中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　物理科

080106

看誰「ㄍㄧㄣ」得久～探討冰和冰棒棍的表面效應與外界環境因素的影響

學校名稱：桃園市桃園區西門國民小學

作者：	指導老師：
小六 許容珮	張致偉
小六 張智閎	林欣慧
小六 周宇晨	
小六 劉賢傳	
小六 張竣程	
小六 蕭英妙	

關鍵詞：溶化、摩擦力、表面效應

摘要

水有三態變化，液態、氣態及固態。平常我們常食用的冰品會因為溫度升高而溶化，由固體轉變為液體，難道只有溫度會影響冰的溶化及掉落嗎？還是有什麼不同的因素會影響冰的溶化及掉落呢？因此本研究設計了不同的實驗，來探討冰在各種不同的變因之下(冰棒棍刻紋、原料溶液、濃度、風速、風溫、水溫、容器中、冷劑添加物等)觀察冰的溶化及掉落情形。

壹、研究動機

冰，不管是在炎炎夏日，或是在嚴寒之中，都為我們的生活帶來了方便與樂趣。夏天時，一口滋味沁涼的冰棒能使悶熱難受的我彷彿獲得了重生；冬天時，一塊冰塊可以降低熱湯灼傷舌尖的風險，調整湯的溫度更加適當。記得有一次我和家人到餐廳吃飯，飯後在享用冰品的時候，突然間我的冰居然掉到了地上，弟弟嘲笑我說：「煮熟的鴨子飛了！」。當時的我覺得好難過、好生氣，為什麼我才吃不到一半，就掉落在地上呢？但也因此，興起了我想要了解到底是什麼原因讓冰這麼快溶化、這麼快掉落到地上的念頭。記得我們在中、高年級學校課堂中，學過冰會在不同情況下溶化，但細部的成因及詳盡的過程課本並沒有教？疑惑的我便決定在此研究中探索冰溶化及掉落的奧秘，也希望能將其原理運用在生活中，改善生活的不便。

貳、研究目的

基於研究動機，本研究擬定之研究目的如下：

【研究一】了解冰在不同刻紋、種類、濃度的變因中，對冰溶化及掉落之過程。

【研究二】模擬在自然干擾(風速及溫度)的情形之下，對冰棒溶化及掉落之過程。

【研究三】了解人為干擾及靜置於不同材質容器，對冰棒溶化及掉落之過程。

【研究四】了解不同冷劑添加物及不同數量的冰塊，對水溫改變的過程。

參、研究設備與器材

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
製冰盒	數個	雕刻刀	數支	冰棒棍	數片
製冰棒盒	數個	滴管	數支	餐巾紙	數包
溫度計	數支	等臂天平	兩台	砝碼	數個
冰箱	一台	燒杯	數個	吹風機	一台
實驗盆	數個	酒精燈	一座	電風扇	一台

實驗盒	數個	抹布	數條	橡皮筋	數條
石綿芯網	一片	燈座	一個	聶子	數支
攪拌棒	數支	刮勺	數支	磅秤	一台
塑膠茶匙	一個	大、小量水杯	數個	果汁	數罐
黑糖	一包	精鹽	一包	切割墊	數片
碼表	三台	保溫杯	一個	馬克杯	一個
塑膠杯	一個	紙杯	一個	玻璃杯	一個

表 1 研究設備與器材表

肆、研究過程或方法

一、研究甘特圖：

時間 / 流程	103 年九月	103 年十月	103 年十一月	103 年十二月	104 年一月	104 年二月	104 年三月	104 年四月	104 年五月	104 年六月
確定研究主題	▬									
查詢相關資料	▬	▬								
探討研究內容	▬	▬	▬							
設計相關實驗	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬
備置實驗用品	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬
進行相關實驗	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬
研究資料統整					▬	▬	▬	▬	▬	▬
撰寫研究報告							▬	▬	▬	▬

圖 1　甘特圖

二、名詞解釋：

(一)溶化：指固體在液體中溶解的過程，具體地說，是指某固態物質，在另一種液態物質中分散成單個分子或離子的擴散過程。

(二)摩擦力：物體在另一物體表面上滑動時，存在於兩接觸面間的一種阻止物體運動的作用力，稱為摩擦力。

(三)表面效應：當物體本身尺寸越小，它的總表面積與體積比的比值就會越大，這代表原子在表面上的數目越多，原子多了，原子力也變強了。當物體的等比例尺度愈大時，受萬有引力（體積）的相對影響愈大，表面效應作用相對影響愈小。反之，當物體的等比例尺度愈小時，表面效應作用影響愈大。受萬有引力（體積）的影響愈小。

三、研究過程：

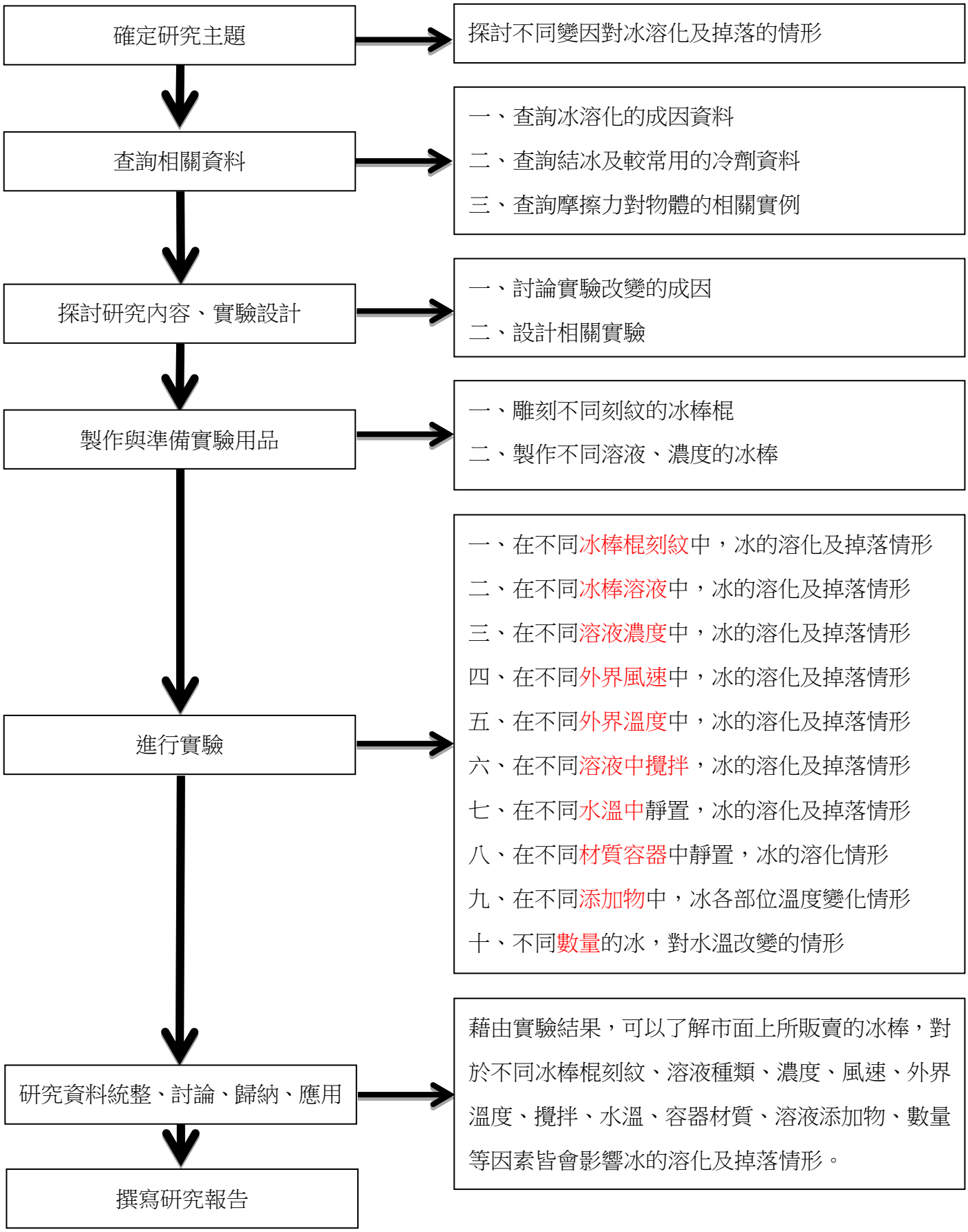


圖 2　研究流程圖

四、研究方法：

【研究一】了解冰棒在置空情形下，對各種不同變因之溶化及掉落過程。

實驗目的：設計實驗以探討在不同刻紋、溶液、濃度等變因中，對冰棒溶化及掉落過程過程之影響。

實驗步驟：

(一)、將市面上販售之冰棒棍利用雕刻刀，刻出不同紋路且大小約略相同的表面積，放置在飲用水中；將市售冰棒棍(未雕刻)放入市售加工飲品、天然果汁及冷劑添加物中，冷凍後取出置空，使之自然溶化。

(二)、將平滑冰棒棍(無刻紋)當作對照組。

(三)、觀察、比較冰棒溶化的過程。

實驗一、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形（Ⅰ）

一、操縱變因：冰棒棍刻紋（ 8 種不同刻紋 ）

二、控制變因：冰棒溶液(飲用水)、室溫(24 度)、冰棒棍尺寸(長 15cm，寬 1.8cm，高 0.1cm)、雕刻刻紋深度 0.5mm、冰棒質量(40g/個)、冷凍溫度(-20 度)、冷凍時間(24hr)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
冰棒棍	八根	雕刻刀	數支	製冰棒盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
切割墊	數個	抹布	數條	飲用水	1000cc

