

燦爛的結晶世界～化科學為環保藝術

高小組化學科第一名

台北縣秀朗國民小學

作者：王怡萱、何容萱、蘇聖荃、廖瑩

指導教師：余秀琴、嚴安安

一、研究動機

在一次的自然實驗課中，余老師讓我們做一個有關碘的結晶的實驗，其結果十分的漂亮，有些為一塊塊的塊狀結晶，有些則為一條條的形狀，和像麥芒一樣的針狀結晶，令人看了目不暇給，坊間利用結晶所製作的用品不在少數，於是我們便靈機一動，想來研究看看那美麗又神秘的結晶的世界。

二、研究目的

- (一) 從各種金屬化合物的實驗中瞭解結晶的形成。
- (二) 了解金屬化合物和液體交叉實驗後的變化。
- (三) 探討結晶生成的因素。
- (四) 瞭解水玻璃的濃度，影響晶體的生成。
- (五) 瞭解晶體滲透作用，受到酸鹼作用而改變。
- (六) 瞭解溫度也會影響晶體的滲透作用。
- (七) 瞭解晶體附著在各種物體的現象。
- (八) 建造美麗燦爛的結晶花園。
- (九) 做好回收利用的環保工作。

三、研究設備

- (一) 用具：試管、試管架、燒杯、量筒、量尺、溫度計、滴管、保溫杯、回收玻璃瓶罐、錐形瓶、鐵絲、棉線、塑膠繩等。
- (二) 藥品試劑：水玻璃（矽酸鈉）、磷酸三鈉、氯化錳、硫酸鐵、硫酸銅、二氧化錳、氯化銅、酒精、水、稀硫酸、酸鹼指示劑、色素、冰塊等。

四、研究過程

問題（一）：從日常生活中去尋找金屬化合物或礦物形成結晶的現象。

方法 1：

(1)準備器材：粗碘片、水、酒精燈、瓦楞紙、燒瓶、試管、三角架、石棉網、藥匙。

(2)實驗過程：將燒瓶中放入碘片，試管內倒入冷水並放入燒瓶中並用瓦楞紙遮住瓶口，放在酒精燈加熱，約一分半鐘後即可看到試管的外緣呈紫色像芒刺的碘結晶。

方法 2：

(1)準備器材：木炭、氨水、漂白水、鹽、透明容器、鐵錘、攪玻棒、染色用的色素。

(2)實驗過程：將木炭敲碎放入透明容器中，加入六匙鹽，再加入一匙洗衣用漂白水 and 氨水。加上要染色的色素，五分鐘後，靜置幾天即可完成結晶。

方法 3：

(1)準備器材：培養皿及蓋子、鋅片、硫酸銅溶液、濾紙。

(2)實驗過程：在培養皿中放入一張濾紙，滴入約20滴1M的硫酸銅溶液，使整張濾紙濕潤。將一小片鋅片放在濾紙的正中央，用原子筆蓋壓緊，使鋅片和濾紙密合。蓋上蓋子，放置數小時後則可見美麗的銅樹逐漸長成。（PS.放置時需蓋上蓋子，以免硫酸銅溶液會乾掉）。

表格（一）：

時間\實驗材料	粗碘+水+高溫	木炭+漂白水+氨+鹽+色素	硫酸銅溶液+鋅片
一小時(以下)	出現像麥芒的結晶	呈藍色液體	出現塊狀結晶
兩小時	出現像麥芒的結晶	呈藍色液體	形成小棵樹
三小時(以上)	出現像麥芒的結晶 顏色是紫色	一星期後，結成藍色的結晶還 有透明亮光	形成銅樹

結果分析：

結晶現象的產生，可以從加熱，或不加熱，或密閉中形成。粗碘加高溫瞬間產生紫色亮晶晶的晶體。但漂白水加氨、鹽、木炭結晶時間較慢，越久越能看到閃亮的晶體。銅樹的晶體則在一兩小時可見到。

