

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030813

盛 "汽" 凌人

學校名稱： 私立德光女中(附設國中)

作者： 國三 黃絜歆 國三 吳佩蓁 國三 李雅涵 國三 黃紹筠	指導老師： 黃條誠
---	--------------

關鍵詞：氣泡、成核、毛細力

## 壹、摘要

網路上有片短片，將曼陀珠加入可樂中，可樂會高高的衝出瓶外，非常神奇，於是我們決定以此作為研究主題，我們原本推測的鹽析似乎不是主因。我們參考文獻，覺得較可能是成核所造成的反應，於是往這個方向深入探討。

我們發現，由於不同表面提供的毛細力的影響，所生成的氣泡大小、上浮情形皆不相同。鹽類和醣類的毛細力較小，所以氣泡小而冒得快；金屬及塑膠的毛細力則相對較大，氣泡大而不易上浮。碳棒用火烤過以後，因表面孔隙的改變，氣泡由原本的大而附著力強，轉為小而冒泡數量多。

經由研究改良，汽水所噴得高度可達到 6.17 公尺，噴了兩層樓（噴到三樓），我們也製造出「汽水車」，600 毫升的汽水只需用 2.7 公克的碳酸氫鈉便能漂亮地跑出 82.25 公尺的距離！也意外發現了各種金屬只要調整顆粒大小及表面積也可在汽水中不斷浮沈。

網路上流傳著幾種說法，其中流傳得最廣的是：「是因為曼陀珠含有一種叫做阿拉伯膠的化學物質。這個成分讓水分子的表面張力更容易被突破，以驚人的速度釋放更多的二氧化碳所以能噴那麼高」，但這個說法似乎是錯誤的。而其他的網友似乎都認為是「鹽析」所產生的效果，但我們最後也證實了這是錯誤的。

## 貳、研究動機

### 一、研究動機

有一小段影片在網路上流傳許久，將十三顆曼陀珠加入一瓶兩公升的可樂中，就可以在瞬間產生大量的氣泡，一下子壓力暴增，使可樂一鼓作氣噴出瓶外，嚇得網友發出警告，直擔心喝了可樂後吃曼陀珠，汽水會直衝腦門（這一點可以放心，因為可樂進了肚子裡後，氣泡早就冒光了）。我們對這段影片深感興趣，據我們在自然課本第三冊 1-2(南一版)中所學到的，汽水是過飽和溶液，而曼陀珠似乎是有個機制能使過多的二氧化碳在極短的時間內釋出，我們考慮到「鹽析」的可能。但究竟是什麼原因能夠造成這麼激烈的反應？我們想往這個方向去深入研究及探討。

影片網址：<http://home.kimo.com.tw/c8453105/26/c03.html>

### 二、研究目的

- (一) 使汽水加劇冒泡的物質探討
- (二) 成核現象深入研究
- (三) 意外的發現—快速浮沉金屬子
- (四) 在反應物不變的條件之下使汽水噴得更高
- (五) 將此力量作為實際應用

## 參、文獻回顧

汽水中的氣，主要是由二氧化碳在低溫高壓的條件下所形成。在裝瓶或裝罐後，溶解在液體中的二氧化碳會與瓶中的氣體達到平衡。

在開瓶後，液面上二氧化碳的壓力就會急遽下降（減少為大氣壓），破壞了原先的平衡；如此一來，液體中的二氧化碳分子便呈現過飽和狀態。爲了要重新取得平衡，二氧化碳就必須從這個呈過飽和狀態的液體逃逸。有兩個機制會讓溶解的二氧化碳逃離：從液體的表面擴散出去，或是形成氣泡。

但是，氣泡會受限於能量障礙而難以形成，要克服能量障礙所需達到的過飽和比例，根本就超過氣體溶解於碳酸飲料中的量！所以，要在只稍稍過飽和的液體中形成氣泡，就要有事先存在的氣體空腔，而且空腔的曲率（註）半徑必須大到足以克服這個成核作用的能量障礙，氣泡才能自由地成長。

氣泡表面的曲率會影響到它內部氣體的壓力，而根據拉普拉斯定律(Laplace's law)，氣泡內外的壓力差會和氣泡半徑成反比。若低於某個臨界半徑，空腔內部的氣體壓力過大，便會阻止液體中溶解的二氧化碳擴散到空腔裡。

但其實氣泡產生的位置，也就是成核點，並非坐落於玻璃杯表面不規則的坑洞裡，因爲它們的寬度遠低於氣泡形成所需要的臨界曲率半徑。其實這些氣泡溫床根本就是附著在玻璃壁上的雜質，由於這些外來粒子的幾何形狀無法被飲料完全沾濕，所以在杯子斟滿時就可以包住一些氣袋（見下圖）。



在氣泡的形成過程中，溶解的二氧化碳分子會跑進這些微小的氣袋中，最後就長成一個肉眼可見的氣泡。氣泡受到毛細力的拉扯，起初一直停留在成核點，隨後這個氣泡所受的浮力會不斷增大，最後從成核點脫離，並提供了讓另一個新泡泡形成的位置。（科學人雜誌—香檳泡泡的金色魔力）

※註：

曲率：圓的半徑的倒數，就是圓的曲率

## 肆、實驗設備與方法

### 一、實驗設備與器材

- (一) **器材**：燒杯、試管、試管架、電子天平、鑷子、尺、投影機、培養皿（塑膠、玻璃）、滴管、3 號橡膠塞
- (二) **藥品**：葡萄糖、乳糖、半乳糖、果糖、麥芽糖、蔗糖、碳酸鈉、碳酸氫鈉、氯化鈉、無水氯化鈣、碳酸鈣、鋅粉、鐵粉
- (三) **其他**：鋅片、鋁片、銅片、鎳片、菜瓜布、樟腦丸、食鹽、冰糖、砂紙、沙拉油、碳棒、吸管（鋁箔包用、一般飲料用、波霸奶茶用）、潔口片、雪碧（600ml、2L）、曼陀珠（白薄荷口味）、口紅膠、膠帶、AB 膠

