

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

佳作

080218

真「醇」假「純」～水玻璃大解碼

學校名稱：苗栗縣公館鄉公館國民小學

作者：	指導老師：
小五 謝昀蓁	謝祥宏
小五 張婷媗	謝寶櫻
小六 徐若庭	
小四 徐依鈺	

關鍵詞：水玻璃、結晶、凝膠

摘要

自然老師教我們做海底花園的實驗，令人驚訝的是在矽酸鈉水溶液裡，加入一些粉末，竟然可以「長」出像水草的柱體。我們很好奇，於是便開始一連串實驗。**研究結果發現：**

- 一、不同物質結晶快慢速度不同，而不同物質，各有其最適合的水玻璃濃度。
- 二、結晶的物質加入水玻璃的量越多，長出的結晶物也越高。
- 三、等量的水玻璃，結晶物質所能長的高度，與水位高度有關。
- 四、水玻璃遇到酸性、鹼性和中性物質時，產生的凝膠、透光度及黏滯性效果不同。
- 五、醇類加入水玻璃，水玻璃濃度越高，凝膠現象越明顯、黏滯性越高。
- 六、可由透光度大小，判斷醇類濃度。
- 七、利用 60%水玻璃，檢測真酒假酒的效果最好！

壹、研究動機

自然老師在上課時，進行了「海底花園」的實驗，我們全班覺得很神奇，只是在矽酸鈉水溶液裡加入一些化學藥品粉末，竟然可以「長」出像水草的柱體。基於我們的好奇心，於是便開始進行了一連串的實驗。

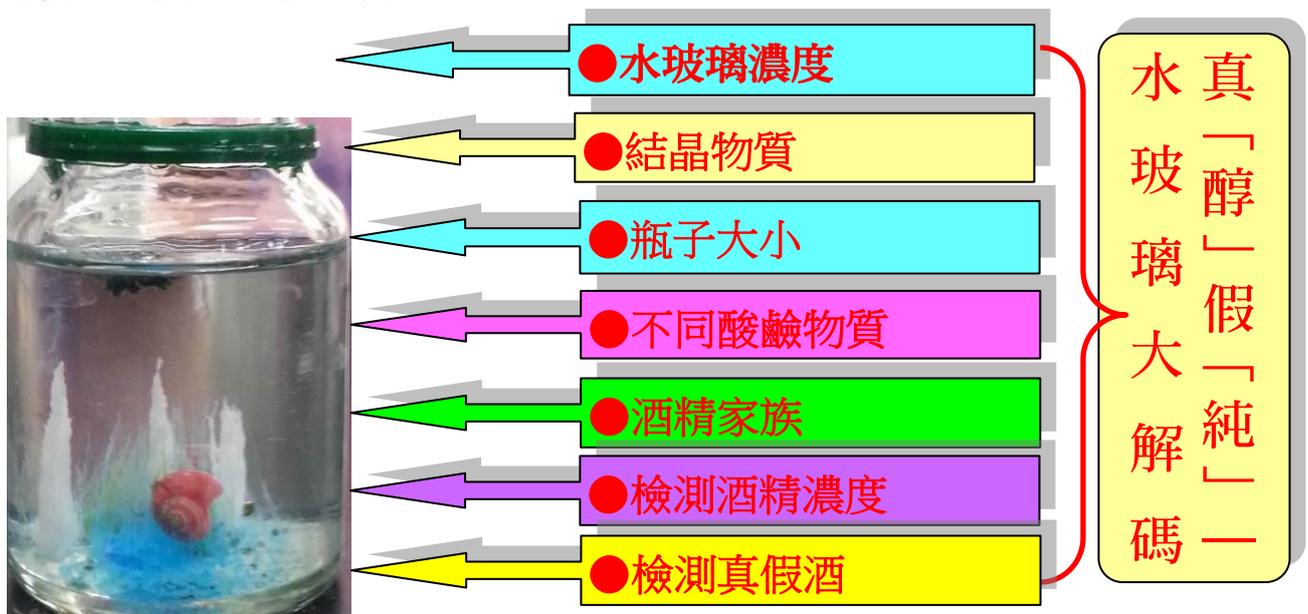


圖 1：研究方向思考圖

貳、研究目的及研究問題

我們針對影響結晶的因素，進行一系列的研究，提出以下研究問題：

- 一、不同物質加入水玻璃後，產生結晶物的快慢有何不同？
- 二、不同量的物質加入水玻璃後，產生結晶物的快慢有何不同？
- 三、不同水位高度，對於產生結晶物的高度有何影響？
- 四、不同濃度水玻璃，對於產生結晶物的快慢有何影響？
- 五、不同環境溫度，對於產生結晶物的快慢有何影響？
- 六、不同酸鹼性物質加入水玻璃，會有何影響？
- 七、不同濃度醇類物質加入水玻璃，會有何影響？
- 八、探討利用水玻璃檢測醇類濃度之可行性？

九、探討利用水玻璃檢測市售酒之酒精濃度可行性？

十、探討利用水玻璃檢測真酒、假酒之可行性？

參、文獻探討

一、海底花園原理

水玻璃（矽酸鈉）水溶液中加入硫酸銅時，硫酸銅與水玻璃產生反應，並在晶體表面形成一層薄膜，這層薄膜能讓水分子滲透進入。薄膜內的硫酸銅溶解在滲透進去的水，使得薄膜內的滲透壓增加，當滲透壓增加至一定程度造成薄膜破裂，硫酸銅水溶液因而流出。流出的硫酸銅水溶液一接觸水玻璃，便又再次形成薄膜，如此反覆地循環，便可形成晶芽。

二、水玻璃濃度的影響

文獻指出水玻璃水溶液的濃度，會影響對於結晶的形成速度與大小，版主以硫酸銅試驗的結果，以水玻璃：水=1：5的比率效果最佳（化學花園）。但亦有認為1：4效果較佳。因此，更進一步探討。

三、水玻璃的用途

根據文獻水玻璃，在自然課用來進行化學花園實驗（2016）。一般生活中可以用來防水、乾燥劑，有研究甚至發現可以防火（向火神借五分鐘，第52屆全國科展）。是否具有其他特性，有待更進一步探討。

肆、研究架構

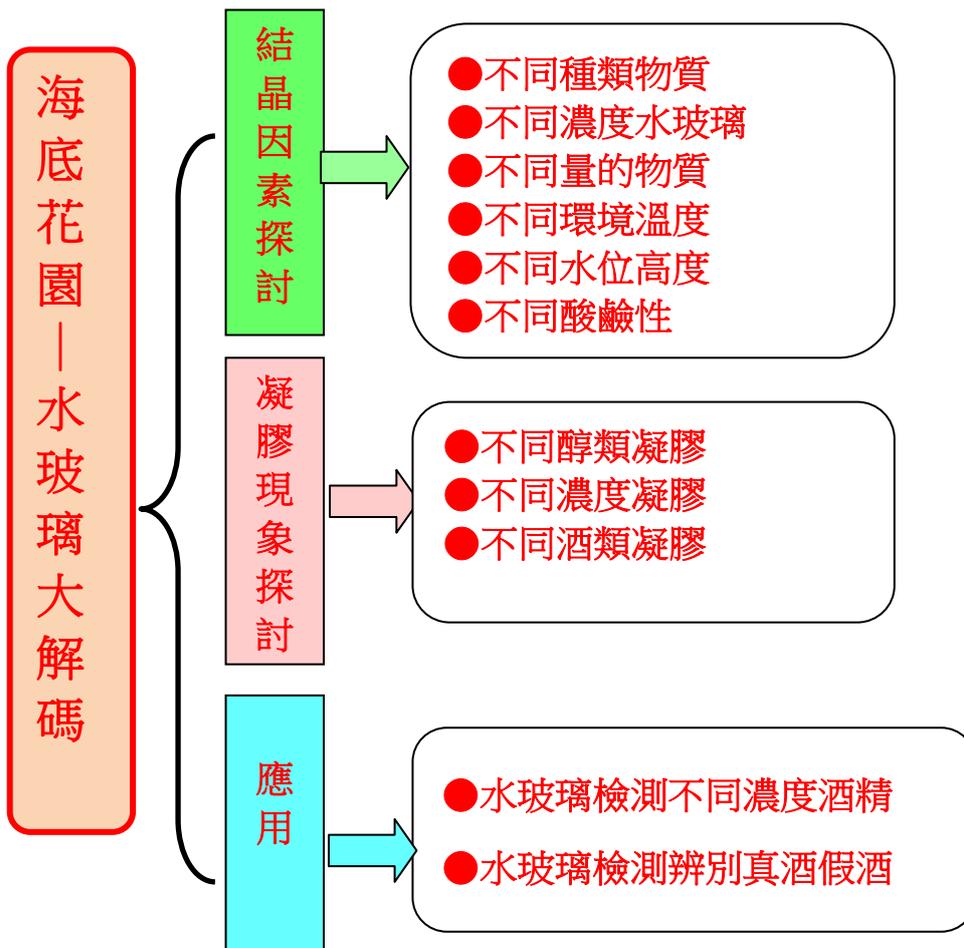


圖 2：研究架構

伍、研究設備及器材

一、器材：

量筒（60）、碼表（1 只）、電子秤（一台）、冰箱、不同大小的容器、注射針筒、照度計

二、藥品：

硫酸銅（1 瓶）、硫酸亞鐵（1 瓶）、氯化錳（1 瓶）、明礬（1 瓶）硼砂（1 瓶）

甲醇（1 瓶）、乙醇（1 瓶）、丙醇（1 瓶）、水玻璃（1 桶 10 公升）

陸、研究方法探討

一、酒精濃度配置方法

（一）體積濃度配置法

酒精原先濃度 95%，要配置 10%濃度的酒精 100ml。先取 95%酒精 10.5ml，加入蒸餾水至 100ml。其餘配置濃度、方法如下表。

表 1：不同濃度液體配置方法

要配的液體 濃度(v%)	要配置的液體量 (mL)	實際液體量 (mL)	原來濃度 (v%)	取原來酒精 (mL)	加蒸餾水量 (mL)
10%	100	10	95%	10.5	89.47
20%	100	20	95%	21.0	78.95
30%	100	30	95%	31.5	68.42
40%	100	40	95%	42.1	57.89
50%	100	50	95%	52.6	47.37
60%	100	60	95%	63.1	36.84
70%	100	70	95%	73.6	26.32
80%	100	80	95%	84.2	15.79
90%	100	90	95%	94.7	5.26

