

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

第一名

031626

食鹽結晶的 X 檔案

臺中縣立大雅國民中學

作者姓名：

國二 盧裕欣 國二 張哲維 國三 廖思評

國二 吳孟霖

指導老師：

陳盈昌 曾祿喜

中華民國第四十五屆全國科學展覽

作品說明書

研究主題：

食鹽結晶的X檔案



科別：理化科

組別：國中組

關鍵字：結晶，食鹽

編號：

壹. 摘要

在製作食鹽結晶的過程中，我們發現到每一個大的食鹽晶體，中間都會有一道 X 形的溝槽，為什麼會有如此奇特的現象呢？引起我們極大的興趣，於是我們前去請教老師，展開了發現之旅。

一. 記錄飽和食鹽水在各種不同條件下形成結晶的圖形

用培養皿的裝的食鹽水，不論是粗鹽，精鹽，也不管是用蒸餾水或自來水去泡，都有 X 出現，其中的差別在於結晶周圍的白色比例多寡不同。

二. 加入不同物質，記錄各種結晶的形狀

加入海水中常見的鹽類，探討對食鹽結晶的影響。氯化鎂加入之後，結晶的 X 溝槽偏離中心，這與氯化鈣非常類似，可見氯化鈣與氯化鎂一定有一個共通的性質會影響食鹽結晶的 X 形狀。進一步推論，氯化鈣是乾燥劑的原料，有很強的吸水性，氯化鎂也是，所以培養皿中，總是留有少許的水分，放了兩三個月還是濕濕的。是不是吸水性會改變水的某些性質，如表面張力等因素呢？於是針對表面張力的因素，再做進一步討論。

三. 找出食鹽水的表面張力結晶形狀的關係

在食鹽水中加了酒精，丙酮會降低表面張力。降低表面張力之後，X 的溝槽較不明顯了。要了解表面張力作用的情形，才能解開 X 之謎，於是直接觀察水滴在不同大小的食鹽結晶周圍所形成的水膜，由水膜的結果發現，結晶太薄，表面張力不明顯，不會有 X，結晶太大，表面張力到達極限，X 就終止。接著再量 X 中心點的凹陷情形，發現表面張力越大，凹陷越深。

四. 控制變因找出食鹽 X 檔案

在密閉塑膠盒中裝入乾燥的氯化鎂，可控制水的蒸發速率，蒸發速率較慢時，食鹽分子有充裕的時間到正確的位置形成完美的結晶。較深的水，壓力較大，食鹽周圍不易形成水膜，所以 X 就無法繼續長大了。

綜合以上結果，食鹽結晶的過程，先在底部長出正方形的薄片，隨著厚度的增加，表面形成凸起的水膜，水膜與正方體上方接觸的四個邊，因為深度最小，最易形成結晶，所以結晶會由四個邊往上長，形成中央陷落的 X 形狀。當結晶夠大時，水膜的大小相對於結晶就顯得微小，所以 X 不再長大，循正常的方式繼續結晶下去。

貳. 研究動機

在精製食鹽的實驗中，過濾後的粗鹽溶液再結晶，應可以得到正立方體的結晶，但是仔細一看，都是小小顆，看不出結晶形狀。經詢問老師後，才知道是結晶的時間太短，所以得到的顆粒較小。爲了得到較大的食鹽結晶，我們就泡了一小杯食鹽水，在室溫下自然結晶，數天後，我們發現晶體中有一個 x 溝槽，且 X 周圍呈現白色霧狀，這與理論上的正立方體晶型有很大的差異。爲了解開這個謎團，於是開始了這次的研究。

參. 研究目的

一.記錄飽和食鹽水在各種不同條件下形成結晶的圖形

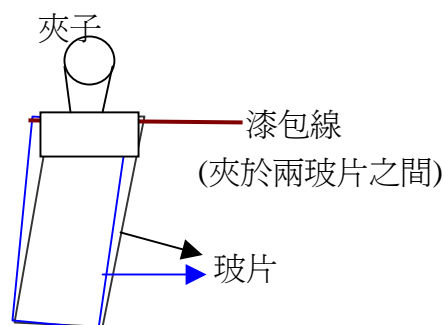
二.加入不同物質，記錄各種結晶的形狀

三.找出食鹽水的表面張力結晶形狀的關係

四.控制變因找出食鹽 X 檔案

肆. 研究器材

- 1.食鹽,蒸餾水，培養皿，燒杯，試管，玻璃滴管，酒精燈，三腳架，玻片，玻璃棒，夾鍊袋，游標尺
- 2.氯化鎂，氯化鈣，乙醇，丙醇，丙酮，氯化鈉，粗鹽
- 3.毛細現象實驗器材：如圖一