### 二、實驗方法

#### 影片中的實驗還原

**前言**：爲了接下來發展的比對，我們先實際操作影片中的實驗，以下稱作原實驗。

**實驗條件**：加入曼陀珠：十三顆 35.1 g；可樂：2 公升

#### 實驗步驟：

1. 將十三顆曼陀珠放入試管內後倒置，用厚紙板蓋住管口
2. 打開 2 公升的汽水後迅速抽掉厚紙板，使曼陀珠落進瓶內

※我們發現可樂的顏色太深，不便觀察，所以接下來的所有實驗皆以透明的雪碧代替可樂。

## 研究一 使汽水加劇冒泡的物質探討

※ 註：實驗 1-1 中所有藥品、金屬皆為粉狀

### 實驗 1-1-1：各種醣類在汽水中冒泡現象與曼陀珠糖衣的比較

前言：

曼陀珠在水中，表面的糖衣會分散成粉末，使水變得渾濁，而且在原實驗中反應完後，撈出來的曼陀珠糖衣幾乎不見了，而瓶底也沒有殘留的粉末，所以我們決定先針對粉狀醣類做觀察。

**實驗條件：**加入物質：0.5 g；雪碧：10ml

**實驗步驟：**

1. 把曼陀珠的糖衣用小刀刮下來（成粉狀）
2. 將試管洗乾淨，各加入雪碧 10ml，於液面位置作記號
3. 各加入曼陀珠糖衣、麥芽糖、葡萄糖、蔗糖、乳糖、半乳糖、果糖 0.5g
4. 在冒泡到最高點的位置作記號
5. 用尺測量液面最初高度及最高點的距離(cm)

### 實驗 1-1-2：各種鹽類在汽水中成核現象的比較

**實驗條件：**加入物質：0.5 g；雪碧：10ml

**實驗步驟：**同實驗 1-1-1 之步驟 2~5，將步驟 3 的物質分別改為碳酸鈉、碳酸氫鈉、氯化鈉、無水氯化鈣、碳酸鈣

### 實驗 1-1-3：各種金屬在汽水中成核現象的比較

**實驗條件：**加入物質：0.5 g；雪碧：10ml

**實驗步驟：**同實驗 1-1-1 之步驟 2~5，將步驟 3 的物質分別改為鋅粉、鐵粉

### 實驗 1-2：金屬片表面成核現象

#### 實驗步驟：

1. 將試管洗乾淨
2. 分別放入鋅片、鋁片、銅片、鎳片
3. 觀察氣泡附著情形、氣泡大小、冒泡情形

### 實驗 1-3：各類表面的成核效果

**前言：**我們把周邊所能取得的不同性質物品，拿來做成核效果比較。

#### 實驗步驟：

1. 在燒杯中倒入 500ml 的雪碧
2. 分別將刮勺、菜瓜布、樟腦丸、食鹽放入燒杯中

### 實驗 1-4：氣泡散失速度比較

**實驗條件：**加入物質 0.5 g；雪碧 50m l

#### 實驗步驟：

1. 先在小燒杯中倒入 50m l 的雪碧，放在電子天平上後歸零
2. 加入麥芽糖、葡萄糖、蔗糖、乳糖、半乳糖、乳糖、果糖、碳酸鈉、碳酸氫鈉、氯化鈉、無水氯化鈣、碳酸鈣、鐵粉、鋅粉各 0.5 g
3. 每秒記錄電子天平顯示的質量
4. 用 0.5 減掉得到的數據，畫成折線圖



## 研究二 成核現象深入研究

### 實驗 2-1：表面雜質對成核現象的影響

#### 實驗步驟：

1. 準備兩支試管，其中一支試管用菜瓜布和清潔劑刷洗乾淨
2. 同時放入汽水中，比較氣泡附著於試管表面的情形

### 實驗 2-2：同一物質表面的改變對於氣泡的影響

#### 實驗步驟：

1. 準備兩支碳棒，其中一支碳棒用噴燈烤過
2. 隔天，回到室溫後，同時放入汽水中，比較氣泡附著情形

### 實驗 2-3：油對成核的影響

**前言：**油跟水不互溶，如果先在汽水表面倒油，再丟入曼陀珠的話，是否能夠阻止成核作用的發生呢？

**實驗條件：**雪碧：100ml；沙拉油：50ml

#### 實驗步驟：

1. 在燒杯中倒入 100ml 的雪碧及 50ml 的沙拉油
2. 丟入一顆曼陀珠
3. 觀察其現象

### 實驗 2-4：用投影機觀察成核現象

塑膠培養皿本身倒入汽水後就會產生成核現象，用肉眼不容易仔細觀察氣泡成長，於是我們將只裝了汽水的塑膠培養皿放在投影機下觀察，把氣泡的生成情形記錄下來。



## 研究三 意外的發現—快速浮沉金屬子

### 實驗 3-1：鐵粉上下浮沉的情形

#### 前言：

在課堂上，老師曾做過一個實驗給我們看—把葡萄丟到汽水裡，葡萄會不斷上下浮浮沉沉，因為老師說過葡萄的密度略大於一，所以才能被氣泡帶上水面。但在實驗 1-1-3 中我們發現，密度高達 7 的鐵粉也會有同樣的情況，所以我們在相同的條件下，將葡萄換成鐵粉。