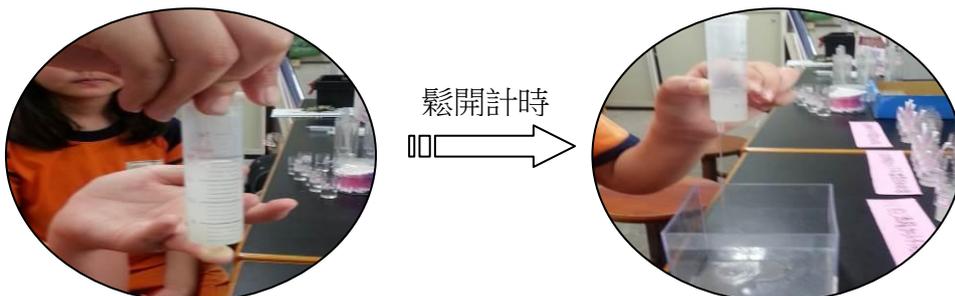
（二）比例濃度配置法

根據文獻（化學花園，2016）在進行結晶探討時，水玻璃水溶液的濃度，採用比例濃度配置。例如：**1：4 是指水玻璃：水=1：4 的比率。配製此濃度水玻璃，是**取水玻璃 20mL，加蒸餾水至 100mL。而在本研究有關結晶現象實驗時，採用比例濃度配置，以比較研究結果與先前文獻研究結果的差異。

二、黏滯性測定方法

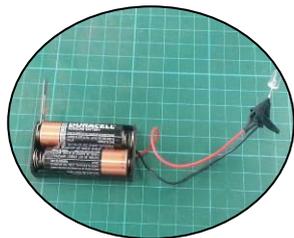
本研究為了測試液體的黏滯性，利用滴漏法測量。水溶液黏滯性越高，滴下需要的時間就越長。步驟如下：

- 1.利用注射針筒吸取要檢測液體 20mL。
- 2.鬆開針筒開口，並利用碼表紀錄時間，直到液體漏完為止。
- 3.水溶液若產生凝膠現象，以致於無法漏完全部液體，則標記至停止之時間，並標記為漏完。

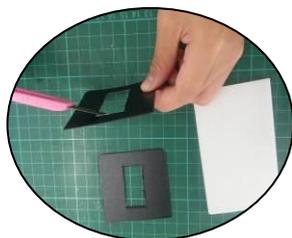


三、自製液體透光度檢測器～測定水溶液透光度

(一) 準備檢測器 LED 光源、光柵、照度計



LED 光源



光柵製作

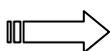


照度計

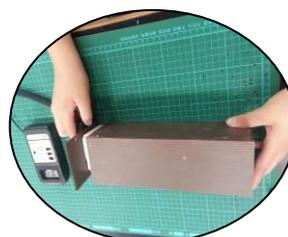
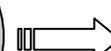
(二) 組裝透光度檢測器



將待測液放入光柵



啟動光源



放入遮光罩

柒、研究過程與研究結果

問題一：不同物質加入水玻璃後，產生結晶物的快慢有何不同？

【研究構想】：將一些物質（硫酸銅、硫酸亞鐵、氯化錳）加入水玻璃，觀察結晶變化。

【實驗步驟】：

- 1.配置濃度為 1:4 的水玻璃 100mL：利用 100mL 量筒，取水玻璃 20mL，加蒸餾水至 100mL。重複兩次，共配製 300mL。
- 2.將硫酸銅、硫酸亞鐵、氯化錳各 0.1 克，放入步驟 1 水玻璃的水玻璃中。
- 3.觀察及紀錄晶體成長變化。
- 4.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.發現硫酸亞鐵結晶物，長得比其他兩個還快。
- 2.發現硫酸銅結晶物，長得速度比其他兩個還慢。
- 3.結果如表 2、圖 3-4。

【實驗結果與討論】：

不同物質結晶快慢度不同。硫酸亞鐵結晶長得最快。硫酸銅結晶長的速度最慢。

表2:不同物質在水玻璃晶體成長變化

日期/物質	硫酸銅	硫酸亞鐵	氯化錳
2月28日	4.5	10	7.5
2月29日	4.5	10	8
3月1日	4.5	10.5	7.5
3月2日	4.5	11	8
3月3日	4.5	11	8
3月4日	5	11	8
3月5日	5	11.5	8

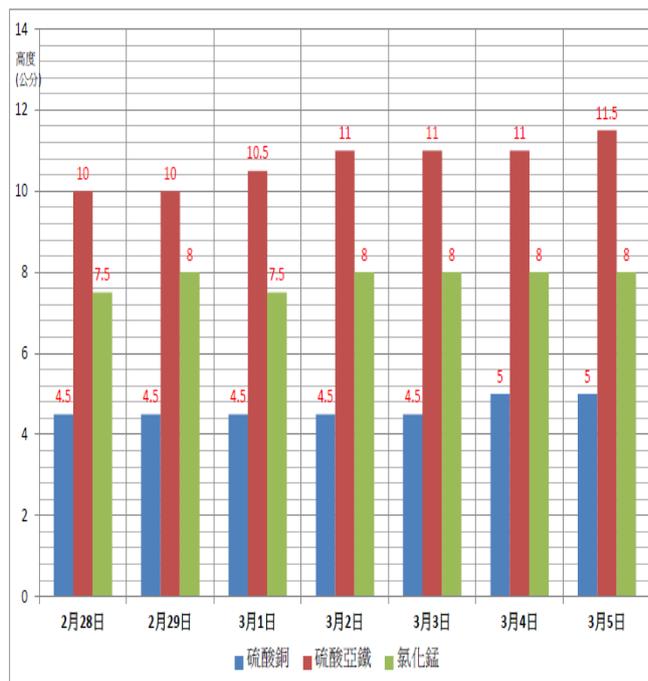


圖3:不同物質在水玻璃晶體成長變化

種類	硫酸銅	硫酸亞鐵	氯化錳
實驗結果			

圖4:不同物質在水玻璃晶體成長變化照片

問題二、不同量的物質加入水玻璃中，對於產生結晶物有何影響？

【研究構想】：將不同量的一些物質（硫酸銅、硫酸亞鐵、氯化錳），加入水玻璃，觀察結晶現象有何不同。

【實驗步驟】：

- 1.配置不同濃度水玻璃（1:3,1:4,1:5,1:6）（與問題二步驟 1 相同）
- 2.將硫酸銅 0.1 克，放入步驟 1 水玻璃中，觀察及紀錄晶體成長變化。
- 3.改用硫酸亞鐵、氯化錳 0.1 克，重複步驟 2。
- 4.改用硫酸銅、硫酸亞鐵、氯化錳 0.2 克、0.3 克放入水玻璃中，重複步驟 2。
- 5.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.不同重量的硫酸銅加入水玻璃：在 1：3 濃度水玻璃時，以加入 0.3 公克長最高；在 1：4 濃度水玻璃時，以加入 0.3 公克長最高；在 1：5 濃度水玻璃，以加入 0.2 公克長最高；1：6 濃度水玻璃，以加入 0.2 公克長最高。
- 2.不同重量的硫酸亞鐵加入水玻璃：在 1：3 濃度水玻璃、1：4 濃度水玻璃、1：5 濃度水玻璃和 1：6 濃度水玻璃，都是以加入 0.3 公克長最高。
- 3.結果如表 3-10、圖 5-6。

【實驗結果與討論】：

實驗發現加入水玻璃物質的量越多，產生的結晶物質越多。

表 3：不同量硫酸銅變化(1:3 水玻璃)

日期/重量	0.1 克	0.2 克	0.3 克
2月28日	0	0	0
2月29日	0	0	0
3月1日	0	0	2
3月2日	1.5	2	3
3月4日	1.5	2	3
3月5日	1.5	2	3

表 4：不同量硫酸銅變化(1:4 水玻璃)

日期/重量	0.1 克	0.2 克	0.3 克
2月28日	4.5	4	10
2月29日	4.5	4	10
3月1日	4.5	4	10
3月2日	4.5	5	10
3月4日	5	6	10
3月5日	5	6	10

表 5：不同量硫酸銅變化(1:5 水玻璃)

日期/重量	0.1 克	0.2 克	0.3 克
2月28日	6	5	5
2月29日	6	5	5
3月1日	5.2	6	5
3月2日	6	6	5.5
3月4日	6	7	5.5
3月5日	6	7	5.5

表 6：不同量硫酸銅變化(1:6 水玻璃)

日期/重量	0.1 克	0.2 克	0.3 克
2月28日	0	6.5	10
2月29日	0	6.5	10
3月1日	0	6.5	10
3月2日	1	7	10
3月4日	1	7	10
3月5日	1	7	10

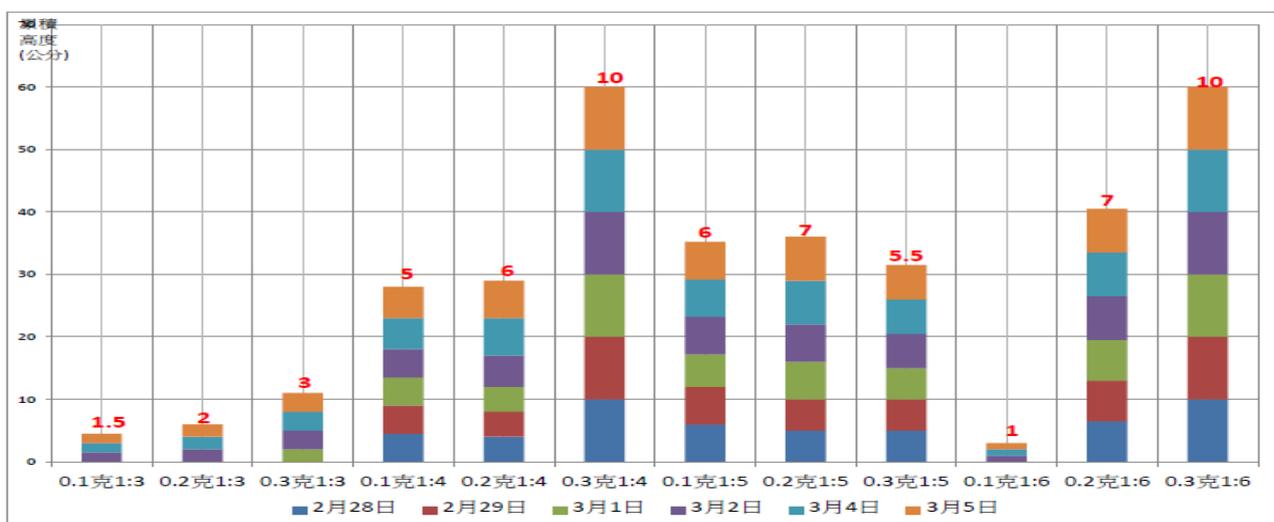


圖 5：不同重量硫酸銅晶體變化比較

表 7：不同量硫酸亞鐵變化(1:3 水玻璃)

日期/重量	0.1 克	0.2 克	0.3 克
2月28日	5	3	5
2月29日	5.5	5	8
3月1日	5.7	5	8
3月2日	11	8	11.5
3月3日	10	8	11.5
3月4日	10	8	11.5
3月5日	10	8	11.5
3月6日	10	8	11

表 8：不同硫酸亞鐵變化(1:4 水玻璃)

日期/重量	0.1 克	0.2 克	0.3 克
2月28日	6.5	10	10.9
2月29日	6	10	10.9
3月1日	6	10.5	11.5
3月2日	9	10.5	11.5
3月3日	9.5	10.5	11.5
3月4日	10	11	11.5
3月5日	10	11.5	11.5
3月6日	7.5	11.5	11.5