表 2　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、在市售的冰棒棍上刻出 8 種不同的圖形(為減少誤差，經計算後已調整每枝冰棒棍之凹陷面積約略為一致、雕刻深度約略相同 0.5mm)，並用熱水煮沸至 100 度消毒備用。

(二)、將飲用水，注入每格 40ml 的製冰盒中。

(三)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著製冰棒盒頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

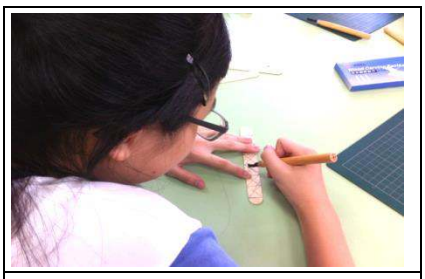
(四)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，再將刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(五)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(六)、去除非附著於刻紋冰棒棍的一面，並將其側面垂直於空中。

(七)、觀察、記錄冰棒溶化及掉落的過程。

分工雕刻不同刻紋冰棒棍



雕刻 X 字型冰棒棍

將冰棒棍煮沸、消毒

圖 3　手工雕刻冰棒棍、消毒

實驗一 ~ 1、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(II)

一、操縱變因：延伸實驗一的結果，選出最慢掉落的冰棒棍為範本，雕刻**距離末端不同高度的位置**(1cm、3cm、5cm)

二、控制變因：如實驗一、室溫(30 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
冰棒棍	三根	雕刻刀	數支	製冰棒盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
切割墊	數個	抹布	數條	飲用水	1000cc

表 3　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、在市售的冰棒棍上刻出 3 種不同的距離(為減少誤差，經計算後已調整每枝冰棒棍之凹陷面積約略為一致、雕刻深度約略相同 0.5mm)，並用熱水煮沸至 100 度消毒備用。

(二)、將飲用水，注入每格 40ml 的製冰盒中。

(三)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著製冰棒盒頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(四)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，再將刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(五)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(六)、去除非附著於刻紋冰棒棍的一面，並將其側面垂直於空中。

(七)、觀察、記錄冰棒溶化及掉落的過程。

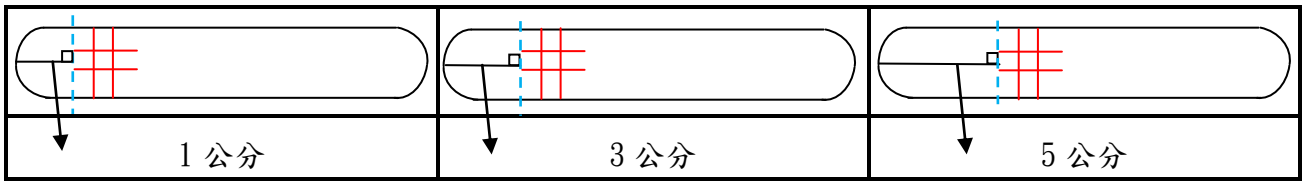


圖 4　雕刻距離頂端不同距離冰棒棍

實驗一 ~ 2、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(III)

一、操縱變因：延伸實驗一 ~ 1的結果，選出最慢掉落的冰棒棍為範本(具頂端為 3 公分)，雕刻**不同刻紋延伸**的完整度。(1*2 條、2*2 條、3*2 條、4*2 條)

二、控制變因：如實驗一、室溫(32 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
冰棒棍	四根	雕刻刀	數支	製冰棒盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
切割墊	數個	抹布	數條	飲用水	1000cc

表 4　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、在冰棒棍上刻出 4 種不同的刻紋延伸(為減少誤差，經計算後已調整每枝冰棒棍之凹陷面積約略為一致、雕刻深度約略相同 0.5mm)，並用熱水煮沸至 100 度消毒備用。

(二)、將飲用水，注入每格 40ml 的製冰盒中。

(三)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著製冰棒盒頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(四)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，再將刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(五)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(六)、去除非附著於刻紋冰棒棍的一面，並將其側面垂直於空中。

(七)、觀察、記錄冰棒掉落及溶化的過程。

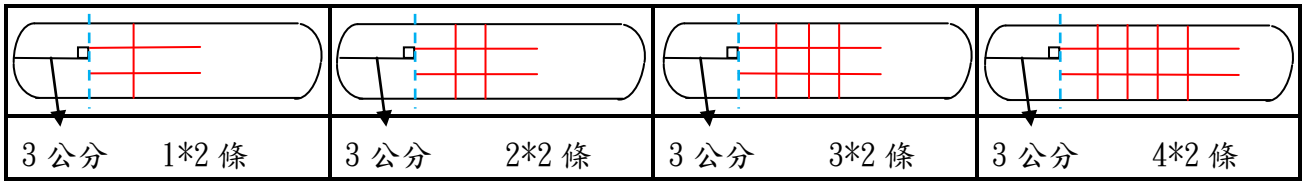


圖 5　雕刻不同刻紋延伸的完整度

實驗一 ~ 3、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(IV)

一、操縱變因：延伸實驗一 ~ 2的結果，選出最慢掉落的冰棒棍為範本(具頂端為 3 公分、4*2 條刻紋)，雕刻**不同刻紋斜角度數**　(30 度、45 度、60 度)。

二、控制變因：如實驗一、室溫(30 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
冰棒棍	三根	雕刻刀	數支	製冰棒盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
切割墊	數個	抹布	數條	飲用水	1000cc

表 5　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、在市售的冰棒棍上刻出 3 種不同的角度(為減少誤差，經計算後已調整每枝冰棒棍之凹陷面積約略為一致、雕刻深度約略相同 0.5mm)，並用熱水煮沸至 100 度消毒備用。

(二)、將飲用水，注入每格 40ml 的製冰盒中。

(三)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著製冰棒盒頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(四)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，再將刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(五)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(六)、去除非附著於刻紋冰棒棍的一面，並將其側面垂直於空中。

(七)、觀察、記錄冰溶化及掉落的過程。

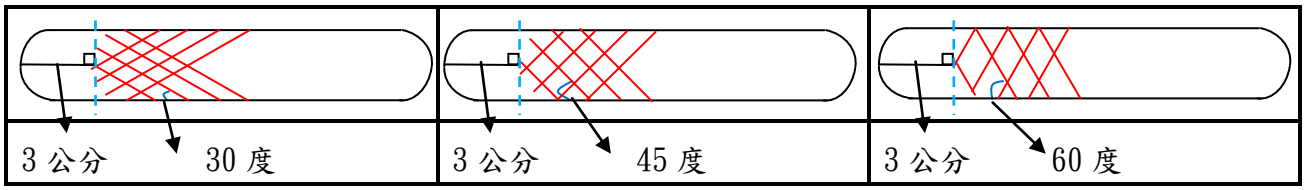


圖 6　雕刻不同刻紋斜角度數

實驗二、設計實驗以探討在不同冰棒溶液中，冰的溶化及掉落情形

一、操縱變因：21 種市售冰棒溶液(可可、波蜜蔬果汁、健酪乳酸飲料、紅豆地瓜湯、蘋果西打碳酸飲料、舒跑運動飲料、冬瓜茶、綠茶、紅茶、美粒果柳橙汁、咖啡廣場、太古可口可樂、蘋果汁、梨子汁、奇異果汁、檸檬汁、葡萄柚汁、柳橙汁、百香果汁、楊桃汁、番茄汁)

二、控制變因：如實驗一(無刻紋冰棒棍)、室溫(23 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
冰棒棍	二十一根	飲料及果汁	二十一瓶	製冰棒盒	數個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺

表 6　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、將二十一種溶液，分別注入每格 40ml 的製冰棒盒中。

(二)、將無刻紋冰棒棍用熱水煮沸至 100 度消毒備用。

(三)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著製冰棒盒頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(四)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，再將刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(五)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(六)、去除一半的冰棒，並將其側面垂直於空中。

(七)、觀察、記錄冰棒溶化及掉落的過程。

準備市售加工果汁 1

準備市售加工果汁 2

將飲料倒入製冰盒

不同飲料的冰棒

把冰棒從製冰盒拔出

等待冰棒溶化

圖 7　不同溶液冰棒製作流程圖

實驗三、設計實驗以探討在不同溶液濃度中，冰的溶化及掉落情形

一、操縱變因：冰棒溶液濃度

二、控制變因：如實驗二、室溫(26 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
無刻紋冰棒棍	十二根	黑糖、精緻鹽	各一包	製冰棒盒	數個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
等臂天平	兩台	砝碼	數個	攪拌棒	數支

表 7　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、將黑糖與精緻鹽分別與水調和出不同的濃度(5%、10%、15%、20%、25%、30%)。

(二)、將不同濃度之溶液(黑糖、精緻鹽)，注入每格 40ml 的製冰棒盒中。

(三)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著製冰棒盒頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(四)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，再將無刻紋冰棒棍插入格子正中央加以固定。

