



## 壹、研究動機

去百貨公司的時候，看到了一台不同凡響的可樂販賣機。因為好奇心的驅使，所以買了一瓶可樂，將瓶蓋旋開，蓋起來再搖一搖，裡面的溶液像蜘蛛網般的開始結冰，最後，竟然變成了一瓶冰沙。這種奇異的現象使我們百思不解，一瓶液狀的飲料怎會在瞬間結冰？與四年級自然課上的「水的三態」不太相同，於是產生研究的興趣，決心要揭開它神秘的面紗！

## 貳、研究目的

- 一、除了可口可樂之外，還有哪些物質會出現瞬間結冰現象。
- 二、容器的材質對瞬間結冰的影響。
- 三、容器的形狀對瞬間結冰的影響。
- 四、有雜質的溶液對瞬間結冰的影響。

## 參、研究設備及器材

- 一、冷劑：冰塊、食鹽。
- 二、溫度計（-20 度~100 度）、碼錶。
- 三、溶液：  
蘋果西打、可口可樂、糖水（20%）、茶飲、  
鹽水（10%）、自來水、胡椒水、麵粉水。
- 四、容器：  
(一)裝冷劑：保麗龍盒  
(二)裝溶液：玻璃試管、塑膠試管、多多瓶



## 肆、研究過程及方法

### 一、測試溶液會出現瞬間結冰的現象？

#### (一)準備物品 (每生一組，共五組)

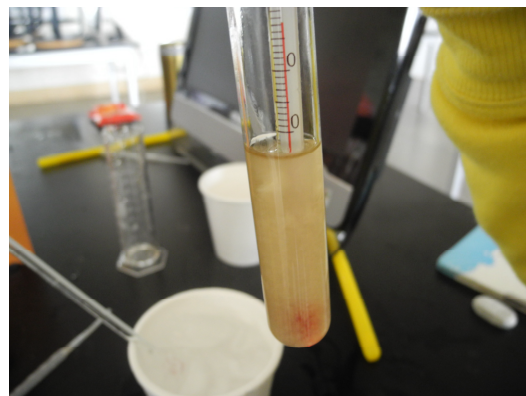
1. 冷劑：冰塊、食鹽。
2. 二支溫度計.(分別量冷劑溫度、量溶液溫度)、玻璃試管
3. 不同溶液：汽水、糖水、茶飲、鹽水、自來水

#### (二)操作步驟

1. 將冰塊與食鹽以約 3 比 1 的比例混合調製冷劑，並裝入保麗龍盒同時插入溫度計，等待降到攝氏-10 度以下。
2. 以滴管取自來水放入量筒達十毫升後，將自來水倒入試管並置入溫度計。
3. 將此試管放入攝氏-10 度的保麗龍盒中央，並按下碼錶計時。
4. 觀察試管內的溫度達攝氏-2 度以下且仍是液狀取出玻璃試管，搖晃試管觀察是否瞬間結冰，並記錄時間。
5. 改變溶液種類，重複步驟二至四並記錄。



自來水急凍的現象（玻璃試管）



茶飲急凍的現象（玻璃試管）

(三)實驗記錄

【學生 1】

玻璃試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	是	是
放入冷劑時間	7 分鐘	7 分鐘	2 分半	3 分半	2 分半
結凍狀態	一半雪泥狀	全部雪泥狀	一半雪泥狀	1/3 雪泥狀	全部雪泥狀
急凍時溫度	-2 度	-2 度	-2 度	-9 度	-2 度

【學生 2】

玻璃試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	是	是
放入冷劑時間	8 分鐘	5 分半	3 分鐘	3 分鐘	1 分鐘
結凍狀態	全部結冰狀	全部雪泥狀	全部雪泥狀	一半雪泥狀	一半雪泥狀
急凍時溫度	-3 度	-2 度	-2 度	-8 度	-3 度

【學生 3】

玻璃試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	是	是
放入冷劑時間	7 分鐘	2 分鐘	4 分鐘	3 分 20 秒	3 分鐘
結凍狀態	全部雪泥狀	一半雪泥狀	一半雪泥狀	一半雪泥狀	全部雪泥狀
急凍時溫度	-2 度	-2 度	-2 度	-9 度	-2 度

**【學生 4】**

玻璃試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	是	是
放入冷劑時間	7 分鐘	4 分鐘	2 分半	3 分半	1 分半
結凍狀態	全部結冰狀	2/3 雪泥狀	一半雪泥狀	一半結冰狀	7/10 結冰狀
急凍時溫度	-3 度	-2 度	-2 度	-10 度	-2 度

**【學生 5】**

玻璃試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	否	否	否	是	是
放入冷劑時間	\	\	\	3 分鐘	3 分鐘
結凍狀態	\	\	\	5/1 雪泥狀	5/1 雪泥狀
急凍時溫度	\	\	\	-10 度	-2 度

**(四)實驗觀察：**

- 1.以玻璃試管裝取溶液，所有溶液皆有瞬間結凍的現象。
- 2.其中糖水、汽水、茶飲較容易瞬間結冰。
- 3 自來水、糖水、汽水、茶飲溫度降至攝氏-2 度左右，即可操作出瞬間結凍，鹽水需要降到接近攝氏-10 度左右，才可操作出瞬間結凍。