表 9：不同量硫酸亞鐵變化(1:5 水玻璃)

日期/重量	0.1 克	0.2 克	0.3 克
2月28日	10	11	11.5
2月29日	10	11	11.5
3月1日	10	11	11.7
3月2日	10	11	11.7
3月3日	10	11	11.7
3月4日	10	11	11.7
3月5日	10	11	11.7
3月6日	10	11	11.7

表 10：不同硫酸亞鐵變化(1:6 水玻璃)

日期/重量	0.1 克	0.2 克	0.3 克
2月28日	4	8	11.5
2月29日	4	9	11.5
3月1日	5	9	11.7
3月2日	5	9	11.7
3月3日	5	9	11.7
3月4日	11	9	11.7
3月5日	11	9	11.7
3月6日	11	9	11.7

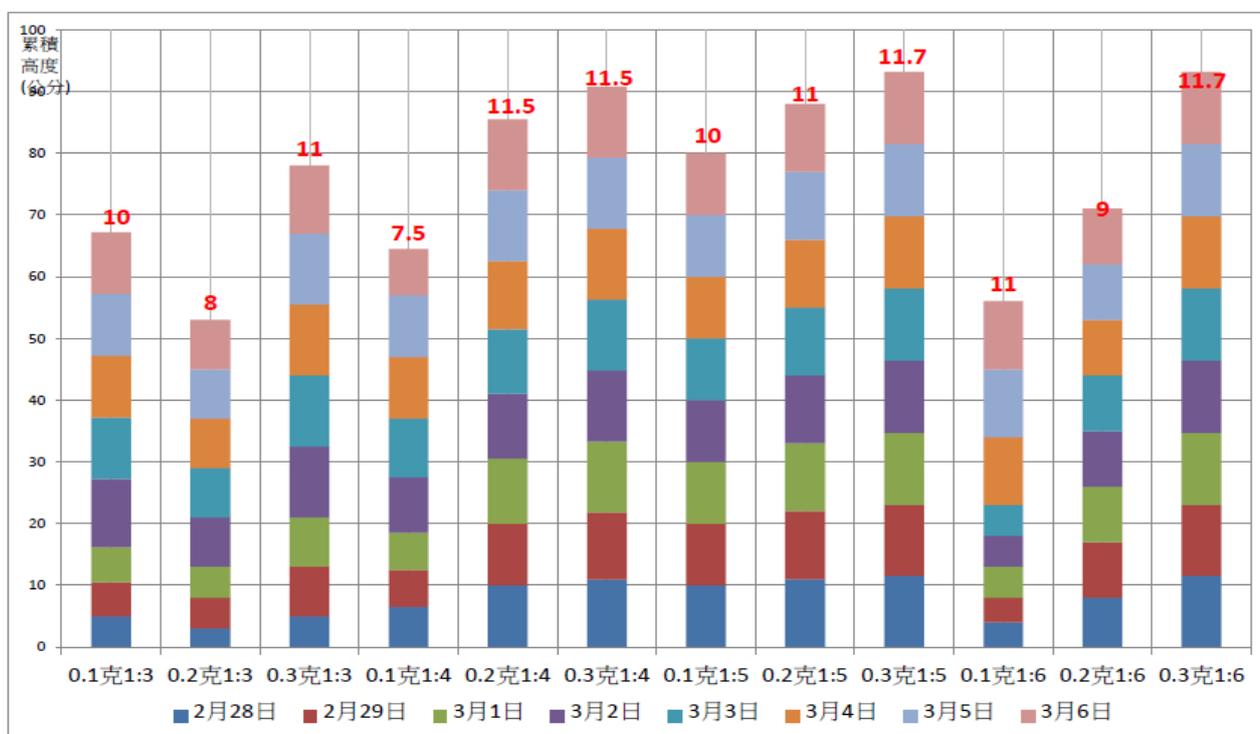


圖 6：不同重量硫酸亞鐵晶體變化比較

問題三、不同大小容器，對於產生結晶物的高度有何影響？

【研究構想】：相同量水玻璃，倒入不同大小容器（水玻璃的水位高度不同），對結晶物生長高度會有什麼影響呢？我們進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.配置不同濃度水玻璃（1:3,1:4,1:5,1:6）（與問題二步驟 1 相同）
- 2.將步驟 1 配製好的水玻璃，倒入大小不同容器(共 8 種)中。
- 3.將硫酸銅 0.1 克放入步驟 2 之水玻璃中。
- 4.觀察及紀錄晶體成長變化。
- 5.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.水位較高的容器，結晶物質長的高度較高；水位較低的容器，結晶物質長的高度較低。
- 2.晶體高度與水位高度一樣。
- 3.結果如表 11、圖 7。

【實驗結果與討論】：

從實驗發現，同樣10mL水玻璃倒入在不同大小容器時，容器越細（水位越高），產生的結晶物質高度越高；反之，容器越寬（水位越低），產生的結晶物質高度越低。

表 11：不同大小容器對於產生結晶物的高度比較

日期 編號	濃度	水位高度 (cm)	3/12	3/13	3/14	3/15	3/16	3/17
			晶體高 度(cm)	晶體高 度(cm)	晶體高 度(cm)	晶體高 度(cm)	晶體高 度(cm)	晶體高 度(cm)
01	1:3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	1:4		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
02	1:3	13	13	13	13	13	13	13
	1:4		13	13	13	13	13	13
03	1:3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	1:4		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
04	1:3	1	1	1	1	1	1	1
	1:4		1	1	1	1	1	1
05	1:3	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	1:4		4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
06	1:3	4	4	4	4	4	4	4
	1:4		4	4	4	4	4	4
07	1:3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	1:4		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
08	1:3	2	2	2	2	2	2	2
	1:4		2	2	2	2	2	2

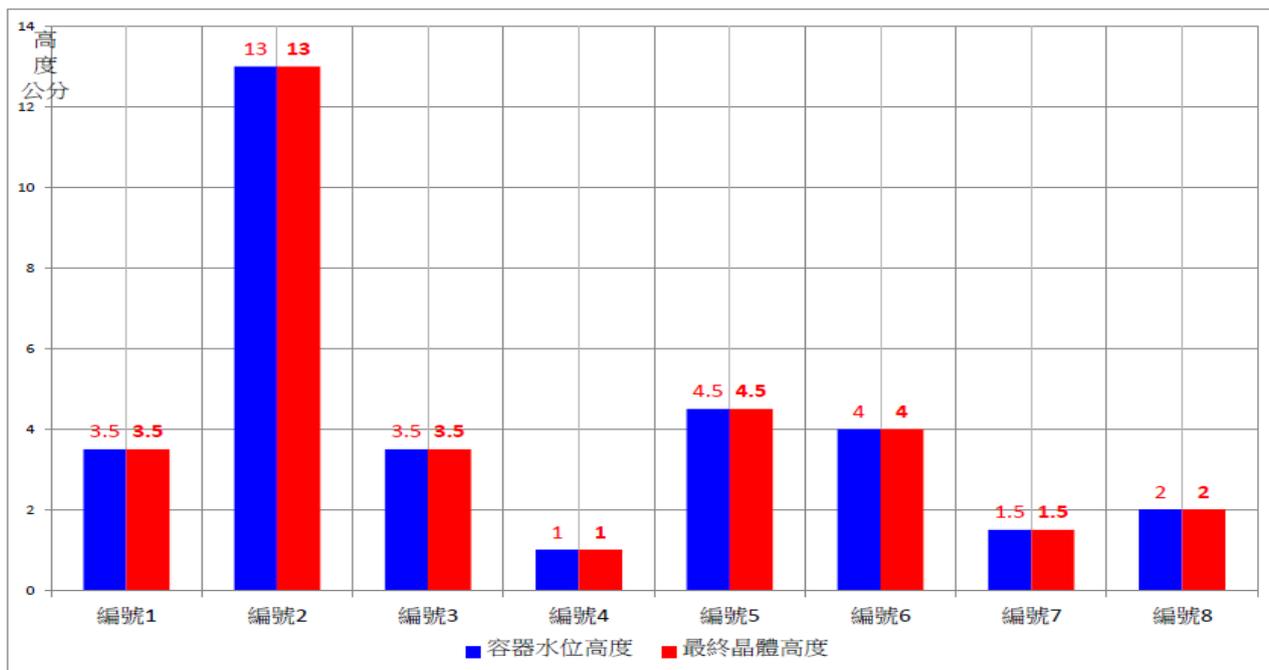
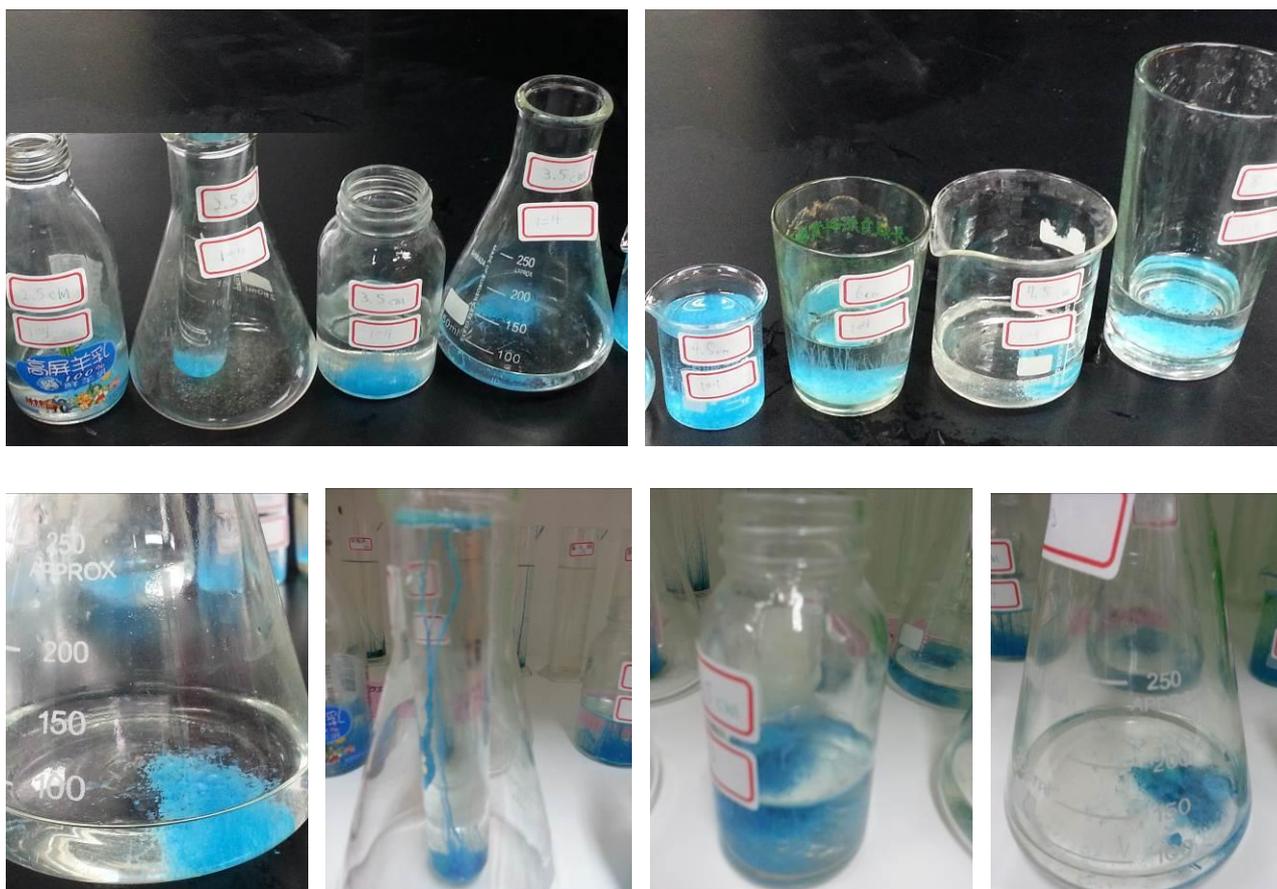


