# 中華民國第52屆中小學科學展覽會
# 作品說明書

---

國中組　物理科

**佳作**

030116

**那些年我們一起誤解的乾冰**

學校名稱：高雄市立鹽埕國民中學

| 作者： | 指導老師： |
| --- | --- |
| 國二 白舒羽<br>國二 黃詣涵<br>國二 林凡紜 | 陳勁志 |


關鍵詞：乾冰、昇華

# 摘要

許多人都看過園遊會上的乾冰汽水，將乾冰投入汽水中會產生大量的白煙，投入水中也可以看到相同的情形，對於此一現象，科學的解釋是乾冰昇華吸熱，促使水蒸氣凝結產生白煙，然而在本研究的實驗中發現並非如此，本研究以實驗的觀察對科學家的解釋提出反駁，並提出充足的證據以供佐證。

# 壹、研究動機

每當看到演唱會，或是舞台劇為了特殊效果而施放的乾冰煙霧，總有一種朦朧魔幻的美感，好像在白茫茫的小水滴中，可以找到一個美麗的異次元空間。

乾冰，是一種神奇的物質。放在空氣中，它會冒出一絲絲白煙，然後無聲無息的消失；但一旦碰上了水，便會湧出大量的白色水霧。

不管是課本，還是講義都告訴我們，乾冰冒出的白霧是水蒸氣遇冷凝結而成的小水滴，而乾冰正好提供了凝結所需的低溫；高溫的水，能使乾冰昇華的更加迅速，這個理論如果以課本上告訴我們有關吸熱與放熱，以及物質狀態變化的知識來看，似乎沒有什麼問題，我們也這樣牢牢記著，但許久後我們從實際的觀察中發現了此種說法無法解釋的不尋常現象。

為什麼投到水裡後水霧會急遽增加？從許多文獻上的解釋是，因為水面上提供的水蒸氣較多，較易凝結；但問題在於，乾冰投入水裡後吸熱，照理水蒸發的速率應因溫度下降而減慢，而且水中的水蒸氣不會比空氣中的多，甚至會更少。我們發現騰空放在水面上的乾冰周圍釋出的白煙，遠遠不及當乾冰接觸到水面時產生的白煙產量，此現象與理論顯然相去甚遠，於是興起了我們研究乾冰與水接觸後產生大量白煙，其背後真正機制的動機。

# 貳、研究目的

為了探討有關乾冰接觸到水之後產生大量白煙的現象，我們試圖提出不同的理論，然而在提出新的理論之前，我們必須以實驗的觀察來找出舊理論中的盲點以及矛盾之處，根據由文獻整理的結果，我們整理出幾點目前科學社群所認為的有關白煙現象的解釋，並逐步以實驗檢視其正確性，包括有以下幾點：

