

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081521

透明冰

學校名稱：苗栗縣苗栗市文山國民小學

作者： 小五 張儀同 小五 丁兆生 小五 李貫宇 小五 謝欣庭 小五 王靜涵 小五 傅家鈴	指導老師： 鍾運保
---	--------------

關鍵詞：水的三態 水的密度 溶解

作品名稱：透明冰

摘 要



冰塊應該是無色透明的，但我們日常生活中所看到的冰塊大部份中間都有一團白色物質或看起來霧霧的，我們想藉由實驗和觀察，探索冰塊中間白色部份的成因，進而探討利用家裏的簡單器具製作透明冰的可行性。在實驗過程中我們發現，溶解於水中的礦物質、雜質與空氣，會影響水凝固成冰後的透明度，水中的礦物質與空氣愈多，所凝固成的冰塊透明度愈差。在製作透明冰時，我們發現水中

的空氣是影響冰塊透明度的因素中最難控制的一項，由於水的密度在 4°C 時最大，所以冰塊在凝固時會從上緣開始凝固，這樣很容易造成空氣被困在水中，等最後大部份的水都凝固後，空氣就被擠壓在冰塊的中間造成白色的部份，想要製作出透明冰，就必須突破這方面的限制。

壹、研究動機

夏天快到了，在天氣炎熱的時候，吃碗冰涼的剉冰是最舒服的事了，但為什麼冰店剉冰用的大冰塊看起來是那樣的晶瑩剔透，而我們家裏冰箱做出來的冰塊看起來卻總是有點霧霧的中間部分還帶有一團白白的呢？

在三年級下學期自然課「奇妙的水」單元中我們學到水的三態及其變化，了解水在低溫時會凝固成冰，水和冰都是無色透明的。但奇怪的是為什麼我們家裏冰箱做出來的冰看起來都是白白霧霧的呢？三年級上學期自然課「廚房裏裡的科學」單元中有提到溶解，我們大膽的假設，水看起來雖然是透明的，但可能有許多的物質溶解在水中，莫非就是這些物質影響了冰的透明度？我們找了很久的資料，不管是圖書或者是網路上的資料，幾乎都沒有「透明冰製作方法」的相關資料。因此我們想經由各種實驗來了解冰塊中白色部分形成的原因，進而想辦法利用家裏的冰箱和簡單的器材做出透明的冰。

貳、研究目的

- 一、探討水凝固成冰的過程中影響冰塊透明度的因素。
- 二、探討在家自行製作「透明冰」的可行性。

參、研究設備及器材

- 一、材料：自來水、逆滲透處理過的水、純水、塩、味精。
- 二、設備：電冰箱、微波爐、熨斗、數位相機、免洗杯(耐熱水晶杯)、保鮮膜、筷子、橡皮筋、量杯、保麗龍碗、餐盤、餐墊。

肆、研究過程或方法

一、實驗一：觀察水凝固成冰的過程

(一) 說明：

爲了解冰塊中白色部分形成的原因，我們決定先觀察水凝固成冰的過程，再根據觀察結果，假設各種可能影響的因素，以便進一步的驗證。

(二) 實驗步驟：

- 1.在八個免洗杯中分別裝入 150 cc的自來水，放入冰箱冷凍庫。
- 2.每隔一小時取出一個免洗杯並觀察記錄水凝固成冰的過程及其特徵。

(三) 實驗結果：

時間	結果		
一小時後			
	<p>1.發現上層的水已經凝固成冰，而且冰的顏色非常透明。</p> <p>2.把整杯水和冰倒出來後發現，最上層的冰層較厚，左右稍微薄一點，靠近杯子底部的部分則沒有發現凝固的現象。</p>		
二小時後		<p>杯子外圍凝固成冰的部分增加，可以明顯看到杯子外圍有一圈已經凝固的冰，被冰包覆在中間的則是未凝固的水，整杯冰和水看起來都非常透明。</p>	
三小時後		<p>杯子外圍凝固的部分更多了，中間未凝固部分明顯減少，未凝固的水在冰塊的中間看起來好像是一個大氣泡（事實上是水）。</p>	