圖 7：不同大小容器對於產生結晶物的高度比較



照片：不同大小容器對於產生結晶物的高度

問題四、不同濃度水玻璃，對於產生結晶物的快慢有何影響？

【研究構想】：將一些物質（硫酸銅、硫酸亞鐵、氯化錳）加入不同濃度的水玻璃，觀察結晶現象有何不同。

【實驗步驟】：

1.配置不同濃度水玻璃 100mL：

- ①1:3 濃度水玻璃：利用 100mL 量筒，取水玻璃 25mL，加蒸餾水至 100mL。
- ②1:4 濃度水玻璃：利用 100mL 量筒，取水玻璃 20mL，加蒸餾水至 100mL。
- ③1:5 濃度水玻璃：利用 100mL 量筒，取水玻璃 16mL，加蒸餾水至 100mL。
- ④1:6 濃度水玻璃：利用 100mL 量筒，取水玻璃 14mL，加蒸餾水至 100mL。

2.將硫酸銅 0.1 克，放入步驟 1 之水玻璃中，觀察記錄晶體成長變化。

3.改用硫酸亞鐵、氯化錳各 0.1 克，重複步驟 1~2。

4.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.硫酸銅在 1：5 的水溶液裡長最高
- 2.硫酸亞鐵在 1：6 的水溶液裡長最高
- 3.氯化錳在 1：5 的水溶液裡長最高
- 4.結果如表 12-14、圖 8-10。

【實驗結果與討論】：

從實驗發現不同濃度的水玻璃，對加入的物質結晶快慢度不同。水玻璃濃度越高，產生的結晶物質越多。

表12：硫酸銅在不同濃度水玻璃變化

日期	1:3	1:4	1:5	1:6
2月28日	0	4.5	6	0
2月29日	0	4.5	6	0
3月1日	0	4.5	5.2	0
3月2日	1.5	4.5	6	1
3月4日	1.5	5	6	1
3月5日	1.5	5	6	1

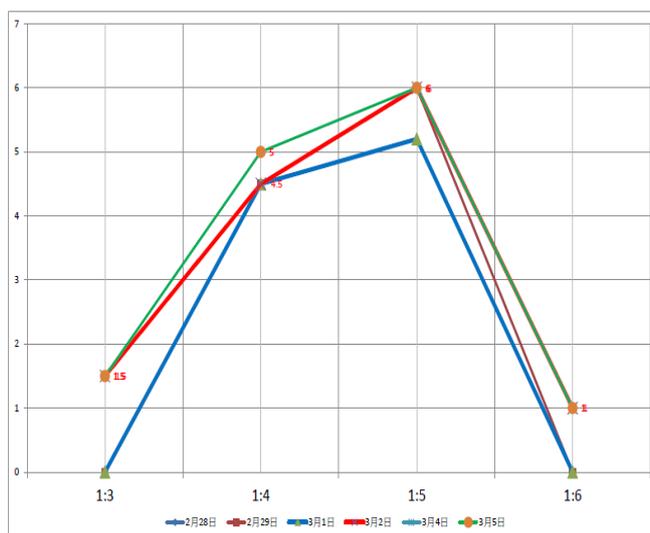


圖 8：硫酸銅在不同濃度水玻璃變化

表 13：硫酸亞鐵在不同濃度水玻璃變化

日期	1:3	1:4	1:5	1:6
2月28日	5	6.5	10.5	4
2月29日	5.5	6	10	4
3月1日	5.7	6	10	5
3月2日	11	9	10	5
3月3日	10	9.5	10	5
3月4日	10	10	10	11
3月5日	10	10	10	11
3月6日	10	7.5	10	11

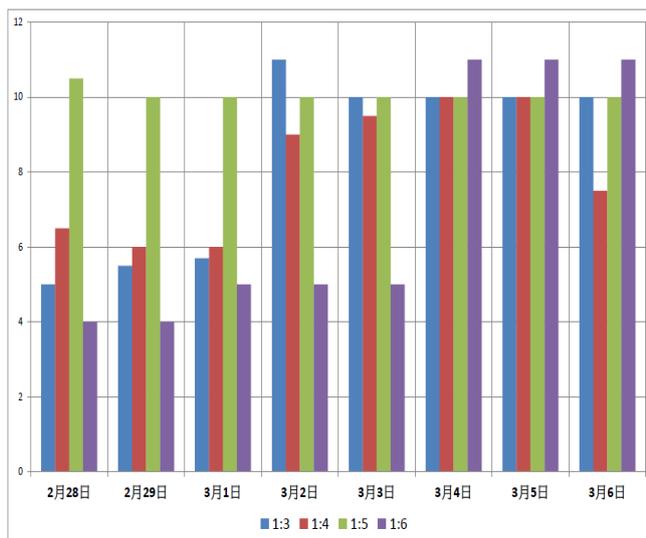


圖 9：硫酸亞鐵在不同濃度水玻璃變化

表 14：氯化錳在不同濃度水玻璃變化

日期	1:3	1:4	1:5	1:6
3月2日	7	7.5	10	6.7
3月3日	7	8	10.5	8.5
3月4日	7.5	7.5	10	8.5
3月5日	8.5	8	10.5	9.5

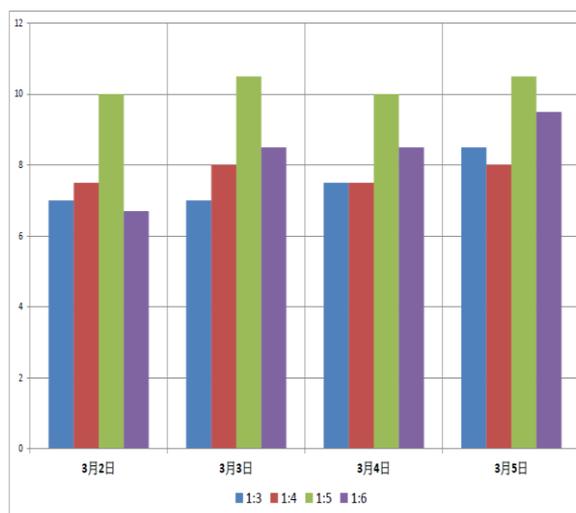
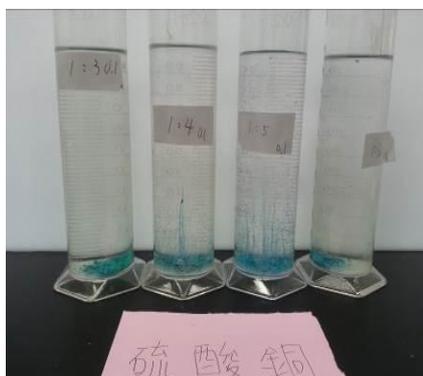
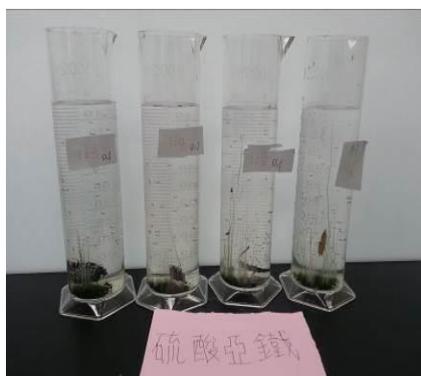


圖 10：氯化錳在不同濃度水玻璃變化



硫酸銅



硫酸亞鐵



氯化錳

照片：硫酸銅在不同濃度變化 照片：硫酸亞鐵在不同濃度變化 照片：氯化錳在不同濃度變化

問題五、不同環境溫度，對於產生結晶物的高度有何影響？

【研究構想】：將一些物質（硫酸銅、硫酸亞鐵、氯化錳）加入水玻璃後，同一種物質一組放入冰箱，另一組放在室溫，比較不同環境溫度對於晶體的產生有何影響。

【實驗步驟】：

- 1.配置不同濃度水玻璃（1:3,1:4,1:5,1:6）（與問題二步驟1相同），不同物質配製兩組。
- 2.將硫酸銅、硫酸亞鐵、氯化錳，各0.1克，各自放入步驟1水玻璃。
- 3.各種物質一組放冰箱，一組放室溫。
- 4.觀察及紀錄晶體成長變化。
- 5.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.發現硫酸銅（室溫）比硫酸銅（冰箱）生長的還要高。
- 2.發現氯化錳和硫酸銅都是（室溫），1:6長的比（冰箱）的其他還高。
- 3.結果如表15-18、圖11-14。

【實驗結果與討論】：

由實驗發現環境的溫度，會影響物質結晶快慢。在室溫時，溫度較高，結晶生成速度較快；反之，在冰箱時，溫度較低，結晶生成速度較慢。

表 15:氯化錳(室溫)晶體成長變化

日期	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
3/5	10.5	9.5	4	4
3/6	11.5	10.5	4	4
3/7	11.5	10.5	4.5	4
3/8	11.5	10.5	4.5	4
3/9	11.5	10.5	4.5	4
3/10	11.5	10.5	4.5	4

表 16: 硫酸銅(室溫)晶體成長變化

日期	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
3/5	5.5	5.5	6	6.5
3/6	10	8	7.5	11.5
3/7	9	8.5	8	11.5
3/8	8	8	8	11.5
3/9	8.5	8	8.5	11.5
3/10	8.5	7.5	8	11.5

表 17: 氯化錳(冰箱)晶體成長變化

日期	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
3/9 (投入 15 分)	4	3.5	2.5	2.5
3/10	10	8	2.5	2.5
3/11	10	8	2.5	2.5
3/12	10	8	2.5	2.5
3/13				
3/14				

*水溶液冰 3 天 *投入時溫度：約 0 度

表 18: 硫酸銅(冰箱)晶體成長變化

日期	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
3/9 (投入 15 分)	0	0	0	0
3/10	8	4	10	9
3/11	7.5	4.5	9	9
3/12	7.5	4.5	9	9
3/13	7.5	4.5	9.5	9
3/14	7.5	5	10	9