問題（二）：哪些液體可能是神奇藥水？哪些化合物可能是磨石？

方法 1：

選用四種液體（水玻璃、氯化銅、氯化錳、硫酸鐵、硫酸銅）及五種金屬化

合物（氯化銅、氯化錳、硫酸鐵、硫酸銅、氧化錳），做交叉實驗。分別將液體放入二十支的試管，再取金屬化合物依序加入，觀察結晶變化，並記錄（如結果(1)）。

結果(1)：（靜置45分鐘後）：

金屬化合物 \ 液體	水	磷酸三鈉	水玻璃	酒精
氯化銅	完全溶解—透明藍色	表層有結晶—藍白色	5.1cm柱狀—晶體（藍綠色）	微溶—藍綠色糊狀
氯化錳	完全溶解—透明無色	表層有結晶—白色	13.5cm絲狀—晶體（粉白色）	溶解—透明
硫酸鐵	微溶—底層黃色沈澱	沈澱—黑黃色	3cm絲狀—晶體（灰色）	微溶—底層黃色沈澱
硫酸銅	微溶—底層藍色沈澱	表層有結晶—藍色	4cm絲狀—晶體（天藍色）	沈澱—藍色
二氧化錳	沈澱—黑色	沈澱—黑色	沈澱—黑色	沈澱—黑色

結果分析：

產生晶體現象最明顯的一組，是水玻璃液體，加上氯化銅、氯化錳、硫酸銅、硫酸鐵。可能就是我們要尋找的神奇藥水及磨石了。

問題（三）：水玻璃的濃度會影響晶體的生長嗎？

方法 1：

配置不同濃度的水玻璃液體，加水稀釋水玻璃成不同稀釋比例（5倍、10倍、15倍、20倍）的水玻璃溶液。分別倒入試管，每組稀釋比各做四支，再依序加入氯化銅、氯化錳、硫酸鐵、硫酸銅。觀察晶體滲透的變化。

結果(1)（靜置10分鐘後）：

金屬化合物 \ 稀釋比	稀釋5倍	稀釋10倍	稀釋15倍	稀釋20倍
氯化銅	晶體3.0cm	晶體0.4cm	晶體1.2cm	晶體1.0cm
氯化錳	晶體2.2cm	晶體1.5cm	晶體1.7cm	晶體1.0cm
硫酸鐵	晶體1.2cm	晶體0.6cm	晶體0.6cm	晶體0.2cm
硫酸銅	晶體1.2cm	晶體1.5cm	晶體1.0cm	晶體0.3cm

結果(2)（靜置20分鐘後）：

金屬化合物 \ 稀釋比	稀釋5倍	稀釋10倍	稀釋15倍	稀釋20倍
氯化銅	晶體5.0cm	晶體0.4cm	晶體1.2cm	晶體1.0cm
氯化錳	晶體4.0cm	晶體2.2cm	晶體2.5cm	晶體2.0cm
硫酸鐵	晶體2.0cm	晶體0.9cm	晶體0.7cm	晶體0.8cm
硫酸銅	晶體1.8cm	晶體1.6cm	晶體1.5cm	晶體0.5cm

結果(3)（靜置30分鐘後）：

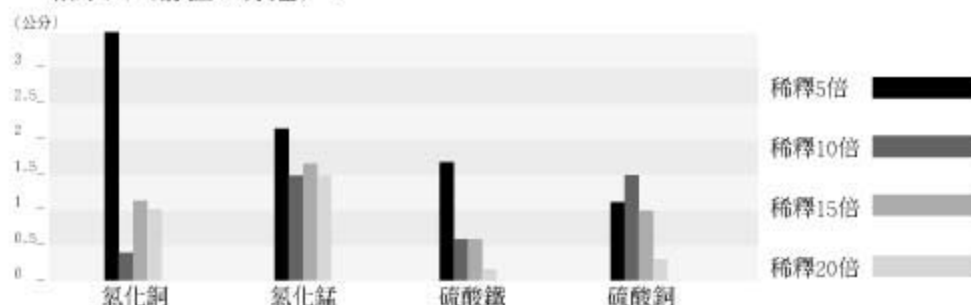
金屬化合物 \ 稀釋比	稀釋5倍	稀釋10倍	稀釋15倍	稀釋20倍
氯化銅	晶體10.5cm	晶體0.5cm	晶體1.4cm	晶體1.0cm
氯化錳	晶體5.5cm	晶體4.0cm	晶體3.8cm	晶體3.5cm
硫酸鐵	晶體3.3cm	晶體2.0cm	晶體1.2cm	晶體1.0cm
硫酸銅	晶體1.8cm	晶體2.0cm	晶體1.7cm	晶體0.6cm

