

# 屏東縣第64屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：試管裡的花花世界：化學花園真奇妙

關 鍵 詞：水玻璃、結晶、磁力

編號：A3002

# 作品名稱：試管裡的花花世界：化學花園真奇妙

## 摘要

在科普列車影片的啟發下，我們打造屬於自己的化學花園。同時，我們也好奇是否有其他因素會影響結晶的生長，讓小小的花園也能千變萬化。

研究結果發現：

- 一、不同物質結晶速度不同，它的結晶顏色也不同。
- 二、不同比例的水玻璃溶液下，結晶速度不同，當水佔比較多的情況下，結晶生長較高。
- 三、擾動會對結晶生長產生影響，使瓶內產生細枝的結晶柱。
- 四、不同溫度環境下，結晶生成速度不同；溫度越高，結晶生長越快，不過一段時間後生長速度就會變慢，甚至停止生長。
- 五、有包裝的狀況下，結晶會生長得比無包裝好。
- 六、無論何種擺放方式，實驗瓶內結晶都是由下往上長。
- 七、在磁力的環境下，瓶內結晶的生長會產生外凸、內凹、螺旋生長的變化。

## 壹、前言

### 一、研究動機

每年科普列車都會在全台巡迴停靠，喜歡自然活動的我們幾乎每年都參加，有趣的闖關活動勾起大家對科學實驗興趣。活動結束後，回家透過網路，我們發現其他站好玩的實驗。

其中，阿里山支線的「化學花園」實驗吸引我們的注意，小小的試管裡在加入簡單的化學藥品後，竟然開出五顏六色的花朵，也因為難得的經驗，讓我們對這種現象產生好奇，決定設計一連串的實驗，打造與眾不同的秘密花園。

### 二、研究目的及研究問題

針對影響結晶的因素，提出以下研究問題

- (一) 不同種類的化學品加入水玻璃後，產生結晶物的變化
- (二) 不同比例對結晶生成的影響
- (三) 擾動對結晶生成的影響
- (四) 不同溫度對結晶生成的影響
- (五) 地心引力對結晶生成的影響
- (六) 磁力對結晶生成的影響

### 三、文獻回顧

#### (一) 化學花園結晶原理

化學花園中的美麗花朵，其實是水玻璃(Water Glass，矽酸鈉)溶液與金屬鹽類產生反應，藉由金屬離子與水玻璃中的鈉離子進行離子交換，形成具有半透膜性質的金屬矽酸鹽類薄膜，利用薄膜只能讓水分子滲透進入的特性，半透膜內的壓力持續增加直到破裂，包裹其中的金屬水溶液因此流出，又再次與水玻璃接觸形成薄膜，反覆作用循環，形成柱狀或條狀的結晶（方金祥、游苑平，2004）。

#### (二) 影響化學花園結晶的因素

化學花園裡百花齊放，爬梳過去研究及實驗，陸續有作品探討不同的金屬鹽類會產生不同的結晶變化（化學珊瑚，第57屆金門區國中小科展），尤以硫酸銅、氯化亞鈷、氯化鎳最為常見，是否尚有其他金屬鹽類可以產生不同顏色的結晶，具有持續發掘的可能。

同時，亦有作品關注水玻璃濃度對結晶生長的影響（真「醇」假「純」～水玻璃大解碼，第56屆全國科展），甚至有文獻進一步找出生長的最佳比例1：5（化學花園，2016）。然而，過去實驗多側重於調整溶液中「水的比例」，但化學花園需要結晶卻得仰賴水玻璃的反覆作用，帶著這份好奇，水玻璃與水的比例的互換，值得繼續深究。

此外，余宣賦及程冠博（2006）提到：「任何帶電的粒子在移動或運動的過程中，都會產生磁場。」，不免讓人好奇，容易在反應中帶電的金屬鹽類，是否也會在產生結晶過程中產生磁性，進一步左右結晶生長？