圖一：毛細現象實驗器材

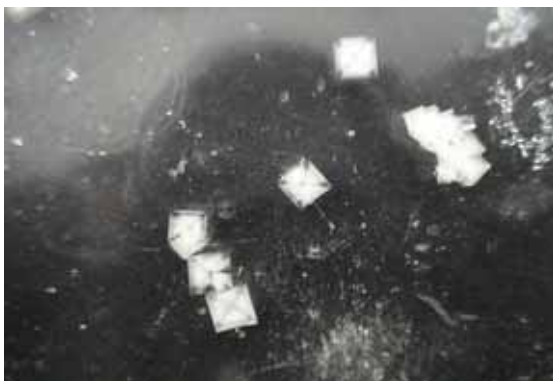
伍.研究過程及結果

一.紀錄飽和食鹽水在各種不同條件下形成結晶的圖形

1. 方法：以各種不同的水加入食鹽及粗鹽，泡到飽和，並觀察結晶的變化。
2. 配法：以自來水，蒸餾水，飲用水分別對精鹽及粗鹽泡成飽和食鹽水分別放入蒸發皿中，在室溫下蒸發至乾，形成結晶。
3. 結果：我們發現自來水的結晶較其他水來的細小；蒸餾水的結晶較小而且又多，而且水的表面上會浮出一層鹽；粗鹽水的底部有明顯的雜質，而且結晶是白色的；飲用水的結晶 X 長的最漂亮、明顯。（部分結果如圖二）

由結果看出，水中是否有雜質或水夠不夠乾淨，食鹽都會有 X 溝槽出現。我們發現要觀察 X 只能從正面觀察，換了面就看不到了。如果把兩個小結晶疊在一起，過了幾天以後結晶體會連在一起不易觀察，因此要避免類似事情發生，必須在出現較大結晶後，把其它小粒的結晶移到旁邊去，如此結晶才會長的較大顆。

蒸餾水 + 粗鹽 結晶圖



蒸餾水 + 精鹽結晶圖



圖二：粗鹽與晶鹽的結晶圖

4. 推論下一步：精鹽較粗鹽透明，是否因為粗鹽中含有其它雜質的緣故？如果在精鹽中加入其他雜質，是否會得到和粗鹽一樣的結果呢？所以我們針對海中常有的鹽類，如氯化鉀，氯化鈣，氯化鎂去作探討。

二.加入不同物質，記錄各種結晶的形狀

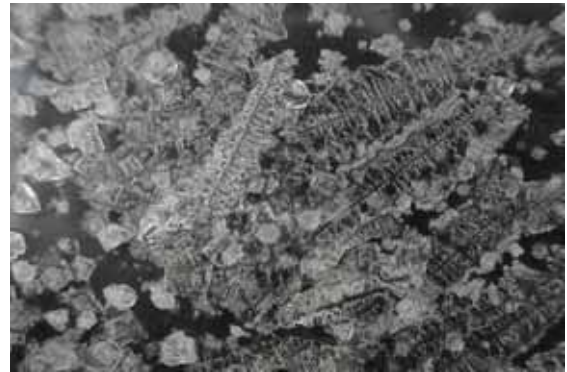
(一) 氯化鉀對結晶的影響

- 1.作法：配製飽和的氯化鉀溶液，以不同的體積比與飽和食鹽水混和，放入不同蒸發皿，自然蒸發至乾。
- 2.結果：如圖三所示

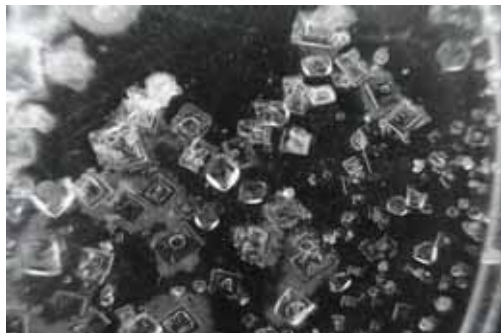
純氯化鉀結晶圖



氯化鈉:氯化鉀 = 6ml : 3ml



飽和氯化鈉與飽和氯化鉀
體積 10ml : 1ml



圖三：氯化鉀與氯化鈉混合結晶圖

由圖三氯化鉀的結晶呈針狀，在加入氯化鈉之後，針狀結晶與食鹽結晶各自形成，不會互相糾結在一起，且食鹽比例升高後，更明顯看出食鹽結晶並不受氯化鉀的影響。所以即使粗鹽有些許氯化鉀，也不會影響正常的氯化鈉結晶。

(二)氯化鈣的影響

1. 作法：配製飽和的氯化鈣溶液，以不同的體積比與飽和食鹽水混和，放入不同培養皿，自然蒸發至乾。
2. 結果：如圖四所示，氯化鈣加入之後，結晶的 X 溝槽竟偏離中心，這與培養皿不小心放歪了有關，而且白色的部分增多了，可見氯化鈣對食鹽結晶有一定的影響，要繼續探討。

氯化鈉與氯化鈣體積比 2ml : 8ml

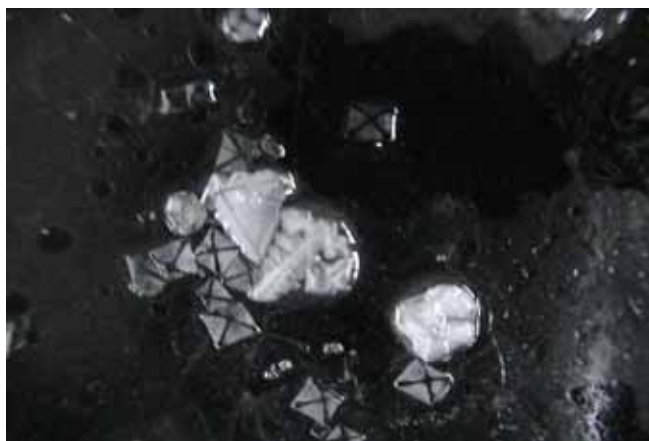


圖四：氯化鈉與氯化鈣混合結晶圖

(三)氯化鎂的影響

- 1.作法：配製飽和的氯化鎂溶液，以不同的體積比與飽和食鹽水混和，放入不同培養皿，自然蒸發至乾。
- 2.結果：如圖四所示，氯化鎂加入之後，結晶的 X 溝槽也偏離中心，這與氯化鈣有非常類似，可見氯化鈣與氯化鎂一定有一個共通的性質會影響食鹽結晶的 X 形狀。