#### 實驗步驟：

1. 取 0.5g 的鐵粉，10 毫升的汽水
2. 將汽水倒入試管，再放入鐵粉
3. 仔細觀察鐵粉在汽水中浮沉的情形

### 實驗 3-2：銅球上下浮沉的情形

#### 前言：

上個實驗中，鐵粉會聚集小顆粒不斷上下浮沉，於是我們用將銅線捲成銅球，不斷調整疏密度，觀察他在汽水中的現象。

**實驗條件：**銅線：0.2g；雪碧：100ml

#### 實驗步驟：

1. 把電線剪開，取出一斷 0.2g 的銅線
2. 將他揉成球狀，丟入裝著 100ml 雪碧的燒杯中
3. 不斷作調整，直到會上下浮沉



### 研究四 在反應物不變的條件之下使汽水噴得更高

#### 實驗 4-1：改良瓶蓋使壓力集中

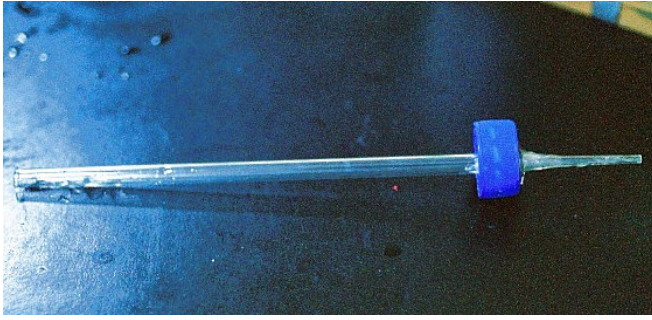
#### 前言：

我們發現原實驗中曼陀珠所產生的氣泡，有許多都浪費在水平面跟瓶口的距離上；而且我們推測瞬間力量無法充分發揮，跟瓶口太大有關聯。所以我們試著改良瓶蓋，讓汽水噴得更高。

#### 實驗步驟：

1. 把錐子用酒精燈烤紅，在寶特瓶蓋上鑽洞
2. 把拔掉塑膠頭的玻璃滴管穿入圓孔中，用 AB 膠固定，裝在 600ml 的汽水瓶上（成品見下圖）

3. 把一顆曼陀珠丟入瓶中，觀察反應狀況



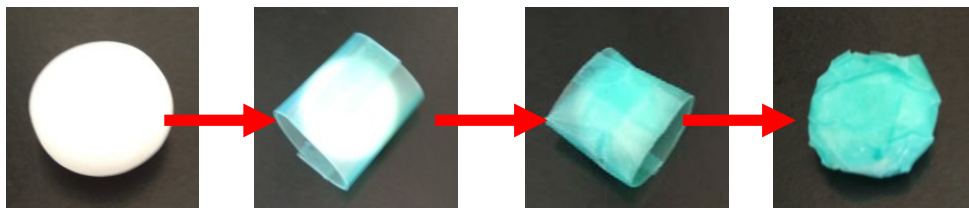
#### 實驗 4-2：如何延遲反應

##### 前言：

因為曼陀珠丟進汽水後的反應太快，根本來不及蓋上蓋子，所以我們要試著延遲反應。我們先試著用膠水裹在曼陀珠上，因為膠水凝固後，遇水還是會溶化，如此便能延遲反應。但因為曼陀珠的糖衣在碰到膠水後很快就溶化了，於是我們改用可溶於水而不反應的潔口片。

##### 實驗步驟：

1. 每顆曼陀珠用四片潔口片包緊（把體積減到最小，避免卡在瓶口）
2. 用口紅膠將細縫黏緊（用水黏的話潔口片很容易融掉）
3. 把三顆包上潔口片的曼陀珠丟（如下圖）入 600ml 的雪碧中，蓋上實驗 3-1 中所做的瓶蓋
4. 把十三顆包上潔口片的曼陀珠丟入 2 公升的雪碧中，蓋上實驗 3-1 中所做的瓶蓋



## 研究五 將此力量作為實際應用

第一個念頭想到的是國小時玩的水火箭，但如果真的將它改良做成水火箭，就有點落於俗套了。於是我們靈機一動，將它做為陸地上跑的汽水車，試圖創新。

### 實驗 5-1：汽水車加入一顆曼陀珠跑出的距離

#### 實驗步驟：

1. 把最新開瓶的汽水換上我們從實驗 3-1 延伸出來的特殊汽水車專用瓶蓋（見下圖）
2. 把汽水瓶安於車身上
3. 將一顆包了潔口片曼陀珠丟入汽水瓶中讓車子跑出去，待停下來後測量距離



車身：寶特瓶（大；可直接將汽水瓶放入車身中）；輪子：光碟片



爲防輪子跟車身距離在前進時改變，我們在輪軸上加了一段吸管，以保持其之間的距離及移動時的直線前進。

### 實驗 5-2：讓汽水車跑出最遠的距離

#### 前言：

所以現在我們把七種在研究一中效果較好的物質加入汽水中，安裝到車上，找出最好的「汽水車燃料」！

#### 實驗步驟：

1. 把 2.7g（一顆曼陀珠的質量）的鋅粉、鐵粉、碳酸氫鈉、麥芽糖、葡萄糖、蔗糖、果糖放進剪成小段的吸管裡
2. 把吸管兩端用潔口片包住
3. 把汽水瓶安於車上
4. 把裝了各種物質的吸管丟進汽水瓶中讓車子跑出去，待停下來後測量距離

## 伍、實驗結果與討論

影片中實驗的結果：

汽水噴到一人高，約 160 公分

**實驗討論：**效果不甚理想，但我們發現反應結束後，曼陀珠表面的糖衣幾乎完全溶化，且瓶底也沒有殘留的糖衣，於是先對醣類做研究。



## 研究一 使汽水加劇冒泡的物質探討

### 實驗 1-1-1 結果：

在試管中的汽水加入等量的醣類後液面上升情形與加入曼陀珠糖衣的比較：

物質	液面上升情形	備註
曼陀珠糖衣	上升 0.3 公分	對照組
麥芽糖	上升 6.5 公分	
葡萄糖	上升 5 公分	
蔗糖	上升 5.5 公分	
乳糖	上升 4 公分	要等比較久才開始反應
半乳糖	上升 2.5 公分	
果糖	上升 5 公分	

