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　生活與應用科學科

030802

挫冰大不同-探討影響冰晶的因素

花蓮縣立花崗國民中學

作者姓名：
國二 趙孝哲 國二 張鈺菱 國二 涂高瑋
國二 趙洵

指導老師：
劉立軍 謝淑美

一、研究動機

我們曾看到某一電視台教人如何做出最漂亮的冰塊，原理就是：不要讓冰晶變得太大，方法就是延長冰塊凝結的時間，他們是把水放在保利倫裡面，讓保利倫保持水的溫度，用以延長凝結的時間。看到這報導不禁讓我們思考，是否增加冰塊的凝結時間，可以使冰晶變得比較小呢？那在在不同溶質的水溶液中，形成的冰晶有什麼不同呢？現在坊間流行的黑砂糖挫冰，有些是以冰加上糖水，有些卻是以黑糖水直接去冷凍，這兩者的口感不同，那麼冰晶有什麼不同呢？也許冰晶是讓我們吃的「挫冰」是否美味的關鍵吧？所以我們以不同水溶液的冰晶作為研究對象。

二、研究目的

1. 觀察不同水溶液形成的冰晶有什麼不同？
2. 觀察不同冰凍時間所形成的冰晶有什麼不同？
3. 觀察溶液酸鹼值不同時形成的冰晶有什麼不同？
4. 觀察保利倫保溫下，形成的冰晶有什麼不同？
5. 歸納影響冰晶大小的因素。

三、研究方法

（1）研究器材

1. 水 300 毫升
2. 鹽巴 5 克
3. 糖 5 克
4. 氫氧化鈉 4 克
5. 鹽酸 20 毫升
6. 咖啡粉 5 克
7. 太白粉 5 克
8. 燒杯 4 個
9. 蓋玻片 10 個
10. 載玻片 10 個

（2）研究步驟

實驗１：不同水溶液形成的冰晶

（１）準備五支試管，用量筒各個加入 20 豪升的水。

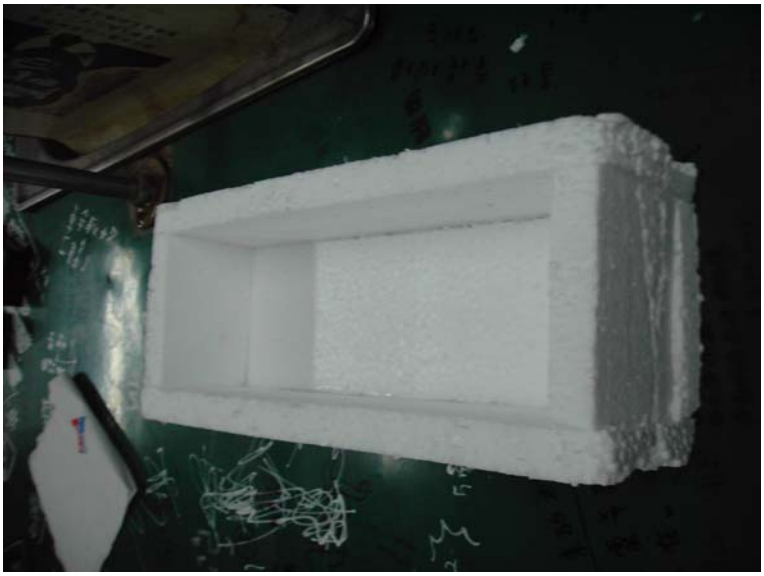
（２）純水、鹽、糖、咖啡、太白粉各取 5 克加入各個試管中。

（３）將各個試管用玻棒攪拌均勻。

（４）用保利倫製作出寬 14ｃｍ、長 33cm、高 9cm 的無蓋箱子

（５）準備五個載玻片及蓋玻片，用滴定管取各試管的水溶液，滴一滴到各個載玻片上。

（６）在將蓋玻片蓋上，用指甲油將蓋玻片四周密封，避免水分散失。
（７）冰到冷凍庫，一次以保利倫將玻片隔絕保溫 15 小時後再用顯微鏡作觀察，對照組則不以保利倫隔絕保溫。



保利倫箱

實驗２：不同冰凍時間所形成的冰晶
（１）準備五支試管，用量筒各個加入 20 豪升的水。
（２）純水、鹽、糖、咖啡、太白粉各取 5 克加入各個試管中。
（３）將各個試管用波棒攪拌均勻。
（４）用保利倫製作出寬 14ｃｍ、長 33cm、高 9cm 的無蓋箱子
（５）準備五個載玻片及蓋玻片，用滴定管取一滴各個試管的水溶液，滴到各個載玻片上。
（６）在將蓋玻片蓋上，用指甲油將蓋玻片四周密封，避免水分散失。
（７）冰到冷凍庫，一次以保利倫將玻片隔絕保溫 30 小時後再用顯微鏡作觀察，對照組則不以保利倫隔絕保溫。