基此，提出以下研究架構圖，盼能藉由實驗回應前述一連串的好奇及提問。

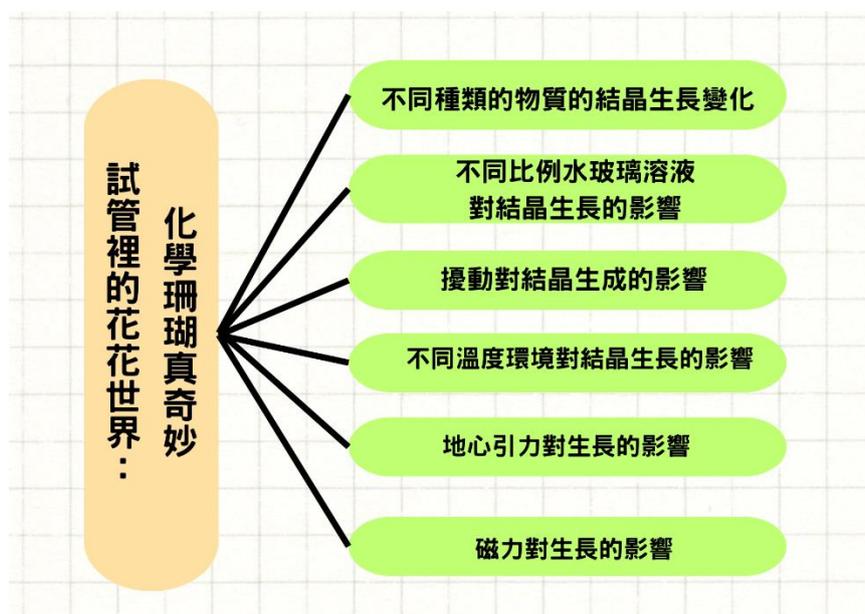


圖1：實驗架構

## 貳、研究設備及器材

### 一、器材：

不同尺寸的量筒、不同大小及材質的容器、探針式溫度計、不同大小的容器、攪拌棒、滴管、刮勺、強力磁鐵、電子計時器、四色玻璃紙

### 二、藥品：

硫酸銅（1瓶）、硫酸亞鐵（1瓶）、硫酸錳（1瓶）、氯化鎳（1瓶）、氯化亞鈷（1瓶）、水玻璃（6罐 500 毫升）

## 參、研究過程或方法

### 一、不同物質加入水玻璃後，產生結晶物的快慢有何不同？

（一）研究構想：將一些物質（氯化亞鈷、氯化鎳、硫酸銅、硫酸錳、硫酸亞鐵）加入水玻璃溶液，觀察結晶變化。

（二）實驗步驟：

1. 為以1:5的比例配置水玻璃溶液，先以量杯取水玻璃50mL，再加蒸餾水至300mL。
2. 將水玻璃溶液倒入玻璃試管中，並分別加入氯化亞鈷、氯化鎳、硫酸銅、硫酸錳、硫酸亞鐵各0.5克
3. 觀察及紀錄試管內的晶體變化。

### 二、不同比例水玻璃溶液對結晶生成的影響

（一）研究構想：選定一項物質(硫酸銅)加入不同比例的水玻璃溶液，觀察結晶生長變化。

（二）實驗步驟：

1. 分別以不同比例（1:1,1:2,1:3,1:4,1:5,2:1,3:1,4:1,5:1），配置60mL 水玻璃溶液。
2. 並將不同比例的水玻璃溶液倒入玻璃試管中。
3. 加入秤量好的0.3公克硫酸銅。
4. 觀察試管內的結晶變化。

### 三、擾動對結晶生成的影響

（一）研究構想：選定一項物質（硫酸銅）加入水玻璃，並在加入過程中進行人為攪拌干擾，觀察結晶生長變化。

（二）實驗步驟：

1. 以1:5的比例配置水玻璃溶液，先以量杯取水玻璃50mL，再加蒸餾水至300mL。
2. 將水玻璃溶液倒入等容量的牛奶瓶中。

3. 分別加入1克硫酸銅粉末。
4. 加入過程中，分別以「加入再攪」及「邊加邊攪」的方式製造擾動。
5. 觀察並紀錄瓶內結晶生長變化。

#### 四、不同溫度環境對結晶生長的影響

(一) 研究構想：選定一項物質（硫酸銅）加入水玻璃，並分別加入瓶外包有不同顏色色紙的玻璃瓶，放置室外一段時間，比較不同外包裝下，瓶內溫度環境對於結晶生長的影響。

(二) 實驗步驟：

1. 以1:5的比例配置水玻璃溶液，先以量杯取水玻璃200mL，再加蒸餾水至1200mL，
2. 將不同顏色色紙包裝在玻璃瓶身，只留下瓶口不封裝。
3. 將水玻璃溶液倒入等容量的牛奶瓶中。
4. 分別加入1克硫酸銅粉末。
5. 以溫度計測量室外溫度，並每隔一段時間以探針式溫度計觀察溫度變化。
6. 觀察瓶內結晶生長變化並將結果整理製表。

#### 五、地心引力對結晶生成的影響

(一) 研究構想：選定一項物質（硫酸銅）加入水玻璃，分別裝入直立及水平擺放的玻璃瓶中，靜置一段時間，觀察地心引力對結晶生長的影響。

(二) 實驗步驟：

1. 以1:5的比例配置水玻璃溶液，先以量杯取水玻璃50mL，再加蒸餾水至300mL，
2. 將水玻璃溶液倒入等容量的牛奶瓶中
3. 分別加入1克硫酸銅粉末。
4. 加入硫酸銅後，將玻璃瓶以直立及水平擺放
5. 靜置一段時間，觀察瓶內結晶生長變化並將結果整理製表。

#### 六、磁力對結晶生成的影響

(一) 研究構想：將一些物質（氯化亞鈷、氯化鎳、硫酸銅、硫酸錳、硫酸亞鐵）加入水玻璃，並分別放入裝有強力磁鐵的空水族箱中，每隔一段時間觀察瓶內結晶生長的變化

(二) 實驗步驟：

1. 以1:5的比例配置水玻璃溶液，先以量杯取水玻璃500mL，再加蒸餾水至3000mL
2. 將水玻璃溶液裝入等容量的牛奶瓶中，並分別加入1克物質（氯化亞鈷、氯化鎳、硫酸銅、硫酸錳、硫酸亞鐵）。

