的環境下，每秒鐘撞擊晶體的表面次數較多、快速，使得表面不易堆積而結晶，易形成小針狀或較小顆粒結晶。
- (二)我們以相同頻率的聲波(300Hz)，不同天數的實驗以三天的結晶量為最多，二天的結晶量次之，但還是比自然狀態下(無聲波干擾)的結晶少；而無聲波干擾下以二天的結晶量為最多。原因是 300Hz 聲波震動干擾，使得結晶量減少，所以在 300Hz 的聲波環境下 3 天的結晶量為最多，我們認為是合理的。
- (三)因為先前實驗做出 1200Hz 聲波環境下結晶量最少，我們合理懷疑是否 1200Hz 是硫酸銅水溶液的自然振動頻率，所以我們又設計了以下實驗：1200Hz 鄰近的 1100Hz、1300 Hz。
- (四)我們藉由實驗結果發現銅線的自然振動頻率為 600Hz，因為 600Hz 在銅線上的結晶量是最少的，而且呈針狀，而整體的結晶量也最少，所以共振使整個系統以相當大的振幅產生振動，所以直接影響到銅線上的結晶過程，不易形成結晶，就算結晶也匆促堆積，形成不規則針狀。
- (五)六字大明咒音樂，可能其音樂能量較緩和，離子移動速度慢，晶體生長堆積較理想，而噪音能量大，離子移動速率較快，結晶量較少。

六、我們比較單溶劑蒸發結晶法與雙溶劑蒸發結晶法，發現雙溶劑可利用設計上的密閉環境減少實驗過程中無法預計的變因干擾，而且可以養成較大良好的晶體。

七、我們發現晶體的顏色有可能因人為的因素而改變，例如添加染色劑，雖然改變不多，但添加紅墨水，在結晶生成中，有色的粒子也會順便填入晶體的空隙中，但不至於將晶體整個染色。

八、我們發現飽和硫酸銅溶液中只要加入其他離子，則整體的沉澱量會增加，結晶量減少。但加入濃硫酸的硫酸銅溶液，晶體的量是最多的，我們百思不解只能預測是否硫酸根離子(SO_4^{2-})，增加與銅離子(Cu^{2+})的碰撞機率，使結晶速率加快，結晶量增加，或許這是未來繼續探討的方向。

陸、結論

- 一、我們發現晶種形狀與結晶出來的晶體形狀相似，無太大變化，而硫酸銅的晶體形狀大部分為斜方形。
- 二、晶核的位置，以試管中間區域即距離試管底部 4 公分，結晶量較佳。
- 三、雖然樓層不同，硫酸銅的結晶量也不同，但差距不是很大，所以在 50m 以內的高度並不影響結晶量。

- 四、在自然狀態之下，硫酸銅結晶量以二天的時間量最多，時間越久，結晶量即逐步下降。
- 五、(一)不同頻率，結晶量與晶形均有很大差異，頻率高，撞擊次數較多，產生的振動比較大，故結晶量少，晶形較為尖銳針狀，頻率低，撞擊次數少，產生的振動和緩，結晶量多、晶形較為整齊斜方，結晶量以 300Hz 的頻率最大，1200Hz 的結晶量最少，但沒有規律性。
- (二)在有聲波 300Hz 環境之下，硫酸銅結晶量以兩到三天最多，但比無聲波環境的結晶量少。
- (三)進行銅線共振實驗，發現銅線自然振動頻率為 600Hz，所以 600Hz 的結晶量最少。
- (四)我們發現不同型態風格的聲波，確實會影響硫酸銅晶體的晶形，與結晶量也有差別，和緩的音樂則晶形平緩，並有小針狀結晶密布表面；較劇烈的音樂，晶形並沒有太大之變化，較不規律的音樂則結晶少。
- 六、選擇使用單杯蒸發結晶法或雙溶劑蒸發結晶法來長出良好晶體，主要考量在於結晶的樣本在空氣中是否會和二氧化碳，水蒸氣等空氣成分反應，而使樣本破壞，我們發現使用乙醇比正丁醇結晶量較佳，因乙醇沸點較低，易蒸發，析出速率較快。
- 七、使用染色劑原先構思是否可以把結晶顏色改變，實驗發現效果不大。
- 八、硫酸銅水溶液改變其酸鹼性，均發現結晶量減少，唯獨添加硫酸，結晶量增大，我們也百思不解，留待下次再探討，尋求答案。

柒、未來展望

我們發現聲波對晶體的影響，還有很多探討的變因。但因為受限於時間與所學的理化知識不足，所以無法完成。我們希望有機會能夠再繼續發展並且也想了解為何硫酸銅對晶體的成長有特別的不同。

捌、參考資料

- | | | | |
|-------------------------|----------|--------|-----------|
| 一、國中理化第一冊 | 康軒出版社 | 2012 年 | |
| 二、國中理化第二冊 | 康軒出版社 | 2012 年 | |
| 三、高中理化第二冊 | 南一出版社 | 2012 年 | |
| 四、高中理化第三冊 | 南一出版社 | 2012 年 | |
| 五、吳謀泰 | 晶體與晶體生長 | | 徐氏基金會 |
| 六、余樹楨 | 晶體之結構與性質 | | 渤海業文化 |
| 七、40~52 屆中華民國全國科展優勝作品專輯 | | | 國立台灣科學教育館 |

【評語】 030209

該團隊嘗試使用聲波控制結晶生長，立意頗佳。唯在總結上未能歸納結晶生長型態與聲波控制之關係，若再加努力鑽研，應有佳績。