實驗步驟３：溶液酸鹼值不同時形成的冰晶
（１）準備四支試管和１Ｍ的氫氧化鈉以及１Ｍ的鹽酸。
（２）調配出 0.1Ｍ氫氧化鈉、0.5Ｍ氫氧化鈉、0.1Ｍ鹽酸、0.5Ｍ鹽酸。
（３）用廣用試紙測定出各個酸鹼水溶液的ｐＨ值。
（４）準備四個載玻片及蓋玻片，用滴定管取一滴各個試管的水溶液，滴到各個載玻片上。
（５）在將蓋玻片蓋上，用指甲油將蓋玻片四周密封，避免水分散失。
（６）冰到冷凍庫，15 小時後再用顯微鏡作觀察。

四、研究結果

（1）實驗１：不同水溶液形成的冰晶（結果見圖表一之一至三）

水：結凍出來的冰晶呈現圓形，亦是比較出其他物質冰晶的依據。

鹽：結凍出來的冰晶呈現圓形，與水比較出來是屬於較小型的冰晶。

糖：結凍出來的冰晶呈現三角形，與水比較出來是屬於偏大型的冰晶。

咖啡：結凍出來的冰晶呈現長方形，與水比較出來是屬於顆粒較小也較細。

太白粉：結凍出來的冰晶呈現點狀，與水比較亦與水相同。

從以上的結果顯示，不同物質的冰晶會有不同的型態；有以保利倫隔絕溫度所得的結凍冰晶與沒有使用保利倫冰凍隔絕溫度的冰晶亦是不同。有使用保利倫的太白粉冰晶和沒有使用保利倫的太白粉來的較大；純水若是使用保利倫形狀會接近三角狀；糖水使用保利倫形狀呈現長條狀。而且沒有使用保利倫箱時冰晶的大小較大且不易溶化。

（2）實驗２：不同冰凍時間所形成的冰晶

拉長冰凍的時間時，冰晶形狀和顆粒並無太大變化，顯示當冰晶形成時，一開始的物質與環境就決定了後來的冰晶組成。所以結果就不另以圖表呈現了。

（3）實驗３：溶液酸鹼值不同時形成的冰晶（結果見圖表二之一至三）

0.5M氫氧化納：結凍出來的冰晶呈現圓形，與水比較出來是屬於大型的冰晶。

0.1M氫氧化納：結凍出來的冰晶呈現長條狀，與水比較出來是屬於偏小型的晶。

0.5M鹽酸：結凍出來的冰晶呈現長方形，與水比較出來是屬於大的冰晶。

0.1M鹽酸：結凍出來的冰晶呈現圓形，與水比較出來是屬於小的冰晶。

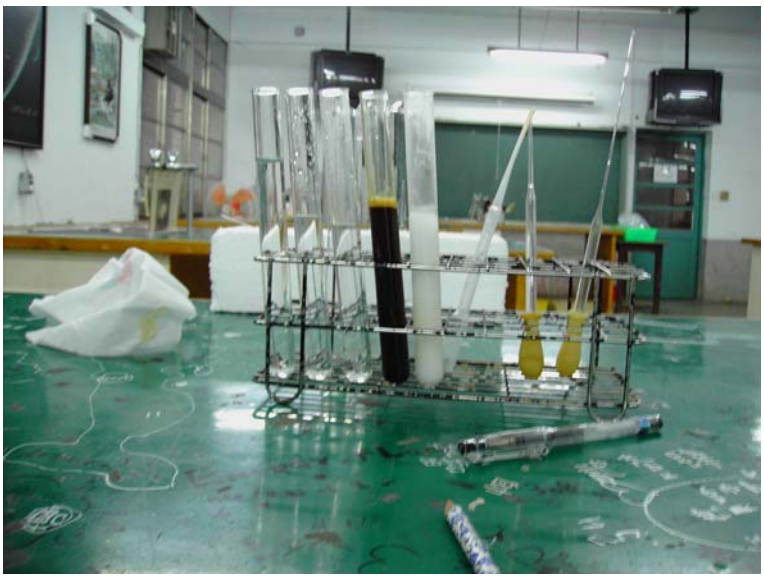
從以上結果顯示，似乎越高濃度的物質產生的冰晶越大的趨勢，顯示溶液所含的物質愈濃時，所形成的冰晶愈大。