四小時後		<ol style="list-style-type: none"> 1. 杯子中的水幾乎都凝固成冰了，中間已經有一團非常明顯的白色部分，且旁邊出現了一些裂痕。 2. 發現杯子中間的小氣泡還會動，推論中間應該是還有水還沒凝固。 	
五小時後			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 所有免洗杯中的水都已凝固成冰，每一個冰塊都分成透明和不透明二個部分。不透明部分主要是因為冰塊中間有一團白色的不明物質以及裂痕所造成。 2. 發現其中一個冰塊中白色部分旁有許多氣泡，而且從白色部分呈放射狀向四周散開，看來有點像刺蝟。 3. 發現水凝固成冰後，有些杯子被撐破了，證明水在凝固成冰後體積膨脹了。 			

(四) 討論與假設：

1. 在實驗過程中發現水在凝固的過程中，可能是因為水的外圍和冷空氣接觸，溫度降較快，因此先凝固成冰。
2. 水雖然看起來是透明的，但其中卻有許多礦物質和其它物質溶解在其中，甚至有許多肉眼看不到的其它物質懸浮於其中。因此我們懷疑，冰塊中白色的部分是由溶解在水中的物質所引起的。
3. 冰塊中白色部分的周圍，我們發現了放射狀的氣泡，因此我們大膽的假設，白色部分中可能含有大量空氣，這可能也是造成冰塊中間看起來白白霧霧的原因。
4. 想要做出透明的冰，一定要避免裂痕的產生。我們懷疑這些裂痕是由於水凝固成冰時體積快速膨脹彼此互相擠壓而產生裂痕，因此想要做透明冰冷凍的速度要慢一點比較好。

二、實驗二：溶解於水中的礦物質對於冰塊透明度的影響

(一) 說明：

1.根據實驗一的觀察結果和我們的假設，我們決定將礦物質含量不同的水放到冰箱冷凍，並且觀察哪一種水凝固成冰後透明度最好。

2.我們選擇了以下的水來進行實驗：

類別	說明
鹽水	將鹽溶解於自來水中，增加水中的礦物質含量
味精水	將味精溶解於自來水中，增加水中的礦物質含量
自來水	水中的雜質、礦物質含量較多
經逆滲透濾水器處理過的水	水中的雜質、礦物質含量較自來水少
純水	蒸餾水，水中沒有礦物質及雜質

(二) 實驗步驟：


1.在免洗杯中裝入 150 cc的自來水，並在水中加入二平匙的鹽，用筷子緩緩的攪拌直到鹽完全溶解於水中。





2.在免洗杯中裝入 150 cc的自來水，並在水中加入二平匙的味精，用筷子緩緩的攪拌直到味精完全溶解於水中。

3.取三個免洗杯，第一杯裝入 150 cc的純水（蒸餾水），第二杯裝入 150 cc經逆滲透處理過的水，第三杯裝入 150 cc的自來水。

4.將上述五杯水放入冰箱冷凍庫，24 小時後觀察水凝固成冰後的透明度。

(三) 實驗結果：

類別	結果
鹽水	 <p>鹽水所凝固成的冰，整個冰塊看起來都是霧霧的，沒有任何透明的部分，但也沒有明顯白色的部分。</p>

味精水		味精水所凝固成的冰，整個冰塊看起來都是霧霧的，沒有任何透明的部分，但也沒有明顯白色的部分。
自來水		自來水所凝固成的冰，外圍是透明的，中間部分有白色部分。
逆滲透處理過的水		逆滲透處理過的水所凝固成的冰，外圍是透明的，中間部分有明顯白色，但白色部分較自來水所凝固成的冰少。
純水		純水所凝固成的冰，外圍是透明的，中間部分有明顯白色，但白色部分較自來水、逆滲透處理過的水所凝固成的冰少。

（四）討論與假設：

- 1.依實驗結果分析，我們發現礦物質含量愈高的水所凝固成的冰愈不透明，礦物質含量愈低的水所凝固成的冰愈透明。
- 2.純水雖然不含任何礦物質，但所凝固成的冰中間依然有白色部分，證明除了礦物質外還有其它因素會影響冰塊的透明度。
- 3.純水所凝固成的冰中間白色部分周圍有許多的小氣泡，因此我們假設冰塊中間白色部分或許是由空氣所造成的。

三、實驗三：溶解於水中的空氣對於冰塊透明度的影響

(一) 說明：

1.根據實驗二的觀察結果及我們的假設，我們決定將空氣含量不同的水放到冰箱冷凍，並且觀察哪一種水凝固成冰後透明度最好。

2.在水加熱時（沸騰前），可以觀察到有許多的小氣泡不斷的從底部冒出，這證明空氣在水中的溶解量是隨著溫度的升高而減少的，因此我們決定在實驗中將水加熱以減少水中空氣的含量。