3. 以指南針區分強力磁鐵的 N 極和 S 極。
4. 分別將裝好的實驗瓶裝放在有強力磁鐵的空水族箱中，每隔一段時間將實驗瓶自箱中取出，觀察瓶內結晶生長的變化，並將結果整理製表。

## 肆、研究結果

### 一、不同物質加入水玻璃後，產生結晶物的快慢有何不同？

(一) 研究構想：將一些物質（氯化亞鈷、氯化鎳、硫酸銅、硫酸錳、硫酸亞鐵）加入水玻璃溶液，觀察結晶變化。

(二) 實驗結果：

1. 在五種不同物質中，氯化亞鈷結晶速度最快。
2. 在五種不同物質中，氯化鎳結晶速度最慢。
3. 五種不同物質的結晶都是向上生長。
4. 在加入水玻璃後，有些結晶柱(氯化亞鈷)的顏色與原本顏色不一樣。
5. 結晶生長到試管瓶內一定高度後就會停止生長。

表1：不同化學物質結晶生長比較

加入物質	加入前顏色	加入後顏色	結晶生長方式
氯化亞鈷	酒紅色	深藍+深紫	向上生長
氯化鎳	黃綠色	黃綠色	向上生長
硫酸銅	水藍色	水藍色	向上生長
硫酸錳	粉紅色	皮膚色	向上生長
硫酸亞鐵	淺抹茶色	黑灰色	向上生長

圖2：試管內結晶體樣貌

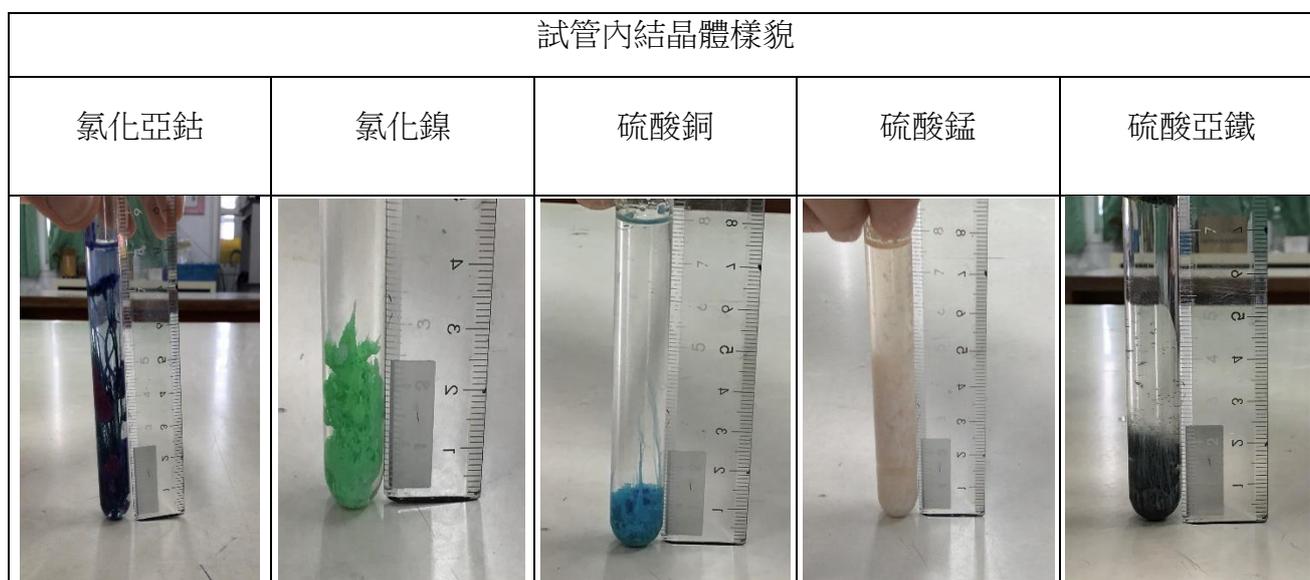


表2：第一次實驗結晶生長高度變化原始數據

第一次實驗 結晶生長高度變化						
經過時間(分) 結晶高度(cm)	0	10	20	30	40	50
氯化亞鈷	0	6.5	7.5	8	8	8
氯化鎳	0	0.8	1	1.2	1.3	1.4
硫酸銅	0	2.4	2.8	3.9	4.6	6.8
硫酸錳	0	0.6	1.1	1.5	2.8	3
硫酸亞鐵	0	3.6	3.8	5.5	6	6.8

