

屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：冰鹽歷險記

關 鍵 詞：吸熱、溶解度、飽和（最多三個）

編號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號：由承辦學校統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

冰鹽歷險記

摘要

六上南一版的自然與生活科技，有二項實驗：「製造露與霜」、「水的結冰實驗」，兩者皆使用了「食鹽」使碎冰快速降溫。但，我們想問的是：加入鹽巴後的碎冰，會快速降溫，這看似尋常的物理現象其背後原理為何？若將市面上常見的不同種類的鹽巴加入碎冰中，其降溫效果是否會有顯著差異？如果有，是哪些因素所造成？

經實驗數據分析及原因探究，我們得到以下結論：

- 一、鹽溶解於碎冰後，吸收了冰塊或冰塊上層水膜的熱量，使冰塊能瞬間降溫。
- 二、各類鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度愈高，吸收碎冰的熱量就愈多，碎冰溫度就會降得愈低。
- 三、當氯化鉀與 0°C 碎冰的重量比值等於或大於它在 0°C 碎冰中的溶解度，能使碎冰溫度降至最低值。

壹、研究動機

六上南一版的自然與生活科技課本中，有二個實驗，其一是「製造露與霜」、其二是「水的結冰實驗」(第 10 頁與第 11 頁)，都分別使用了「食鹽」使碎冰快速降溫，前者成功製造了鋼杯杯壁上的霜，後者則成功的使塑膠滴管內的水水溫降到零度 C 以下結冰。但，我們想問的是：碎冰加入鹽巴後，會使之快速降溫，這個看似尋常的物理現象其背後原理是什麼？若將市面上常見的不同種類的鹽巴加入碎冰中，其降溫的效果是否會有顯著差異？如果有，那又是哪些因素所造成？

貳、研究目的

- 一、了解碎冰加入鹽巴，使之快速降溫的成因。
- 二、不同種類的鹽巴，其對碎冰的降溫效果是否會有顯著差異？
- 三、承上，是哪些因素造成顯著差異？或無明顯差異？

參、研究設備及器材

一、夾鏈袋、冰塊數包、細鹽一包、碘鹽一包、低鈉鹽一包、粗鹽一包、鐵鎚一支。

二、量測器材：電子溫度計(可測得零下 50 度 C)、廚房用秤重計(最小單位公克)

肆、研究過程或方法

一、上網(Wikipedia)查詢各種鹽巴成分，在 0°C 冰(水)中的溶解度。氯化鈉(99.5%細鹽成分)、氯化鉀(47%低鈉鹽成分)、碘酸鉀(0.0000045%碘鹽成分)，其在 0°C 冰(水)中的溶解度如下：氯化鈉 26.3 g/100 g (0°C)；氯化鉀 28.1 g/100 g (0°C)；碘酸鉀 4.74 g/100 g (0 °C)。

二、實驗 1，我們假設「不同種類鹽巴的內含成分對冰塊有不同的吸熱能力。」我們想在大量碎冰中放入各種鹽巴使之完全溶解，而上網查詢各種鹽巴成分，在 0°C 冰(水)中的溶解度，讓我們知道 20g、30g、40g 的不同種類鹽巴是完全可被 300g 的碎冰溶解的。所以，我們在 300g 的碎冰內分別放入了 20g、30g、40g 的不同種類的鹽巴，反覆搖盪夾鏈袋中的碎冰與鹽巴，使之充分混合。再使用電子溫度計測量其降溫情形(記錄其實驗數據)。由此比較各種鹽巴內含成分對冰塊的吸熱能力強弱。

三、實驗 2，我們假設「各種鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度，會決定其對碎冰吸收熱量的多寡、碎冰降溫的幅度。」所以，我們設定在 50g 的碎冰內加入 15g 的不同種類的鹽巴，以及在 100g 的碎冰內加入 30g 的不同種類的鹽巴，反覆搖盪夾鏈袋中的碎冰與鹽巴，使之充分混合。再使用電子溫度計測量其降溫情形(記錄其實驗數據)。