3.我們選擇了以下的水來進行實驗：

類別	說明
逆滲透處理過的水	常溫下逆滲透處理過的水
加熱後的逆滲透處理過水	將逆滲透處理過的水加熱，減少水中空氣的含量。
純水（蒸餾水）	常溫下的純水（蒸餾水）
加熱後的純水（蒸餾水）	將純水加熱，減少純水中空氣的含量。

(二) 實驗步驟：

1.取四個免洗杯二個二個疊在一起，第一杯裝入 150 cc 經逆滲透處理過的水，第二杯裝入 150 cc 的純水。





2.把上述二杯水放到微波爐中微波加熱 10 分鐘減少水中空氣的含量，微波完後在免洗杯上分別以保鮮膜和橡皮筋將杯口封住，封的時候盡量把杯中的空氣擠出，避免在冷卻的過程中空氣和水接觸。（不用鍋子煮沸是因為擔心煮沸後再將水倒入免洗杯時空氣會溶解到水中。）

3.將上述二杯水靜置冷卻 30 分鐘。（直接將熱水放入冰箱中怕造成冰箱的損壞。）

4.再取四個免洗杯二個二個疊成一杯，第一杯裝入 150 cc 經逆滲透處理過的水（未加熱），第二杯裝入 150 cc 的純水（未加熱）。

5.將上述四杯水放入冰箱冷凍，24 小時後觀察水凝固成冰後的透明度。

(三) 實驗結果：

類別	結果	
常溫逆滲透水		<ol style="list-style-type: none"> 1.逆滲透處理過的水所凝固成的冰，外圍是透明的，中間部分有明顯白色部分。 2.用熨斗把冰塊上方的冰融化直到中間白色部分後，發現白色部分有許多非常細小的小孔，而且還有許多小氣泡從小孔中冒出來。
加熱後逆滲透水		<ol style="list-style-type: none"> 1.加熱後逆滲透處理過的水所凝固成的冰，外圍是透明的，中間部分有明顯白色部分，但白色部分較沒有加熱的逆滲透水所凝固成的冰少。 2.用熨斗把冰塊上方的冰融化直到中間白色部分後，發現白色部分有許多非常細小的小孔，而且還有許多小氣泡從小孔中冒出來。
常溫純水		<ol style="list-style-type: none"> 1.純水所凝固成的冰，外圍是透明的，中間部分有明顯白色部分。 2.用熨斗把冰塊上方的冰融化直到中間白色部分後，發現白色部分有許多非常細小的小孔，而且還有許多小氣泡從小孔中冒出來。
加熱後的純水		<ol style="list-style-type: none"> 1.加熱後的純水所凝固成的冰，外圍是透明的，中間部分有白色部分但看起來不多，比沒有加熱的純水所凝固成的冰少很多。 2.用熨斗把冰塊上方的冰融化直到中間白色部分後，發現白色部分有許多非常細小的小孔，而且還有許多小氣泡從小孔中冒出來。

(四) 討論與假設：

- 1.依實驗結果分析，我們發現空氣含量較少的水所凝固成的冰較透明白色部分也比較少。
- 2.從冰塊中間白色部分旁邊的氣泡以及用熨斗把冰塊上方的冰融化後在白色部分看到的小孔以及從小孔中冒出氣泡等現象來判斷，冰塊中白色部分是溶解在水中的空氣所造成的。

四、實驗四：冷凍速度對於冰塊透明度的影響

(一) 說明：

根據實驗一的觀察結果及我們的假設，我們決定把水以不同的速度冷凍，並且觀察哪一種速度凝固成冰後透明度最好。

(二) 實驗步驟：

1. 取二個免洗杯各裝入 150 cc 的純水。
2. 把一杯水放入冰箱冷凍庫，並把溫度調成強冷，另一杯水放入冰箱變溫室，並把溫度調成弱冷。
3. 冷凍 24 小時後觀察水凝固成冰後的透明度。

(三) 實驗結果：

類別	結果
強冷	 <p>我們發現冷凍強度設定為強冷時，冰塊中間白色的部分看起來較大，而且在透明部分看到較多放射狀的小氣泡。</p>
弱冷	 <p>我們發現冷凍強度設定為弱冷時，冰塊中間白色的部分看起來較小，而且在透明部分較少看到小氣泡。</p>