### 實驗討論：

以上醣類都可溶於水，但反應結束後，試管中還殘留大部分的物質，且汽水仍然可以繼續冒泡，因此我們推測這些反應與鹽析的關係不大。在參考過文獻以後，我們決定往「成核」這方面去發展。

而原實驗中之所以找不到從曼陀珠表面消失的糖衣，推測是因為汽水比較大瓶，所以全部融化掉；或是跟著冒出的汽水噴出去了。



**實驗 1-1-2 結果：**

在試管中的汽水加入等量的鹽類後液面上升情形：

物質	液面上升情形	備註
碳酸鈉	上升 3.2 公分	可溶
碳酸氫鈉	上升 6.4 公分	可溶
氯化鈉	上升 2 公分	可溶
無水氯化鈣	上升 4.5 公分	會潮解；放熱 4 度
碳酸鈣	上升 3.3 公分	不可溶

**實驗討論：**

碳酸氫鈉、碳酸鈉與稀酸作用皆會產生二氧化碳，且顆粒較細，加強了反應效果。

既然連不溶於水的碳酸鈣都有效果，那金屬應該也可以，所以我們進行了實驗

1-1-3。

**實驗 1-1-3 結果：**

在試管中的汽水加入等量的金屬粉末後液面上升情形：

物質	液面上升情形	備註
鐵粉	上升 4.8 公分	一段時間後聚集成粒狀上下浮浮沉沉（見 P.22 實驗 3-1 結果）
鋅粉	上升 7.1 公分	

### 實驗 1-2 結果：金屬片表面成核現象

鋅：



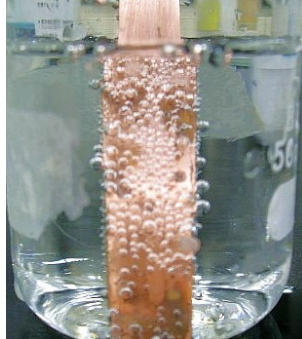
氣泡很小時就上浮，可是氣泡長得很慢，所以舊的氣泡冒走後的空位會留著很久。

鋁：



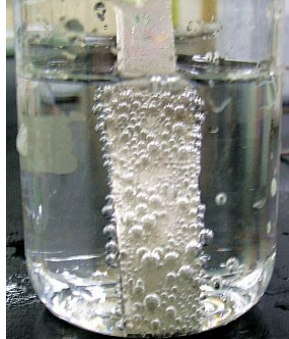
氣泡比鋅稍大時才上浮，單位時間內冒泡的數量較少。

銅：



氣泡又比鋁更大，不太容易上浮，氣泡也是長得很慢。

鎳：



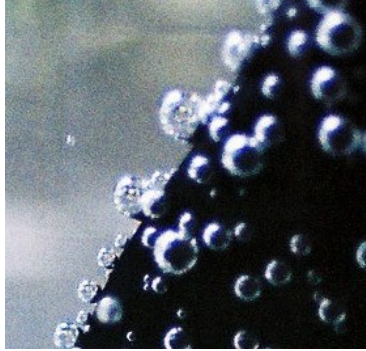
氣泡很大，附著力強，幾乎不上浮。

### 實驗討論：

之所以會有這些差異，是因為毛細力的影響。毛細力強的話，氣泡會被抓得很緊，也就是說，要長到很大才會上浮；而毛細力小則相反。在我們實驗的金屬中，鎳所提供的毛細力最大，而鋅最小。

