

# 嘉義縣第 55 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：「我把鹽巴變大了」—結晶的秘密

關 鍵 詞：氯化鈉結晶、溶解度、飽和食鹽水溶液

# 「我把鹽巴變大了」—結晶的秘密

## 摘要

藉由食鹽晶體形成的實驗操作，了解水溶液溶解度與飽和溶液的關係，體驗過飽和溶液結晶的奧妙過程，並探討幾項影響結晶的因素，嘗試找出製作食鹽晶體的最佳條件。



圖 1：本次研究中所使用之

## 壹、研究動機

上學期自然課時，老師帶著全班同學到實驗室去做食鹽與雜質分離實驗...，最後用放大鏡而這些晶體的形狀，都相當美麗，可惜結晶太小不能直接用肉眼觀察正立方體晶體。老師在後續課程所提到『水溶液中的溶質在過飽和的狀態下會有結晶的析出』若能讓此結晶慢慢析出，結晶顆粒會較大。在經過幾天與同學蒐集資料並徵詢老師後，想親手作出像水晶般的食鹽結晶，還特別準備了悶燒鍋等器材，可是經過一天的等待，水杯裡卻始終沒有晶體出現，大家都覺得奇怪，所以就想利用這次機會做些簡單的實驗，探討如何才會產生晶體，在什麼樣的情況下，產生的晶體會較大、較美的結晶。

## 貳、研究目的

- 一. 認識過飽和溶液與結晶原理
- 二. 探討粗細不同棉線對棉線結晶量、大小的影響。
- 三. 探討溶液密封與否對棉線結晶量、大小的影響。
- 四. 探討環境溫差對結晶的影響。

## 參、研究設備及器材

實驗器材:燒杯、玻璃棒、漏斗、濾紙、冰箱、保利龍箱、悶燒鍋、美工刀、不同粗細棉線、酒精燈、鐵架、三腳架、陶瓷纖維網、瓦斯爐具、溫度控制器、250W 燈泡

實驗藥品:台鹽精製食鹽



圖 2：本次研究裝置圖

## 肆、研究過程及方法

### 研究一、認識過飽和溶液與結晶原理

- 一、未飽和溶液 — 在定溫下定量的溶劑中所能溶解的溶質未達最大量，此時的溶液稱之為「未飽和溶液」，如果再繼續加入少許溶質時，固體溶質會繼續溶解。
- 二、飽和溶液 — 定量的溶劑在定溫下，所能溶解的溶質量是有限的，溶質在溶劑中無法繼續溶解時，溶解速率與沉澱速率相等，多餘的溶質便沉在杯底，即使經過攪拌也無法令更多的溶質溶解。杯中溶劑所能溶解的溶質已達最大量，此時的溶液我們就稱之為「飽和溶液」。
- 三、過飽和溶液 — 利用較高溫度配置溶液達到飽和後，再降低溫度，溶液在高溫中溶解度較高，一旦降溫後溶解度也降低，但溶質的量不減，因此，溶液的濃度大於最大溶解度，此時的溶液稱為「過飽和溶液」。過飽和溶液是一種不穩定狀態，過量的溶質會伺機結晶析出而成為飽和溶液。
- 四、結晶—利用物質在溶液中的溶解度對溫度變化的差異，將溶液加熱後配置成飽和溶液，再將溫熱的飽和溶液與過剩的溶質藉由過濾分離後，當溶液溫度降低時即成為過飽和溶液，過剩的溶質會結晶析出形成晶體。

表一：配製攝氏 90 度 c 「未飽和食鹽水溶液」六杯靜置實驗室一天，於室溫下冷卻結晶

棉線型式	直徑(mm)	結晶狀況
1.	3.0	無結晶
2.	2.0	無結晶
3.	1.5	無結晶
4.	1.0	無結晶
5.	0.5	無結晶
6.	0.25	無結晶

表二：配製攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」六杯靜置實驗室一天，於室溫下冷卻結晶

棉線型式	直徑(mm)	結晶狀況
1.	3.0	有結晶
2.	2.0	有結晶
3.	1.5	有結晶
4.	1.0	有結晶
5.	0.5	有結晶
6.	0.25	有結晶

**研究二、** 探討粗細不同棉線對棉線結晶量、大小的影響。

表三：配製攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」六杯靜置實驗室一天，於室溫下冷卻結晶

棉線型式	直徑(mm)	結晶狀況	棉線上	結晶量(g)
1.	3.0	有結晶		1.51
2.	2.0	有結晶		0.91
3.	1.5	有結晶		0.75
4.	1.0	有結晶		0.48
5.	0.5	有結晶		0.47
6.	0.25	有結晶		0.47