氯化鈉: 氯化鎂 = 6ml : 3ml



圖五：氯化鈉與氯化鎂混合結晶圖

- 3.推論下一步：氯化鈣是乾燥劑的原料，有很強的吸水性，氯化鎂也是，所以培養皿中。總是留有少許的水分，放了兩三個月還是濕濕的。是不是吸水性會改變水的某些性質，如表面張力等因素呢？於是決定加入其他揮發性溶劑來改變表面張力，進一步探討食鹽結晶與表面張力的關係。

三.找出食鹽水的表面張力結晶形狀的關係

(一)比較不同溶液的表面張力:

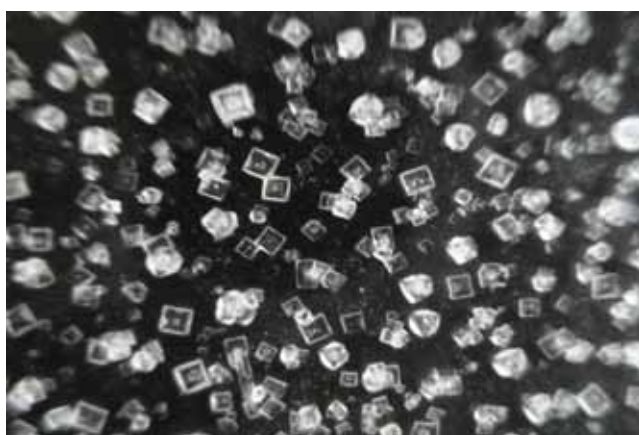
- 1.方法：先泡製不同比例的化學溶液，再用兩片玻璃片用長尾夾夾著一條漆包線，做成毛細現象，並測量液體高度。(如圖一)
- 2.結果：食鹽水中加了氯化鎂氯化鈣會使表面張力稍降，加了酒精，丙酮會使表面張力降得較多。由圖六與圖七，降低表面張力之後，X 的溝槽較不明顯了，甚至出現三角形的結構，仔細觀察後，竟是正立方體從其中一個角開使結晶，而非從一個面開始結晶。

水	6.5
酒精	6.0
飽和 NaCl	6.1
純 KCl	6.5
KCl + NaCl 1 : 1	6.1
KCl + NaCl 1 : 5	6.3
KCl + NaCl 5 : 1	6.5
純 CaCl ₂	6.3
CaCl ₂ + NaCl 1 : 1	5.3
CaCl ₂ + NaCl 1 : 5	5.4

CaCl ₂ + NaCl 5 : 1	5.2
純 MgCl ₂	6.5
MgCl ₂ + NaCl 1 : 1	6.0
MgCl ₂ + NaCl 1 : 5	5.8
MgCl ₂ + NaCl 5 : 1	5.6
酒精 + NaCl 1 : 1	5.5
酒精 + NaCl 1 : 5	5.3
酒精 + NaCl 5 : 1	6.0
丙酮 + NaCl 1 : 1	5.4
丙酮 + NaCl 1 : 5	5.2
丙酮 + NaCl 5 : 1	5.3



圖六：丙酮與氯化鈉結晶圖



圖七：酒精與氯化鈉結晶圖

3.推論：表面張力確時會影響結晶形狀，因此要了解表面張力作用的情形，才能解開 X 之謎，於是直接觀察水滴在不同大小的食鹽結晶周圍所形成的水膜，有助於了解表面張力作用的情形。

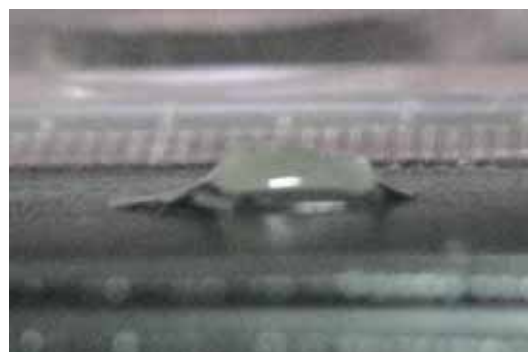
(二)觀察不同粒徑的食鹽顆粒所形成的水膜

1.做法：挑出四種不同尺寸的結晶，滴上水滴，畫出其周圍水的外形(如圖八)