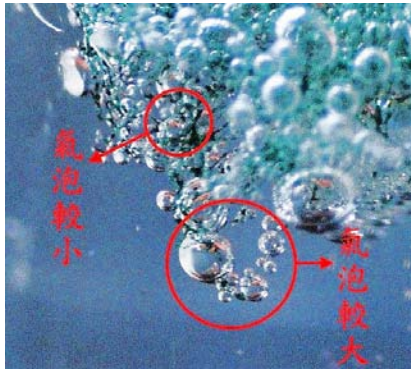
### 實驗 1-3 結果：各類表面的成核效果

刮杓：



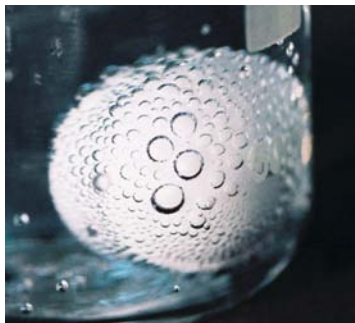
從極小的氣泡慢慢聚集成大氣泡，附著力強，約一秒只有 5 至 6 顆上浮。

菜瓜布：



接近底部的氣泡會等到比較大以後才上浮，但靠近水面的氣泡並不很大時就上浮了。且單獨分支出來的纖維氣泡較大，纖維密集處氣泡反而較小。

樟腦丸：



氣泡會長到像中間那四顆那麼大時才會往上冒，而氣泡冒走後又會再長新的氣泡。

食鹽：

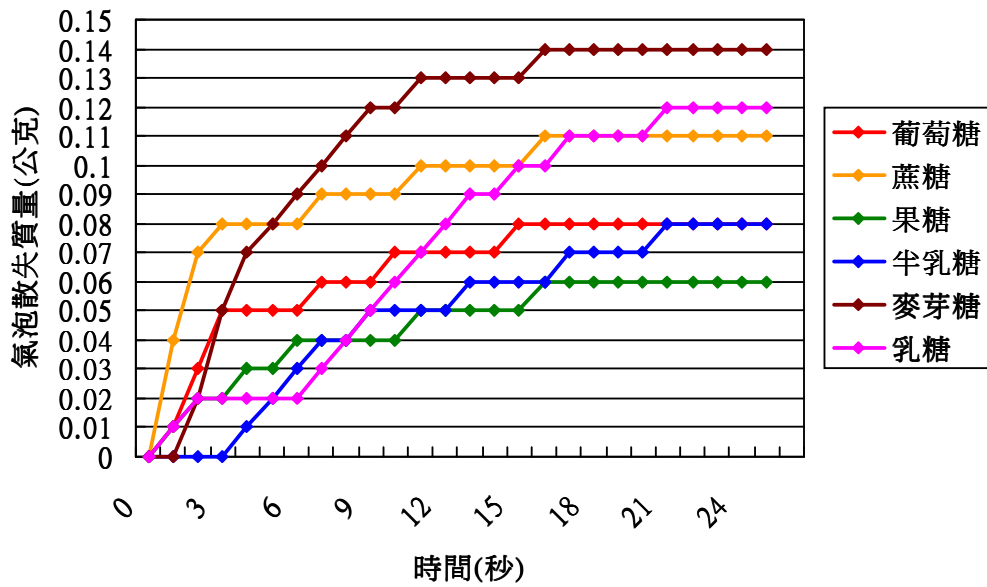


一丟入燒杯中就持續冒泡，直到溶解完畢。這更能證明冒泡的主因是成核，並非鹽析。

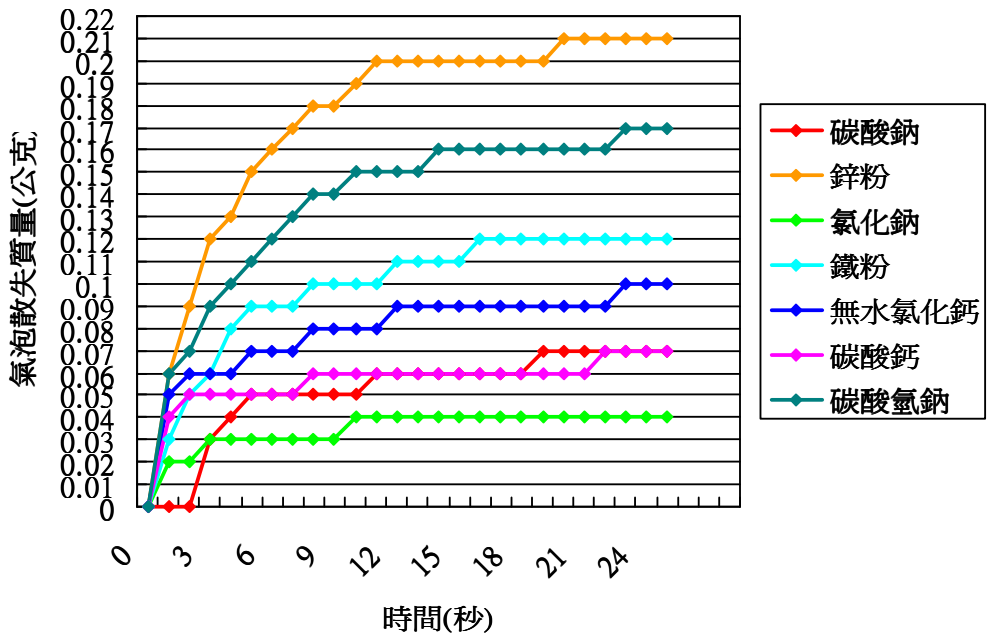
### 實驗 1-4 結果：氣泡散失速度情形

※註：若未加任何東西，平均每秒釋出二氧化碳 0.0002 公克，由於反應太快，僅取至小數點後兩位。

醣類反應速度



其他物質反應速度



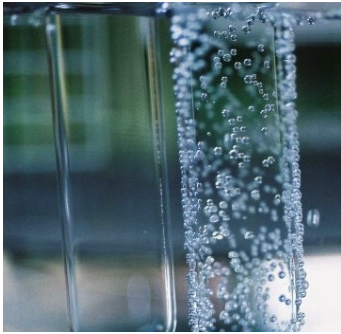
### **實驗討論：**

從實驗 1-1（各種物質在汽水中的冒泡現象）及實驗 1-4（氣泡散失速度情形）的比較，我們發現折線圖中線條愈陡且陡坡愈長者，冒泡反應就愈激烈。從所有數據得到的結果，我們試的藥品中，效果最好的是鋅粉，其次為碳酸氫鈉，曼陀珠跟所有藥品比較反而是效果最差的！所以如果將原實驗中的曼陀珠改為效果較佳者，反應應該可以更劇烈。

## 研究二 成核現象深入研究

### 實驗 2-1 結果：表面雜質對成核現象的影響

兩支試管氣泡附著情形明顯不同，有清洗過的試管（左）幾乎完全沒有氣泡附著，但沒清洗過的試管（右）表面覆滿了氣泡。



### 實驗討論：

由此可見氣泡的生成跟容器表面的雜質非常有關係，我們還發現清洗過的燒杯、試管，即使加入剛開瓶的汽水，也不容易產生氣泡，與參考文獻中所提到的相符。也就是說，在沒有成核點的容器中，二氧化碳無法以氣泡的型式從汽水中脫離，只能慢慢從液體表面散去。