*水溶液冰 3 天 *投入時溫度：約 0 度

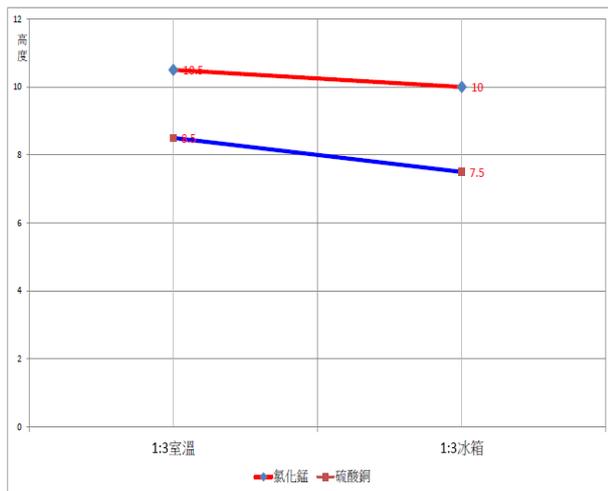


圖 11：不同溫度對晶體形成影響(1:3)

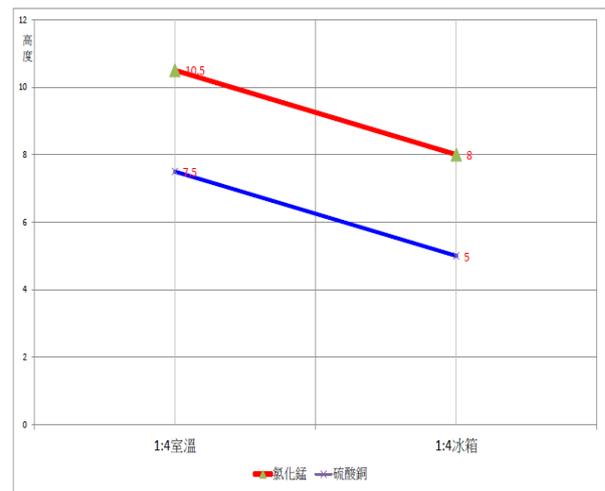


圖 12：不同溫度對晶體形成影響(1:4)

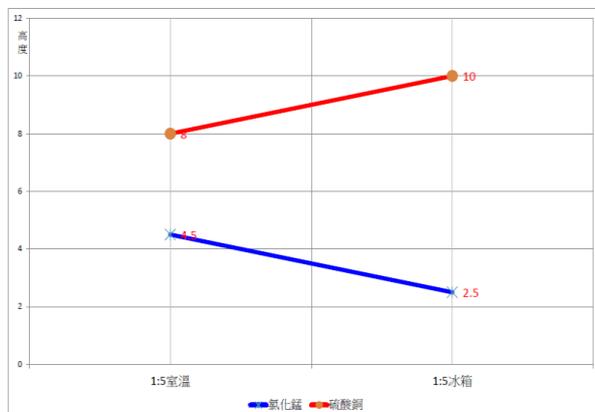


圖 13：不同溫度對晶體形成影響(1:5)

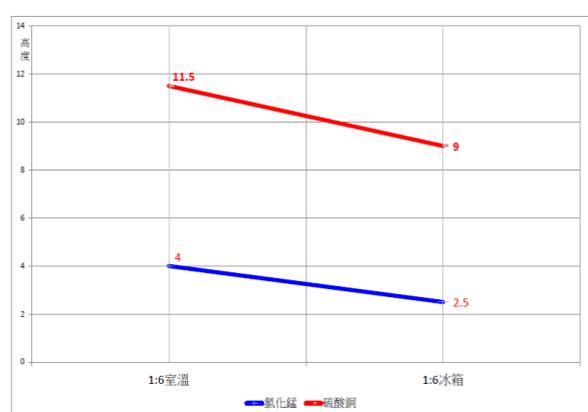
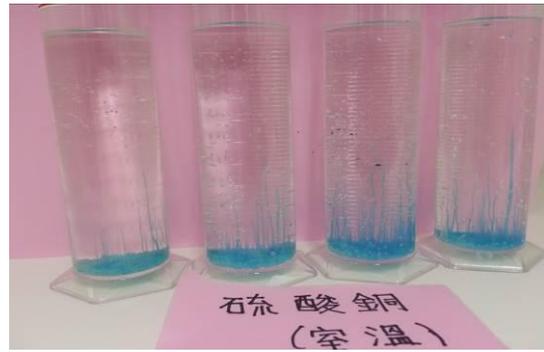


圖 14：不同溫度對晶體形成影響(1:6)



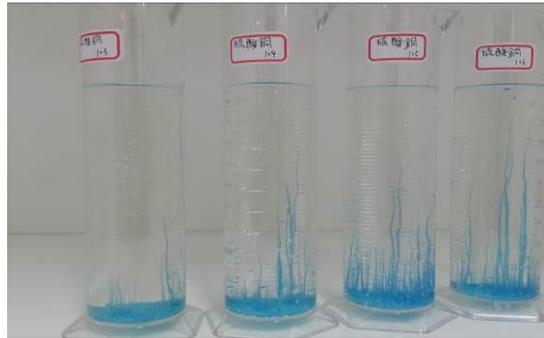
照片：氯化錳結晶（室溫）



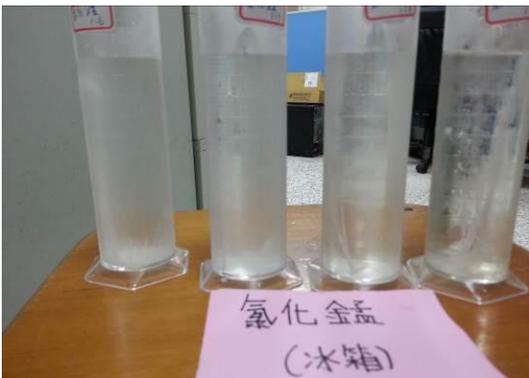
照片：硫酸銅（室溫）



照片：氯化錳結晶（冰箱）-1



照片：硫酸銅（冰箱）-1



照片：氯化錳結晶（冰箱）-2



照片：硫酸銅（冰箱）-2

問題六、不同酸鹼性物質加入水玻璃，會產生何種變化？

【研究構想】：根據問題一至五的研究，發現水玻璃加入一些物質（硫酸銅、硫酸亞鐵、氯化錳）後，會產生結晶物質，是多麼神奇呀！我們心想水玻璃具有怎樣的特性呢？因此，以下我們進行「水玻璃」特性的一系列研究。首先，進行水玻璃遇到酸鹼性物質後的變化研究。

【實驗步驟】：

- 1.與問題二步驟 1 相同，配置不同濃度水玻璃（1:1,1:2）
- 2.將醋酸、硼酸水溶液、酒精、甘油、石灰水、雙氧水各 10mL，各自加入水玻璃中。
- 3.觀察及紀錄變化。
- 4.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.醋、酒精加入 1：1 濃度水玻璃時，會產生白色凝膠。
- 2.雙氧水在 1：2 時，會產生白色結塊。

3.甘油在 1：1 及 1：2 濃度下水玻璃，兩種比例下都是非常濃稠。

4.結果如表 19。

【實驗結果與討論】：

由實驗發現酸鹼中不同物質，加入水玻璃後，鹼性的石灰水沒變化，硼酸及醋會變白，酒精會有凝膠現象。其中酒精與水玻璃產生凝膠現象，可否利用水玻璃的此種變化，作為檢測酒精濃度的方法，我們接著以「醇類」繼續進行以下研究。

表19: 不同酸鹼物質加入水玻璃變化表

比例	醋	硼酸	水	酒精	小蘇打	石灰水
1：1	結塊（白）	無異常	無異常	兩層分離	未結塊	無異常
1：2	結塊（白）	無異常	無異常	兩層分離	未結塊	無異常



照片：不同酸鹼物質加入水玻璃變化

問題七、不同醇類物質加入水玻璃，會有何影響？

【研究構想】：由問題六研究發現酒精加入水玻璃後，會產生凝膠現象。我們心中就想與酒精同一類的醇類是否也有同樣現象。選取甲醇、乙醇及丙醇進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.配置不同濃度水玻璃（1:3,1:4,1:5,1:6）（與問題二步驟 1 相同）。
- 2.配置不同濃度甲醇、乙醇、正丙醇（1:3,1:4,1:5,1:6），各自加入步驟 1.之水玻璃中。
- 3.紀錄甲醇、乙醇、正丙醇凝膠變化。
- 4.將步驟 2 的液體，倒入注射針筒，鬆手後記錄滴完時間。
- 5.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.甲醇、乙醇及丙醇加入水玻璃後，都有凝膠現象。
- 2.甲醇、乙醇及丙醇的濃度越高，黏滯性越高。
- 3.水玻璃的濃度越高，黏滯性越高。
- 4.結果如表 20-25、圖 15-18。

【實驗結果與討論】：

- 1.實驗發現甲醇、乙醇及丙醇，加入水玻璃後，濃度越高，凝膠現象越明顯、黏滯性越高。因此，不同濃度醇類與水玻璃所產生的凝膠現象、黏滯性具有規律性。能否應用此規律，檢測「醇類」濃度，就繼續進行問題八的研究～以水玻璃檢測醇類濃度。
- 2.在實驗中，也發現醇類與水玻璃因產生凝膠現象，而使水溶液產生黏滯性。在利用滴漏法測黏滯性時，發現黏滯性太高，無法測量。因此，凝膠現象除描述顏色變化，改用「透光法」（參閱陸、研究方法之三）來表示凝膠現象的多少！

表 20：不同濃度甲醇加入水玻璃的凝膠變化

甲醇/水玻璃濃度	1:1 水玻璃	1:2 水玻璃	1:3 水玻璃	1:4 水玻璃	1:5 水玻璃	1:6 水玻璃
1:1 甲醇	乳白色黏稠物	乳白色結塊	乳白色結塊	乳白色結塊	乳白色碎狀結塊	乳白色碎狀結塊
1:2 甲醇	乳白色碎狀結塊	白濁未結塊有漂浮物	白濁未結塊有漂浮物	白濁未結塊有漂浮物	白濁未結塊有漂浮物	白濁未結塊有漂浮物
1:3 甲醇	白濁未結塊	白濁未結塊	白濁未結塊	白濁未結塊	透明未結塊	透明未結塊
1:4 甲醇	一點濁未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊
1:5 甲醇	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊
1:6 甲醇	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊

表 21：不同濃度甲醇加入水玻璃的【黏滯性】變化

甲醇/水玻璃濃度	1:1 水玻璃	1:2 水玻璃	1:3 水玻璃	1:4 水玻璃	1:5 水玻璃	1:6 水玻璃
1:1 甲醇	5 秒後滴速變慢	10 秒後滴速變慢	4 秒後滴速變慢	18 秒後滴速變慢	3 秒後滴速變慢	9 秒後滴速變慢
1:2 甲醇	3 秒後變慢	13	12	12	12	12
1:3 甲醇	15	13	14	14	12	12
1:4 甲醇	14	15	13	14	11	11
1:5 甲醇	15	13	16	13	13	13
1:6 甲醇	13	12	14	14	13	13