圖3：第一次實驗結晶生長高度變化圖

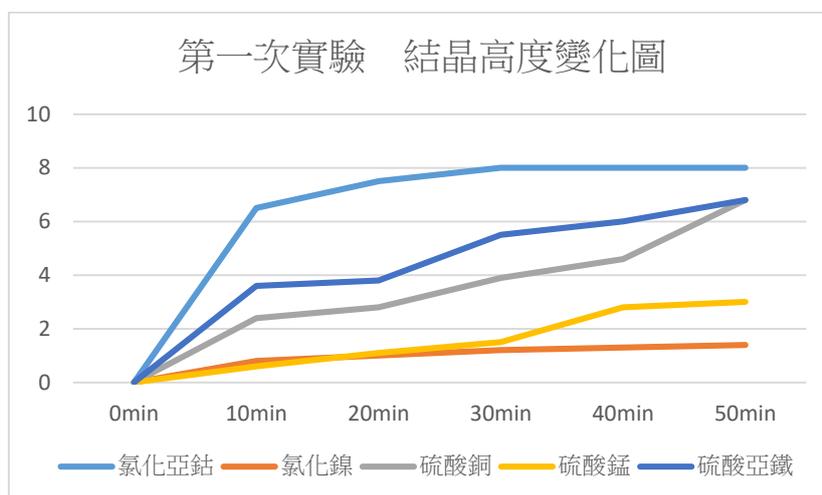


表3：第二次實驗結晶生長高度變化原始數據

第二次實驗 結晶生長高度變化						
經過時間(分) 結晶高度(cm)	0	10	20	30	40	50
氯化亞鈷	0	6.4	7.5	7.5	7.5	7.5
氯化鎳	0	2	2	2	2.1	2.7
硫酸銅	0	1	3.2	3.5	6.5	7.3
硫酸錳	0	6	6.4	7.3	7.3	7.3
硫酸亞鐵	0	2.5	4	6	6.4	7.4

圖4：第二次實驗結晶生長高度變化圖

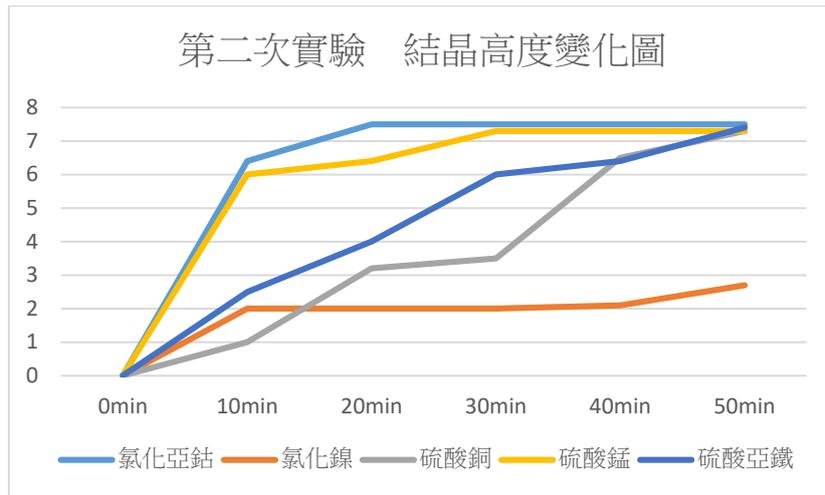
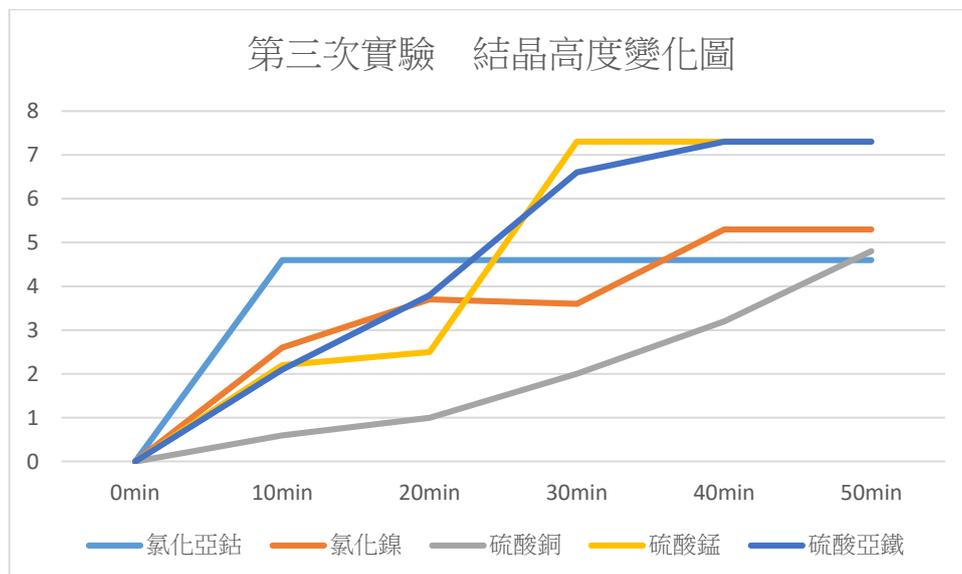