### 實驗 2-2 結果：同一物質表面的改變對氣泡的影響

沒烤過的碳棒氣泡大、大多不上浮；烤過的碳棒氣泡小、冒得密集（見下圖）

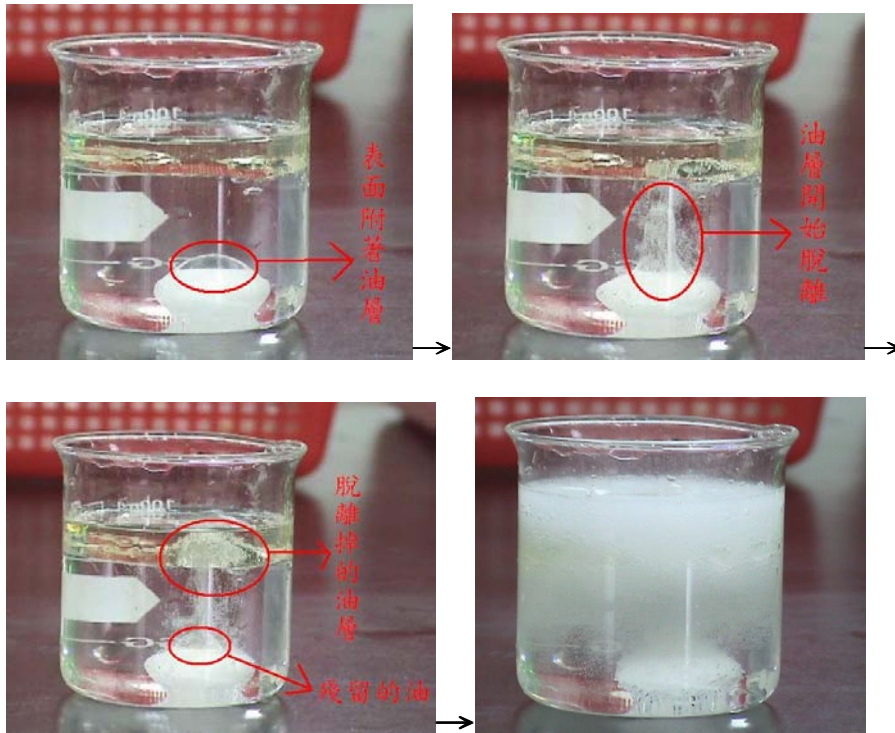


### 實驗討論：

碳棒高溫烤過以後，表面的小孔會增多、變細，造成氣泡變小、變多，比還沒烤過時容易上浮。

### 實驗 2-3 結果：油對成核的影響

的確使反應延遲了幾秒，但一陣子後氣泡便突破曼陀珠表面的油層，開始冒泡。



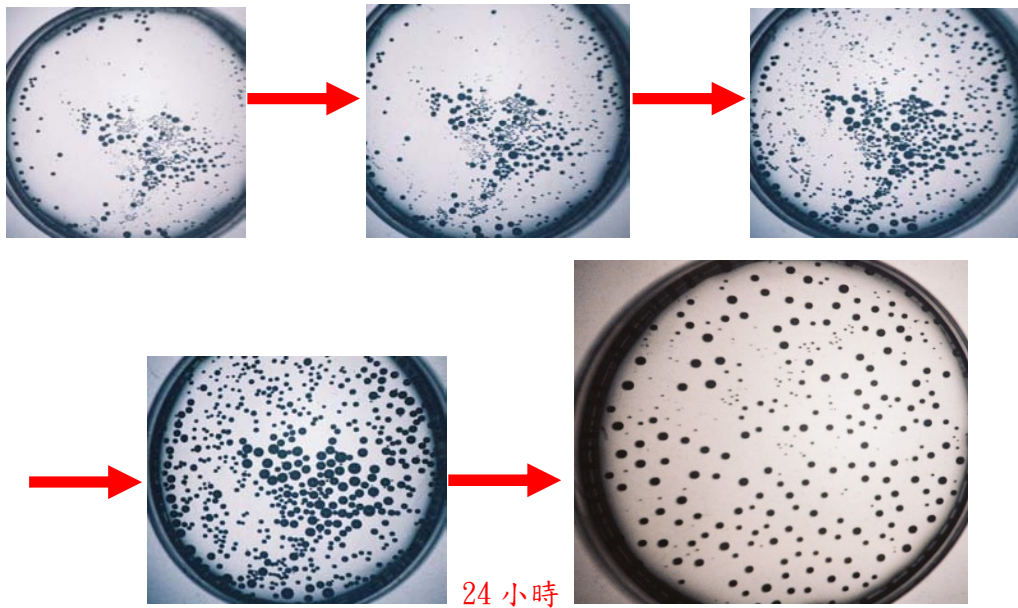
圖註：第一張圖是剛丟下去、表面附著著油層的時候，而在丟下去 13 秒後就開始有很小的氣泡慢慢冒上來，但冒得很少；在 54 秒時，表面的油層開始脫離並在瞬間大量冒泡。第二張圖是油層脫離的瞬間；第三張圖曼陀珠周圍油層已經脫離掉，但接近水面部分仍有一些油附著著；第四張圖則時開始大量冒泡的時候。

#### 實驗討論：

曼陀珠表面應是屬於親水性而非親油性物質，所以油很難將它完全包覆住，而且加上油的密度比水小，本來就容易上浮。即使原本曼陀珠只有一小角接觸到汽水，但劇烈反應所產生的大量氣泡便把周圍的油層紛紛擠開，這個動作不斷重複，直到曼陀珠能整顆接觸到汽水。