結果分析：

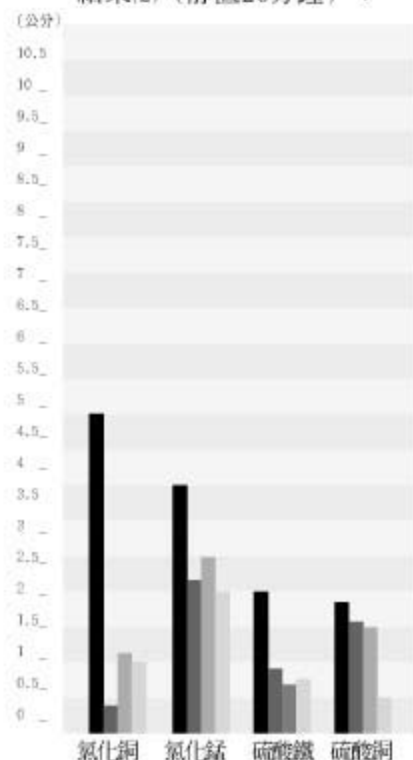
經由實驗發現，水玻璃稀釋5倍時，種下氯化銅、氯化錳、硫酸鐵的晶體滲透作用最快，晶體生成的最高。另外，硫酸銅在前20分鐘亦同，但在三十分鐘後，則以稀釋10倍（晶體2.0cm）較稀釋五倍（晶體1.6cm）佳。水玻璃稀釋20倍時的效果最差。每種金屬鹽，有它最適合的晶體滲透成長條件，本次的實驗，所有的四種金屬鹽，其中有三者均在水玻璃稀釋5倍時，晶體成長最快、最高，所以選擇該稀釋5倍為以後實驗的稀釋值。

問題三統計圖表：

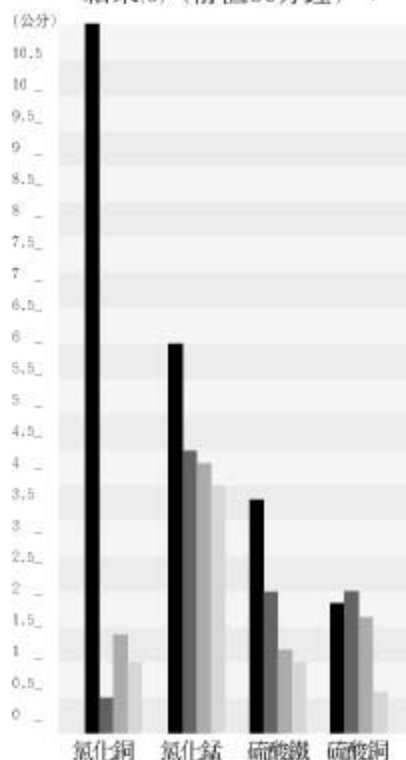
結果(1)（靜置10分鐘）：



結果(2)（靜置20分鐘）：



結果(3)（靜置30分鐘）：



問題(四)：「晶體滲透作用」是否受酸鹼作用而改變？

方法 1：

首先以酸鹼指示劑測出稀釋五倍的水玻璃溶液的pH值約為9，水玻璃原液為13。加稀硫酸調製pH值=8（太低會結凍），分別倒入試管，再依序加入氯化銅、氯化錳、硫酸鐵、硫酸銅。

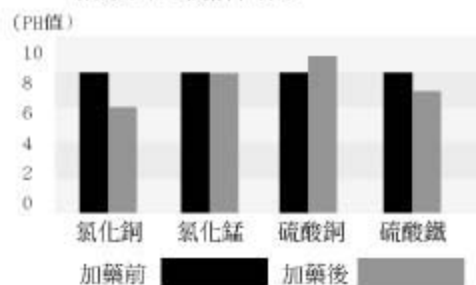
結果(1)：

項目\試劑	氯化銅	氯化錳	硫酸鐵	硫酸銅	溶液
pH值（加藥前）	8	8	8	8	
pH值（加藥後）	6	8	9	7	
10分鐘	晶體0.1cm 藍綠色	晶體0.6cm 白色	晶體0.6cm 土黃色	晶體0.7cm 寶藍色	果凍狀
20分鐘	晶體0.5cm 藍綠色	晶體1.2cm 白色	晶體1cm 土黃色	晶體1.2cm 寶藍色	結凍

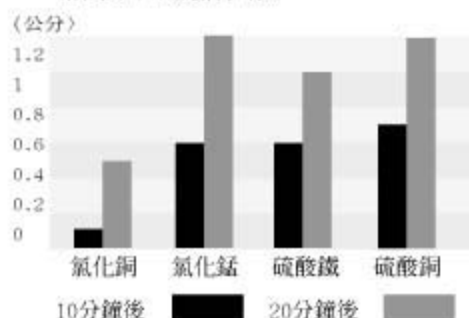
結果分析：

在添加稀硫酸的過程中，發現當pH值降至8以下，水玻璃（稀釋5倍）會結凍。所以，這個實驗控制在PH=8。加入金屬鹽後仍有晶體長出，但被果凍狀的水玻璃抑制了。

結果(1)-1統計圖表



結果(1)-2統計圖表



問題(五)：溫度是否會影響「晶體滲透作用」呢？

方法 1：

準備三個保溫杯，以「水浴法」控制溫度在 $10 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 。保溫杯內盛半滿的水，分別入冰塊或熱水，隨時補充、置換，並測量溫度。將實驗稀釋5倍的水玻璃的標準稀釋值中成果最佳的氯化銅、最慢的硫酸銅分組置入各水浴中的試管。