表4：第一次實驗結晶生長高度變化原始數據

經過時間(分)	10	20	30	40	50
結晶高度(cm)					
氯化亞鈷	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
氯化鎳	2.6	3.7	3.6	5.3	5.3
硫酸銅	0.6	1	2	3.2	4.8
硫酸錳	2.2	2.5	7.3	7.3	7.3
硫酸亞鐵	2.1	3.8	6.6	7.3	7.3

圖5：第三次實驗結晶生長高度變化圖



## 二、不同比例水玻璃溶液對結晶生成的影響

(一) 研究構想：選定一項物質(硫酸銅)加入不同比例的水玻璃溶液，觀察結晶生長變化。

(二) 實驗結果：

1. 等量硫酸銅加入等量水玻璃溶液時，在水玻璃以1:4比例混和濃度下，結晶狀態最好
2. 在1:1、2:1、4:1及5:1比例混和濃度下，無法產生結晶。

表5：不同比例水玻璃溶液結晶生成高度原始數據

水玻璃 與水比例	1:1	1:2	2:1	1:3	3:1	1:4	4:1	1:5	5:1
水玻璃 (mL)	30	20	40	15	45	12	48	10	50
水 (mL)	30	40	20	45	15	48	12	50	10
生長高度 (cm)	2.5	3	無生長	4	無生長	3.5	2.5	2.5	無生長

圖6：不同比例水玻璃溶液結晶生成高度長條圖

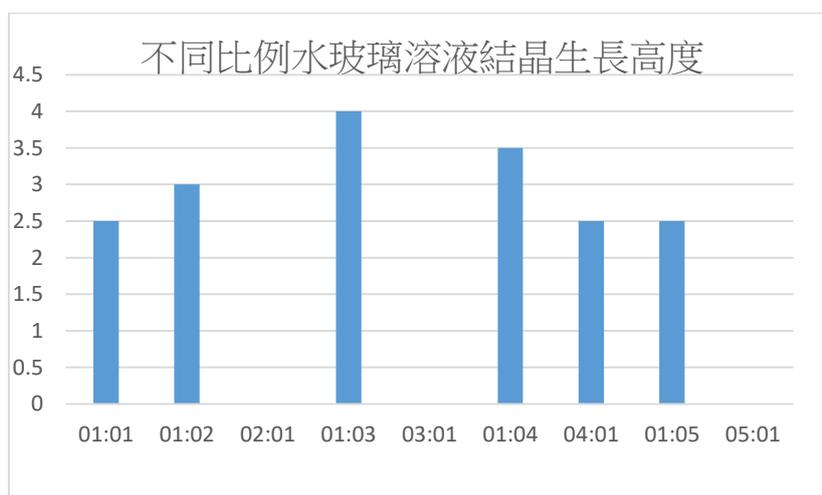
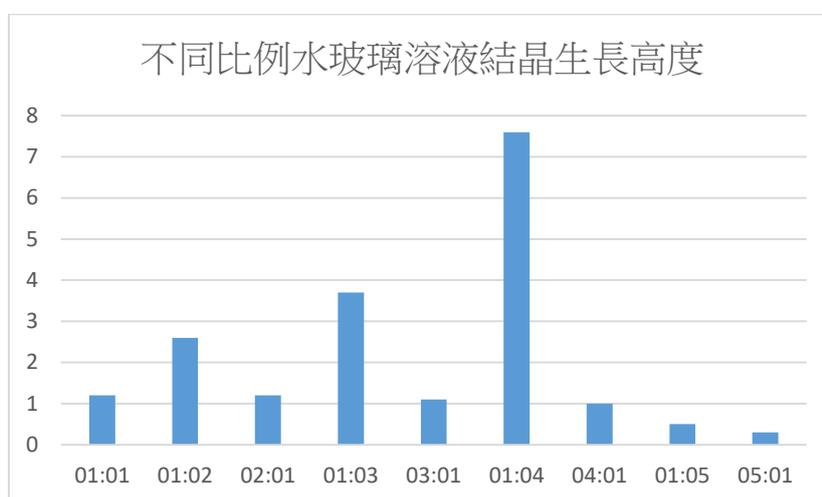


表6：不同比例水玻璃溶液結晶生成高度原始數據

水玻璃 與水比例	1:1	1:2	2:1	1:3	3:1	1:4	4:1	1:5	5:1
水玻璃 (mL)	30	20	40	15	45	12	48	10	50
水 (mL)	30	40	20	45	15	48	12	50	10
生長高度 (cm)	1.2	2.6	1.2	3.7	1.1	7.6	1	0.5	0.3