一、乾冰遇水迅速吸熱而昇華為氣態的二氧化碳，過程中由於吸收許多熱，使得低溫二氧化碳氣體周圍的水氣冷凝成小水滴，而產生白色的煙霧。

二、乾冰遇到水的時候，因為水周圍的水蒸氣含量較多，所以可以產生較多的白煙。

三、水遇到乾冰，因為溫差乾冰會汽化，同時水溫也會降低，汽化過程需要吸熱 也會使水溫會更低，水溫低，則臨近空氣中的水蒸氣，更容易凝結。

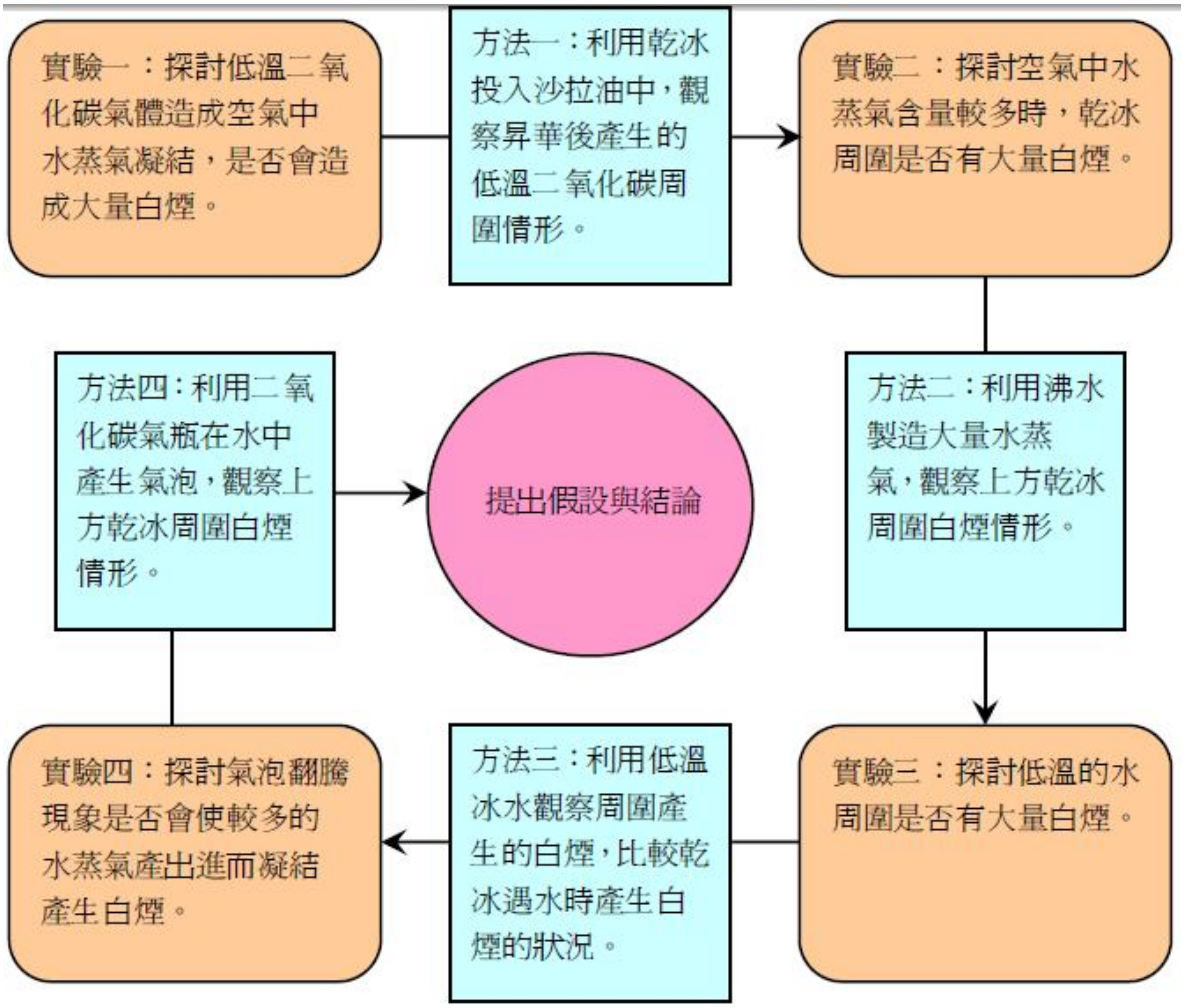
四、乾冰投入水中，因為乾冰昇華成氣態二氧化碳，在水底下產生氣泡，攪動了水，使水產生翻騰的現象，進而把水蒸氣由水面下帶出水面，出水後的水蒸氣遇冷凝結成小水滴，就是我們看到的白煙。

本研究偏重於質性現象的觀察，主要目的在於藉由觀察的過程驗證以上四點科學社群對乾冰遇水現象的解釋之適切性，並一一提出其矛盾之處，希望可以藉由這樣的過程，提出新的推論。

# 參、研究設備及器材

| 名稱 | 數量 | 名稱 | 數量 |
|---|---|---|---|
| 電子天平 | 1 個 | 乾冰 | 2.5 公斤 |
| 燒杯 | 5 個 | 水槽 | 1 個 |
| 附側管錐形瓶 | 2 個 | 沙拉油 | 1 公升 |
| 電子式溫度計 | 1 組 | 95%乙醇 | 600 毫升 |
| 鑷子 | 2 支 | 計時器 | 1 個 |
| 保溫瓶 | 2 個 | 二氧化碳鋼瓶 | 1 瓶 |