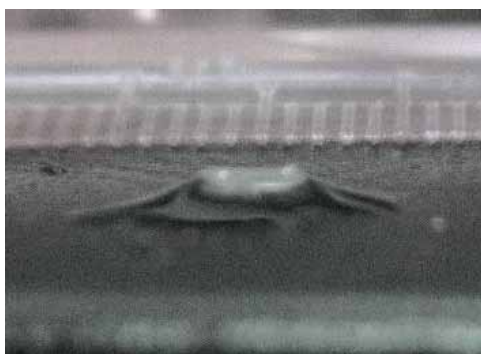
邊長：7mm



邊長：5mm



邊長：2.5mm



邊長 1.5mm

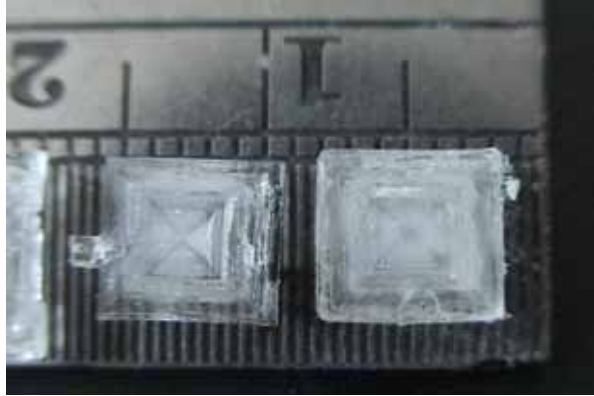


圖八：不同粒徑的食鹽結晶所形成的水膜

2.結果：

食鹽周圍的水會沿著晶體往上爬，但爬到一定高度就停止了，因附著力無法吸住重量之故。食鹽晶體愈薄，水膜所形成的坡度愈平。

3. 推論：由水膜的結果看出，結晶太薄，表面張力不明顯，不會有 X，結晶太大，表面張力到達極限，X 就終止。如圖九所示，X 邊長約 2~3mm 左右。

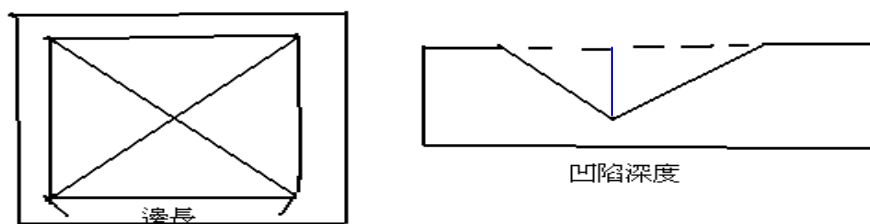


圖九：食鹽結晶的 X 尺寸

(三)計算各種條件下，結晶中間的凹陷程度

1.作法：首先利用游標尺量取各種結晶的長、寬、高，接著量出鐵釘的高，再利用鐵釘抵著結晶中央凹陷的地方，再加以量出總高度，接著利用簡單的數學計算，即可得中央凹陷的深度。再將其凹陷深度除以各種結晶的邊長，藉以了解邊長與 x 的凹陷深度之關係。

2．結果：



$$\text{凹陷比} = \text{凹陷深度} / \text{邊長}$$

溶液	邊長 (cm)	凹陷深度 (cm)	凹陷比
蒸餾水+丙酮 1 : 1	0.685	0.08	0.123
蒸餾水+酒精 1 : 1	0.475	0.03	0.063
蒸餾水+丙酮 5 : 1	0.45	0.08	0.177
自來水+食鹽 (飽和)	0.45	0.3	0.666
蒸餾水+酒精 5 : 1	0.400	0.03	0.075

3. 結果：表面張力愈大的結晶，其 X 的凹陷比例愈高

四.控制變因找出食鹽 X 檔案

(一)改變食鹽的結晶方向:

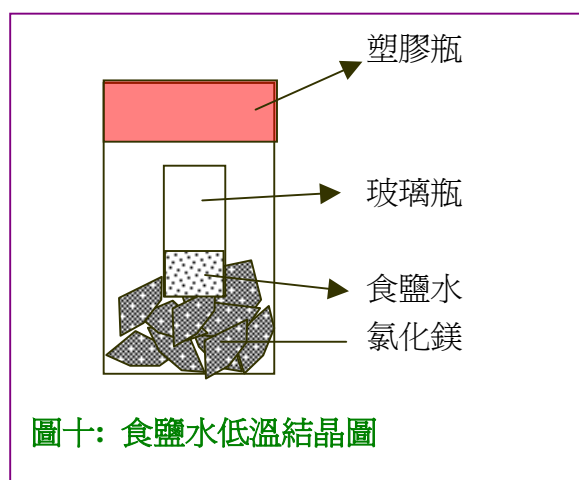
- 作法：從已結晶好的食鹽中，挑一塊有 X 溝槽的，將其豎立，置於食鹽水中，觀察其外形的變化。



- 結果：結晶的外形並沒有太大的變化。
- 推論：食鹽在結晶時，應是從底部開始，因豎起來之後，高度變大，所以水不易爬到頂部，所以對結晶並沒有影響。

(二)低溫下緩慢結晶

- 作法：在塑膠瓶中，放入一半的氯化鎂，氯化鎂需加熱再放入，接著將少許的飽和食鹽水放在小玻璃瓶中，再置入塑膠瓶中，蓋上蓋子鎖緊，放入冰箱冷藏庫，讓氯化鎂慢慢吸收水氣，使玻璃瓶內的食鹽慢慢結晶。如圖十。