二、改變容器的材質是否影響急凍現象？

將玻璃試管換成塑膠試管，重複一次實驗。

(一)操作步驟同實驗一

(二)實驗記錄



【學生 1】

茶飲的急凍現象（塑膠試管）

塑膠試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	是	是
放入冷劑時間	5 分鐘	5 分半	6 分鐘	7 分鐘	6 分鐘
結凍狀態	1/3 雪泥狀	1/3 雪泥狀	1/3 雪泥狀	一半雪泥狀	一半雪泥狀
急凍時溫度	0 度	-2 度	-1 度	-9 度	-1 度

【學生 2】

塑膠試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	是	是
放入冷劑時間	4 分鐘	4 分半	5 分鐘	6 分鐘	5 分鐘
結凍狀態	一半雪泥狀	1/3 雪泥狀	1/3 雪泥狀	1/3 雪泥狀	1/3 雪泥狀
急凍時溫度	-3 度	-3 度	-3 度	-10 度	-3 度

【學生 3】

塑膠試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	是	是
放入冷劑時間	6 分鐘	4 分鐘	4 分鐘	8 分鐘	4 分鐘
結凍狀態	全部雪泥狀	一半雪泥狀	一半雪泥狀	2/3 雪泥狀	一半雪泥狀
急凍時溫度	-3 度	-1 度	-3 度	-10 度	-1 度

【學生 4】

塑膠試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	是	是
放入冷劑時間	3 分半	4 分半	3 分鐘	4 分鐘	4 分半
結凍狀態	全部雪泥狀	3/10 雪泥狀	3/10 雪泥狀	一半雪泥狀	一半雪泥狀
急凍時溫度	-4 度	-2 度	-3 度	-6 度	-1 度

【學生 5】

塑膠試管	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	否	否	否
放入冷劑時間	12 分 33 秒	5 分 01 秒	∖	∖	∖
結凍狀態	全部雪泥狀	全部雪泥狀	∖	∖	∖
急凍時溫度	-5 度	-2 度	∖	∖	∖

(三)實驗觀察：

- 1.以塑膠試管裝取溶液，所有溶液仍會有瞬間結凍現象，但是結凍狀態呈現水和冰混合的雪泥塊。
- 2.其中糖水、汽水、茶飲同實驗一瞬間結冰較容易成功。

### 三、改變容器的形狀是否影響急凍現象？

將塑膠試管換成多多瓶，重複一次實驗。

(一) 實驗步驟同實驗一

(二) 實驗記錄



茶飲的急凍現象（多多瓶）

【學生 1】學生

多多瓶	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	否	否	否	否
放入冷劑時間	6 分 50 秒	＼	＼	＼	＼
結凍狀態	＼	＼	＼	＼	＼
急凍時溫度	-3 度	＼	＼	＼	＼

【學生 2】

多多瓶	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	是	是	否	是
放入冷劑時間	10 分鐘	8 分鐘	8 分鐘	＼	13 分 10 秒
結凍狀態	結冰狀	雪泥塊	結冰狀	＼	結冰狀
急凍時溫度	-2 度	-3 度	-4 度	＼	-1 度

【學生 3】

多多瓶	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	否	否	否	否
放入冷劑時間	11 分鐘	＼	＼	＼	＼
結凍狀態	＼	＼	＼	＼	＼
急凍時溫度	-1 度	＼	＼	＼	＼

## 【學生 4】

註:學生 4 之自來水及汽水為 20 毫升

多多瓶	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	是	否	是	否	是
放入冷劑時間	13 分鐘	＼	14 分 06 秒	＼	14 分半
結凍狀態	＼	＼	＼	＼	＼
急凍時溫度	-4 度	＼	-2 度	＼	-4.5 度

## 【學生 5】

多多瓶	自來水	糖水	汽水	鹽水	茶飲
是否急凍	否	否	否	否	否
放入冷劑時間	＼	＼	＼	＼	＼
結凍狀態	＼	＼	＼	＼	＼
急凍時溫度	＼	＼	＼	＼	＼

## (三)實驗觀察

1. 容器換成多多瓶發現操作時間長，且大部分不容易成功。
2. 鹽水均未操作成功。



#### 四、有雜質的溶液對急凍現象的影響。

##### (一)調製麵粉水、胡椒粒水

##### (二)實驗步驟

- 1.將冰塊與鹽巴以 3 比 1 的比例混合調製冷劑。
- 2.以塑膠滴管取用放入量筒達十毫升後將溶液倒入多多瓶記錄初始溫度。
- 3.將裝有自來水的多多瓶放入保麗龍盒中央，並將冷劑移入試管四周。
- 4.以計時器測試不同時間(間隔三十秒)取出多多瓶，操作是否瞬間結凍。
- 5.改變溶液種類，重複步驟二至四並記錄。