(四) 討論與假設：

從實驗結果可以發現冷凍速度確實會影響冰塊中白色部份的大小。冷凍速度較快的水所凝固成的冰，白色部份看起來較多，就算是旁邊較透明的部份也有不少小氣泡。冷凍較慢的水所凝固成的冰，白色部份看起來較少，透明部份幾乎沒有看到小氣泡。

五、實驗五：透明冰的製作（一）

（一）說明：綜合實驗二、三、四的結果，我們決定使用純水來製作透明冰，只要我們能把溶解於水中的空氣去掉，應該就可以成功。

（二）實驗步驟：

- 1.取一個免洗杯，在杯子中裝入 150 cc的純水後放入冰箱冷凍，冷凍強度設為弱冷。
- 2.冷凍 4 小時後，把杯子拿出來此時外圍部分應該凝固成冰，中間有尚未凝固的水。
- 3.把冰塊中未凝固的水倒出來即可。

（三）實驗結果：

這個方法讓我們輕易的就做出透明冰，如右圖，其實這只是一個空心的透明冰。



六、實驗六：透明冰的製作（二）

（一）說明：我們想改變水凝固成冰的程序，不要讓水從上層開始凝固，讓水從下層開始凝固，這樣水中的空氣就可以在凝固前輕易的排到空氣中，不會被困在冰塊中。

（二）實驗步驟：

- 1.取二個免洗杯疊在一起，在杯子中裝入 30 cc的純水，把純水放入微波爐加熱，加熱完後立刻用保鮮膜和橡皮筋把杯口封住再靜置 30 分鐘冷卻。
- 2.把冷卻後的杯水放入冰箱冷凍，且在杯子的底部放二根筷子，讓杯子的底部墊高並有中空的部分能接觸到冷空氣。
- 3.把杯水冷凍 24 小時後觀察水凝固冰後的透明度。

（三）實驗結果：

冰塊中間依然有白色部分如右圖，而且很明顯可以看到許多放射狀的氣泡。



七、實驗七：透明冰的製作（三）

（一）說明：檢討實驗六失敗的經驗，我們改以隔熱效果較好的寶麗龍碗來代替紙杯。

（二）實驗步驟：

- 1.取一個寶麗龍碗，在碗中裝入 100 cc 的純水，用保鮮膜和橡皮筋把碗口封住。
- 2.在寶麗龍碗口上方用一塊較硬的餐墊壓住，把整個寶麗龍碗含餐墊反過來，使碗口朝下底部朝上，再放入冰箱冷凍。
- 3.冷凍時利用家裏蒸菜用的鐵架，把整個寶麗龍碗墊高，讓冷空氣能接觸到碗口。
- 4.冷凍 72 小時後觀察水凝固成冰後的透明度。

（三）實驗結果：

冰塊中間雖然已經沒有明顯白色部分如下圖，而且大部分都很透明，但冰塊中還是有許多放射狀的小氣泡。



伍、研究結果

一、水和冰都是透明無色的，水凝固成冰後中間白色部分是由水中的空氣和礦物質所造成，水中的礦物質和空氣含量愈高所凝固成的冰愈不透明。

二、由於密度的關係，水凝固成冰時一定是由上層開始凝固，這時溶解在水中的空氣因無法一起凝固，有些就被困在冰中變成小氣泡，有些被釋放到空氣中，有些被擠到下層未凝固的水中，造成水和空氣一起被封在冰層底下的現象。接著外圍的水不斷的凝固，空氣就逐漸被擠到中間未凝固的水中，在這個過程中因未凝固的水愈來愈少，空氣想要溶解在水中也愈來愈難，因此有愈來愈多無法溶解於水中的空氣被封在冰中，這也就是為什麼當水完全凝固後我們看到了許多放射狀的氣泡從白色部分往四周散開的原因，白色部分就是冰塊中最後凝固的地方，其所含的空氣是最高的，所以看起來也最白。

三、在實驗六透明冰的製作（二）中，我們試圖改變水凝固成冰的過程，讓冰從下層開始凝固，這樣水中的空氣就可以順利的排到空氣中不會被困在水中，也就可以做出透明冰了。

1.我們的想法：

(1)紙杯中只裝入 30 cc 的純水，這樣除了水之外，杯子上方就會有大約三分之二杯的空氣，接著我們用保鮮膜把杯口封住，希望杯子中上層的水盡量不要直接接觸到冷空氣。