2. 結果：食鹽的 X 消失不見了。得到的是透明的立方體結晶。
3. 推論：蒸發速率較慢時，食鹽分子有充裕的時間到正確的位置形成完美的結晶。我們後來發現傾斜的培養皿中水比較少或比較淺的部分所產生出來的結晶裡的 X 會長的比較奇怪，例如：正方形結晶會變成較長條狀的長方形結晶，且裡面的 X 也會被拉長，而且有的所長出的結晶更特殊、奇怪，在結晶中就直接出現一條直線在長方形結晶裡，或是出現三角形.....等。於是我們再針對水深作一個實驗。

(三)深度增加時的結晶

1. 作法：在 200CC 燒杯中分別泡了五杯低濃度的食鹽水，其體積依序為 150cc，100cc，50cc，25cc，10cc 靜置於室溫下，待其自然結晶後。再觀察其形狀。
2. 結果：25cc，10cc 的結晶裡面都有出現 X，但是 150cc，100cc，50cc 所出現的結晶都是透明沒有 X 的正立方體。
3. 推論：較深的水，壓力較大，食鹽周圍不易形成水膜，所以 X 就無法形成了。之前提到的一條直線的結晶，長方形，三角形，或其他奇形怪狀形狀的結晶.....等都是跟水壓力有關，因為壓力小，結晶上方就會出現凸形的水膜，影響正常的結晶順序。

柒.討論

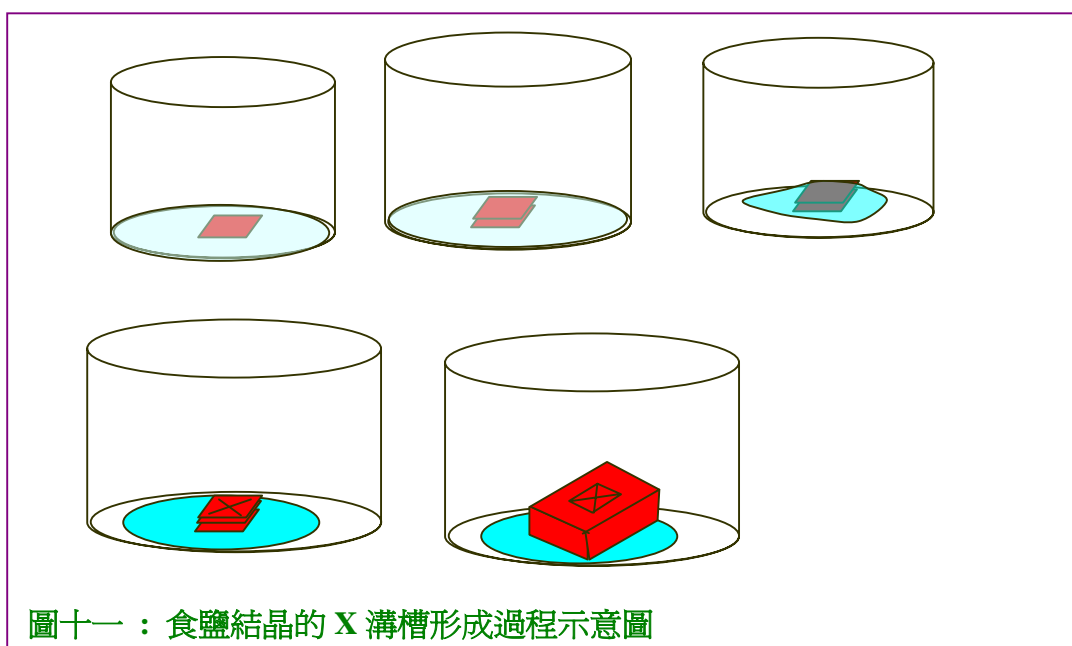
1. 市面上所賣的精鹽，其純度如何，是否都是氯化鈉，有沒有其它鹽類，並沒有標示清楚，所以不能得到很透明的結晶。
2. 天氣濕度的影響，造成結晶的條件難以控制一定，所以只好將同類型的實驗，擺在同一的地點，在相同的時間內完成，以便將濕度的產生的誤差降到最低。
3. 氯化鎂的吸水性很強，當它與食鹽水混合時，只要水蒸發快乾時，就會讓大量水蒸氣再附著其上，凝結成水，造成結晶的時間拉長，不易控制得與其他樣本一樣。
4. 當結晶到一定程度時，如果有其它較小塊的結晶靠過來，兩者就會合為一體，讓結晶變得不規則，造成可利用的結晶減少，所以必須常常把不需要觀察的結晶分開。
5. 酒精與丙酮的揮發速率不同，所以不易掌握幾天後，溶液中的酒精或丙酮，其所佔比例是否和一開始泡的一樣，這是難以避免的誤差。
6. 各溶液的表面張力實驗中，都是測剛泡好的液體，當它們結晶一段時間後，是否仍保持原來的表面張力呢，這是值得我們探討的問題。
7. 影響結晶的因素很多，如大氣壓力，空氣濕度，溫度...等等，礙於時間及材料因素，無法一一呈現，只能就較易著手的部分進行。
8. 藉由探討食鹽結晶的 X 圖像，我們意外的發現食鹽結晶的方式，也有從其正