五、結果討論

（1）實驗１：不同水溶液形成的冰晶

為了讓數據會比較準確，我們讓所有物質都做 3 次實驗結果見圖表一之一至三。

實驗操作中，我們把重量做統一處理，一開始純水的重量為 25 毫升，其他的物質都是由 5 克的溶質加上 20 毫升的水所調配而成的。在照片上試管中水量的高低都不相同的原因，經過我們的討論，我們認為應該是所調的溶液中，溶質的密度不同，所以造成試管中的水量高低都不相同。



另外有一個器材相當的重要，那就是保利倫箱，保利倫箱的功能就是要分辨電視上說所說的：「把水放在保利倫箱中，可以使冰晶變的很小，原因是在於保利倫箱可以保持溫度，所以保利倫箱的溫度就會降的比冰箱外面來的慢，這樣就會讓水的凝結速度變慢，只要凝結的時間加長，做出來的冰晶就會變得很小。」但是大部分的保利倫箱都太大了，我們冰箱的冷凍庫都裝不下，於是我們就自己去買保利倫板，把它裁切成需要的大小，在用保利倫膠把保利倫板給拼湊起來，如果有漏風的地方，在用較多的保利倫膠給封起來。因為剛剛好頂到冰箱冷凍庫的頂端。

製作標本時，我們把一滴的水溶液放在載玻片上，然後蓋上蓋玻片。因為老師說要加上指夾油來密封標本，所以在蓋玻片四周都有添上指夾油。為了區分溶液的總類，我們都把他們按照順序由左而右的排列，依序是純水、鹽水、糖水、咖啡、太白粉。

我們分別格一段時間（約 15 分鐘）將標本放入冰箱中，從放入冰箱的那一刻算起，需 15 個小時來冰凍，冰箱的溫度大約是零下 5 度。等到冰凍時間一到，就先把一個標本拿出來，等到觀察完之後，再拿出來第二個，這樣子可以保持冰塊的溫度，讓它不會融化，而且不是同時放入冰凍的，所以也不用擔心時間的不同。接下來由一個人把標本取出，另一個人調整顯微鏡和照相，其他的人就按照數位相機所照出來的照片，把它畫在表格上和填滿表格所要填的資料，最後再加以整理，整理完之後就是現在所看到的圖表一之一至三。

（2）實驗２：不同冰凍時間所形成的冰晶

為了釐清是否拉長冰凍的時間時，冰晶形狀和顆粒有何不同？但是實驗結果和實驗一的冰晶型態幾乎一模一樣，所以就不另以圖表呈現了。我們推測顯示當冰晶形成時，一開始的物質與環境就決定了後來的冰晶組成形狀與大小。

而使用了保利倫箱隔熱的效果，實驗 2 和實驗 1 都顯示出這有使用保利倫箱的冰晶較易溶化，顯示使用了保利倫箱隔熱的效果使結凍時間拉的較長，因而影

響到冰晶的大小，顯示形成結凍冰晶的時間越久，冰晶的形狀越小與熱能接觸的面積較多而導致冰晶較快溶化，但是一旦形成冰晶後就無法有太大的改變了。

（3）實驗３：溶液酸鹼值不同時形成的冰晶

酸鹼溶度的冰晶實驗中，我們還是讓所有物質都做 3 次實驗，這樣所有的數據會比較準確，因為我們老師已經先調配好了 1 莫耳和 0.1 莫耳的鹽酸，所以我們再把 1 莫耳的鹽酸和純水以 1 比 4 的比例去調配，調出來的就是 0.5 莫耳的鹽酸水溶液。接下來就把氫氧化鈉 4 克加純水加到 150 毫升就調配出來了 1 莫耳的氫氧化鈉水溶液，接下來用 1 莫耳的氫氧化鈉和純水以 1 比 4 的比例去調配，調出來的就是 0.5 莫耳的氫氧化鈉水溶液，再把 0.5 莫耳的氫氧化鈉水溶液和純水以 1 比 4 的比例在調配出來，就是 0.1 莫耳的氫氧化鈉水溶液。

現在所需要的水溶液都以調配完成，然後把水溶液滴在載玻片上再蓋上蓋玻片，就是酸鹼溶度的冰晶所需要的標本，再把標本放入冰箱，冰箱的溫度還是零下 5 度，冰凍的時間也是大約 15 個小時，做出來的冰晶加以觀察和拍照，再整理一下，就是現在的圖表二之一至三了。

原本這個實驗是要做酸鹼度對於冰晶大小的影響，實驗結果顯示不同物質所產生出來的冰晶形狀果然不同，但是卻無法分辨酸鹼除了形狀之外的差異。但是我們試著從物質的濃度方向去看，顯示越高濃度所產生冰晶越大。這讓我們想起為何夏天吃挫冰時，如果吃淋上糖水的冰時，冰會溶化得特別快，口感也較綿密。如果吃由糖水直接去凍結的冰品時，冰溶化的較慢，而且口感也較扎實，和冰晶的大小脫不了干係吧。