表 22：不同濃度酒精（乙醇）加入不同濃度水玻璃凝膠變化

酒精/水玻璃濃度	1:1 水玻璃	1:2 水玻璃	1:3 水玻璃	1:4 水玻璃	1:5 水玻璃	1:6 水玻璃
1:1 酒精	乳白色未結塊	底部黏稠結塊	半透明黏稠結塊成藍綠色	乳白色未結塊	純白色結塊	純白色結塊
1:2 酒精	乳白色未結塊	乳白色	透明	有漂浮物	透明	透明
1:3 酒精	透明	透明	透明	透明	透明	透明
1:4 酒精	透明	透明	透明	透明	透明	透明
1:5 酒精	透明	透明	透明	透明	透明	透明
1:6 酒精	透明	透明	透明	透明	透明	透明

表 23：不同濃度酒精（乙醇）加入不同濃度水玻璃的【黏滯性】變化

酒精/水玻璃濃度	1:1 水玻璃	1:2 水玻璃	1:3 水玻璃	1:4 水玻璃	1:5 水玻璃	1:6 水玻璃
1:1 酒精	61	45	10	16	11	11
1:2 酒精	14	15	13	13	12	13
1:3 酒精	14	15	13	13	11	12
1:4 酒精	13	16	12	13	12	13
1:5 酒精	14	12	14	12	11	12
1:6 酒精	13	14	12	12	12	12

表 24：不同濃度正丙醇加入不同濃度水玻璃凝膠變化

正丙醇/水玻璃濃度	1:1 水玻璃	1:2 水玻璃	1:3 水玻璃	1:4 水玻璃	1:5 水玻璃	1:6 水玻璃
1:1 正丙醇	乳白透明結塊	混濁未結塊	混濁未結塊	混濁未結塊	混濁未結塊	乳白碎狀結塊
1:2 正丙醇	乳白透明結塊	乳白透明結塊	乳白碎狀結塊	混濁未結塊	混濁未結塊	混濁未結塊
1:3 正丙醇	一點點混濁	乳白混濁未結塊	透明未結塊	透明未結塊	一點點碎狀結塊	透明未結塊
1:4 正丙醇	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊
1:5 正丙醇	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊
1:6 正丙醇	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊	透明未結塊

表 25：不同濃度正丙醇加入不同濃度水玻璃的【黏滯性】變化

正丙醇/水玻璃濃度	1:1 水玻璃	1:2 水玻璃	1:3 水玻璃	1:4 水玻璃	1:5 水玻璃	1:6 水玻璃
1:1 正丙醇	22	18	17	12	15	13
1:2 正丙醇	21	16	4 秒後滴速變慢	15	15	12
1:3 正丙醇	14	14	14	13	13	11
1:4 正丙醇	14	14	12	14	13	12
1:5 正丙醇	12	12	11	12	11	11
1:6 正丙醇	11	13	11	12	11	11

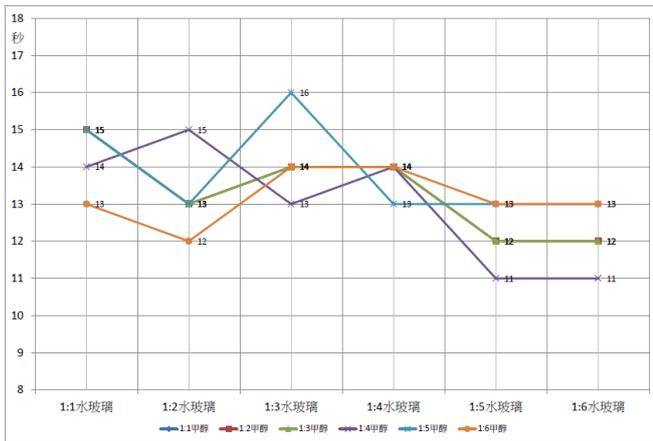


圖 15：甲醇與水玻璃黏滯性變化

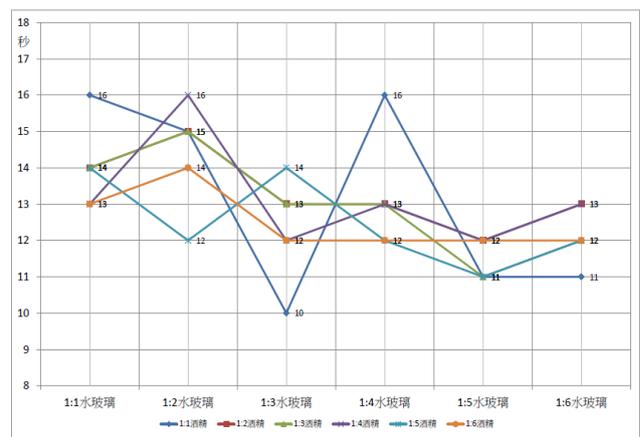


圖 16：乙醇與水玻璃黏滯性變化

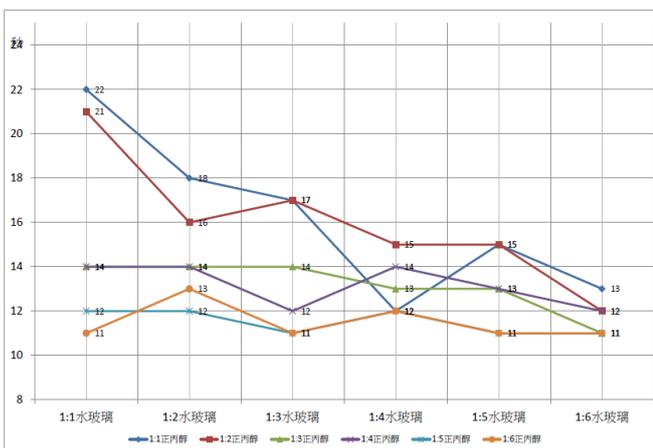


圖 17：丙醇與水玻璃黏滯性變化

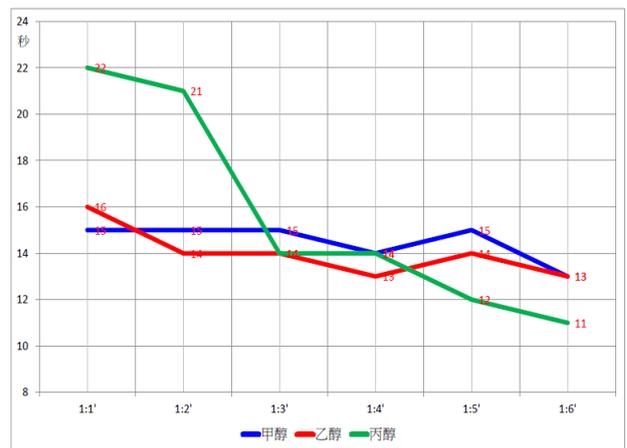


圖 18：甲醇、乙醇與丙醇之黏滯性比較

問題八、探討利用水玻璃檢測醇類濃度之可行性？

【研究構想】：由問題七研究發現甲醇、乙醇及丙醇，加入水玻璃後，濃度越高，凝膠現象越明顯、黏滯性越高。因此，進行以水玻璃檢測醇類濃度試驗。選取甲醇、乙醇及丙醇進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.配置不同體積濃度的水玻璃：(20%、40%、60%、80%、100%) (參閱陸、研究方法之體積濃度配置法)
- 2.配置不同體積濃度的甲醇、乙醇及丙醇 (與步驟 1.相同)
- 3.將不同體積濃度之甲醇 (20%、40%、60%、80%、100%)，分別加入步驟 1. 不同體積濃度的水玻璃 (20%、40%、60%、80%、100%)。
- 4.紀錄混合後的顏色變化。
- 5.將液體放入「透光度檢測器」(陸、研究方法之三)，測量透光度 (Lux)，測量三次透光度。
- 6.改將不同體積濃度之乙醇及丙醇，進行步驟 3.~步驟 5.
- 7.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.甲醇濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。
- 2.乙醇濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。
- 3.丙醇濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。
- 4.水玻璃濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。
- 5.三種醇類濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。
- 6.結果如表 26-28、圖 19-21。

【實驗結果與討論】：

由實驗發現，三種醇類濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。因此，固定水玻璃濃度後，可由透光度判斷醇類濃度。

表 26：不同體積濃度的甲醇與水玻璃凝膠作用之透光度變化(單位：Lux)

甲醇/水玻璃	100%水玻璃	80%水玻璃	60%水玻璃	40%水玻璃	20%水玻璃
0%甲醇	21	20	17	22	26
20%甲醇	16	16	22	21	21
40%甲醇	12	12	19	14	20
60%甲醇	11	11	11	12	10
80%甲醇	6	5	7	6	8

表 27：不同體積濃度的乙醇與水玻璃凝膠作用之透光度變化(單位：Lux)

乙醇/水玻璃	100%水玻璃	80%水玻璃	60%水玻璃	40%水玻璃	20%水玻璃
0%乙醇	23	24	28	30	33
20%乙醇	16	15	19	22	23
40%乙醇	24	16	16	21	15
60%乙醇	18	9	9	9	7
80%乙醇	16	9	9	6	6

表 28：不同體積濃度的丙醇與水玻璃凝膠作用之透光度變化(單位：Lux)

丙醇/水玻璃	100%水玻璃	80%水玻璃	60%水玻璃	40%水玻璃	20%水玻璃
0%丙醇	21	20	20	22	26
20%丙醇	16	22	20	23	24
40%丙醇	18	19	20	17	20
60%丙醇	18	21	16	8	7
80%丙醇	17	20	18	9	8