方體中的一個角開始結晶的。

9. 飽和食鹽水加入酒精或丙酮之後，溶解度馬上下降，析出很多食鹽，沉澱在底部，妨礙正常結晶的觀察，因此必須先清除多餘的鹽再觀察。
10. 原本要用細線吊一個食鹽晶體，觀察其逐漸長大的過程，但是晶體在底部才容易結晶，所以吊了很多天都沒有長大，必須改用底部結晶的方式，只是把已結晶好的小顆粒改個方向放置。
11. 我們還利用其它方式觀察或製造食鹽結晶，但效果都不理想。例如：用顯微鏡觀察結晶過程，在 X 未出現前就已經結晶完畢。還有用減壓蒸發的方法，想讓水蒸發速率變快，但受限於抽氣機的抽氣極限，無法在幾天內看出結果。所以採用密閉容器內加入乾燥劑的效果最佳。

捌.結論

1. 食鹽結晶的過程，先在底部長出正方形的薄片，隨著厚度的增加，表面形成凸起的水膜，水膜於正方體上方接觸的四個邊，因為深度最小，最易形成結晶，所以結晶會由四個邊往上長，形成中央陷落的 X 形狀。當結晶夠大時，水膜的大小相對於結晶就顯得微小，所以 X 不再長大，循正常的方式繼續結晶下去。如圖十一。