（4）綜合討論

首先，是我們不同水溶液且沒使用保利倫的實驗，我們總共做了三次，第一次的實驗算是失敗了，因為我們所觀察到的全部都不是冰晶，而是小水珠，不過第二次實驗我們看到了冰晶，大部分真正的冰晶中間還會有個圓點，就是冰晶核，我們參考文獻中的資料，冰晶核會吸引其他小水滴，再結合成冰，冰晶是有稜有角的，我們沒辦法觀察到完整的冰晶(因為場地、工具和經驗不足的關係)，所以我們的實驗照片全部都不是完整的冰晶。不過第二次糖的實驗照片(無保利倫)不是照得很清楚，所以我們以藍色代表照片模糊，無法辨識，不過還是屬第二次太白粉和咖啡的冰晶(無保利倫)最細小，第二次太白粉照片的那個洞是氣泡，不是冰晶，最後我們發現第二次水的冰晶形狀跟其他水溶液有點不一樣，還有不同水溶液對冰晶不會有太大的變化，而且像太白粉那些較容易沉澱的物質更不會影響冰晶形狀還有大小。

接著是有保利倫和沒有保利倫的作比較，沒有保麗倫的冰晶較容易凝結，而且較不容易溶化；有保利倫的冰晶比較容易凝結，但是冰塊較容易溶化。經過我們這一組的討論後，我們認為是冰晶的大小可以影響冰塊的溶化速率，當冰晶越大，溶化速率較慢，相對的當冰晶越小，溶化的速率也就加快。而且我們也證明

了電視上所說的：「保利倫可以使得冰塊較慢凝結。」

再來就是酸鹼水溶液的實驗了，我們發現有保利倫和沒保利倫的冰晶(有延長時間和沒有延長的)溶化的速率不同，有加保利倫延長時間的冰晶溶化速率較快，則沒加的較慢，還有我們發現有保利倫的冰晶較小，所以才比較容易融化吧，在實驗過程中我們遇到了困難，就是冰晶熔化速度都太快了，還有我們一用手碰到冰晶就快快速溶解，所以我們用旁邊就有冰箱的實驗教室來解決這個問題，原本我們用畫的將冰晶記錄下來，不過太慢了，來不及，可是後來我們想到了一個解決方法，我們先用像機拍了再來畫。

六、研究檢討

（１）如何讓我們所觀察的冰晶不易受外在溫度影響而快速溶化？

改變使用工具，例如：鑷子、隔熱手套，避免手的溫度傳導至玻片上，並且影響到我們所觀察的冰晶避免快速溶化。亦可考慮改變外在環境，例如：做實驗時在晚上、天氣較涼快的時後進行。

（２）如何讓載玻片及蓋玻片之間的水溶液更不易散失？

改變密封的工具，可將膠帶綑綁坡片來取代用指甲油密封坡片。

（３）若是觀察未結冰的水溶液標本上出現氣泡該如何處理？

重新製作，且蓋上時要更加注意。

（４）如何改進讓物質更溶於水中才不影響冰晶的結果？

應仔細攪拌均勻才是，要讓物質完全溶化。

（５）是否可以用其他材質的板子替換保利倫？

是的，例如：玻璃、塑膠、紙板都是可以替換保利倫來延長冰晶結凍的時間。

七、結論

（１）　含不同物質的溶液所產生的冰晶具有不同的型態。

（２）　延長結冰的時間，可以產生愈微細冰晶。

（３）　物質濃度愈高的溶液，產生的冰晶越大。

（４）　溶液物質的不同、濃度的差異、結冰的時間都會影響冰晶的大小與形狀。

（５）　利用冰晶產生的差異，可以用來製造出口感有所差異的冰品。

八、參考資料

１. http://www.geos.ntnu.edu.tw/ljl/indexe15_5_1.htmhttp://content.edu.tw/primary/nature/ks_gc/nctheme/ckl04/4-18-7.htm

2. http://content.edu.tw/junior/bio/tc_wc/textbook/ch06/supply6-3-0.htm
3. http://www.geos.ntnu.edu.tw/ljl/indexe15_5_1.htm
4. http://lib.swsh.tpc.edu.tw/science/content/1975/00120072/0008.htm#三　水滴結冰時噴出無數微細水滴