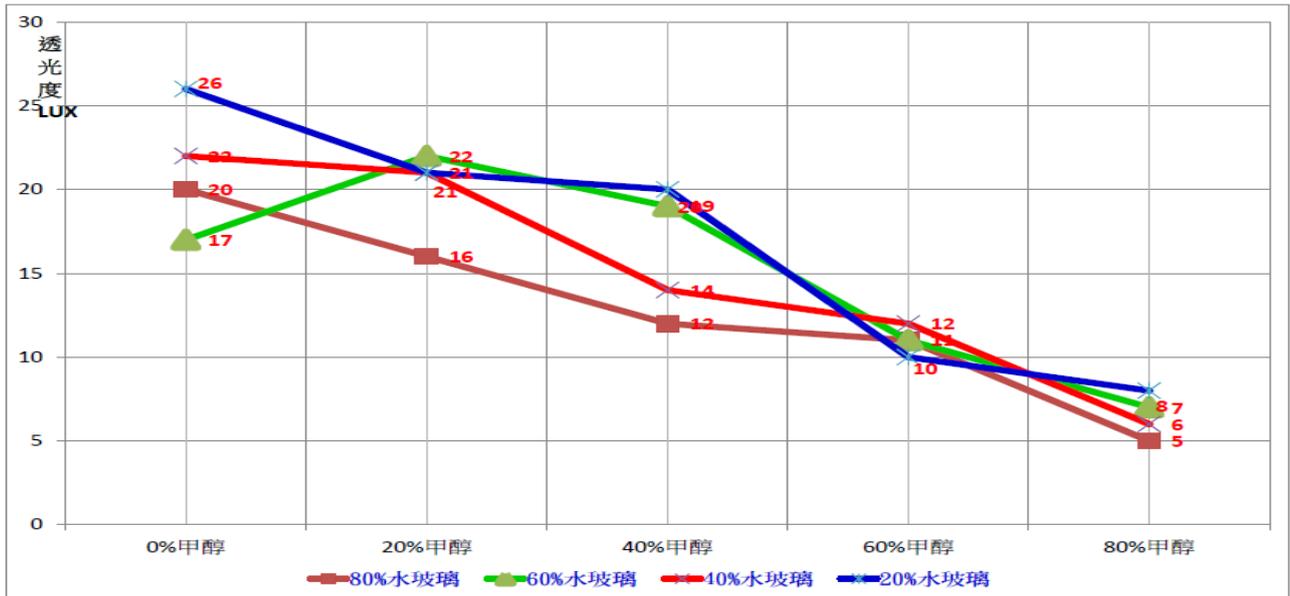


圖 19：甲醇與水玻璃透光度變化

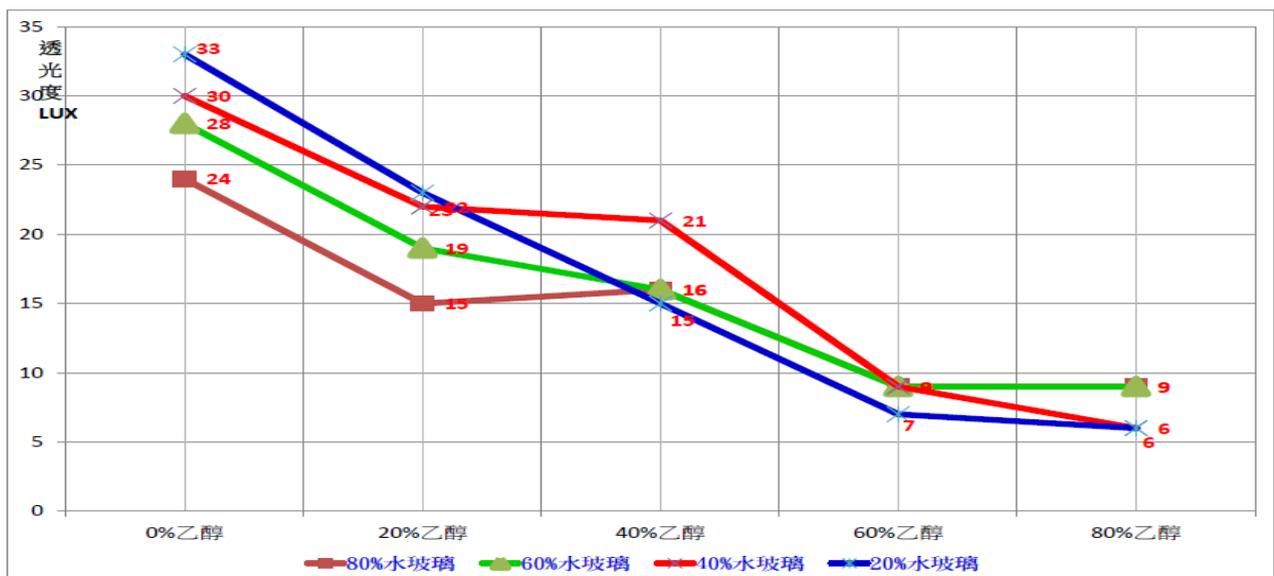


圖 20：乙醇與水玻璃透光度變化

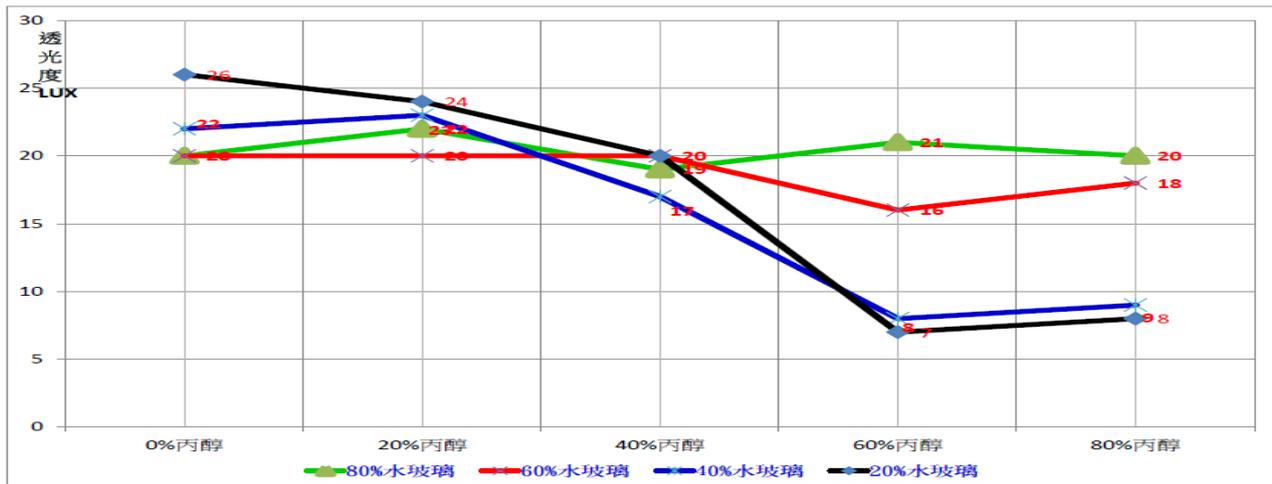


圖 21：丙醇與水玻璃透光度變化

問題九、探討利用水玻璃檢測市售酒之酒精濃度之可行性？

【研究構想】：由問題八發現三種醇類濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。因此，依此規律進行以水玻璃檢測市售酒的濃度。先以純度較高之高樑酒進行測試。

【實驗步驟】：

- 1.配置不同體積濃度的水玻璃：20%、40%、60%、80%、100%(參閱陸、研究方法之體積濃度配置法)，利用試管取各種濃度之水玻璃 10mL。
- 2.配置不同體積濃度的乙醇（酒精）：58%、38%各 10mL，加入步驟 1 之水玻璃試管中。
- 3.將步驟 2.已加水玻璃液體放入「透光度檢測器」(參閱陸、研究方法之三)，測量透光度(Lux)，測量三次透光度，紀錄結果。
- 4.改取市售高樑酒 58 度、38 度各 10mL，加入步驟 1 之水玻璃試管中，並進行步驟 3。
- 5.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.高粱 58%、酒精 58%、高粱 38%及酒精 38%加入水玻璃後，都產生凝膠現象。
- 2.高粱 58%及酒精 58%之透光度、高粱 38%及酒精 38%之透光度在三種水玻璃濃度下均接近。
- 3.在黏滯性方面，高粱 58%、酒精 58%、高粱 38%及酒精 38%，在三種水玻璃濃度下均接近。
- 4.結果如表 29-30、圖 22-23。

【實驗結果與討論】：

由實驗發現市售高樑 58 度與 38 度，和實際用濃度 58%、38%酒精檢測其透光度、黏滯性之結果接近。表示市售高樑 58 度與 38 度，其酒精濃度含量與標示一致。

表 29：以水玻璃檢測高粱與酒精濃度之【透光度】比較表

酒/水玻璃	60%水玻璃	40%水玻璃	20%水玻璃
高粱 58%	5	6	7
酒精 58%	5	6	7
高粱 38%	9	12	13
酒精 38%	9	10	15
水玻璃	19	25	29

表 30：以水玻璃檢測高粱與酒精濃度之【黏滯性】比較表

酒/水玻璃	60%水玻璃	40%水玻璃	20%水玻璃
高粱 58%	49	35	15
酒精 58%	39	30	11
高粱 38%	36	25	13
酒精 38%	40	25	12
水玻璃	15	11	10

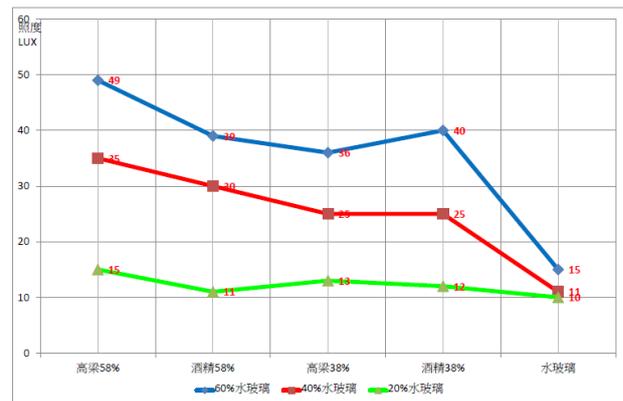
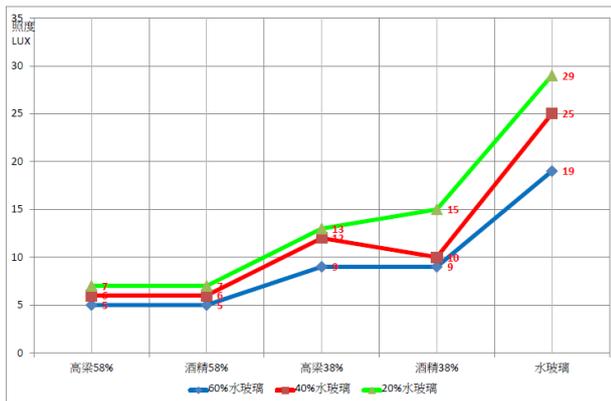


圖22：水玻璃檢測高粱與酒精濃度之【透光度】比較 圖23：以水玻璃檢測高粱與酒精濃度之【黏滯性】比較

問題十、探討利用水玻璃檢測真酒、假酒之可行性？

【研究構想】：由問題九利用水玻璃檢測市售高粱 58 度與 38 度，和實際用濃度 58%、38% 酒精檢測其透光度、黏滯性，結果發現酒的濃度與實際測得之結果接近。因此，更進一步研究是否可利用水玻璃分辨真酒（乙醇）與假酒（甲醇）。

【實驗步驟】：

- 1.配置不同體積濃度的水玻璃：20%、40%、60%、80%、100%(參閱陸、研究方法之體積濃度配置法)，利用試管取各種濃度之水玻璃 10mL。
- 2.將甲醇、乙醇（酒精）、變性酒精(含甲醇)各 10mL，加入步驟 1 之水玻璃試管中。
- 3.將步驟 2.已加水玻璃液體放入「透光度檢測器」(參閱陸、研究方法之三)，測量透光度(Lux)，測量三次透光度，紀錄結果。
- 4.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.甲醇加入不同濃度水玻璃(20%、40%、60%、80%、100%)，都產生白色結塊的凝膠現象。
- 2.乙醇加入濃度大於 60%水玻璃時，產生透明分層凝膠，小於 60%水玻璃時，產生白色凝膠。
- 3.變性酒精加入不同濃度水玻璃時，都產生純白結塊，
- 4.在透光度方面，乙醇的透光度大於甲醇、變性酒精。其中以加入 60%水玻璃時，透光度差異最大。