(2)冷凍時，在杯子的底部墊了二根筷子，希望使冷空氣能夠接觸到杯子的底部，使杯子底部的水散熱較快，這樣就能比水的上層先凝固成冰。

2.失敗的原因：

(1)杯子上方並不是真空，熱還是可以經由杯子上方的空氣來進行傳播。

(2)杯子的厚度不足，熱可以很輕易的經由杯子左右的杯壁來進行傳播。

(3)基於以上二個原因，所以我們在實驗中發現雖然下層的水凝固的速度加快了，但上層的水依然無法在最後才凝固，所以還是有些空氣被困在水中。

四、實驗七透明冰的製作（三）我們改進了紙杯隔熱效果較差的缺點，做出了較透明的冰，中間也沒有明顯的白色部分，但冰塊中卻依然還是有許多的小氣泡。雖然已經成功的讓冰從水的下層開始凝固，但或許是凝固的速度太快，所以有些空氣還是被封在冰塊中，由此可見冷凍的速度應該是製作透明冰的重要關鍵。

五、要做一塊透明冰，這中間包含的學問超乎我們的想像，除了水的密度外，連液態凝固成固態時分子的排列狀態也有影響…！雖然難過，但在找不到任何資料又歷經了無數次的失敗後，我們不得不承認，如果要用家裏的冰箱和簡單的器材要製做出透明冰，實驗五的方法是最簡單可行的。製作透明冰的實驗過程雖然簡單，但卻非常耗時間，也很容易失敗，其實在交件時，我們每個人的冰箱中都還有尚未完成的冰，雖然結果無法列入結論，不過我們還是會繼續研究希望能有更進一步的突破。

陸、討論

一、水凝固成冰時爲什麼一定時從最上層開始凝固？

水的密度在 4℃ 時最大，4℃ 以下時溫度愈低密度愈低，因此 4℃ 的水一定會沈在水的最下層，小於 4℃ 的水會浮在上層，而且溫度愈低的水會浮在最上層，所以水一定是從最上層開始凝固。如果水的密度是在 0℃ 時最大，那麼北極圈及南極圈冰層底下一定沒有水生動植物能夠存活，因爲如果是這樣溫度較低的水會沈在最下層，水會從底部開始往上凝固，換句話說，冰層底下不可能有液態的水，當然水中的動植物都無法生存了。

二、爲什麼很多餐廳和飲料店用的冰塊很透明但卻是中空的呢？

在實驗過程中我們發現要製做一塊完完整整的透明冰非常不容易所花的時間要非常久，就算可以利用機器製作出來，其成本一定也比較高。相反的利用實驗五的方法，大家都可以利用家裏的冰箱輕鬆的製做出透明冰，因此我們可以發現不少飲料店及餐廳所使用的透明冰都是中空或者是凹一個洞的。

柒、結論

一、水中的礦物質含量會影響水凝固成冰後的透明度，礦物質含量愈高，冰塊看起來會愈不透明。

二、溶解於水中的空氣會影響水凝固成冰後的透明度，空氣含量愈高，冰塊中白色的部分及氣泡就會愈多。

三、想要製做出透明冰最好使用不含礦物質的純水，冷凍的速度愈慢愈好使水在凝固成冰的過程中能把溶解於水中的空氣釋放出來。

捌、參考資料及其他

一、國小自然與生活科技第一冊（民 95 年）。台北縣：康軒文教事業股份有限公司。

二、國小自然與生活科技第二冊（民 95 年）。台北縣：康軒文教事業股份有限公司。

三、國小自然與生活科技第五冊（民 95 年）。台南市：翰林出版事業股份有限公司。

四、http://content.edu.tw/junior/phy_chem/pd_kc/tag.1.1.2.1.html

五、http://home.kimo.com.tw/survey_chem/new1.htm

【評 語】 081521 透明冰

1. 實驗簡捷完整。
2. 水中的空氣，礦物質含量並非說多少就有多少，應該提出更有力的證據。
3. 研究報告的傳達方面頗佳。
4. 很好的題材，唯其中物理較深，不易徹底研究，但仍有改善空間。
5. 應加強數量的分析。