##### (三) 實驗表格

###### 【學生 1】

玻璃試管	胡椒粒水	麵粉水
是否急凍	否	否
放入冷劑時間	＼	＼
結凍狀態	＼	＼
急凍時溫度	＼	＼

###### 【學生 2】

玻璃試管	胡椒粒水	麵粉水
是否急凍	否	否
放入冷劑時間	＼	＼
結凍狀態	＼	＼
急凍時溫度	＼	＼

**【學生 3】**

玻璃試管	胡椒粒水	麵粉水
是否急凍	否	否
放入冷劑時間	＼	＼
結凍狀態	＼	＼
急凍時溫度	＼	＼

**【學生 4】**

玻璃試管	胡椒粒水	麵粉水
是否急凍	否	否
放入冷劑時間	＼	＼
結凍狀態	＼	＼
急凍時溫度	＼	＼

**【學生 5】**

玻璃試管	胡椒粒水	麵粉水
是否急凍	否	否
放入冷劑時間	＼	＼
結凍狀態	＼	＼
急凍時溫度	＼	＼

**(三) 實驗觀察**

有雜質的溶液在會在溫度降到攝氏 0 度以下以前逐漸結冰，無法出現瞬間急凍現象。

## 五、研究結果

- 一、本實驗所使用的汽水、糖水、茶飲、鹽水、自來水皆可操作出瞬間結凍現象。
- 二、瞬間結凍時，溶液的溫度都低於水的凝固點攝氏零度以下。
- 三、在過冷狀態產生瞬間急凍時的溫度，不同溶液並不完全相同。
- 四、玻璃試管比塑膠試管更容易在過冷狀態操作出瞬間結凍的現象，且結凍的狀態不同  
玻璃試管：多為冰塊狀；塑膠試管：多為雪泥狀(細冰與水混合)。
- 五、使用多多瓶能操作出過冷狀態，唯溫度下降很慢，成功率很低。
- 六、麵粉溶液和胡椒溶液出現急凍現象，水溶液隨著降到 0 度以下時，慢慢結冰。

## 陸、討論

### 一、有瞬間急凍的效果的水溶液類型

- (一)能產生瞬間急凍效果的不僅限於可樂。透明的或半透明的溶液都可以。
- (二)有懸浮物的溶液無法有瞬間急凍的效果

### 二、各種水溶液在瞬間結凍時的溫度

- (一) 自來水並不會如同小學四年級自然課本所提到的在凝固點(攝式零度)產生凝固，凝固的條件除了是溫度外，是否還有其他條件影響？
- (二) 產生瞬間結凍的溫度為何並不大相同，都在攝式 0 度以下？
- (三) 為何鹽水產生瞬間結凍的溫度比其他水溶液更低？

### 三、瞬間結冰的型態

- (一)為何有雪泥狀與冰塊狀的差異？
- (二)為何凝固的型態並不會持續太久，多數都很快就重新回到液態

### 四、不同容器對瞬間結凍的影響

- (一)用塑膠試管降溫較慢、時間較久的原因
- (二)塑膠的多多瓶除速度慢以外為何成功率不高

## 柒、結論

- 一、水溶液降溫至凝固點時，若水溶液內存在有雜質，則會開始凝固；而呈現透明沒有雜質的水溶液溫度可以持續下降，低於凝固點而不會凝固，以溫度計擾動會出現瞬間結凍。依此推論只要是真溶液都可以做出瞬間結凍的現象。
- 二、自來水溫度降至攝氏零度（凝固點）無法凝固與水質純淨無雜質有關
- 三、結凍必須溫度至少降至凝固點，而水溶液若瞬間結凍，其溫度必然不可高於凝固點。操作中瞬間凝固時所記錄的溫度都低於攝氏零度甚至達到攝氏-9度。依此推論有物質溶入的水溶液凝固點與純水不同，此改變為降低凝固點溫度。
- 四、因為每單位的水能溶解鹽巴量少於糖量，因此同濃度的鹽水與糖水飽和程度不相同，由鹽水瞬間結凍的溫度比其他溶液低，推論越接近飽和的水溶液，其凝固點溫度降的越低。
- 五、相同尺寸的玻璃試管與塑膠試管成功率差不多，因此推論容器材質對瞬間急凍無明顯的影響，差別是熱傳導速度不同，玻璃試管上方與底部溫度較相近，因此較易形成冰塊狀；塑膠試管上方與底部溫度較有落差，部分液體結凍，部份液體未結凍而形成雪泥狀，甚至只有部分出現雪泥狀。出現急凍現象後，因脫離的冷劑即處在吸熱的狀態，加上試驗的溶液量少，溫度上升很快，因此凝固的型態不能持久。
- 六、多多瓶與塑膠試管材質相近，其差別在多多瓶內部有稜角，依數據發現較不易出現急凍現象。推論容器型態要是平滑的能夠提高瞬間急凍的機率。

## 捌、參考資料

- 一、國小自然課本：南一版四下第四單元
- 二、網路查詢
  - 1.<http://www.youtube.com/?gl=TW&hl=zh-TW//過冷溶液>
  - 2.<http://tw.yahoo.com//過冷溶液>