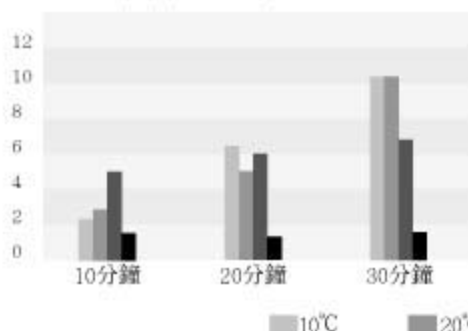
結果(1)：

試劑 溫度	氯化銅			硫酸銅		
	10分鐘	20分鐘	30分鐘	10分鐘	20分鐘	30分鐘
10°C	絲狀晶體2.5cm	柱狀晶體6.5cm	柱狀晶體10.5cm	絲狀晶體0.9cm	細狀晶體2.3cm	細狀晶體2.3cm
20°C	柱狀晶體3cm	柱狀晶體5cm	柱狀晶體10.5cm	細狀晶體1.2cm	細狀晶體1.5cm	細狀晶體1.5cm
30°C	絲狀晶體5cm	絲狀晶體6cm	絲狀晶體6.8cm	細狀晶體1.5cm	細狀晶體2.0cm	細狀晶體3.5cm
50°C	針狀晶體1.5cm	針狀晶體1.7cm	針狀晶體1.8cm	針狀晶體2.0cm	針狀晶體2.5cm	針狀晶體2.8cm

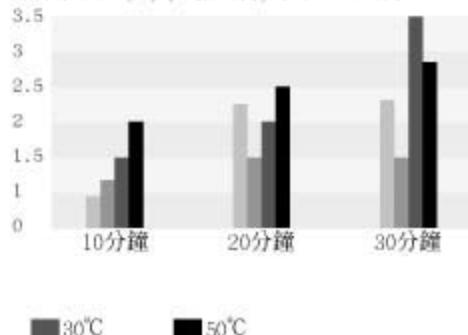
結果分析：

50°C時，硫酸銅有黑色斑點出現，氯化銅很明顯的被抑制。大致上，晶體在低溫時（0°C~20°C）較在適溫（20°C~45°C）時生長效果佳。溫度似乎也會影響晶體的形狀（絲狀、柱狀、針狀）。

結果(1)-(A)(氯化銅)單位：公分



結果(1)-(B)(硫酸銅)單位：公分



問題（六）：各種金屬化合物和水玻璃的交互作用後能隨著物而成長？

方法 1：

稀釋5倍的水玻璃植入氯化銅、硫酸鐵、硫酸銅、二氧化錳放進相同的玻璃罐中，架口3號鐵絲製作成★狀、蓋上蓋子。觀察30分鐘、一小時、一天、一星期後的情形。

結果(1)：

時間\金屬化合物	氯化銅	硫酸鐵	硫酸銅	二氧化錳
30分鐘	晶體呈絲狀無附著	晶體呈絲狀無附著	晶體呈細絲有沉澱	沒有晶體出現無附著
一小時	晶體呈柱狀無附著	晶體呈柱狀無附著	晶體呈細絲沉澱	沒有晶體出現
一天	晶體呈柱狀無附著	晶體呈柱狀無附著	晶體呈細絲沉澱	沒有晶體出現
一星期	晶體呈塊狀無附著	晶體呈塊狀混濁無附著	晶體呈針狀有沉澱	沒有晶體出現