5.結果如表 31-32、圖 22-23。

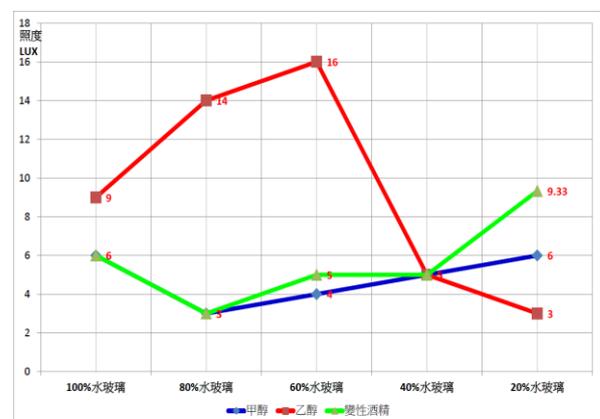


圖 24：以水玻璃檢測真酒假酒【透光度性】比較

【實驗結果與討論】：

由實驗發現甲醇、乙醇（酒精）、變性酒精三種醇類加入水玻璃後，所產生的凝膠現象不同。**乙醇會產生分層現象，而且在加入濃度大於 60%水玻璃時，產生透明分層凝膠，而且其透光度與甲醇、乙醇（酒精）、變性酒精差異極大，可以用 60%水玻璃分辨甲醇、乙醇，也就是分辨真酒假酒。**

表 31：以水玻璃檢測醇類之【凝膠性】比較表

酒精/ 水玻璃	100%水玻璃	80%水玻璃	60%水玻璃	40%水玻璃	20%水玻璃
甲 醇	透明結塊（硬） 	白色結塊（硬） 	白色結塊 	白色結塊 	白色結塊（硬） 
	透明結塊（硬） 	兩層分離 	兩層分離 	乳白未結塊 	底部結塊純白 
變性 酒精	白色結塊（硬） 	粉色結塊（硬） 	底部純白結塊 	純白碎狀結塊 	純白碎狀結塊 

表 32：以水玻璃檢測醇類之【透光性】比較表

酒精/水玻璃濃度	100%水玻璃	80%水玻璃	60%水玻璃	40%水玻璃	20%水玻璃
甲 醇	6	3	4	5	6
乙 醇	9	14	16	5	3
變性酒精	6	3	5	5	9

捌、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？

由問題一研究發現，不同物質加入水玻璃後，產生結晶柱體快慢度不同。結果與我們預期結果相同。由海底花園原理：水玻璃（矽酸鈉）水溶液中加入物質時，這些物質與水玻璃產生反應，並在晶體表面形成一層薄膜，這層薄膜能讓水分子滲透進入。薄膜內的物質溶解在滲透進去的水，使得薄膜內的滲透壓增加，當滲透壓增加至一定程度造成薄膜破裂，物質水溶液因而流出。推測不同物質產生結晶柱體快慢度不同，是由於不同物質溶解快慢不同，以致於溶解後，穿透水玻璃的快慢不同，以致於形成結晶物快慢不同。

二、不同量的物質加入水玻璃後，產生結晶物的快慢有何不同？

由問題二研究發現，加入水玻璃的量越多，產生結晶越多。推測因為物質與水玻璃產生反應，晶體表面形成一層薄膜，水再滲進膜內並溶解物質。如果加入的物質愈多，薄膜包護的物質愈多，所形成後續的結晶物就越多，因此，結晶柱狀體就會越多。因此，結晶的物質加入水玻璃的量越多，長出的結晶物也越高。

三、不同大小容器，對於產生結晶物的高度有何影響？

由問題三研究發現，結晶物質所能長的高度，與水位高度一樣。高度低，結晶物能產生的高度，與水位高度有關。推測形成柱狀結晶物質，需水玻璃產生反應。當結晶的柱狀體，達到水玻璃水位最高點時，已無水玻璃可包護物質，以致於結晶柱狀物停止產生。

四、不同濃度水玻璃，對於產生結晶物的快慢有何影響？

由問題四研究發現，不同物質，各有其最適合的水玻璃濃度。推測不同物質所需水玻璃薄膜的濃度不同。如果水玻璃濃度太低，無法形成薄膜，讓後續過程中水滲入、物質流出；水玻璃太濃，水滲入薄膜進而溶解物質的量少，以致於結晶物滲出薄膜的反應慢。因此，不同物質，各有其最適合的水玻璃濃度。

五、不同溫度，對於產生結晶物的高度有何影響？

由問題五研究發現，結晶高度，受溫度影響極大。推測結晶物質要能產生，水必須穿透包護物質的水玻璃膜，而溶解包護的物質。溫度低時，溶解物質的速度慢，以致於產生柱狀結晶的速度慢。因此，溫度高低會影響結晶柱狀物的快慢。

六、不同酸鹼物質加入水玻璃，會產生何種變化？

由問題六研究發現，水玻璃遇到酸、鹼、中性物質時，產生的反應不同。根據文獻（科學 Online）「矽酸鈉在鹼性和中性溶液中較安定；在酸性水溶液中會形成膠體（膠狀分散體，非均勻混合物）」，與本研究發現「酸性、中性有凝膠現象、鹼性沒變化」，意外發現了「酒精與水玻璃產生凝膠現象」，讓我們有極大的興趣，繼續追蹤有關「醇類與水玻璃的變化」

七、不同醇類物質加入水玻璃，會產生何種變化？

由問題七研究發現，1：1 甲醇結塊最硬，正丙醇結塊最稀。1：2 乙醇結塊最硬，正丙醇結塊最稀。1：3 甲、乙醇結塊最硬，正丙醇結塊最稀。正丙醇在三種比例下都是半凝固的

狀態，異丙醇也類似，但結塊較硬。顯示醇類與水玻璃產生特殊性的變化，讓水玻璃變成黏稠的物質。

八、探討利用水玻璃檢測醇類濃度之可行性？

由問題八研究發現，三種醇類濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。推測醇類濃度較高時，與水波產生的凝膠現象較多，以致於光線較無法通過，以致於透光度較小。因此，固定水玻璃濃度後，可由透光度判斷醇類濃度。

九、探討利用水玻璃檢測市售酒之酒精濃度可行性？

由問題八發現三種醇類濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。因此，利用水玻璃檢測市售酒的濃度，結果由問題九發現，市售高粱 58 度與 38 度，和實際用濃度 58%、38%酒精檢測其透光度、黏滯性之結果接近。表示市售高粱 58 度與 38 度，其酒精濃度含量與標示一致。因此，利用以水玻璃檢測酒精濃度，以高粱酒測試是可行。但是對於其他種類含有其他物質、或具有顏色的酒，則有待更進一步研究。

十、探討利用水玻璃檢測真酒、假酒之可行性？

市售的酒成分為乙醇，其價格遠較於假酒（甲醇）為高。因此，常常有不肖商人，以假酒（甲醇）混充真酒（乙醇）。因此，我們嘗試以水玻璃分辨真酒、假酒。由問題十的研究發現，乙醇在加入濃度大於 60%水玻璃時，產生透明分層凝膠，而且其透光度與甲醇、乙醇（酒精）、變性酒精差異極大。因此，可以用 60%水玻璃分辨甲醇、乙醇，也就是分辨真酒假酒。

玖、結論

- 一、不同物質結晶快慢速度不同。
- 二、不同物質，各有其最適合的水玻璃濃度。
- 三、結晶的物質加入水玻璃的量越多，長出的結晶物也越高。
- 四、結晶物質所能長的高度，與水位高度一樣。
- 五、結晶物質的高度，受溫度影響極大。
- 六、水玻璃遇到酸性、鹼性和中性物質時，產生的凝膠、透光度及黏滯性效果不同
- 七、甲醇、乙醇及丙醇，加入水玻璃後，濃度越高，凝膠現象越明顯、黏滯性越高。
- 八、甲醇、乙醇及丙醇，濃度越高，透光度越小；濃度越低，透光度越大。可由透光度判斷醇類濃度。
- 九、利用水玻璃檢測市售高粱酒與實驗中酒精透光度、黏滯性，結果發現市售高粱酒其酒精濃度與標示一致。
- 十、利用 60%水玻璃，檢測真酒假酒的效果最好！

拾、未來展望與建議

由以上實驗可得知，水玻璃可用來檢測酒精濃度及分辨真假酒。但水玻璃不好攜帶，因此如果能研發「水玻璃試紙」，應會讓許多人受惠的。提供未來可研究方向如下：

（一）研究方法的改進：

自製透光度儀器，未來可以進一步改良，讓透光儀體積更小、攜帶方便，更精確。

(二) 檢測真假酒～發展為檢測真假酒專利

研究發現水玻璃可以檢測真假酒，未來可以發展為專利。可用調製好 60%水玻璃 10CC，加入待測酒 10CC 混合。若混合後分為上下兩層，則為真酒；若產生白色物質，未分層，則判斷為假酒。

拾壹、研究心得

進行完一連串的實驗，我們學到許多東西，學到如何配置水玻璃，如何測量透光度、黏滯性等，了解到原來做化學實驗，需要花很多的時間和精神。

在做實驗的過程中，我們常意見不合，遇到了許多難題，像數據誤差，我們都一直重做。常常配完所有濃度，時間就過了一半，實驗做得比想像還慢，讓我們深深體會到合作是很重要的。

在每星期六，即使天氣炎熱，大家都到學校來做實驗。只因為我們希望實驗能有所突破，發現不一樣的結果。感謝老師犧牲假期無怨無悔的付出，不斷的鼓勵我們，也感謝爸媽的支持，希望全國賽能有好成績。

拾貳、相關參考資料

1. 南一書局主編 (2016)。自然與生活科技課本第 5 冊，第 2 單元植物與生活。台南：南一。
2. 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>
3. 方金祥、游苑平 (2005)。兒童創意科學實驗之設計～奇妙的海底世界。科學教育月刊(277)，p23-24。
4. 向火神借五分鐘～談耐火材料延遲火災發生的效應，第 52 屆全國科展，國小組化學科。2016.4.17 取自
<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=-1&sid=9704> (科展群傑廳)
5. 凝膠密碼～阿拉伯膠(Acacia Gum)的凝膠特性在酒精濃度量測上的應用，第 49 屆全國科展，國中組化學科。
2016.4.17 取自 <http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=-1&sid=5037> (科展群傑廳)
6. 科學 Online (科技部高瞻自然科教學平台)，矽酸鈉，2016.4.17 取自
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=57179>

【評語】 080218

本作品起因於對水中結晶的水玻璃材料展現的有趣觀察，進而衍生出對該材料的實用研究，足見巧思！加入不同醇類的水玻璃能分別以黏濁性及透光度探究分辨假酒之可行性尤有創意！雖多限於差異性不大之結果，但若能再研發改良放大其差異性將頗具價值，故極有發展潛力。