圖7：不同比例水玻璃溶液結晶生成高度長條圖



### 三、擾動對結晶生成的影響

(一) 研究構想：選定一項物質（硫酸銅）加入水玻璃，並在加入過程中進行人為攪拌干擾，觀察結晶生長變化。

(二) 實驗結果：

1. 「邊加邊攪」實驗瓶內的結晶生長較為密集，「加入再攪」實驗瓶內的結晶生長較不密集。
2. 無論是「邊加邊攪」或是「加入再攪」，實驗瓶內的結晶柱多為細枝，較少粗枝。
3. 輕微晃動實驗瓶，「加入再攪」實驗瓶中的結晶柱較為脆弱，稍微晃動就斷裂；「邊加邊攪」實驗瓶中的結晶柱較為強韌，輕微晃動後，較不易出現斷裂。

圖8：擾動前後對結晶生成影響對照圖

擾動對結晶生成的影響實驗		
擾動情境	加入再攪	邊加邊攪
變化前後		
變化前 (上午11:00)		
變化後 (下午13:00)		

#### 四、不同溫度環境對結晶生長的影響

(一) 研究構想：選定一項物質（硫酸銅）加入水玻璃，並分別加入瓶外包有不同顏色色紙的玻璃瓶，放置室外一段時間，比較不同外包裝下，瓶內溫度環境對於結晶生長的影響。

(二) 實驗結果：

1. 實驗前段，暖色系(紅、黃)瓶及未包裝的溫度較低，結晶生長速度快，進行1小時就已經到頂並停止生長。
2. 實驗中後段，冷色系(藍、綠)瓶溫度增加較其他瓶高，結晶生長也逐漸到頂。
3. 實驗後段，所有結晶都已經停止生長，但瓶內溫度卻持續變化。其中，又以冷色系(藍、綠)瓶變化最大。

表7：不同顏色外包裝對溫度環境及水玻璃結晶高度變化原始數據

包裝紙 顏色 時間	未包裝		紅		藍		綠		黃	
	瓶內 溫度 (°C)	結晶 高度 (cm)								
09:30	22.1	0	23.2	0	23.5	0	22.8	0	23.1	0
10:00	24.5	5.5	25.3	8	26.5	7	26.5	7	26.7	8.3
10:30	30.4	9	29	9	32	8.4	32	8	31.2	9
11:00	31.7	9	34.9	9	37.1	9	37.1	9	31.2	9
11:30	37.6	12	36	9	38.2	9	37.9	9	40.3	9