九、附記

（1）冰晶的成長：

冰晶的成長再於說如果在低於零度以下的雲，過冷水滴與冰晶可能共存，這時後，空氣如果對於過冷水滴是飽和的狀態，則對冰晶已經是過飽和了，所以這實在冰晶表面過多的水汽會直接昇華為冰，吸附在冰晶的表面，冰晶則因此變大，所以空氣中的水汽會一直往冰晶跑，直到空氣水汽壓達到冰表面的飽和水汽壓，這時候對於過冷水滴表面而言則變為未飽和（因為過冷水滴飽和水汽壓大於冰晶）假如空氣塊持續上升的話（也就是雲內對流旺盛的話），空氣會一直維持著飽和的狀態，因此過冷水滴就會被迫蒸發而使其表面水汽壓達飽和，這時候又跟上面所述的情形一樣了這時候對於冰晶表面又是過飽和狀態所以依此推冰晶會一直吸附空氣中水汽而變大而過冷水滴會一直要達到飽和而一直蒸發而變小所以通常在冰晶和水滴共存的雲冰晶的成長會比單純只有水滴的成長（合併作用）為快當水滴開始結冰的時候，水滴的表面上立刻形成一薄層冰殼，隨後就有無數微細水滴，載玻片上的微細水滴，愈靠近結冰水滴，它們成長得愈快。微細水滴的集中度也增加得很快。但此時結冰水滴的內部溫度卻始終保持在大約 0℃。結冰過程完成之後，微細水滴的生長馬上停止，已經結冰的水滴，它的溫度又很快的減低到和周圍空氣的溫度相當。而後所有微細水滴又開始減小，離凍結水滴最遠的首先消失，有些微細水滴因為接觸到凍結水滴表面伸出的冰柱而結冰。用一纖維絲懸掛一顆水滴，舉行類似的試驗，當結冰開始之後，整個結冰期間都可以看到，有微細的水滴流不斷地從結冰中水滴的表面射出來。結冰完成後，這種現象即告終止。

（2）冰晶與日常生活：

關於我們日常生活所見到跟冰晶有關的事物是少之又少，其中我們常見的冰晶現象有霜跟雲，而跟動物比較有關係的是冬眠現象。

【1】霜的形成：

1.霜等形成和露是一樣的，是空氣中的小水滴遇到非常冷(0℃以下)的地面物，就會凝固為碎冰狀的結晶，就是霜。台灣的冬天在平地不易見到，可用冰箱的霜來觀察，就可發現霜是固態的。

2.形成霜的條件：(1)有充分的水汽。 (2)0℃以下冰冷的地面物。

【2】雪的形成：

1 大氣中的水汽直接凝結成冰，就是雪。也可說是雲中的溫度過低，小水滴結成冰晶，落到地面仍然是雪花時，就是下雪了。冰融化時會吸熱，所以地面氣溫會

比下雪時低。

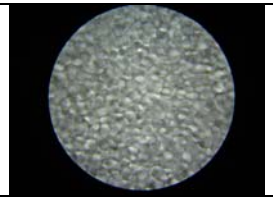
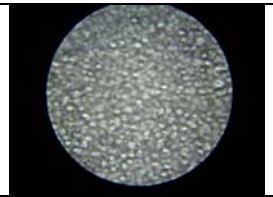
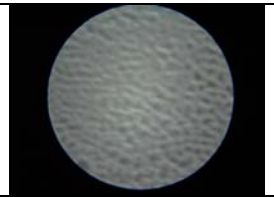
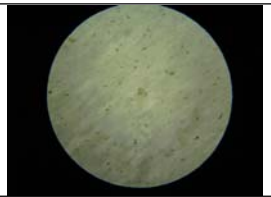
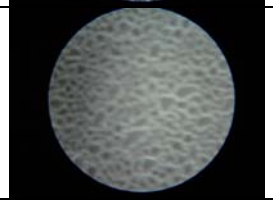
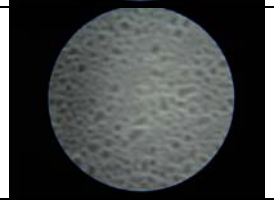
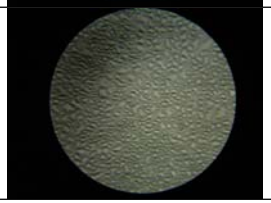
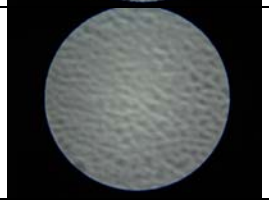
2.形成雪的條件：(1)大氣中需含有較冷的冰晶核。(2)充分的水汽。(3)0℃以下。

【3】變溫動物的冬眠：

變溫動物在當溫度降至冰點以下就會開始冬眠，因為，天氣降到零下時會對生物體造成物理性及生理上的傷害。物理上的傷害主要是由結冰造成：當冰晶在細胞間逐漸變大時，會改變細胞間質溶液的性質，並且因為冰晶的膨脹而阻斷細胞與細胞間物質的交換，進而引發生理上的傷害。冰溫對生物生理上造成的傷害，可能因為冰晶在細胞外形成時，會使細胞外水分子的濃度減低，因此造成細胞內水分子的濃度大於細胞外水分子的濃度，使得水分子向細胞外滲透，造成細胞內滲透壓的劇烈變化，導致細胞體積萎縮與 pH 值的改變，使細胞膜的通透性異於常態，阻塞了離子進出細胞的通道，導致細胞死亡。