結果分析：

金屬化合物和水玻璃的結晶不能隨意被鐵絲控制。鐵絲在硫酸銅和氯化銅裡較有一些些的附著。

問題（七）：加入色素會影響晶體的生長嗎？

方法 1：

將水玻璃稀釋5倍，倒入三支試，並分別加入紅、綠、藍色素以及氯化銅，觀察30分鐘、一天、兩天、一星期後的現象。

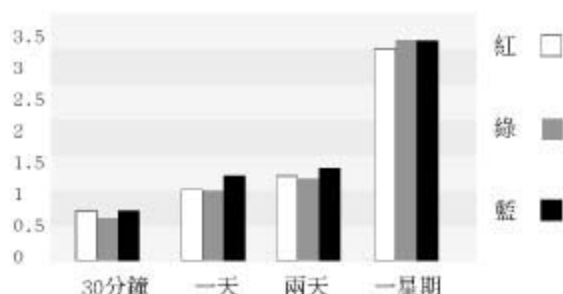
結果(1)：（氯化銅和水玻璃的結晶觀察）：

色素	30分鐘	一天	兩天	一星期	晶體顏色
紅	0.7cm	1cm	1.2cm	3cm	淡藍顏色
綠	0.6cm	1cm	1.15cm	3.1cm	淡藍顏色
藍	0.7cm	1.2cm	1.3cm	3.1cm	淡藍顏色

結果分析：

不管加上任何顏色的色素並不會抑制晶體的生長也不會影響晶體生長的顏色，加上紅、綠色的色素，水中仍呈淡藍顏色。

結果(1)統計圖表：單位：公分



問題（八）：利用水玻璃和各種金屬化合物的滲透作用造一座美麗的水中花園。

方法 1：用稀釋5倍的水玻璃值入各種可能結晶的金屬鹽，造出美麗的花園，並將珍藏的魔石和神奇藥水，也來造一座水中花園互比一下。

方法 2：稀釋5倍的水玻璃裝入100c.c.的燒杯中，植入一些些的氯化銅滴上兩三滴的藍色色素，改變透明的水，使成水藍色，靜置30分鐘後倒進一湯匙的洋菜溶液，等到冷卻使其固定。

方法 3：若想控制晶體的生長造型，以塑膠繩或棉線放入燒杯中，可以讓晶體隨著物體附著而攀爬。鐵絲不會附著，所以不用鐵絲。

方法 4：把珍藏的魔石和神奇藥水，製造出來的水中花園，與自製水中花園作一比較。

結果分析：

用稀釋5倍的水玻璃與氯化銅、硫酸銅、硫酸鐵，製成的水中花園比較細長，絲狀較多，塊狀較少，爲了要控制其造型而使用塑膠線（因活性較低）和固定其位置，但和廠商所製造的水中花園相比較不牢固，時間久了，仍會斷掉，因廠商有特殊技術，我們仍在研究中。

五、實驗結果

（一）粗碘加熱在裝有冷水的試管外側看到麥芒的結晶奇景。瞭解硫酸銅和鋅片的化學變化產生的銅樹，氨水、漂白水、木炭產生了藍寶石。

(二) 產生晶體現象最明顯的一組是水玻璃溶液，加上氯化銅等化合物，可能就是我們要找的神奇藥水及魔石了。

(三) 經由實驗發現，水玻璃稀釋五倍種下氯化銅、氯化錳、硫酸鐵的晶體滲透作用最快，長得最高。故選擇該稀釋5倍為以後實驗稀釋值。

(四) 添加稀硫酸的過程中，發現pH值降至8以下，水玻璃與化合物結凍，故實驗控制在pH值=8，調整好pH=8再加入化合物仍可長出晶體。

(五) 50℃時，硫酸銅有黑色斑點出現。氯化銅被抑制。低溫（0℃～20℃）較在適溫（20℃～45℃）時生長效果佳。恢復在室溫18℃時晶體生長回到原來速度。

(六) 金屬化合物和水玻璃的結晶不能隨意被控制在物體上，鐵絲其活性較強無法攀附滲透但是棉線及塑膠繩卻會被攀附。

(七) 不管加任何色素都無法抑制晶體的成長，如果要做一座燦爛的結晶花園，可以加上一些顏色如同海底世界一樣。

六、討論

廠商特殊的藥水及魔石尚待研究，自製結晶持久性較遜色。

七、結論

從此次的實驗了解到化合物金屬鹽和水玻璃交互作用後所產生的化學變化，如結晶的形成與滲透有何關係，濃度、酸鹼值、溫度等都是影響晶體形成的操縱變因。

八、參考資料

作者	出版日期	書名	出版社	出版地	頁數
沈濟華、吳湘樹	78.12	青少年百科全書	謙謙出版社	台北市	P.27～29

評語

本研究旨在探討各種金屬化合物（如氯化銅、二氧化錳、硫酸鐵及硫酸銅）在各種溶液中結晶條件及受溫度、酸鹼及附著物之影響。本研究之研究方法嚴謹，研究態度認真，研究規劃相當完整，研究成果相當豐碩，其研究成果可做為國小自然科實驗教學之參考。