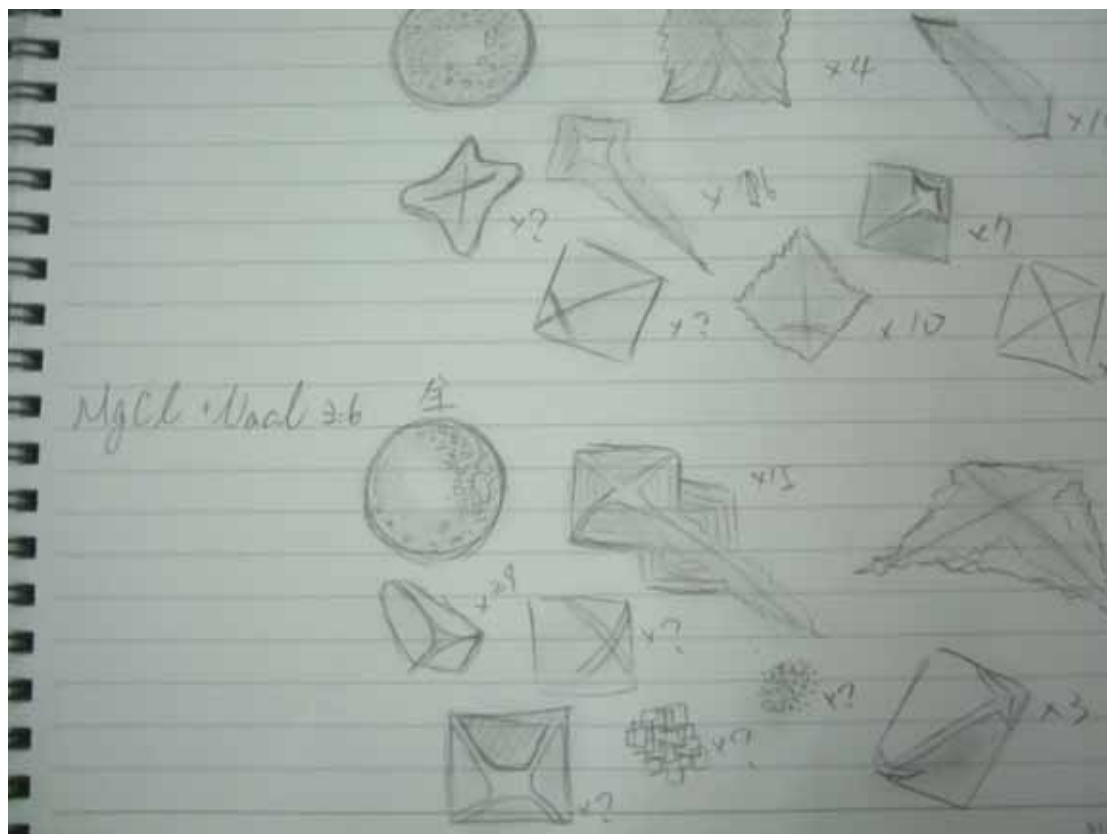


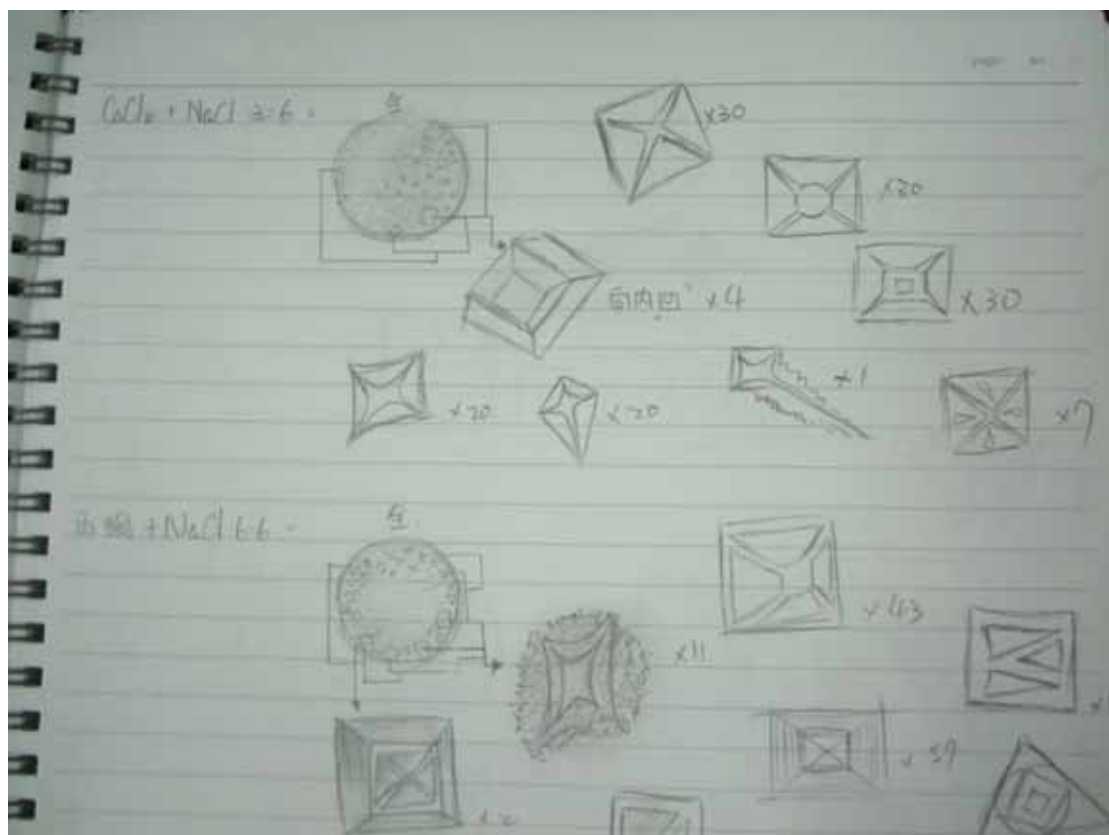
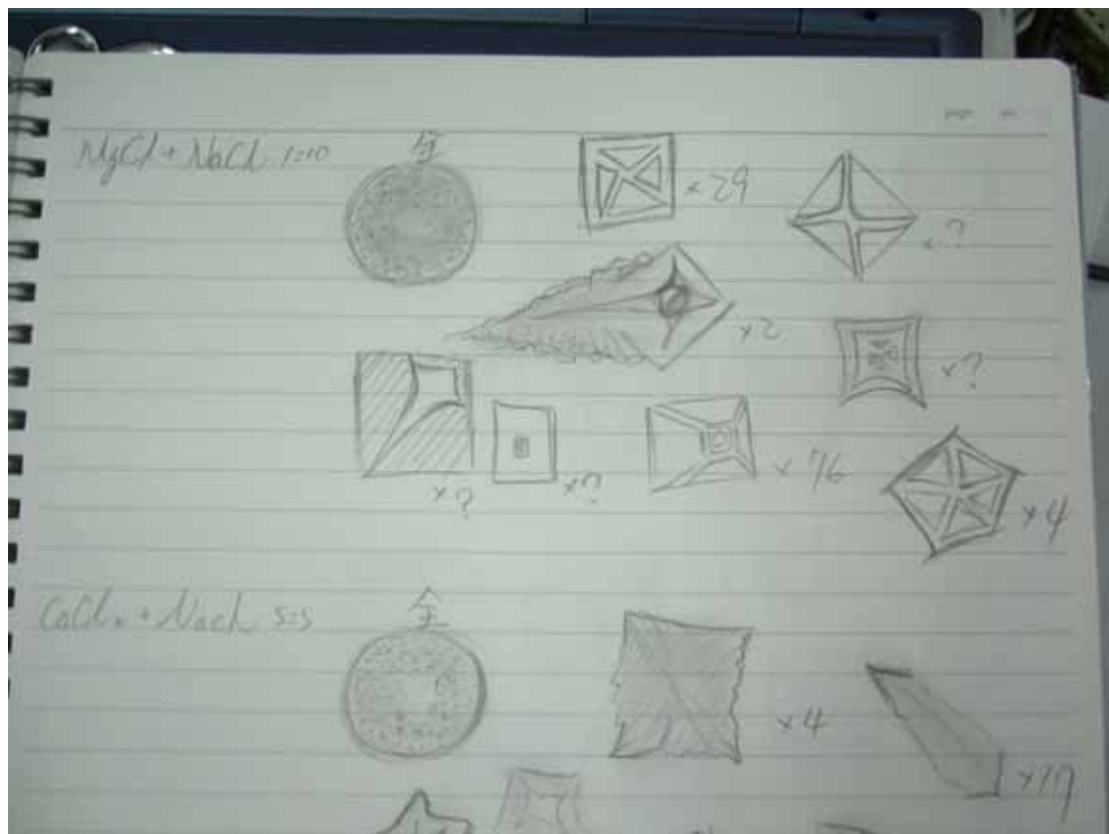
2. 食鹽結晶的 X 圖樣，是由於食鹽在淺碟的環境中，由於水的表面張力的緣故，使得食鹽周圍的水珠形成中央凸起的形狀，造成結晶時邊緣水珠較薄，所以較易結晶，因而形成中央凹陷的 X 溝槽。若是在較深的環境中，壓力較大，食鹽周圍的水不會形成突起的水珠，所以就很規則的形成正方形的結晶。