變溫動物為了在冰溫時仍能生存，有兩種適應上的選擇，一是忍耐、二是避免冰凍。如果生物是以忍耐來適應冰溫時，牠必須能夠克服以下的問題：一、冰晶必須只存在於細胞外，而且愈小愈好，因為細胞內如果結冰，會使細胞質的濃度改變，再加上低溫會改變蛋白質的活性，影響生理代謝，細胞可能會立即死亡；二、細胞間質液體結冰的速率愈慢愈好；三、細胞必須避免脫水和萎縮；四、細胞必須維持代謝上的恆定。動物為了能成功克服以上問題，通常動物體內具有特殊的「冰晶核蛋白」(ice-nucleatingprotein；INP)，以控制細胞外冰晶的形成，並利用抗凍蛋白(antifreezingprotein 或 thermalhysteresisproetin；THP)來控制冰晶的擴大。此外，動物體內必須具有低分子量的抗凍劑(cryoprotectants)，來維持細胞的體積和細胞膜的結構，及保持未結冰的水分不結冰，同時再減低代謝速率或是以無氧呼吸方式，來維持生命。另一種適應方式是「避免冰凍」。此種適應和「忍耐冰凍」最大的不同是，體液如果出現結冰現象，則會危及生存，所以如何避免體內出現冰晶，是此類動物必須克服的。欲解決這問題，動物體內必須具備抑制冰晶核的形成和避免體溫降至凝固點以下的能力，牠們在低溫時必須能清除體內的冰晶核，並且以體內的抗凍蛋白抑制冰晶核的形成，及累積高濃度的抗凍劑以維持體溫在凝固點以上，才能避免結冰

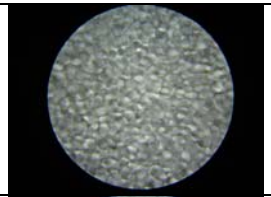
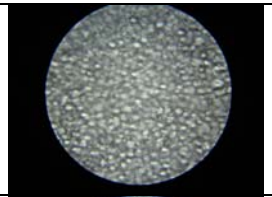
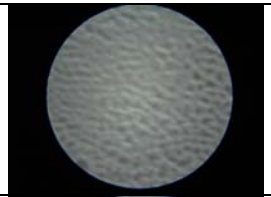
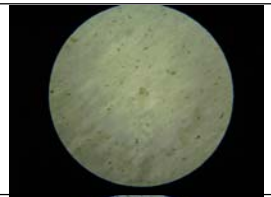
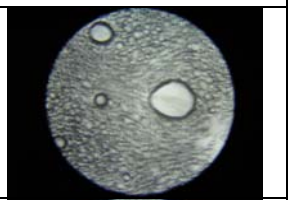
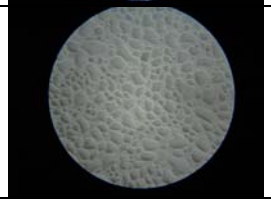
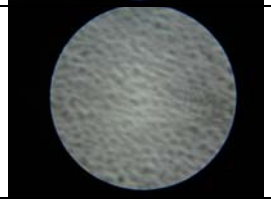
不同溶液和是否有用保利倫箱的冰晶比較

溶液總類 / 實驗結果		純水	鹽水	糖水	咖啡	太白粉
冰晶大小	無用保利倫箱	中	較小	較大	顆粒小、細	中
	用保利倫箱	中	較小	較大	顆粒較小	較小
冰晶形狀	無用保利倫箱	圓	圓	三角狀	長方形(細小)	圓
	用保利倫箱	圓，但接近三角狀	圓	長條狀	長條狀	圓
冰晶繪畫	無用保利倫箱					
	用保利倫箱					

P.S：無用保利倫箱溶液冰晶的大小都是跟純水做比較，用保利倫箱的冰晶大小都是跟用保利倫箱同溶液的無用保利倫箱做比較，冰晶的繪畫和實際冰晶的樣子會有些差別，冰凍時間為一個晚上，冰凍溫度為-5 度