**研究三、** 探討溶液密封與否對棉線結晶量、大小的影響。

表四：配製攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」三杯放置密閉悶燒鍋中一天，冷卻結晶

棉線型式	直徑(mm)	結晶狀況	結晶量(g)	再結晶量 (g) 棉線上
1.	3.0	無結晶	0	1.10
3.	1.5	無結晶	0	0.54
6.	0.25	無結晶	0	0.31

將此三杯溶液於室溫下再靜置實驗室一天

表五：配製攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」六杯放置密閉保利龍箱中一天，冷卻結晶

棉線型式	直徑(mm)	結晶狀況	結晶量(g)	再結晶量 (g) 棉線上
1.	3.0	無結晶	0	1.01
2.	2.0	無結晶	0	0.58
3.	1.5	無結晶	0	0.51
4.	1.0	無結晶	0	0.41
5.	0.5	無結晶	0	0.31
6.	0.25	無結晶	0	0.28

之後將此六杯溶液於室溫下再靜置實驗室一天

#### 研究四、探討環境溫差對結晶的影響。

表六：配製攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」六杯靜置冰箱一天，冷卻結晶

棉線型式	直徑(mm)	結晶狀況	棉線上	結晶量(g)
1.	3.0	有結晶		1.78
2.	2.0	有結晶		1.11
3.	1.5	有結晶		0.87
4.	1.0	有結晶		0.61
5.	0.5	有結晶		0.54
6.	0.25	有結晶		0.45

表七：配製攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」三杯靜置溫度控制在 32~42 度之間，冷卻結晶

棉線型式	直徑(mm)	結晶狀況	結晶量(g)
1.	3.0	有結晶	4.18
2.	2.0	有結晶	4.21
無棉線		有結晶	4.27

## 伍、研究結果

- 一、「未飽和食鹽水溶液」六杯靜置實驗室一天，於室溫下冷卻，六杯均無結晶生成；「飽和食鹽水溶液」六杯靜置實驗室一天，於室溫下冷卻，六杯均有結晶生成。
- 二、攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」六杯靜置實驗室一天，於室溫下冷卻結晶，粗細不同棉線上均有結晶生成，直徑 1.5(mm)以上較粗的棉線對棉線上結晶量而言較明顯，而直徑 1.5(mm)以下較細的棉線對棉線上結晶量而言差異不大、結晶大小差異也不大。
- 三、攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」三杯放置密閉悶燒鍋中一天，均無結晶生成，將此三杯溶液於室溫下再靜置實驗室一天後，有結晶生成，但結晶顆粒較小。攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」六杯放置密閉保利龍箱中一天，均無結晶生成，將此六杯溶液於室溫下再靜置實驗室一天後，也有結晶生成，但結晶顆粒較小。
- 四、攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」六杯靜置冰箱一天，六杯均有結晶生成，結晶顆粒較大。
- 五、攝氏 90 度 c 「飽和食鹽水溶液」三杯靜置溫度控制在 32~42 度之間，冷卻結晶，發現其結晶顆粒特別大，最大達 1.5 公分左右。

## 陸、討論

- 一、理論上食鹽水溶液不飽和，不會有結晶出現但經過靜置一周後也有部分細小結晶出現。這是因為將溶液放置在空氣中，食鹽水溶液中的水分子不斷蒸發，即使溶液溫度未升高，但溶劑體積減少，食鹽水溶液也會達到過飽和，因此會有食鹽晶體產生。
- 二、實驗過程中，我們發現燒杯的杯壁也有細小晶體的產生，持續觀察幾天後，杯壁上晶體

的範圍變大，因為晶體會沿著杯壁往上爬升，這些晶體甚至還爬出杯子外側。因此，我們認為，食鹽水溶液在燒杯內側產生晶體，水溶液又因毛細作用往上攀爬，漸漸在燒杯壁上形成晶體，此為「攀晶」現象。

三、在不同溫度下結晶會造成結晶速度不同，結晶大小也會不同。將食鹽溶在水中，使其達到飽和，再將溫度降低，藉此讓溶液達到過飽和，過飽和溶液就會將多餘的溶質析出。溫度降低的速度不同時所產生的晶體形狀、大小也會不同。

四、在探討容器密封與否對結晶的影響，我們發現在完全密封的悶燒鍋與保利龍箱中均無結晶生成，可能是在密閉環境下水的飽和蒸氣壓造成，但將此溶液於室溫下再靜置實驗室一天後，會有結晶生成，可能是擾動破壞原先平衡造成結晶的形成。