四、實驗 3，我們假設「氯化鉀與氯化鈉同時溶解於 0°C 碎冰中，會降低彼此在 0°C 碎冰中的溶解度。」為證實此一假設是否為真？低鈉鹽使碎冰降溫的最低值？以及，氯化鉀與氯化鈉在 0°C 碎冰中的溶解度各自降為多少？將不同重量(克數)的低鈉鹽，分別加入 100g 的 0°C 碎冰中，反覆搖盪夾鏈袋中的碎冰與鹽巴，使之充分混合。再使用電子溫度計測量其降溫情形(記錄其實驗數據)。

伍、研究結果

一、根據實驗 1 的實測數據，我們發現除了粗鹽對碎冰的降溫幅度明顯較小以外，其他種類的鹽巴均呈現一致的降溫數據，對碎冰的降溫幅度相同。

表一、實驗 1 各組的實驗數據

溫度°C	細鹽	碘鹽	低鈉鹽	粗鹽
20g 鹽 / 300g 冰	-15.2	-15.2	-15.2	-9.6
30g 鹽 / 300g 冰	-16.5	-16.5	-16.5	-12.8
40g 鹽 / 300g 冰	-18.0	-18.0	-18.0	-15.2

二、根據實驗 2 的實測數據，我們發現各類鹽巴對碎冰的降溫幅度相較：低鈉鹽>細鹽=碘鹽>粗鹽。其中，當碎冰從 50g 增為 100g、同時鹽巴從 15g 增為 30g 時，各類鹽巴對碎冰的降溫幅度均不變。

表二、實驗 2 各組的實驗數據

溫度°C	細鹽	碘鹽	低鈉鹽	粗鹽
15g 鹽 / 50g 冰	-19.5	-19.5	-21.2	-15.2
30g 鹽 / 100g 冰	-19.5	-19.5	-21.2	-15.2

三、根據實驗 3 的實測數據，我們發現 18g 的低鈉鹽使 0°C 碎冰溫度降至 -19.5°C；而 19g 以上的低鈉鹽能使 0°C 碎冰溫度降至 -21.2°C。

表三、實驗 3 各組的實驗數據

低鈉鹽重量 g	17	18	19	20	25	30	33	35
溫度°C	-19.5	-19.5	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2	-21.2

陸、討論

一、實驗 1

(一) 我們原先假定不同種類的鹽巴的內含成分(化合物)對碎冰有不同的吸熱能力，但從實驗 1 的實測數據看來，氯化鈉(細鹽主要成分)、氯化鉀(低鈉鹽部分成分)、碘酸鉀(碘鹽部分成分)在能被大量碎冰完全溶解的環境下，其對碎冰的吸熱能力並沒有顯著的差別。

(二) 根據實驗 1 的實測數據，我們發現除了粗鹽對碎冰的降溫幅度明顯較小以外，其他種類的鹽巴均呈現一致的降溫數據，對碎冰的降溫幅度相同。然而，我們

也知道粗鹽與細鹽的主要成分(氯化鈉)並無不同，差別在於氯化鈉成分比例與結晶顆粒大小，於是我們大膽推測：粗鹽對碎冰的降溫幅度之所以明顯較小，是因為：

1. 結晶顆粒較大、不易在短時間內被完全溶解，而溶解(固體→液體)才能產生吸熱反應。
2. 粗鹽富含相當多的雜質，僅含 85%~90%的氯化鈉，而細鹽的氯化鈉則佔了 99.5%。
3. 在室溫的環境下，當粗鹽被「慢慢」溶解、吸收碎冰熱量的同時，碎冰同時也在吸收室溫給予的熱量，因此相對其他種類的鹽巴來說，粗鹽對碎冰無法達到同樣的降溫效果。