〈圖表一之一〉

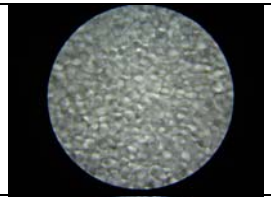
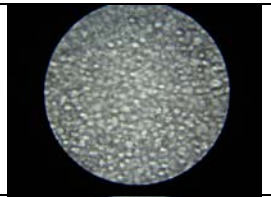
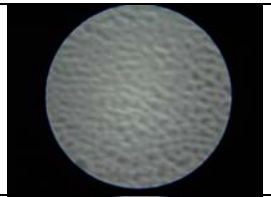
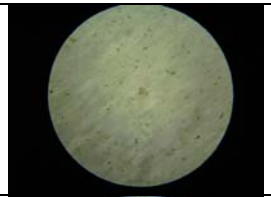
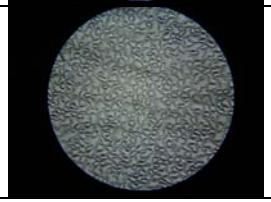
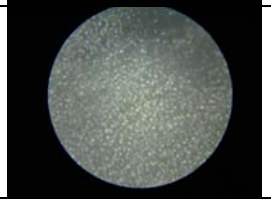
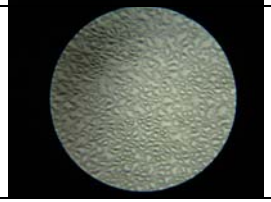
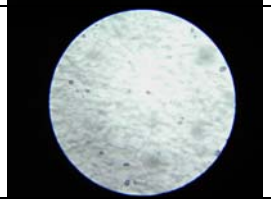
不同溶液和是否有用保利倫箱的冰晶比較

溶液總類 / 實驗結果		純水	鹽水	糖水	咖啡	太白粉
冰晶大小	無用保利倫箱	中	較小	較大	顆粒小、細	中
	用保利倫箱	中	細小	較大	顆粒較小	較小
冰晶形狀	無用保利倫箱	圓	圓	三角狀	長形(細小)	細條狀
	用保利倫箱	橢圓	圓	長條狀	接近橢圓狀	圓
冰晶繪畫	無用保利倫箱					
	用保利倫箱					

P.S：無用保利倫箱溶液冰晶的大小都是跟純水做比較，用保利倫箱的冰晶大小都是跟用保利倫箱同溶液的無用保利倫箱做比較，冰晶的繪畫和實際冰晶的樣子會有些差別，冰凍時間為一個晚上，冰凍溫度為-5 度

〈圖表一之二〉

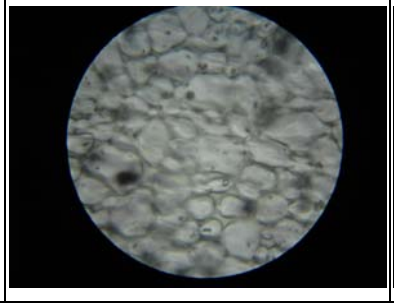
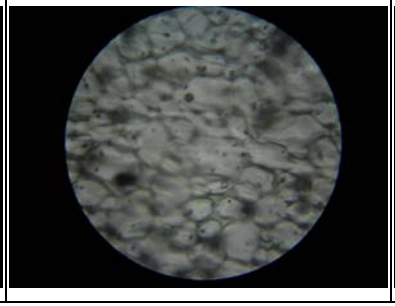
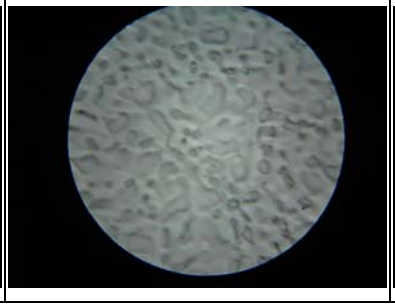
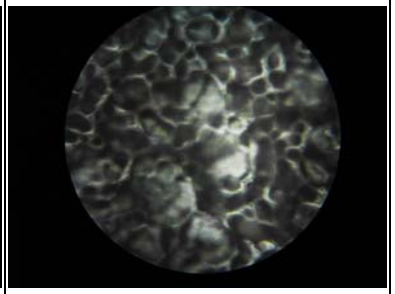
不同溶液和是否有用保利倫箱的冰晶比較

溶液總類 / 實驗結果		純水	鹽水	糖水	咖啡	太白粉
冰晶大小	無用保利倫箱	中	較小	較大	顆粒小、細	中
	用保利倫箱	中	細小	較大	較小	中
冰晶形狀	無用保利倫箱	圓	圓	三角狀	長形(細小)	細條
	用保利倫箱	圓	點狀	細條狀	長條狀	點狀
冰晶繪畫	無用保利倫箱					
	用保利倫箱					

P.S：無用保利倫箱溶液冰晶的大小都是跟純水做比較，用保利倫箱的冰晶大小都是跟用保利倫箱同溶液的無用保利倫箱做比較，冰晶的繪畫和實際冰晶的樣子會有些差別，冰凍時間為一個晚上，冰凍溫度為-5 度