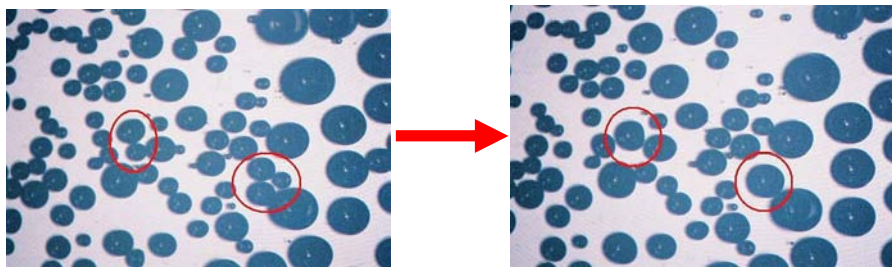
## 實驗 2-4 結果：用投影機觀察成核現象

投影機下塑膠培養皿的成核現象：



### 實驗討論：

最後一張照片是汽水放了一整天以後氣泡附著在培養皿的樣子。氣泡大小不一，即使用力搖晃也不會上浮。因為已經沒有更多的二氧化碳能夠進入氣泡中讓它長大，但氣泡的浮力也不夠抵抗培養皿提供的毛細力，所以氣泡就一直停留在原地。在觀察中，我們發現氣泡長大的原因不只是因為二氧化碳的逸入，而且氣泡也會互相併吞，形成一顆更大的氣泡。（見下圖）

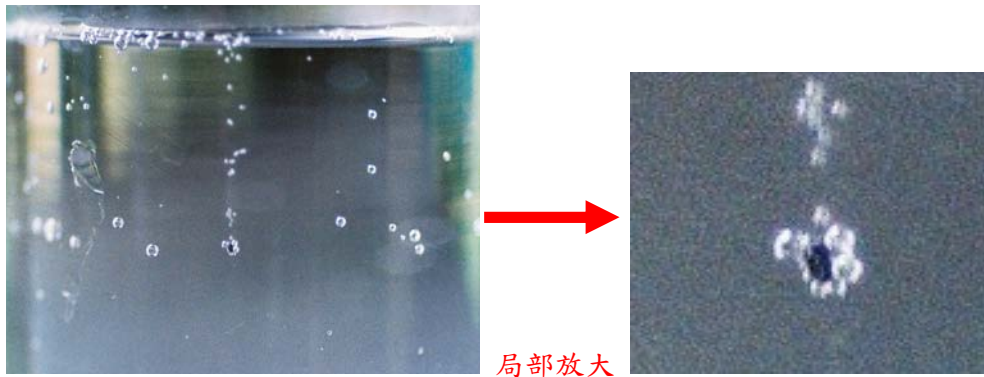




### 研究三 意外的發現—快速浮沉金屬子

#### 實驗 3-1 結果：鐵粉上下浮沉的情形

鐵粉丟入汽水中後，會聚集成小顆粒不斷上下浮浮沉沉，剛開始的速度很快，但會漸漸變慢，一段時間後就會沉在底部不再上浮。



#### 實驗討論：

當鐵粉放入雪碧中，氣泡聚集在表面上（見上圖），此時氣泡與鐵粉整體的密度小於 1，造成上浮；當露出水面時，有些氣泡破掉，使二氧化碳散入空氣中，密度變得大於 1，於是鐵粉下沉。鐵粉的密度高達 7，之所以可以達到這個效果其中一個重要原因就是因為它顆粒小。它的毛細力所能吸附住的氣泡足夠將鐵粉帶上液面。實驗 1-1（各種物質在汽水中的冒泡現象）中其他的物質毛細力都不夠強，氣泡都太早冒走了，物質根本無法上浮。

### 實驗 3-2 結果：銅球上下浮沉的情形

銅線之間太鬆時，銅球會被氣泡帶上水面，沉不下去；但如果太緊的話，卻會浮不上來。調整銅線團的鬆緊，便可使其浮沈。



#### 實驗討論：

當銅線太鬆的時候，氣泡有較大的空間成長，而銅線表面也有足夠的毛細力吸附住氣泡，所以銅球就會浮在液面；太密的時候則是因為提供氣泡生長的空間有限，氣泡無法長得夠大，所以浮不起來。

我們也試了體積較大但密度較小的鋁粒，但即使有許多氣泡附著，也無法使其浮起。由此可見要產生不斷沉浮的效果，體積也要夠小才行。



我們發現鹽類和醃類表面所提供的毛細力大都比較小，所以氣泡會不斷的上浮，不易形成大氣泡（上圖右）；而上圖左中的鋁粒就會形成大氣泡，而且附著力強。

## 研究四 在反應物不變的條件之下，使汽水噴得更高

### 實驗 4-1 結果：改良瓶蓋使壓力集中

加裝玻璃管的瓶蓋比較不容易鬆緊，所以因反應太快來不及蓋上瓶蓋而成效不佳。因為我們的力量不夠大，用手壓住瓶蓋的話會被彈開。

### 實驗討論：

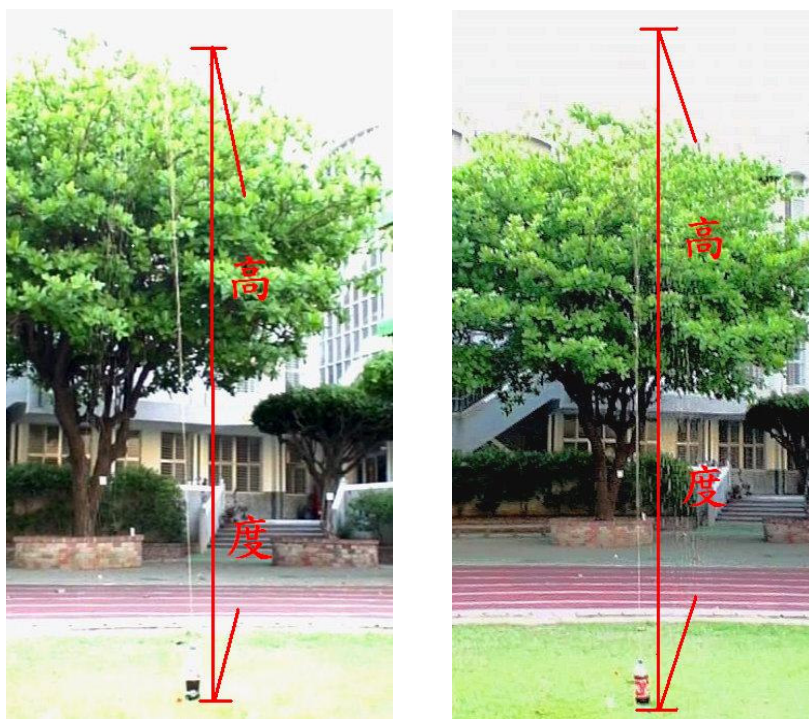
既然無法在時間內把瓶蓋完全密封、達到預期中的效果，就反過來試著延遲反應，所以做了實驗 3-2。