二、實驗 2

(一) 有了實驗 1 的前導經驗，在實驗 2 中我們刻意將碎冰重量減為 50g、100g，並將各類鹽巴的重量減為 15g、30g，想藉此驗證「各類鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度，會決定其對碎冰吸收熱量的多寡」的假設。而根據實驗 2 的實測數據，我們發現各類鹽巴對碎冰降溫幅度相較：低鈉鹽>細鹽=碘鹽>粗鹽，這實驗結果與我們預想的相同。首先，細鹽與碘鹽對碎冰的降溫幅度完全一致的原因在於，碘酸鉀在碘鹽中的含量只占 0.0000045%，對碎冰降溫的影響力幾近於零。其次，各類鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度，分別是：氯化鈉 26.3 g/100 g (0°C)；氯化鉀 28.1 g/100 g (0°C)；碘酸鉀 4.74 g/100 g (0°C)。即各類鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度：氯化鉀(低鈉鹽部分成分)> 氯化鈉(細鹽主要成分)> 碘酸鉀(碘鹽部分成分)。因此對照實驗結果，仍可得出以下結論：該鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度愈高，從碎冰中吸收的熱量就愈多，碎冰的溫度就會降得愈低。

(二) 當碎冰從 50g 增為 100g、同時鹽巴從 15g 增為 30g 時，各類鹽巴對碎冰的降溫幅度均不變。這是因為，鹽巴/碎冰的重量比值並沒有改變，故鹽巴對碎冰的降溫幅度亦不變。

1. 值得注意的是「粗鹽」，對照實驗 1，40g/300g 的鹽冰重量比值便已使碎冰溫度降至 -15.2°C ，為何在實驗 2 中，提升鹽冰重量比值至 15g/50g，碎冰溫度卻仍然只能降至 -15.2°C ？所以我們大膽推測：粗鹽所含的各種雜質與氯化鈉同時溶於 0°C 碎冰中，會讓粗鹽中的氯化鈉在 0°C 碎冰中的溶解度大幅降低至 11.33%~12% 以下。($40 \times 85\% \div 300 = 11.33\%$ ； $40 \times 90\% \div 300 = 12\%$)。也就是說，在實驗 1 中，40g/300g 的鹽冰重量比值，粗鹽中氯化鈉的量已使 0°C 碎冰達到飽和(或超過)，在飽和狀態下，後續無論增加多少粗鹽的量，氯化鈉都無法再被 0°C 碎冰溶解；在粗鹽氯化鈉的溶解度與吸熱量固定的狀態下，實驗 2 鹽冰重量比值的提升，並不會改變碎冰的降溫幅度， -15.2°C 已是粗鹽對碎冰的降溫最低值。
2. 前面提及 26.3 g/100 g (0°C) 是氯化鈉在 0°C 碎冰中的溶解度，當氯化鈉(細鹽 99.5% 成分)與 0°C 碎冰的重量比值等於或大於氯化鈉在 0°C 碎冰中的溶解度時，能使碎冰溫度降至最低值(氯化鈉對 0°C 碎冰降溫的最大幅度)。也就是說， -19.5°C 是氯化鈉(細鹽、碘鹽)對碎冰的降溫最低值。($30 \times 99.5\% \div 100 = 29.85\% > 26.3\%$ ； $15 \times 99.5\% \div 50 = 29.85\% > 26.3\%$)

(三) 單獨抽出實驗 1 與實驗 2 低鈉鹽的數據，整理成表四。從表四中可以很明顯的看出：鹽冰重量比值相同，碎冰降溫幅度亦相同；鹽冰重量比值愈大，碎冰降溫幅度愈大。理論上，氯化鉀在 0°C 碎冰中的溶解度大於氯化鈉，當氯化鉀與 0°C 碎冰的重量比值等於或大於它在 0°C 碎冰中的溶解度時，能使碎冰溫度降至最低值。但是，實際市面上並沒有一種「純粹由氯化鉀所構成、不含任何氯化鈉成分」的鹽巴，所以我們無法單獨測得氯化鉀使碎冰降溫的最低值。但是，前面提及，氯化鉀溶解度 28.1 g/100 g (0°C)，意即 100g 的 0°C 碎冰最多可溶解 28.1 g 氯化鉀；而實驗 2 中 30g 的低鈉鹽，氯化鉀約只占了 14.1g (氯化鉀只佔低鈉鹽的 47%)。因此，30g 的低鈉鹽放入 100g 碎冰中或 15g 的低鈉鹽放入 50g 碎冰中，氯化鉀的量並未使 0°C 碎冰達到飽和，故我們大膽推論：