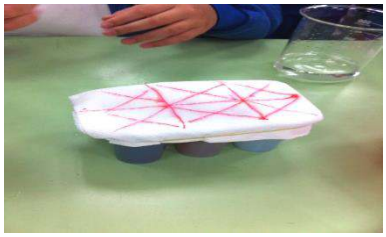
(五)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(六)、觀察、記錄冰棒溶化及掉落的過程。

實驗器材備置

待測物體量測(黑糖、鹽)

待測溶液裝入製冰棒盒



找出冰棒盒中心點

靜待精緻鹽冰棒溶化

靜待黑糖冰棒溶化

圖 8 不同濃度冰棒製作流程圖

【研究二】了解在模擬自然干擾(風速及溫度)的情形之下，對冰棒溶化之過程。

實驗目的：設計實驗以探討在不同風速、溫度等變因中，對冰棒溶化及掉落之過程。

實驗步驟：

(一)、將市面上販售之冰棒棍，注入飲用水，置於製冰盒中，再放入冰箱中 24 小時，冷凍後取出。

(二)、利用電風扇模擬自然風，產生不同的風速大小(強風、中風、弱風)；利用吹風機模擬自然溫度，產生不同的溫度(熱風、暖風、溫風)，對冰棒溶化的情形做實驗。

(三)、觀察、記錄冰棒溶化及掉落的過程。

實驗四、設計實驗以探討在不同外界風速中，冰的溶化及掉落情形

一、操縱變因：模擬外界自然風的風速(強風 800rpm、中風 600rpm、弱風 400rpm)

二、控制變因：如實驗二、室溫(19 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
無刻紋冰棒棍	三根	電風扇	一臺	製冰棒盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺

表 8　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、將飲用水注入每格 40ml 的製冰棒盒中。

(二)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著冰具頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(三)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，將無刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(四)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(五)、將其側置於距離電風扇約 30 公分處，以不同風速(800rpm、600rpm、400rpm)實驗之。

(六)、觀察、記錄冰棒溶化及掉落的過程。

不同風速吹送冰棒溶化 1

不同風速吹送冰棒溶化 2

圖 9　模擬不同自然風速實驗圖

實驗五、設計實驗以探討在不同模擬外界溫度中，冰的溶化及掉落情形

一、操縱變因：模擬外界自然風的溫度(熱風 40 度、暖風 33 度、溫風 21 度)

二、控制變因：如實驗二、室溫(19 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
無刻紋冰棒棍	三根	吹風機	一臺	製冰棒盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
溫度計	三支	抹布	數條	飲用水	1000cc

表 9　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、將飲用水注入每格 40ml 的製冰棒盒中。

(二)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著冰具頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(三)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，將無刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(四)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(五)、將其側置於距離吹風機約 30 公分處，以不同溫度(40 度、33 度、21 度)實驗之。

(六)、測量冰棒完全溶化的時間並記錄。

不同風溫吹送冰棒溶化 1

不同風溫吹送冰棒溶化 2

圖 10　模擬不同自然風溫實驗圖

【研究三】了解人為干擾及靜置於不同材質容器，對冰棒溶化及掉落之過程。

實驗目的：設計實驗以探討在不同溶液中攪拌、不同水溫中靜置、不同材質容器中靜置等變因，對冰棒溶化及掉落之過程。

實驗步驟：

(一)、將市面上販售之冰棒棍，注入水溶液，置於製冰盒中，再放入冰箱中 24 小時，冷凍後取出。

(二)、將完成的冰棒分別放入不同茶匙數的溶液中(黑糖及精緻鹽)、不同溫度的溶液中(分別為 10、20、30、40、50 度)、不同材質容器中(保溫鋼杯、紙杯、塑膠杯、馬克杯、玻璃杯) 對冰棒溶化的情形做實驗，並記錄觀察。

實驗六、設計實驗以探討在不同溶液中攪拌，冰的溶化及掉落情形

一、操縱變因：攪拌不同濃度溶液

二、控制變因：如實驗二、手持轉速(45 圈/min)、室溫(19 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
無刻紋冰棒棍	三根	量杯	數個	製冰棒盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺

表 10　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、將飲用水注入每格 40ml 的製冰棒盒中。

(二)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著冰具頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(三)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，再將刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(四)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(五)、分別在 300ml 的水中，加入 2、4、6、8 茶匙的鹽。(一茶匙約 10 克)

(六)、分別在 300ml 的水中，加入 2、4、6、8 茶匙的黑糖。(一茶匙約 10 克)

(七)、將冰棒以每分鐘轉動約 45 次的轉速，沿著杯壁內圍繞轉。

(八)、繞轉至冰棒完全溶化的時間並記錄。

加入不同茶匙數的精緻鹽

在不同茶匙黑糖溶液中攪拌

在不同茶匙精緻鹽溶液中攪拌

圖 11 不同濃度溶液攪拌實驗圖

實驗七、設計實驗以探討在不同水溫中靜置，冰的溶化情形

一、操縱變因：溶液之水溫

二、控制變因：冰塊質量(飲用水 40g)、冷凍溫度(負 20 度)、冷凍時間(24hr)、室溫(15 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
三腳架	數個	溫度計	數支	製冰盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
燒杯	數個	酒精燈	數個	石棉心網	數片

表 11 研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、將飲用水注入每格 40ml 的製冰盒中。

(二)、放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(三)、分別準備溫度為 10、20、30、40、50 度 300ml 的水置於燒杯中。

(四)、將冰塊靜置於水中至其完全溶化並記錄時間。

實驗八、設計實驗以探討在不同材質容器中靜置，冰的溶化情形

一、操縱變因：放置容器材質

二、控制變因：如實驗七、室溫(15 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
抹布	數條	溫度計	數支	製冰盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
保溫鋼杯	一個	紙杯	一個	塑膠杯	一個
馬克杯	一個	玻璃杯	一個		

表 12　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、將飲用水注入每格 40ml 的製冰盒中。

(二)、將其放入冷凍段數為 5 的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(三)、將冰塊至於保溫鋼杯、紙杯、塑膠杯、馬克杯、玻璃杯中靜置至其完全溶化並記錄時間。

【研究四】了解不同冷劑添加物及不同數量的冰塊，對水溫改變的過程。

實驗目的：設計實驗以探討在不同冷劑添加物、不同冰量的燒杯中等變因中，對冰棒溶化之過程。

實驗步驟：

(一)、將市面上販售之冰棒棍，注入水溶液，置於製冰盒中，再放入冰箱中 24 小時，冷凍後取出。

(二)、將完成的冰棒分別放入不同冷劑添加物中(黑糖及精緻鹽)、不同冰量的燒杯中(分別為 0、1、2、4、6、8 顆)對冰棒溶化的情形做實驗。

(三)、觀察、記錄冰棒溶化的過程。

實驗九、設計實驗以探討在不同冷劑添加物中，冰各部位溫度變化情形

一、操縱變因：冰棒冷劑添加物(黑糖、精緻鹽)

二、控制變因：如實驗二、室溫(17 度)、冰棒溶液(清冰-對照組)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
無刻紋冰棒棍	三根	溫度計	數支	製冰棒盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
精緻鹽	一包	砂糖	一包	抹布	數條

表 13　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、將飲用水注入每格 40ml 的製冰棒盒中。

(二)、將紙巾以橡皮筋固定包裹住製冰棒盒頂部，沿著冰具頂部的格子畫分界線，再於每個格子中畫出 X 形，藉以找出中心位置。

(三)、以尖銳物品對準格子中央，戳破紙巾，將無刻紋冰棒棍插入格子正中央並加以固定。

(四)、將其放入冰箱溫度為負 20 度的冷凍庫中，冷凍 24 小時後取出。

(五)、在冰棒頂部分別灑上糖與鹽，和一個清冰為對照組，於冰棒的上、下、左、右、前、後、放置溫度計，分別以 30、60、90、120、150、180 秒時，分別做紀錄。

在冰棒上下左右前後測溫

在冰棒上下左右前後測溫

在冰棒上下左右前後測溫

圖 12 觀察冰棒上下左右前後溫度變化實驗圖

實驗十、設計實驗以探討不同數量的冰，對水溫改變的情形

一、操縱變因：不同冰塊數量

二、控制變因：冰塊質量(一顆約 40g)、冰棒放置角度、冷凍溫度(負 20 度)、冷凍時間(24hr)、冰棒溶液(飲用水)、室溫(19 度)

三、實驗器材：

器 材	數 量	器 材	數 量	器 材	數 量
冰塊(40g)	數個	溫度計	數支	製冰盒	一個
紙巾	一包	橡皮筋	數條	碼表	三個
實驗盒	數個	實驗盆	數個	冰箱	一臺
燒杯	數個	抹布	數條		

表 14　研究設備與器材表

四、實驗步驟：

(一)、飲用水注入每格 40ml 的製冰盒中，放入溫度為負 20 度的冷凍庫中，24 小時後取出。

(二)、分別準備溫度為常溫 24 度 300ml 的飲用水於燒杯中。

(三)、將不同數量冰塊，靜置於水中，至其完全溶化並記錄時間。

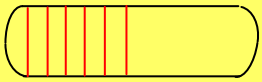
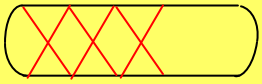
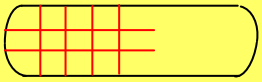
伍、研究結果