### 實驗 4-2 結果：如何延遲反應

包上潔口片後，將反應拖慢了許多，於是我們有充足的時間蓋好瓶蓋、作調整。

實驗 3-2 所設計出的瓶蓋發揮了很大的效果！只要把 1 顆曼陀珠加入 600ml 的雪碧裡，汽水就足足噴了 4.54 公尺！（左圖）

而把 13 顆曼陀珠丟入 2 公升的雪碧的話則會噴 6.17 公尺（右圖）



※註：因相機畫面大小的限制，所以焦距有調整過，不能將兩張圖互相比對。左圖為 600ml 的汽水，右圖為 2 公升的的汽水

## 研究五 將此力量作為實際應用

### 實驗 5-1 結果：汽水車加入一顆曼陀珠跑出的距離

一顆曼陀珠放入 600ml 的汽水車跑出的距離：16.89 公尺

### 實驗 5-2 結果：讓汽水車跑出最遠的距離

加入物質	鋅粉	鐵粉	碳酸氫鈉	麥芽糖	葡萄糖	蔗糖	果糖
跑的距離	60.93m	20.8m	82.25m	63.84m	62.43m	32.56m	44.4m

#### 實驗討論：

能夠使汽水在瞬間冒出很多氣泡的物質，並不一定能讓汽水車跑得遠，因為車子還需要反應時間長。鐵粉加入汽水中後，剛開始反應很劇烈，但一段時間後會被氣泡帶到水面上，導致無法好好反應。

## 陸、研究結論

一、汽水開瓶後，過多的二氧化碳會因為壓力差，想從汽水瓶中一下子冒出。但

此時需要氣泡溫床使氣泡開始成長，也就是所謂的成核點，二氧化碳才能以氣泡的形式脫離汽水。二氧化碳就是以我們所丟入的粉末為核，開始聚集。因為粉末的表面積大，所以會突然有驚人數量的氣泡冒出。而氣泡的大小、冒泡形式，大多是取決於粉末的種類。

我們所找出的粉狀物質，成核效果最好的是鋅粉，其次是麥芽糖。

瞬間冒泡數量：

鋅粉 > 麥芽糖 > 碳酸氫鈉 > 蔗糖 > 果糖 = 葡萄糖 > 鐵粉 > 無水氯化鈣 > 乳糖 > 碳酸鈣 > 碳酸鈉 > 半乳糖 > 氯化鈉 > 曼陀珠糖衣

而金屬的成核效果：

氣泡大小：鋅片 < 鋁片 < 銅片 < 鎳片

單位時間內的冒泡數量：鋅片 > 鋁片 > 銅片 > 鎳片

物質表面提供的毛細力愈大，氣泡就要長得愈大才能上浮；毛細力小時則反之。

二、以玻璃來說，把表面的雜質清乾淨以後，就幾乎沒有成核點讓氣泡聚集，所以若要防止做實驗的時候試管壁上的氣泡影響觀察，只要把試管刷乾淨就可以了。

每一種物質會因為表面的不同，產生的氣泡會有差異。但同樣的物質，在表面做過不同的處理、成核點有改變後，氣泡的形式就會不同。基本上，只要將表面做過修飾，物質的本質是什麼就不是那麼重要了。

三、在汽水中的物質是沉或浮，要看氣泡與物質共同的密度。如果物質所提供的毛細力夠強、吸附住的氣泡夠大，就可以被氣泡帶著上下不斷地浮浮沉沉；

但相對的，如果毛細力不夠強，無法吸附住夠大、夠多的氣泡（像鹽類、醣類的氣泡都是很小就上浮了），就會因為密度一直大於 1，而沒辦法被帶上液面。密度越大的物質，體積就要越小，跟氣泡的密度才容易小於 1

四、汽水要噴得高，是在氣泡冒最多的那瞬間將力量充分運用。利用加裝細玻璃管，能夠使汽水在通過瓶口（管口）時的瞬間流速加快，所以向上衝的力量也就更大，能夠噴得更高。

我們只要一顆曼陀珠加入 600ml 的汽水，就可以噴到 4.54 公尺；而把原實驗改良後，也可噴到 6.17 公尺。

五、汽水車跟把汽水往上噴不一樣，因為汽水車需要持久，而往上噴需要的則是瞬間爆發力。所以能讓產生的氣泡噴得高的，並不一定能讓車子跑得遠，大多取決於劇烈反應的時間長度。

## 柒、參考資料

科學人雜誌—香檳泡泡的金色魔力

<http://www.sciam.com.tw/read/readshow.asp?FDocNo=174&CL=19>

撰文／李傑-貝拉 (Gerard Liger-Belair)；翻譯／陳義裕

伽利略工房—隨手可做有趣的科學實驗 II

編著／瀧川洋二、吉村利明；翻譯／王蘊潔；世茂出版社

評 語

030813 盛“汽”凌人

找出可延長噴氣時間之方式，以達較長時間之推力。

建議宜深入了解氣泡形成原理。另用汽水不具環保概

念，可探討用水加入氣體。