1. 持續增加低鈉鹽，能使碎冰溫度繼續往下降，低於 -21.2°C 。
2. 持續增加低鈉鹽，直至氯化鉀與碎冰的重量比值等於氯化鉀在 0°C 碎冰中的

溶解度時，低鈉鹽中的氯化鈉(佔低鈉鹽 48%的含量)與碎冰的重量比值會大於氯化鈉在 0°C 碎冰中的溶解度，能使碎冰溫度降至最低值。

但，我們也知道，以上推論要能成立必須有一個前提，那就是：氯化鉀與氯化鈉同時溶解於 0°C 碎冰中，不會影響彼此在 0°C 碎冰中的溶解度。但很不巧的是，實驗三的實測數據，推翻了上述的前提與推論。

表四、低鈉鹽的實驗數據

溫度°C	低鈉鹽
20g 鹽 / 300g 冰	-15.2
30g 鹽 / 300g 冰	-16.5
40g 鹽 / 300g 冰	-18.0
15g 鹽 / 50g 冰	-21.2
30g 鹽 / 100g 冰	-21.2

三、實驗 3

根據實驗 3 的實測數據，我們發現 18g 的低鈉鹽使 0°C 碎冰溫度降至 -19.5°C；而 19g 以上的低鈉鹽能使 0°C 碎冰溫度降至 -21.2°C。這表示：

- (一).氯化鉀與氯化鈉同時溶解於 0°C 碎冰中，會降低彼此在 0°C 碎冰中的溶解度。此刻，氯化鈉在 0°C 碎冰中的溶解度降至 9.12%以下，氯化鉀在 0°C 碎冰中的溶解度則降至 8.93%以下。($19 \times 48\% \div 100 = 9.12\%$ ； $19 \times 47\% \div 100 = 8.93\%$)
- (二).實驗 3 中，19g 低鈉鹽的氯化鈉與氯化鉀的量已使 0°C 碎冰達到飽和，因此持續增加低鈉鹽，並不能使碎冰溫度繼續往下降、低於 -21.2°C。
- (三).當低鈉鹽與 0°C 碎冰的重量比值等於或大於 19%時，能使碎冰溫度降至最低值 -21.2°C。

柒、結論

經過 3 項實驗數據的分析，及其原因的探究，我們對冰加鹽可瞬間降溫這種常見的物理現象，有更深一層的認識。

一、碎冰加入鹽巴，使之快速降溫的成因是，鹽巴在碎冰中溶解 (固態變液態)的過

程中，吸收了冰塊或冰塊上層水膜的熱量，使冰塊能瞬間降溫。

- 二、不同種類的鹽巴對碎冰的降溫效果是否有顯著差異，端看該鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度。各類鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度，會決定其對碎冰吸收熱量的多寡、及碎冰降溫的幅度。該鹽巴主要或部分成分在 0°C 碎冰中的溶解度愈高，從碎冰中吸收的熱量就愈多，碎冰的溫度就會降得愈低。粗鹽的主要成分雖與細鹽相同，但粗鹽的氯化鈉含量較低、結晶顆粒較大、不易在短時間內被碎冰完全溶解(吸收碎冰熱量)；且粗鹽所含的各種雜質與氯化鈉同時溶於 0°C 碎冰中，會讓粗鹽中的氯化鈉在 0°C 碎冰中的溶解度大幅降低，故相對細鹽或其他種類的鹽巴來說，粗鹽對碎冰的降溫能力較差。
- 三、當氯化鉀或氯化鈉與 0°C 碎冰的重量比值等於或大於它在 0°C 碎冰中的溶解度時，能使碎冰溫度降至最低值(氯化鉀或氯化鈉使 0°C 碎冰降溫的最大幅度)。
- 四、氯化鉀與氯化鈉同時溶解於 0°C 碎冰中，會降低彼此在 0°C 碎冰中的溶解度。
- 五、當低鈉鹽與 0°C 碎冰的重量比值等於或大於 19%時，能使碎冰溫度降至最低值 -21.2°C。

捌、參考資料及其他

Wikipedia , Sodium chloride , Phase diagram of water–NaCl mixture.

Wikipedia , Potassium chloride

Wikipedia , Potassium iodate