【研究一】了解冰棒在置空情形下，對各種不同變因之溶化及掉落過程。

實驗一、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形（Ⅰ）

一、實驗結果記錄：

103/11/10 室溫(24 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、有刻紋冰棒棍、飲用水

	1 號冰棒棍	2 號冰棒棍	3 號冰棒棍	4 號冰棒棍
形狀				
時間	3” 40	5” 11	7” 55	8” 46
溶化掉落情形	冰棒棍上的冰塊，漸漸溶化、縮小，順個刻紋慢慢滑下。	冰棒棍上的冰棒，溶化不多，最後掉下來時是翻下來的，且冰與棍是垂直的，因此，冰無刻紋形狀。	因冰棒棍刻紋交叉面積較多，所以冰塊從尾端慢慢溶化，再翻落下來。	冰棒棍上的圖形複雜，比 3 號冰棒棍交叉點多，冰塊溶化掉落也花比較久的時間。
排名	3	4	7	8

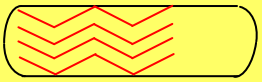
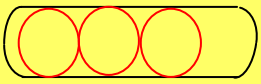
	5 號冰棒棍	6 號冰棒棍	7 號冰棒棍	8 號冰棒棍
形狀				
時間	2” 10	3” 13	6” 35	5” 39
溶化掉落情形	冰棒棍刻紋小且不密集，溶化雖然不快，但沒多久時間就掉落下來，且掉落的冰塊中，有一條線和地面平行。	冰棒棍刻紋為一條 S 曲線，冰塊掉落比 5 號冰棒棍的冰塊稍晚一點，且掉落冰塊大小約略為原來冰塊大小的 2/1。	冰塊從冰棒棍的接觸面開始溶化，溶化到最後一小塊時才掉落，且掉落冰塊大小約略為原來冰塊大小的 1/10。	冰棒棍刻紋成 N 字形，中間線條較密集與複雜，冰塊掉落時，大小約略為原來冰塊的 1/5。
排名	1	2	6	5

表 15 不同冰棒棍刻紋實驗記錄表

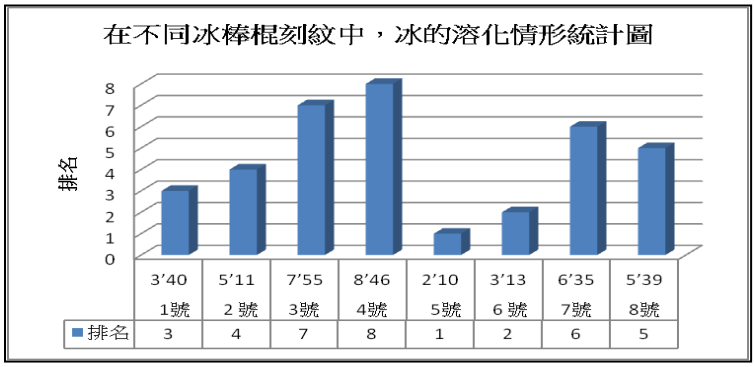


圖 13 不同冰棒棍刻紋，溶化情形比較統計圖

二、我們的觀察：

(一)、最快溶化掉落的是 5 號冰棒棍(排名 1)；最慢掉落的是 4 號冰棒棍(排名 8)。冰棒棍的刻紋愈複雜，掉落下來的時間就愈長。

(二)、冰塊附著在冰棒棍上的時間愈長，冰與冰棒棍的表面效應就愈大。

(三)、冰塊附著在冰棒棍上的時間愈短，摩擦力愈大，掉落下來的體積愈大。

(四)、冰棒溶化一段時間之後，只剩下冰棒棍中間一塊在支撐，中間部分刻紋愈密集，且冰棒棍中間的刻紋面積與掉落時間成正比。

實驗一 ~1、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(II)~**距離頂部長度**

一、實驗結果記錄：

104/06/02 室溫(30 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、有刻紋冰棒棍、飲用水

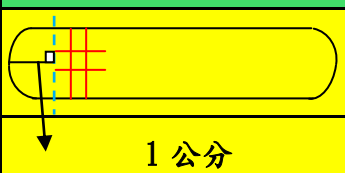
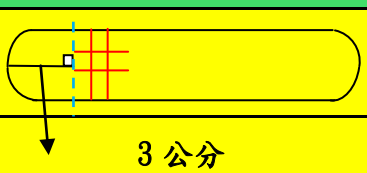
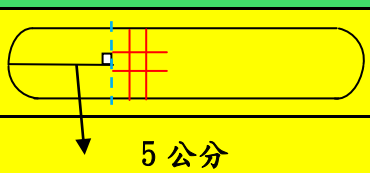
	9 號冰棒棍	10 號冰棒棍	11 號冰棒棍
形狀			
距離	1 公分	3 公分	5 公分
時間	2” 51	3” 29	2” 39
溶化掉落情形	冰從前端開始溶化，當溶化只剩下中間時，因無法支撐冰塊的重量而掉落。	冰的兩端最先溶化，溶化到只剩下中間時，為原來的 1/2 翻落下來。	冰從前端開始溶化，當溶化只剩下中間時，因無法支撐冰塊的重量而掉落。
排名	2	3	1

表 16 不同冰棒棍刻紋實驗記錄表(距離頂端不同長度)

二、我們的觀察：

(一)本次做的實驗，以距離頂端 1、3、5cm 為主，距離兩端的冰會先行溶化，而 1cm 和 5cm 的冰，因為距離冰棒棍頂端最近與最遠，所以會受到兩端重力的影響而掉落；而 3cm 的冰，位於中間部分，雖有受兩端重力影響，但不及 1cm 和 5cm 的效果來的快掉落。

實驗一 ~ 2、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(III)~延伸完整度

一、實驗結果記錄：

104/06/03 室溫(32 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、有刻紋冰棒棍、飲用水

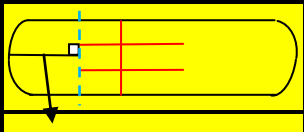
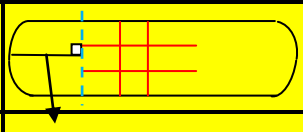
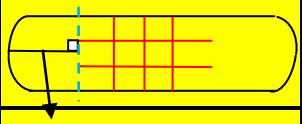
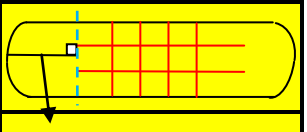
	12 號冰棒棍	13 號冰棒棍	14 號冰棒棍	15 號冰棒棍
形狀				
延伸	3 公分 1*2 條	3 公分 2*2 條	3 公分 3*2 條	3 公分 4*2 條
時間	2” 31	2” 52	5” 27	7” 10
溶化掉落情形	冰從未有接觸線條的地方開始溶化，最後從前端掉落。	冰從未有接觸線條的地方開始溶化，最後從前端掉落。	冰從未有接觸線條的地方開始溶化，剩下中間時，掉落。	冰從四周圍開始溶化，剩下中間時，掉落。
排名	1	2	3	4

表 17 不同冰棒棍刻紋實驗記錄表(刻紋延伸完整度)

二、我們的觀察：

(一) 12 號冰棒棍最先掉落(排名 1)；15 號冰棒棍最慢落下(排名 4)。

(二)線條數目愈多，掉落速度愈慢。

實驗一 ~ 3、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(IV)刻紋斜角度數

一、實驗結果記錄：

104/06/04 室溫(30 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、有刻紋冰棒棍、飲用水

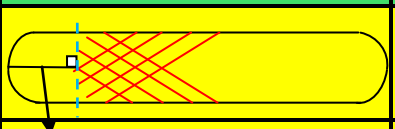
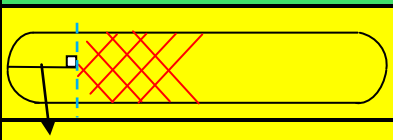
	16 號冰棒棍	17 號冰棒棍	18 號冰棒棍
形狀			
距離	3 公分 30 度	3 公分 45 度	3 公分 60 度
時間	3” 48	3” 11	2” 26
溶化掉落情形	冰溶化時，水沿著刻紋方向滴落，冰與冰棒棍接觸面積逐漸變小。	冰溶化時，水沿著刻紋方向滴落，冰與冰棒棍接觸面積逐漸變小。	冰溶化時，水沿兩邊的刻紋方向滴落，冰與冰棒棍接觸面積最小，最快落下。
排名	3	2	1

表 18 不同冰棒棍刻紋實驗記錄表(不同刻紋斜角度數)

二、我們的觀察：

(一)16、17、18 號冰棒棍相比，當角度愈接近 90 度時(不為垂直)，愈快掉落。

(二)當冰棒角度呈 90 度時(如 4 號冰棒棍，對照組)，刻紋如井字型，與地面互相平行與垂直，所以為最慢掉落。

實驗二、設計實驗以探討在不同冰棒溶液中，冰的溶化情形

一、實驗結果紀錄：

103/11/19 室溫(23 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、無刻紋冰棒棍、各溶液

(一)、市售加工飲料：

飲料	時間	排名	飲料	時間	排名	飲料	時間	排名
可可	5” 26	6	蘋果西打	1” 43	2	舒跑運動飲料	6” 37	8
波蜜蔬果汁	8” 37	9	冬瓜茶	8” 48	11	美麗果柳橙汁	2” 36	3
健酪乳酸飲料	6” 23	7	綠茶	5” 25	5	咖啡廣場	9” 15	12
紅豆地瓜湯	4” 21	4	紅茶	8” 44	10	太古可口可樂	1” 08	1