過去認為降溫越慢結晶顆粒越大，故實驗設計用悶燒鍋與保利龍箱〈保溫效果佳〉，但經過比對表三與表六可發現降溫越快似乎結晶顆粒越大且棉線上結晶量越大。

六、由表七意外發現在控制恆溫下(32~42°C)其結晶量與顆粒均特別大，值得對不同控溫下的結晶作進一步的實驗。

## 七、 結論與建議

一、先於定溫下定量溶劑配置出飽和溶液，透過降溫形成「過飽和溶液」。過飽和溶液是一種不穩定狀態，過量的溶質會伺機結晶析出而成為飽和溶液。只要提供凝結核〈灰塵、氯化鈉晶體、棉繩、擾動等〉，晶體就會析出。

二、粗細不同棉線上均有結晶生成，直徑 1.5(mm)以上較粗的棉線對棉線上結晶量呈現正相關，而直徑 1.5(mm)以下較細的棉線對棉線上結晶量而言差異不大。在粗細不同棉線上的氯化鈉結晶結晶大小差異也不大。

三、飽和溶液透過降溫形成「過飽和溶液」，在有凝結核的情況下，蒸發速率及降溫越快似乎能讓結晶顆粒越大。氯化鈉飽和溶液置於悶燒鍋與保利龍箱中降溫較慢，均無結晶生成，這與實驗前我們認為降溫越慢結晶顆粒愈大的想法有異。

四、棉線在氯化鈉飽和溶液與空氣接觸表面上會有成片狀的結晶生成，這應該是結晶核四周降溫不均造成。

## 建議:

- 一、發現在控制恆溫下(32~42°C)其結晶量與顆粒均特別大，值得對不同控溫下的結晶作進一步的實驗，期望能做出超大結晶之鹽塊。

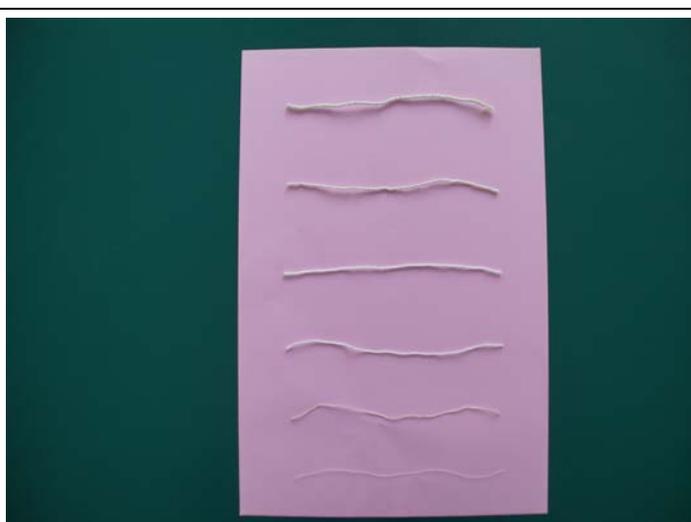
## 捌、參考資料

- 壹、郭重吉 (民 103)。國中自然與生活科技第四冊。(82- 83 頁)。臺南市：南一書局。
- 貳、郭重吉 (民 102)。國中自然與生活科技第三冊。(42- 43；50- 51 頁)。臺南市：南一書局。
- 參、自然科學大百科－化學與化工，綠地球國際有限公司，73-74 頁。

## 附錄:



保溫鍋



6種不同棉線



裝置燒杯



保溫示意圖



保溫前測溫



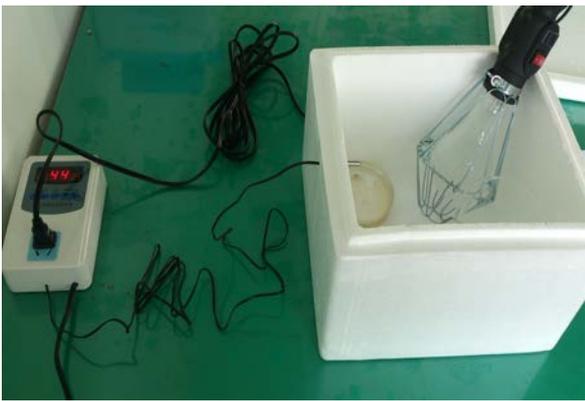
結晶大小



結晶大小



棉線結晶大小



控溫器及加熱燈泡



表七控溫結晶顆粒



超大結晶顆粒



表七控溫結晶顆粒結晶顆粒