圖9：【未包裝】實驗瓶瓶內溫度及結晶高度變化圖

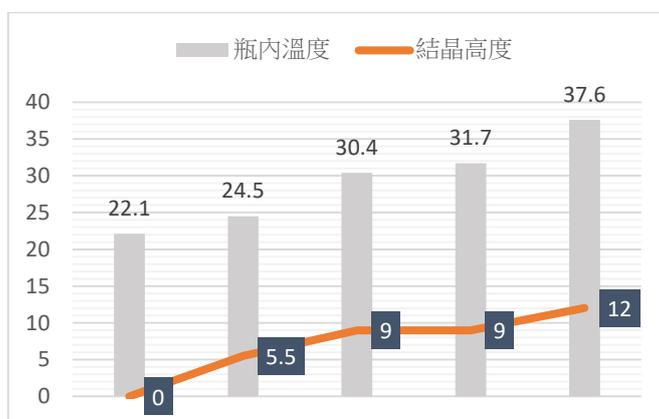


圖10：【紅】實驗瓶瓶內溫度及結晶高度變化圖

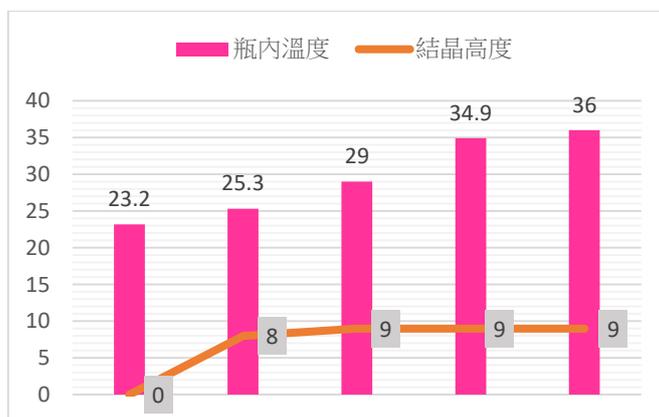


圖11：【藍】實驗瓶瓶內溫度及結晶高度變化圖

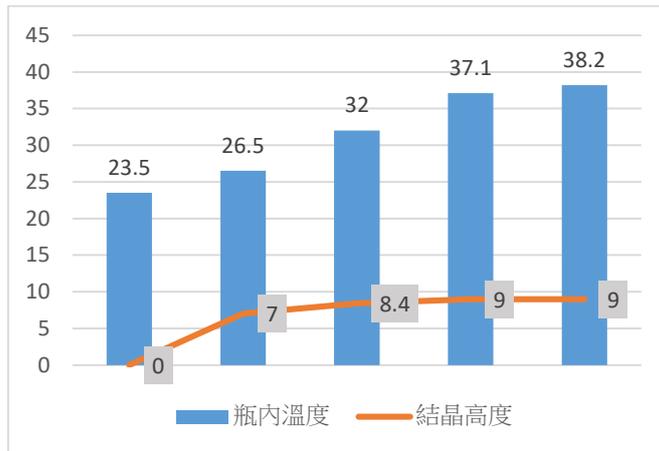


圖12：【綠】實驗瓶瓶內溫度及結晶高度變化圖

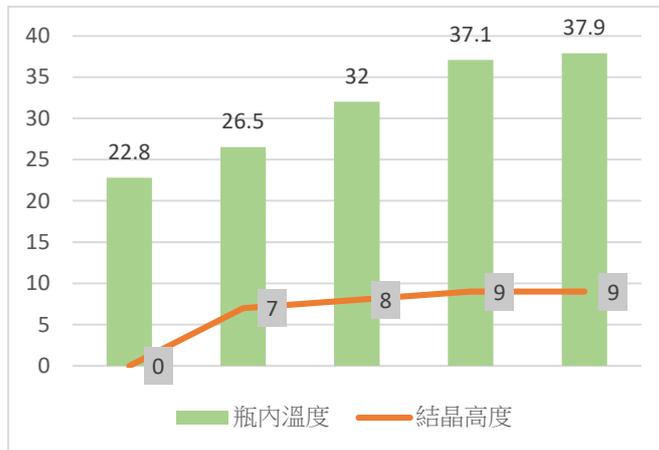
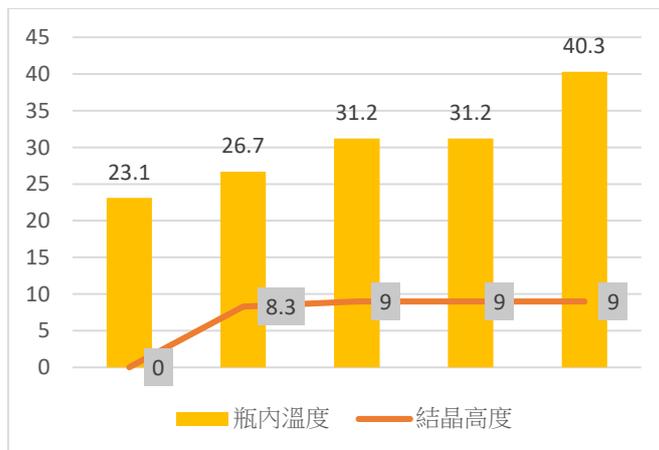


圖13：【黃】實驗瓶瓶內溫度及結晶高度變化圖



## 五、地心引力對結晶生成的影響

(一) 研究構想：選定一項物質（硫酸銅）加入水玻璃，分別裝入直立及水平擺放的玻璃瓶中，靜置一段時間，觀察地心引力對結晶生成的影響。

(二) 實驗結果：

1. 實驗結果發現，「直立擺放」實驗瓶中的結晶平均分布生長；「水平擺放」實驗瓶中的結晶集中生長在瓶底一處。
2. 「直立擺放」實驗瓶生成的結晶柱較高，「水平擺放」實驗瓶中的結晶柱較低。
3. 「水平擺放」實驗瓶中的結晶柱並不會橫向生長，而是沉到瓶底，由下往上長。