(二)、天然純果汁：

飲料	時間	排名	飲料	時間	排名	飲料	時間	排名
蘋果汁	5” 10	1	葡萄柚汁	10” 15	4	番茄汁	24” 33	9
梨子汁	11” 24	6	柳橙汁	7” 37	2			
奇異果汁	13” 43	7	百香果汁	9” 02	3			
檸檬汁	18” 10	8	楊桃汁	10” 58	5			

表 19 不同溶液(市售、天然果汁)掉落情形記錄表

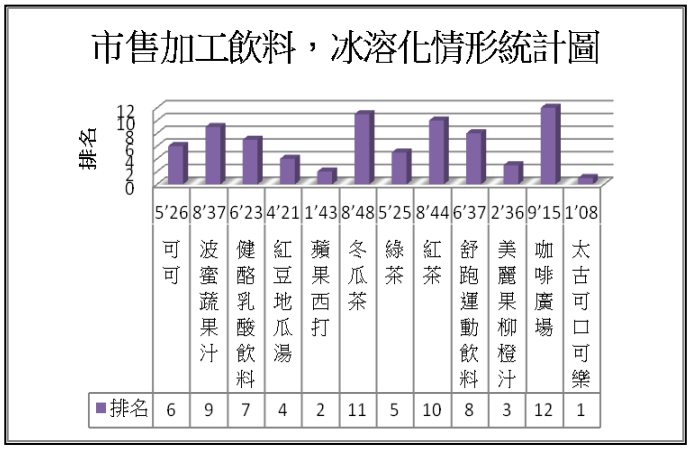


圖 14 市售加工飲料溶化掉落統計圖

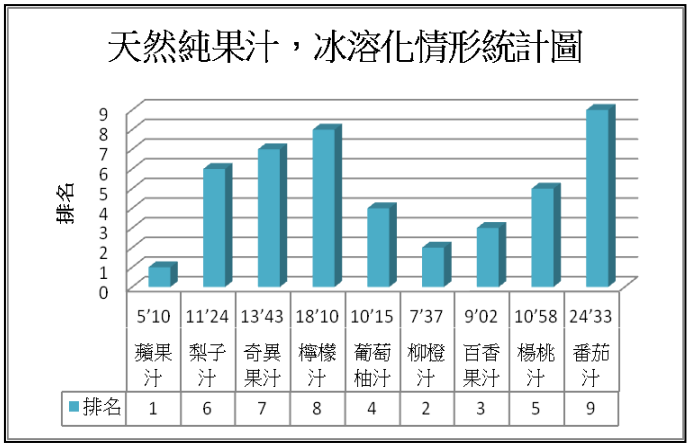


圖 15 天然純果汁溶化掉落統計圖

二、我們的觀察：

(一)、在市售加工飲料中，溶化速度最快的是可口可樂(排名 1)；溶化速度最慢的是咖啡廣場(排名 12)。

(二)、在天然純果汁中，溶化速度最快的是蘋果汁(排名 1)；溶化速度最慢的是番茄汁(排名 9)。

(三)、市售加工飲料中，氣泡越多的冰棒，由於二氧化碳氣泡含量多，使冰棒不容易附著在冰棒棍上，表面效應差，因此愈容易掉落，而且有氣泡的冰棒比沒氣泡冰棒更快掉落。

(四)、在天然純果汁中，濃度愈高、愈濃稠，就愈不容易掉落；顆粒愈多、纖維含量豐富的果汁，由於果肉較多，有粗纖維，所以導致重量過重，因此會特別早掉落下來。

實驗三、設計實驗以探討在不同溶液濃度中，冰的溶化及掉落情形

一、實驗結果紀錄：

103/11/12 室溫(26 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、無刻紋冰棒棍、不同濃度

	濃度(%)	時間	排名		濃度(%)	時間	排名
黑糖	5	15” 03	6	精緻鹽	5	12” 25	6
	10	14” 20	5		10	12” 03	5
	15	11” 28	4		15	7” 49	4
	20	12” 59	3		20	7” 25	3
	25	7” 49	2		25	5” 25	2
	30	5” 29	1		30	4” 36	1
溶化掉落情形	5%：溶化成原來 1/20，才落下。 10%：落下約為原來 1/10。 15%：落下約為原來 1/5。 20%：落下約為原來 1/4。 25%：落下約為原來 1/2。 30%：落下分裂碎成很多塊。			溶化掉落情形	5%：溶化成原來 1/20，才落下。 10%：落下約為原來 1/10。 15%：落下約為原來 1/5。 20%：落下約為原來 1/4。 25%：內有氣泡，一下就掉了。 30%：脆脆的，一掉就碎了。		

表 20 不同溶液濃度(黑糖、精緻鹽)掉落情形記錄表

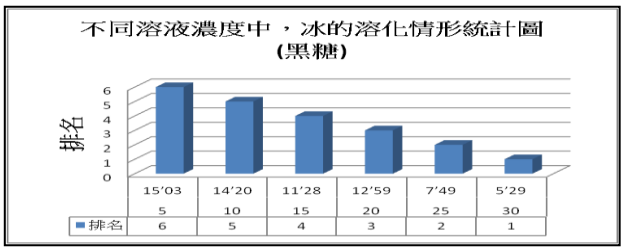


圖 16 不同溶液濃度(黑糖)掉落情形統計圖

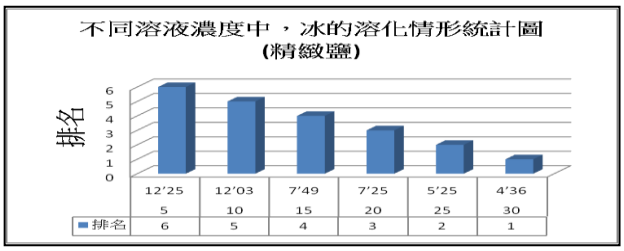


圖 17 不同溶液濃度(精緻鹽)掉落情形統計圖

二、我們的觀察：

(一)、在黑糖與精緻鹽的實驗中，濃度 30%的冰棒，含水分較少，表面作用力弱，氫鍵鍵結作用力差，最快掉落下來(排名 1)；濃度 5%的冰棒最慢掉落下來(排名 6)。

(二)、不管是黑糖或是精緻鹽，濃度愈高，水分含量就愈少，氫鍵鍵結作用力差，表面效應作用力也差，就愈容易掉落下來。且濃度愈高的冰塊，具有結晶，較容易裂開。

(三)、精緻鹽當作冷劑的效果，比黑糖當冷劑的效果還要來的好。

【研究二】了解在模擬自然干擾(風速及溫度)的情形之下，對冰棒溶化及掉落之過程。

實驗四、設計實驗以探討在不同外界風速中，冰的溶化及掉落情形

一、實驗結果紀錄：

103/12/09 室溫(19 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、無刻紋冰棒棍、不同風速

電扇風速	強段(800rpm)	中段(600rpm)	弱段(400rpm)
時間	24” 47	29” 43	38” 45
溶化掉落情形	冰一下子就溶化許多，水一直滴落。	冰從前端開始溶化，水一滴一滴的落下。	冰要經過一段時間之後才會溶化。
排名	1	2	3

表 21 不同風速觀察記錄表

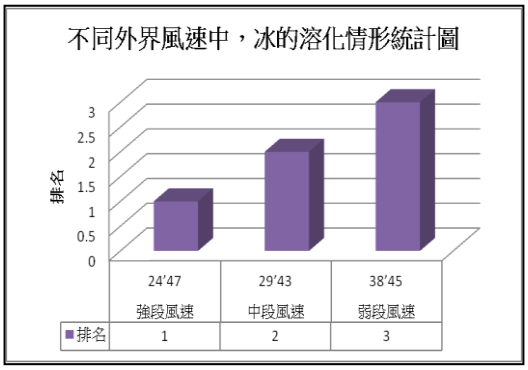


圖 18 不同風速溶化掉落統計圖

二、我們的觀察：

(一)、強段風速的最快掉落下來(排名 1)；弱段風速最慢掉落下來(排名 3)。

(二)、強段風速吹送時，將冰棒周圍的空氣吹開，加速了冰棒的溶化。

(三)、弱段風速吹送時，對冰棒造成微弱影響，較不易讓後段的冰棒溶化。

實驗五、設計實驗以探討在不同外界溫度中，冰的溶化情形

一、實驗結果紀錄：

103/12/09 室溫(19 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、無刻紋冰棒棍、不同風溫

吹風機溫度	40 度	33 度	21 度
時間	8” 51	12” 45	15” 03
溶化掉落情形	水不間斷滴落下來，且前端快速溶化。	前段開始滴水，但滴水的速度不快。	溶化慢，且水是慢慢的滴落下來。
排名	1	2	3

表 22 不同風溫觀察記錄表

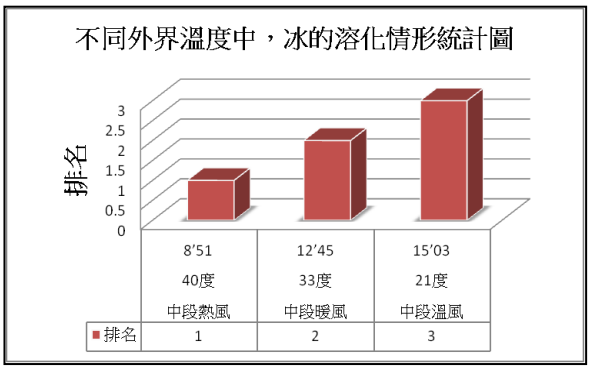


圖 19 不同風溫溶化掉落統計圖

二、我們的觀察：

(一)、冰棒在熱風(40 度)最快掉落(排名 1)；冰棒在溫風(21 度)最慢掉落(排名 3)