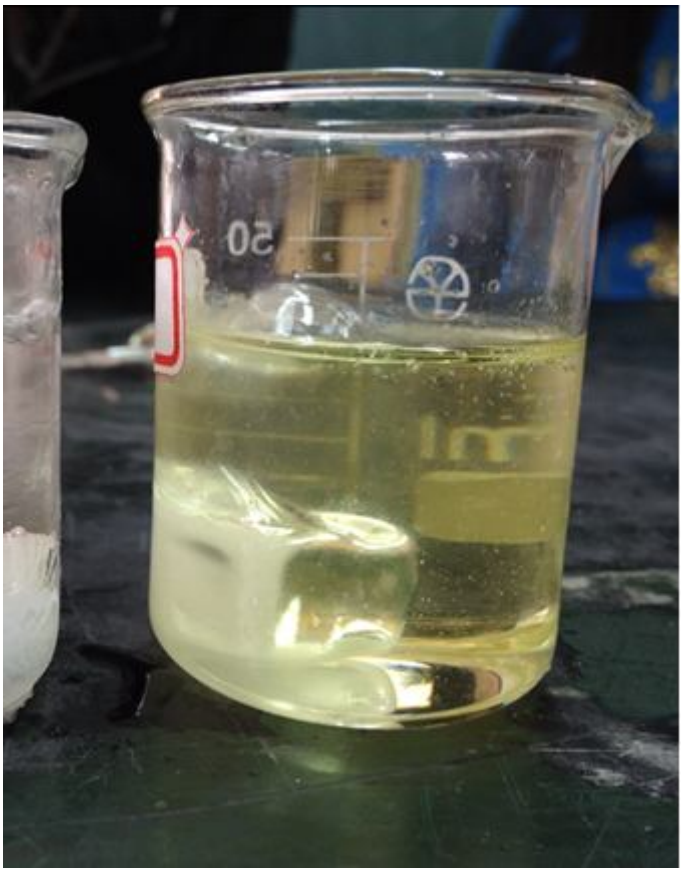
# 肆、研究過程或方法


實驗一：探討低溫二氧化碳氣體造成空氣中水蒸氣凝結，是否會造成大量白煙。
方法一：利用乾冰投入沙拉油中，觀察昇華後產生的低溫二氧化碳周圍情形。
實驗二：探討空氣中水蒸氣含量較多時，乾冰周圍是否有大量白煙。
方法二：利用沸水製造大量水蒸氣，觀察上方乾冰周圍白煙情形。
實驗三：探討低溫的水周圍是否有大量白煙。
方法三：利用低溫冰水觀察周圍產生的白煙，比較乾冰遇水時產生白煙的狀況。
實驗四：探討氣泡翻騰現象是否會使較多的水蒸氣產出進而凝結產生白煙。
方法四：利用二氧化碳氣瓶在水中產生氣泡，觀察上方乾冰周圍白煙情形。
提出假設與結論

# 伍、研究結果

一、低溫二氧化碳氣體周圍白煙情形：

我們將乾冰投入沙拉油中，看見乾冰在沙拉油中昇華成二氧化碳氣體，並在沙拉油中造成大顆的氣泡，氣泡是低溫的二氧化碳氣體，但氣泡在升至沙拉油表面破裂後與空氣混合，並沒有明顯白煙產生，可見科學社群中有關「乾冰昇華產生低溫二氧化碳氣體造成空氣中水蒸氣凝結」的解釋是錯誤的。



圖一　乾冰在沙拉油中的情形

二、沸水上方乾冰周圍白煙情形：

我們取乾冰懸空在裝有沸水的燒杯上，發現乾冰周圍有許多白煙產生，但白煙的量比乾冰遇到水的時候還要少，可以用肉眼輕易判別兩者白煙量的差異性，可見科學社群中有關「水周圍的水蒸氣含量較多，所以可以產生較多的白煙」的解釋，也不是乾冰與水街出產生白煙的因素。

圖二　乾冰在沸水上方的情形

三、低溫冰水周圍白煙情形：

我們直接以表面結冰的水來跟「乾冰與水接觸」做比較，冰水表面雖有白煙產生，但白煙的量遠遠不及乾冰與水接觸後產生的白煙，而且冰水上方只是維持有白煙環繞，但乾冰與水接觸後的白煙是不斷的蔓延至桌面上，可見科學社群眼中「乾冰使水溫降低，使周圍產生白煙」並不是乾冰遇到水之後產生大量白煙的主要因素。

四、有氣泡翻騰的水面周圍白煙情形：

我們以二氧化碳鋼瓶釋放出二氧化碳在水中，使二氧化碳氣泡在水中翻騰，再將乾冰懸空放在接近水面的位置。我們發現這跟把乾冰懸空放在平靜的水面上，沒有什麼兩樣，也就是說「氣泡翻騰，進而把水蒸氣由水面下帶出水面」的解釋是錯誤的。