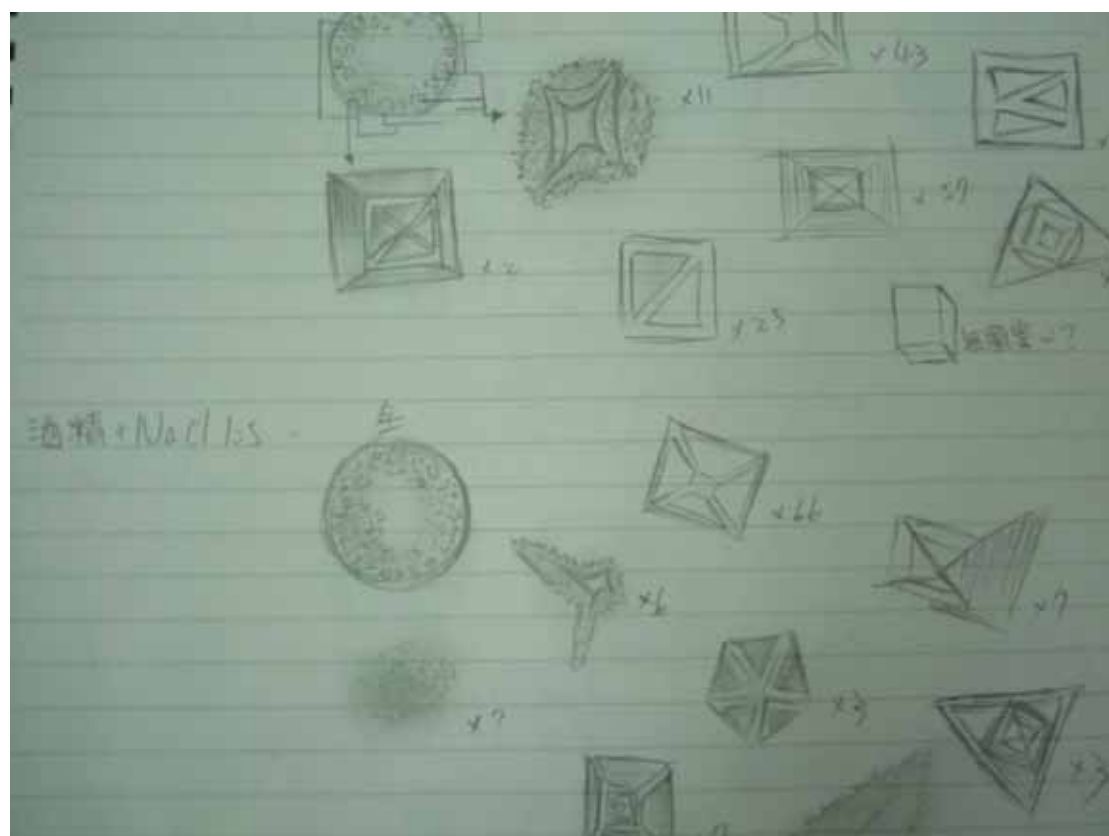
- 3.當食鹽中混有酒精，丙酮等，揮發性較高的有機溶劑時，會有部分的食鹽結晶改由正立方體的一個角開始結晶，推測可能是蒸發速率太快，水分子擾動較激烈，一開始結晶顆粒很小，且稜角不明顯，因此原本水平的立方體容意被轉動，造成一角獨立，接著隨著結晶增大，水的擾動不足以撼動結晶，於形成此一特殊的結晶現象。
- 4.食鹽結晶中，發現到有許多白色的地方，經過與氯化鈣混合後的比較後，發現加了氯化鈣的食鹽水，其白色的部分明顯變多，所以 X 旁的白色物質，應是食鹽水中的不純物質所造成的。
- 5.食鹽結晶的 X 溝槽，在長到約 3mm 寬時，便不再長大了，應是晶體大到一定程度時，水在晶體周圍所形成的凸起狀水珠會愈來愈平，使表面張力的影響變得不明顯所致。
- 6.在愈淺的結晶環境中，結晶的樣式愈多樣，除了有 X 之外，還有許多奇怪的結晶形狀，這是因為在淺的環境中，結晶速率較快，較沒有時間可以結合在一起，只好順著水的蒸發軌跡來結晶，因而形成一些奇怪的結晶形狀。
- 7.食鹽是日常生活中平淡無奇的東西，但經過我們研究之後，發現到它的結晶樣式，結晶過程竟是如此多彩多姿，收穫不少。所以教科書上說的，不一定就是事實的全貌，於不疑處有疑，方是進矣。

玖・附錄

一. 日常記錄







中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 理化科

第一名

031626

食鹽結晶的 X 檔案

臺中縣立大雅國民中學

評語：

能從常見的簡單實驗中觀察到特別的現象，並以科學的方法進一步推論其原因。