(二)、冰棒在高溫中較易溶化，冰與冰棍之間的摩擦力減弱，溶化速度最快。

(三)、吹風機的速度與溫度比電風扇來的快且來的高，因此才會加速冰塊的溶化。

【研究三】了解人為干擾、靜置不同材質容器，對冰棒溶化之過程。

實驗六、設計實驗以探討在不同溶液中攪拌，冰的溶化情形

一、實驗結果紀錄：

103/12/18 室溫(16 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、無刻紋冰棒棍、300ml 飲用水、轉速 45(次/s)

黑糖	茶匙數(10g/匙)	時間	排名	精緻鹽	茶匙數(10g/匙)	時間	排名
	2	1” 22	1		2	2” 30	1
	4	1” 30	2		4	2” 37	2
	6	1” 46	3		6	2” 46	3
	8	2” 40	4		8	3” 02	4
溶化掉落情形	2 匙：攪拌一下就消失不見。 4 匙：攪拌冰棒為 1/3 時，掉落。 6 匙：攪拌一段時間後，掉落。 8 匙：攪拌最久時間才掉落。			溶化掉落情形	2 匙：攪拌一下就消失不見。 4 匙：攪拌冰棒為 1/4 時，掉落。 6 匙：攪拌冰棒為 1/5 時，掉落。 8 匙：攪拌兩分鐘，剩結晶部分		

表 23 不同茶匙數攪拌觀察記錄表

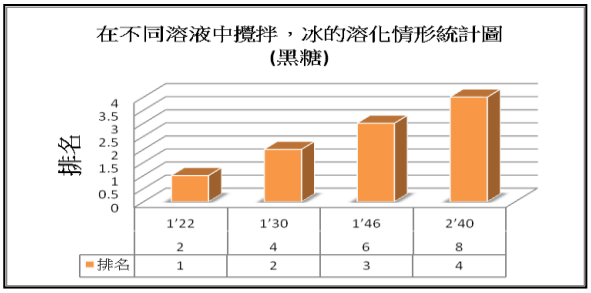


圖 20 不同茶匙(黑糖)數攪拌統計圖

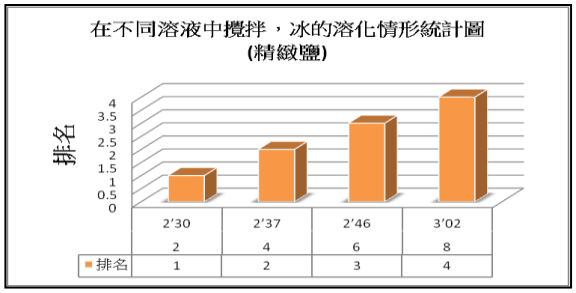


圖 21 不同茶匙(精緻鹽)數攪拌統計圖

二、我們的觀察：

(一)、黑糖的實驗中，茶匙數為 2 匙，最快溶化(排名 1)；茶匙數為 8 匙，最慢溶化(排名 4)。

(二)、精鹽的實驗中，茶匙數為 2 匙，最快溶化(排名 1)；茶匙數為 8 匙，最慢溶化(排名 4)。

(三)、黑糖和精緻鹽都是冷劑，匙數愈少，愈容易溶化，且溶化時間比一般清冰溶化速度快。

(四)、因有加上有攪拌的動作，黑糖製成的冰跟精緻鹽製成的冰，溶化速度有加快的現象。

實驗七、設計實驗以探討在不同水溫中靜置，冰的溶化情形

一、實驗結果紀錄：

103/12/27 室溫(17 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、冰棒棍、300ml 飲用水

水溫	溶化時間	排名	溶化情形	水溫前後差異	溶化後水溫	排名
10 度	25”16	5	溶化水溫變動較小，各階段變化明顯，杯壁外凝結成小水滴。	6.5	3.5	1
20 度	21”50	4	接近於當下氣溫，水溫較易降低，溶化時間長，易觀察。	13	7	2
30 度	19”03	3	冰塊溶化前後，變異最大，原本是白色冰塊，最後裂成碎冰。	19	11	3
40 度	8”40	2	冰塊→小塊浮冰→薄冰→浮於水面上→溶化	22.5	17.5	4
50 度	3”36	1	水溫最高，冰最容易溶化，所需時間不長。	25	25	5

表 24　不同水溫靜置冰塊觀察記錄表

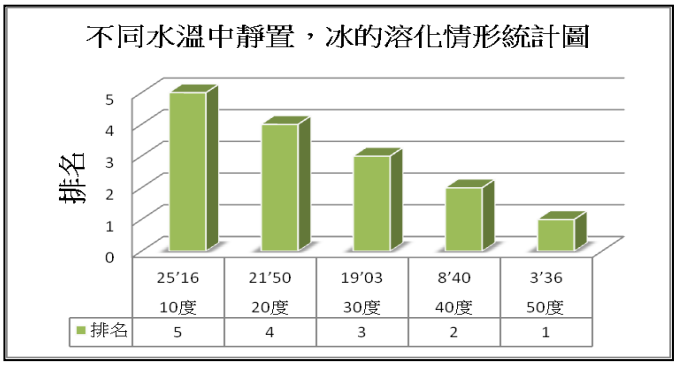


圖 22　不同水溫靜置冰塊統計圖

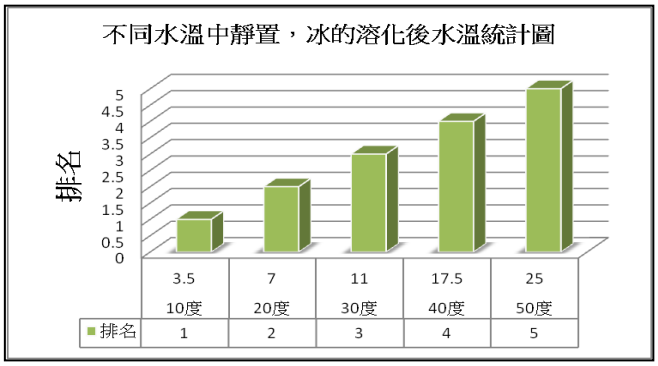


圖 23　不同水溫冰靜置溶化後水溫統計圖

二、我們的觀察：

(一)、冰在水溫為 50 度時，最快溶化(排名 1)；冰在水溫為 10 度時，最慢溶化。(排名 5)。

(二)、10 度水溶化水溫為 3.5 度時最冷(排名 1)；50 度水溶化水溫為 25 度時最冷(排名 5)

(三)、溫度愈高的水，所需溶化冰的時間與速度最快，但由於冰塊數量固定，因此溫度高的水溫最後溶化後的水溫，相對也是最高的。

實驗八、設計實驗以探討在不同材質容器中靜置，冰的溶化情形

一、實驗結果紀錄：

102/12/30 室溫(15 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、冰棒棍、300ml 飲用水

水杯材質（水溫 19 度）	溶化時間	排名	溶化情形	溶化後水溫	排名
保溫鋼杯	23” 30	5	需要溶化得時間最長，冰浮在水面上最久。	6 度	1
紙杯	9” 40	1	溶化時間迅速溶化，剛溶化後水溫溫度不多。	9 度	2
塑膠杯	17” 05	4	冰塊從外表開始溶化。	9 度	2
馬克杯	13” 07	2	冰塊溶化到一半時，馬克杯杯壁有小水滴附著於上。	11 度	5
玻璃杯	18” 55	3	杯壁外側有許多的小水滴附著。	10 度	4

表 25 不同材質容器中靜置觀察記錄表

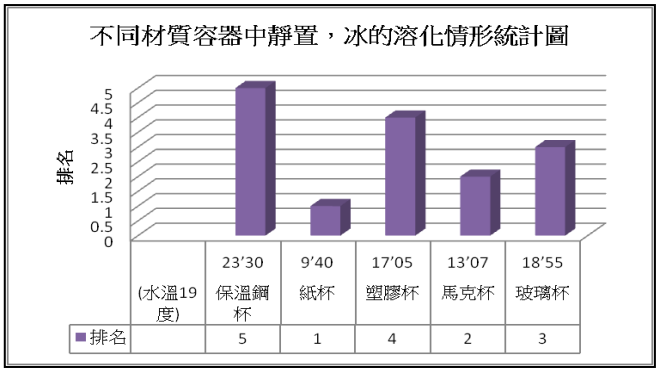


圖 24 不同容器靜置統計圖

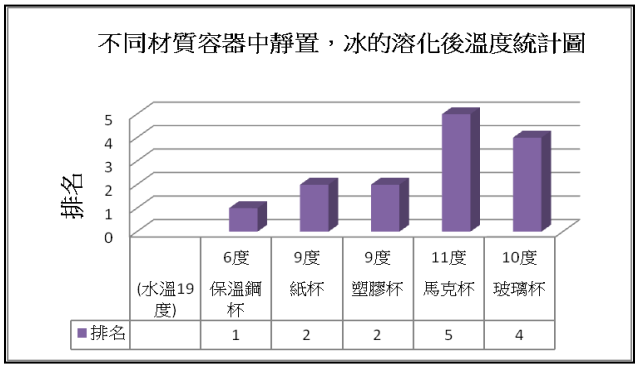


圖 25 不同水溫靜置後溫度統計圖

二、我們的觀察：

(一)、冰溶化速度最快的容器是紙杯(排名 1)；冰溶化速度最慢的容器是保溫鋼杯(排名 5)。

(二)、冰塊溶化後保溫杯的水溫最低 6 度(排名 1)；馬克杯內的水溫最高 11 度(排名 5)。

(三)、保溫杯得傳導速度較佳，溶化時間最久，相對保冷效果最好。

(四)、除了保溫杯之外，其他容器外壁，最後都有小水珠附著在上面。

【研究四】了解不同冷劑添加物及不同數量的冰塊，對水溫改變的過程。

實驗九、設計實驗以探討在不同添加物中，冰各部位溫度變化情形

一、實驗結果紀錄：

104/01/08 室溫(17 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、無刻紋冰棒棍、冰塊(40g)