圖14：不同擺放方式下結晶生成變化對照

擺放方式 實驗次數	水平擺放	直立擺放
第一次		
第二次		
第三次		

## 六、磁力對結晶生成的影響

(一) 研究構想：將一些物質（氯化亞鈷、氯化鎳、硫酸銅、硫酸錳、硫酸亞鐵）加入水玻璃，並分別放入裝有強力磁鐵的空水族箱中，每隔一段時間觀察瓶內結晶生長的變化

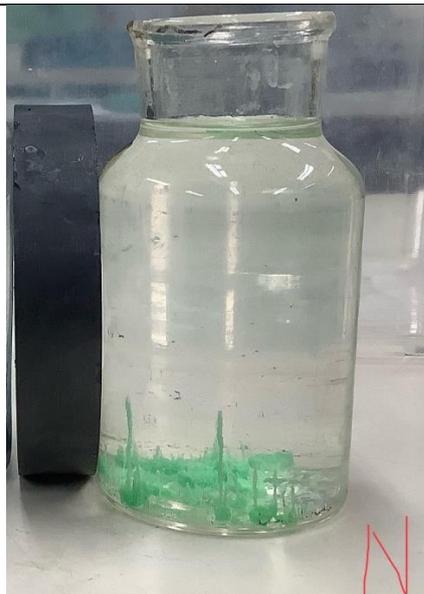
(二) 實驗結果：

1. 在強力磁鐵的環境下，瓶內結晶的生長會產生外凸、內凹、螺旋生長的變化。
2. 磁鐵兩側同時擺放實驗瓶的狀況下，瓶內會出現有好多束螺旋纏繞的結晶柱。

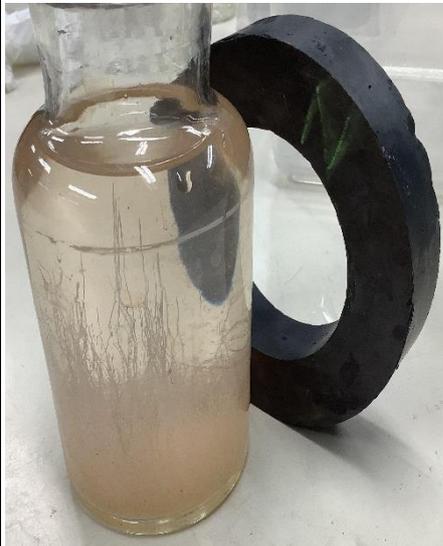
圖15：化學物質在不同磁力環境下的變化對照

實驗環境 化學物質	無磁鐵環境	強力磁鐵環境(N 極)	強力磁鐵環境(S 極)
硫酸銅			
氯化亞鈷			

氯化鎳



硫酸錳



硫酸亞鐵



圖16：相同物質在單側/雙側磁力環境下的變化對照

物質	單邊磁力環境(N 極)	單邊磁力環境(S 極)	雙邊磁力環境
氯化亞鈷			

## 伍、討論

### 一、不同物質加入水玻璃後，產生結晶物的快慢有何不同？

#### (一) 實驗結果與討論：

1. 不同物質結晶速度不同，氯化亞鈷的結晶長得最快，氯化鎳的最慢。
2. 在加入水玻璃產生結晶後，有些物質的顏色會發生改變；有些物質不會。
3. 瓶內結晶生長到一定高度後就會停止生長。

### 二、不同比例水玻璃溶液對結晶生成的影響

#### (一) 實驗結果與討論：

1. 當水玻璃的比例太高，無法產生結晶。
2. 當水的比例比水玻璃多時，瓶內物質較能順利進行反應，結晶狀況最理想。

### 三、擾動對結晶生成的影響

#### (一) 實驗結果與討論：

1. 擾動讓加入的化學物質能充分和水玻璃溶液產生反應，有利結晶生長。

### 四、不同溫度環境對結晶生長的影響

#### (一) 實驗結果與討論：

1. 實驗結果發現，環境溫度高低會影響結晶生長速度。
2. 在實驗瓶外包裝色紙，能讓瓶內溫度產生變化，有包包裝紙的溫度皆比同一時間未包裝者高。
3. 暖色系(紅、黃)瓶在實驗前期溫度變化快，結晶生長速度也較快，後期成長卻由實驗發現環境的溫度，會影響物質結晶快慢。

## 五、地心引力對結晶生成的影響

### （一）實驗結果與討論：

1. 結晶生長的方向並不會受到擺放方式不同改變，而是與地心引力相反方向的生長。

## 六、磁力對結晶生成的影響

### （一）實驗結果與討論：

1. 磁力會影響結晶生長的型態，產生外凸、內凹、螺旋生長的變化。
2. 若將實驗瓶放在雙邊磁力環境，當磁鐵緊靠實驗瓶，瓶內結晶會呈螺旋交錯狀。

## 陸、結論

這段時間，我們使用硫酸銅、硫酸亞鐵、硫酸錳、氯化鎳、氯化亞鈷五種金屬鹽類進行各種變項的操作。我們發現不同的物質會產生不同顏色的結晶，且各自有不同的生長速度；相同的是，結晶都是由下往上生長，且長到水平面就停止，加上後續實驗五的結果，證明結晶生長的負向地姓。

從實驗二的結果中，可以發現當水的比例多於水玻璃時，結晶生長狀態較佳；反之，有可能無法順利產生結晶。同時，實驗三則讓我們看見不同擾動方式，可能有助於瓶內溶液與物質充分反應，讓結塊的物質能順利作用。再者，透過不同顏色玻璃紙的包裝，製造不同溫度環境，試著影響結晶生長的結果，發現因為色紙吸熱效果不同，造成瓶內溫度及結晶高度的階段變化。最後，在實驗六中，物質結晶會受磁力產生外凸、內凹、螺旋生長的變化，當實驗瓶與磁鐵越緊密，達到雙邊磁力環境，結晶偏移變化會更明顯。

## 柒、參考資料及其他

1. 方金祥、游苑平（2004）科學遊戲創意教學及親子活動設計講義·屏東縣：大仁技術學院。
2. 余宣賦、程冠博（2006）磁性陶瓷粉末·科學發展月刊，408，95。
3. 阿里山支線 | 化學花園【2022科普列車】（2022年10月5日）· 科普新視界·  
取自 <https://www.youtube.com/watch?v=QuVmLyHgznw&t=29s>。
4. 化學花園（2016），2016.3.21 取自國立台中教育大學 NTCU 科學遊戲實驗室。  
<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-031.html>
5. 第56屆全國科展（2016）。真「醇」假「純」～水玻璃大解碼：  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080218.pdf>
6. 金門地區第57屆中小學科學展覽會（2016）。化學珊瑚  
<https://science.km.edu.tw/api/pageview/team/625?redirect=/storage/media/1299/58eaf93e4a032.pdf>