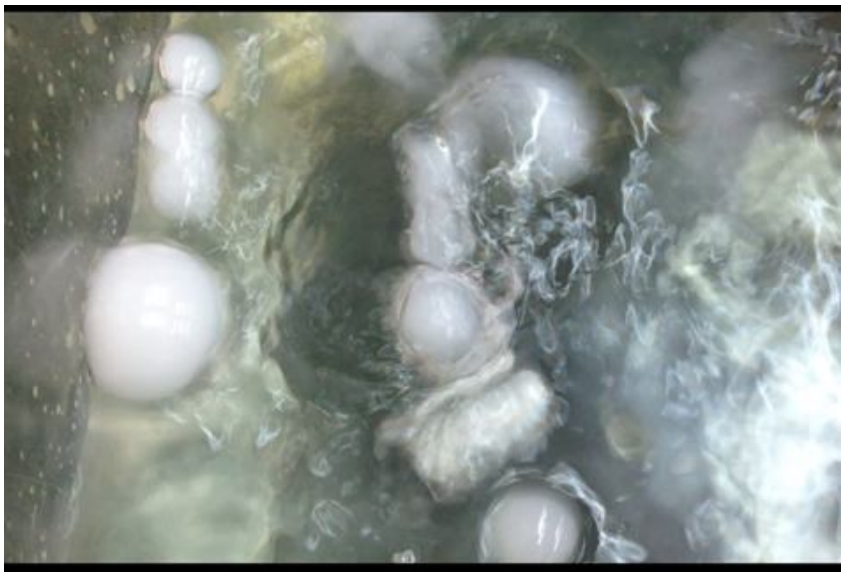
# 陸、討論

從實驗的結果我們發現，當乾冰與水接觸後，會產生大量的白煙，如圖三所示，而且只要輕觸便有大量白煙，並不需要將乾冰整顆投入水中，因此氣泡攪動水使水蒸氣被帶出進而凝結的說法也不成立，從我們的實驗結果更可證明，若將乾冰整顆投入水中，我們可以觀察到乾冰在水中產生的氣泡是白色的，如圖四所示，表示白煙是在水底下就已經形成，若照一般的認知「白煙是水蒸氣大量凝結」，我們不禁要問，水底下哪來的大量水蒸氣？可見我們對乾冰與水接觸產生白煙的現象，一直以來都存在著嚴重的誤解，用我們已知的知識去解釋這樣的現象，但卻是充滿著錯誤。

此外我們也發現，白煙的量雖然跟水的溫度有正相關，水溫越高白煙越多，但能否產生白煙非常重要的一個關鍵並不是水溫的高低，即使水溫已經接近0℃，但只要乾冰與水保持「接觸」，此時水被霧化的現象便仍可觀察得到，將乾冰投入水中，當乾冰周圍的水降至冰點，水會在乾冰周圍結出一層冰，這層冰會阻擋乾冰與液態水的接觸，一但乾冰與水失去接觸，水霧化的情形便消失，如圖五所示，雖然此時乾冰仍持續昇華，但冒出的氣泡是透明的，也就是沒有白煙產生，若將冰層敲破，乾冰與水恢復「接觸」狀態，白煙又會立刻出現，如圖六所示。

實驗之後我們因好奇又測試了幾種含水的溶液，包括95%乙醇與飽和食鹽水，發現乾冰與兩種容易接觸時也會產生白煙，其中飽和食鹽水在乾冰昇華完畢，並待溶液恢復常溫時，發現杯底有食鹽析出，如圖七所示，可見產生的白煙是來自於食鹽水中的水，而非來自於空氣。

圖三　乾冰與水接觸時冒出大量白煙



圖四　乾冰投入水中產生包裹白煙的氣泡

圖五　乾冰周圍產生冰層時白煙消失

圖六　將冰層敲破後白煙再度出現

圖七　乾冰昇華後杯底有食鹽析出

# 柒、結論

綜合本次實驗所觀察的現象，我們又做了最後一項實驗，將15 克乾冰放入裝100 克水的附側管錐形瓶中，蓋上橡皮塞，這時產生的白煙由側管噴出，使用附側管錐形瓶的原是防止空氣中的水蒸氣凝結到水裡，影響質量的測量，等到乾冰完全昇華完畢，我們發現錐形瓶中的水少了0.6 克，約是以滴管滴出14 滴水的水量，因此本實驗最後做出以下兩點結論：

一、乾冰接觸水時，所產生白煙的現象，不是水蒸氣凝結所造成，而是水被霧化所造成。

二、乾冰接觸到含水的物質，可以將其中的水霧化成白煙，水量會減少。

# 捌、參考資料及其他


高玉齡（民95）。以「乾冰」為主題教學模組融入自然與生活科技領域教學之研究。國立高雄師範大學化學系碩士論文，未出版，高雄市。

何定樑（民88）。生活的物理。台北市：九章。

後藤道夫（民91）。77 個不可思議的科學魔術（王蘊潔，譯）。台北市：方智。

今夏均（民96）。哇！科學實驗真好玩！（南宮善下，繪；郭秀華，譯）。台北市：新苗。

陳偉民（2006）。乾冰汽水—酷！發現月刊，114。民101 年1 月20 日，取自：http://www.ytlee.org.tw/publish/find/vshow.asp?qry=114

黃福坤（2011）。關於乾冰昇華的白煙。物理討論區。國立台灣師範大學物理系。民101 年1 月22 日，取自：http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=18023

Yen-Jie Lee（無日期）。生活物理：乾冰為什麼會產生煙霧呢?。光與物質小站。民101 年2 月1 日，取自：http://residence.educities.edu.tw/listeve/Htm/physics/dailylife/q3.htm__

## 【評語】030116

1. 對乾冰於水中昇華現象有新穎觀點與具可信度的觀察。

2. 對水面上白色煙霧的成分宜再作進一步認定。