(一)、清冰(對照組)

位置 時間	上	下	左	右	前	後
30 秒	17 度	12 度	19 度	17 度	18 度	18 度
60 秒	17 度	14 度	18 度	17 度	18 度	19 度
90 秒	16 度	13 度	18 度	17 度	18 度	19 度
120 秒	16 度	13 度	19 度	17 度	19 度	19 度
150 秒	16 度	11 度	18 度	17 度	19 度	19 度
180 秒	16 度	9 度	17 度	16 度	19 度	18 度
溶化情形	60 秒後降了 1 度，之後維持 16 度。	120 秒後，溫度開始明顯下降。	溫度在 18 度左右上上下下浮動。	幾乎維持在 17 度。	90 秒後，溫度開始上升。	溫度在 18 度到 19 度之間來回。

表 26 不同添加物(清冰，對照組)觀察記錄表

(二)、精緻鹽(實驗組)

位置 時間	上	下	左	右	前	後
30 秒	15 度	15 度	15 度	14 度	20 度	19 度
60 秒	15 度	12 度	15 度	15 度	18 度	17 度
90 秒	16 度	10 度	15 度	16 度	17 度	17 度
120 秒	18 度	10 度	16 度	16 度	16 度	17 度
150 秒	17 度	12 度	17 度	16 度	16 度	17 度
180 秒	18 度	12 度	17 度	16 度	17 度	16 度
溶化情形	溫度持續上升。	溫度持續下降，維持在 12 度。	溫度持續上升，維持在 17 度。	溫度持續上升，維持在 16 度。	溫度持續下降。	溫度持續下降到 16 度左右。

表 27 不同添加物(精緻鹽，實驗組)觀察記錄表

(三)、黑糖(實驗組)

位置 時間	上	下	左	右	前	後
30 秒	16 度	14 度	19 度	20 度	17 度	19 度
60 秒	15 度	10 度	19 度	18 度	16 度	17 度
90 秒	15 度	10 度	18 度	18 度	16 度	16 度

120 秒	15 度	9 度	18 度	17 度	16 度	16 度
150 秒	16 度	9 度	17 度	17 度	17 度	16 度
180 秒	16 度	8 度	17 度	16 度	16 度	16 度
溶化情形	溫度在 15 度到 16 度之間徘徊。	溫度持續下降到 8 度左右。	不斷降溫度，維持在 17 度左右。	溫度下降至 16 度左右。	溫度在 16 度到 17 度之間徘徊。	溫度在 16 度到 17 度之間徘徊。

表 28 不同添加物(黑糖，實驗組)觀察記錄表

二、我們的觀察：

(一)、從測量的位置來看，可以證實冰塊底部的溫度最低，可見得冷空氣是下降的。

(二)、精緻鹽這一組，一開始溫度上升，灑鹽後，溫度就開始下降了。

(三)、(左右)、(前後)的溫度不同，可能原因是接近手持溫度計的部位太靠近冰棒。

實驗十、設計實驗以探討不同數量的冰，對水溫改變的情形

一、實驗結果紀錄：

104/01/08 室溫(19 度)、水溫(24 度)、冷凍時數(24hr)、冷凍溫度(負 20 度)、無刻紋冰棒棍、40g 冰

時間 / 數量	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘
0 顆	24 度	24 度	24 度	24 度	24 度
1 顆	20 度	19 度	17 度	17 度	17 度
2 顆	18 度	14 度	12 度	10 度	10 度
4 顆	12 度	8 度	10 度	8 度	6 度
6 顆	11 度	7 度	6 度	5 度	4 度
8 顆	6 度	4 度	3 度	2 度	1 度
溶化情形	8 顆冰塊的水杯，1 分鐘之後，溫度降的最低。其餘的冰塊數量也持續降溫中。	8 顆冰塊的水杯，2 分鐘之後，溫度降的最低。其餘的冰塊數量也持續降溫中。	8 顆冰塊的水杯，3 分鐘之後，溫度降的最低。其餘的冰塊數量也持續降溫中。	8 顆冰塊的水杯，4 分鐘之後，溫度降的最低。其餘的冰塊數量也持續降溫中。	8 顆冰塊的水杯，5 分鐘之後，溫度降的最低。其餘的冰塊數量也持續降溫中。

表 29 不同數量的冰，水溫改變觀察記錄表

二、我們的觀察：

(一)、前幾次的實驗，溫度都會回升，但此實驗溫度卻一直持續下降。

(二)、冰塊數量與溫度成反比。冰塊的數量愈多，與外界接觸的溫度較少，因此可以保持低溫狀態。

陸、討論

【研究一】了解冰棒在置空情形下，在不同刻紋、種類、濃度的變因中，對冰棒溶化及掉落之過程。

實驗一、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(I)~8 種刻紋

一、當冰棒棍刻紋愈複雜，刻紋面積愈大時，且刻紋圖形和冰塊掉落方向平形（|字，與地面）的部分越少時，冰塊愈慢掉落。

二、當冰塊在冰棒棍上的時間愈久，掉落下來的體積愈小。

三、刻紋深度愈深時，冰塊愈慢掉落下來，因此有刻紋冰棒棍比無刻紋冰棒棍之冰棒掉落時間效果較長，應和冰與冰棍表面效應、摩擦力、重力及氫鍵鍵結有非常大之關係。

實驗一 ~ 1、設計實驗以探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(II)~距離頂部長度

一、3cm 的刻紋位於中間，兩邊施力平均，但 1cm、5cm 的刻紋位於兩邊，會產生重力的因素而有向下牽引的力量，若將刻紋處看作支點，施力臂在 1cm or 5cm 時較長，則較快掉落。

實驗一 ~ 2、設計實驗探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(III)~延伸完整度

一、冰棒棍上的線條數目多寡，與摩擦力大小、重力大小，皆會影響冰的表面效應作用。

二、冰棒棍的刻紋線條數量增加，冰能附著的面積範圍也增加，導致冰與冰棍的表面效應增加、摩擦力增加，冰棒棍也較能與冰塊鑲嵌住，因此較慢掉落。

三、冰棒棍的刻紋線條數量愈少，冰與冰棒棍的接觸面積就不大，表面效應作用弱，又由冰棒棍與冰的鑲嵌作用力不大，因此水分子間的氫鍵鍵結作用力變小，造成冰無法附著在冰棒棍上，就容易掉下來。

實驗一 ~ 3、設計實驗探討在不同冰棒棍刻紋中，冰的溶化及掉落情形(IV)~刻紋斜角度數

若實驗於無重力情形下進行，冰溶化方向會依順刻紋角度方向；但實驗是於有重力情形下進行，重力會影響冰棒溶化角度及方向，使其與地面垂直方向向下牽引，然而此時，冰溶化方向亦受刻紋角度牽引，因此，冰受兩方力量牽引之下，隨著刻紋角度的改變，溶化速度及情形亦會受到影響。

一、刻紋角度由 90 度至 0 度，度數越小〈越接近水平角度〉，與重力牽引方向相差越大，相影響程度越強，因此溶化時間隨之增長。

二、刻紋角度由 0 度至 90 度，度數越大〈越接近垂直角度〉，與重力牽引方向相差越小，相影響程度越弱，因此溶化時間隨之減少。

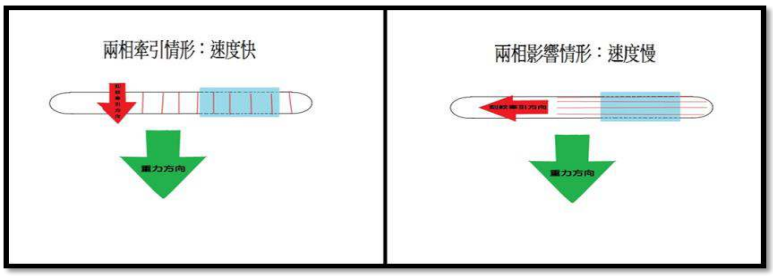


圖 26 冰棒棍斜角度刻紋掉落示意圖

實驗二、設計實驗以探討在不同冰棒溶液中，冰的溶化及掉落情形

一、當飲料越濃、氣泡含量越多、果粒越多、水分越少，冰脫離冰棒棍的時間就愈快。

二、若該水果含的纖維越多，其比重也會隨之增加，冰脫離冰棒棍的時間就愈快

三、透過市售加工的柳橙汁及天然柳橙汁比較可得知，果粒確實會對冰棒棍產生摩擦力，所以有較多果粒的液體，冰越不容易掉落。

實驗三、設計實驗以探討在不同溶液濃度中，冰的溶化及掉落情形

一、精緻鹽當作冷劑的效果比黑糖好，因此鹽容易使溫度下降，脫離冰棒棍的時間就愈快。因此互相比較各為排名 1 的黑糖和精緻鹽，精緻鹽花的時間較短。

二、當冰棒中含有糖或鹽的濃度愈高時，冰棒越脆，愈早掉落。

三、冰棒頂端的溶液濃度和結晶較尾端(較接近手持木棒的這端)多，因此頂端會比較快溶化。

四、按照常理來看，濃度相同的糖冰棒跟鹽冰棒在掉落時，鹽冰棒花的時間比較長，但因鹽巴是冷劑，又因鹽的溶解度較低，所以當加入鹽的溫度降低時，會產生一定數量的結晶，導致掉落時間越快。