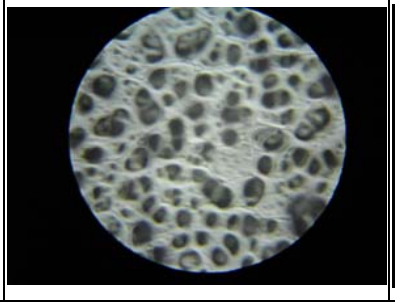
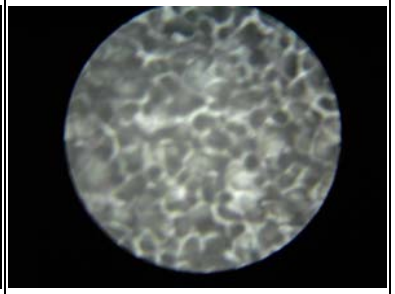
〈圖表一之三〉

不同酸鹼度的冰晶比較

溶液總類 實驗結果	0.1M 的鹽酸	0.5M 的鹽酸	0.1M 的氫氧化鈉	0.5M 的氫氧化鈉
冰晶大小	大	大	小	大
冰晶形狀	圓形	長方形	長條狀	圓形
冰晶繪畫				
P.S：酸性或鹼性的冰晶大小都是跟上次實驗的純水做比較，冰晶的繪畫和實際冰晶的樣子會有些差別，冰凍時間為一個晚上，冰凍溫度為-5 度				

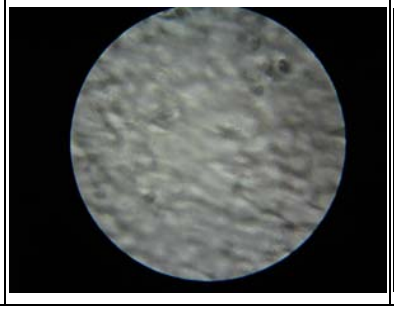
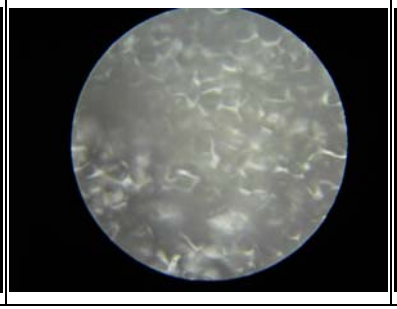
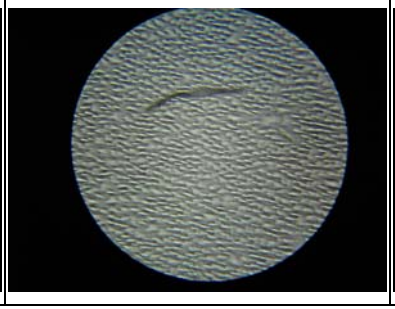
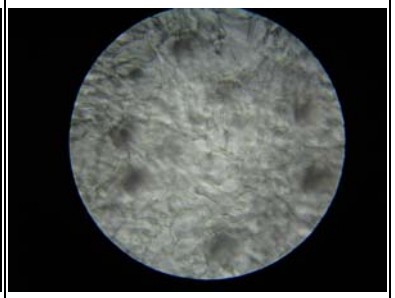
〈圖表二之一〉

不同酸鹼度的冰晶比較

溶液總類 實驗結果	0.1M 的鹽酸	0.5M 的鹽酸	0.1M 的氫氧化鈉	0.5M 的氫氧化鈉
冰晶大小	大	小	大	大
冰晶形狀	圓形	點狀	長條狀	點狀
冰晶繪畫				
P.S：酸性或鹼性的冰晶大小都是跟上次實驗的純水做比較，冰晶的繪畫和實際冰晶的樣子會有些差別，冰凍時間為一個晚上，冰凍溫度為-5 度				

〈圖表二之二〉

不同酸鹼度的冰晶比較

溶液總類 / 實驗結果	0.1M 的鹽酸	0.5M 的鹽酸	0.1M 的氫氧化鈉	0.5M 的氫氧化鈉
冰晶大小	大	中	小	大
冰晶形狀	圓形	圓形	點狀	顆粒狀
冰晶繪畫				
P.S：酸性或鹼性的冰晶大小都是跟上次實驗的純水做比較，冰晶的繪畫和實際冰晶的樣子會有些差別，冰凍時間為一個晚上，冰凍溫度為-5 度				

〈圖表二之三〉

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評　　語

國中組　生活與應用科學科

030802
挫冰大不同-探討影響冰晶的因素

花蓮縣立花崗國民中學

評語：
具科學研究精神，能從生活中小細節處著手，但研究結果缺乏實際應用及說明，且學術性價值稍嫌不足，亦缺乏客觀之分析及數據化之比較。