【研究二】了解在模擬自然干擾(風速及溫度)的情形之下，對冰棒溶化及掉落之過程。

實驗四、設計實驗以探討在不同外界風速中，冰的溶化及掉落情形

一、風速越快，越能加快冰棒周圍水氣的流動，使其越快溶化。

二、風速越慢，越難讓冰棒有新的部分接觸空氣，不易使其溶化。

實驗五、設計實驗以探討在不同外界溫度中，冰的溶化及掉落情形

一、當溫度升高，冰棒周圍的溫度也會隨著變高，使冰棒更快溶化。

二、風溫偏低時，只有空氣流動的效果，不會加速冰的溶化。

三、比較實驗四的數據，可發現吹風機的風速和風溫都比電風扇要來的高，因此會產生實驗差距

【研究三】了解人為干擾、靜置不同材質容器，對冰棒溶化及掉落之過程。

實驗六、設計實驗以探討在不同溶液中攪拌，冰的溶化及掉落情形

一、鹽、糖都有冷劑的效果，因此濃度越高，溶化速度越快。

二、鹽的效果比糖好，所以在含鹽水溶液中的冰棒溶化速度較慢。

三、雖然攪拌無法清楚觀察溶化的過程，但是可以發現冰棒是從最外層開始溶化。

實驗七、設計實驗以探討在不同水溫中靜置，冰的溶化情形

一、當水溫愈熱時，冰溶化的速度愈快，以每杯固定量的冰塊來說，冰塊溶化後的水溫相對來說是高的，水的前後溫差也是最大的。

二、當溶化後的水溫愈低溫時，冰塊在溶化過程中的速度則愈慢。

實驗八、設計實驗以探討在不同材質容器中靜置，冰的溶化情形

一、除了保溫鋼杯，其他容器會隨著它的材質比熱越高，溶化時間越久。

二、除了保溫鋼杯，其他容器內的水溶液都有回溫現象，且杯外有小水滴依附。

三、在實驗的容器材質中，以保溫鋼杯的隔熱效果最好，不易受外界溫度的影響，所以冰塊在保溫杯中可以達到保冷的效果。

【研究四】了解不同冷劑添加物及不同數量的冰塊，對水溫改變的過程。

實驗九、設計實驗以探討在不同添加物中，冰各部位溫度變化情形

一、不論在冰塊上端撒上鹽或糖，都會吸走水分，導致溫度上升。

二、左端、右端、前端、後端，這些位置的溫度應要相同，但實驗時冰棒各端面接觸冷劑的多寡不一致而影響溫度些許不同。

三、冰塊下方溫度最低，因為具有水氣、冷空氣下降。

實驗十、設計實驗以探討不同數量的冰，對水溫改變的情形

一、放入的冰塊數量越多，時間越久，溫度降得越多(直到溶完為止)。 六顆跟八顆並沒有

二、持續觀察各杯水溶液的水溫，發現各燒杯的水溫中在前兩分鐘時有明顯下降，是因為冰塊吸熱原因所致。

三、在第三分鐘到第五分鐘的實驗過程中，發現溫度變化幅度小，可是因為冰塊已溶於水，兩者狀態達到平衡。

柒、結論與建議

研究這次科展主題，我們了解有許多變因會造成冰的溶化速度與情形。這次做的實驗分成兩個大方向，一個是探討冰與冰棒棍的表面效應(實驗一~實驗三)；一個是探討冰溶化的外界環境因素(實驗四~實驗十)。

我們觀察市售的冰棒及冰棒棍時，發現與我們原先所預期的最佳冰棒棍有很大的差異。透過實驗的發現，在此歸納出幾個論點，也將可行性較高的建議方法，提供製冰棒廠商、賣冰的店家……等，加以改善冰的溶化速度，讓冰不容易掉落，讓顧客可以多品嘗冰品的滋味。

一、結論：

(一)第一個研究方向(冰與冰棒棍的表面效應)實驗中，我們得知刻紋愈複雜(如 4 號井字冰棒棍)、距離頂端 3 公分有井字刻紋且 4*2 條線條(如 15 號冰棒棍)、距離頂端 3 公分井字型且有斜角刻紋為 60 度的(如 16 號冰棒棍)，其冰與冰棒棍的表面效應最好，水分子氫鍵的鍵結作用最大，摩擦力最大且受重力影響最用力最小，最晚落下。另外，溶液濃度愈稀、果粒愈少、纖維含量愈少做成的冰棒，溶化的時間愈慢。因次，此種冰棒棍是本研究認為最好的冰棒棍。

(二)第二個研究方向(冰溶化的外界環境因素)實驗中，我們得知外界風速愈弱、溫度愈低、冷劑添加物愈多、保溫效果愈好容器，冰所溶化與掉落的速度與時間是最慢的，因此吃冰的時候選擇這種環境因素，冰是可以持續較久的時間，較慢落下。

(三)我們把第 5 號、第 16 號冰棒棍一起和冰溶化之外界環境因素互相做比較，發現 5 號這種的冰棒棍做出來的冰溶化時間最快，冰與冰棒棍的表面效應最差，無法讓人有多點時間享受冰品；反觀第 16 號冰棒棍所做出來的冰溶化時間最慢，冰與冰棒棍的表面效應最好，可以讓人擁有多點時間享受冰品。

二、建議：

(一)可以選擇不易導熱的材質作為冰棒棍，也能在冰棒棍加工，打洞或是增加刻紋。

(二)製作冰棒的原物料固然重要，除了講求真材實料外，製作時可以選擇較不濃稠的水溶液來製作冰棒，若要添加水果顆粒或纖維，則選擇顆粒較小者，增加摩擦力。

(三)可以在冰的外層添加巧克力或是餅乾等覆蓋住冰本身，不僅能使冰本身減少與空氣接觸的面積，還能避免冰滴下來時弄髒衣服。

盼我們未來能擅用科展中所學到的經驗、結合生活科技及生態保護，做出一支如此特別又環保的冰棒棍！倘若真的在市面上看到一款冰棒符合上述這幾點，可謂冰棒界的翹楚呀！

當初一個無心之問—「到底是什麼原因使得冰塊溶化情況不一呢？」，意外地激發了我們對「冰」的好奇心，對冰開始展開做一系列的實驗，實驗中除了有樂此不疲的吃冰體驗、發揮耐心至極的做紀錄經驗；最難能可貴的部分，莫過於大家一起坐下來交換想法、意見，彼此尊重彼此的心得，透過團隊裡每個人的努力、付出，方能得到這如此寶貴的作品。

捌、學生心得

五年級參加過科學基本能力競賽後，我們對於科展的興趣更加濃厚。由於受到師長的肯定，因此受邀參與這項活動，感到無比的榮幸，也希望能在畢業前夕留下特別美好的回憶。在這過程中，我們深刻體悟到積極求知與團隊合作的重要性。雖然過程中曾因意見不合而引起不快，但經過討論、溝通後，大家團結的意志反而更加堅定。除了了解合作精神的重要性外，我們也感受到求知心的必要。在這實驗過程中，對於實驗結果的好奇以及對實驗結果的原因之好奇心正是學習過程無可取代、不可或缺的要素。參與科展不但留下美好的回憶，更讓我們有所學習，原來生活中一些看似簡單淺顯的事物其實內含著玄妙精深的原理。在一次一次地觀察、探討、分析以及查詢的過程中，一點一點地知識逐漸累積為通達的智慧。這就是科學的微妙之處，經由多個小小的發現延伸出一項精深的學說。其實只要有心，誰都能成為一位知識淵博，思辨精析的研究者。

玖、參考資料及其他

（一）自然與生活科技(2014)，三下—百變的水　　P.24・臺北市：康軒

（二）自然與生活科技(2014)，四下—水的移動　　P.22・臺北市：康軒

（三）自然與生活科技(2014)，五下—水溶液　　P.46・臺北市：康軒

（四）自然與生活科技(2014)，五下—力與運動　　P.68・臺北市：康軒

（五）自然與生活科技(2014)，六下—熱對物質的影響　　P.28・臺北市：康軒

（六）歷屆科展專輯。

【評語】080106

針對冰棒木棍刻痕能做各項改變變因的研究，題目非常有趣。