

神奇的化學魔術—冷沸與冷泉

方金祥 楊慶成
國立高雄師範大學 化學系

將一密閉的試管或圓底燒瓶中的熱蒸氣冷卻之後，所形成的部分真空(partial vacuum)，以降低密閉系統中的壓力，使試管或圓底燒瓶中的水即使在 100°C 以下的溫度也能沸騰（稱為冷沸），或從外界引水入圓底燒瓶中，以形成噴泉（稱為冷泉）。本實驗可使學生了解液體的沸點與壓力的關係。雖然與參考資料 1 的「越冷越開花」同樣演示壓力越低沸點越低的物理概念外，因引水進入燒瓶以形成噴泉，使得實驗更顯得有趣。

材料與藥品：

試管（長 20cm，內徑 22mm）	1 支	圓底燒瓶（150mL）	1 支
酒精燈	1 個	溫度計（長 14.5cm，-10°~100°C）	1 支
塑膠雙通活栓	1 粒	注射針頭	1 支
橡皮塞（7 號）	1 粒	塑膠瓶子（含塑膠蓋，250mL）	1 個
塑膠杯（150mL）	1 個	鐵架或壓克力架	1 組
透明塑膠軟管（10cm）	1 條	熱熔膠（槍）	1 組

演示過程：

一、冷沸

1. 用熱熔膠將一粒 7 號橡皮塞較鈍的一方黏在塑膠瓶子的蓋子上（如圖 1）。
2. 在試管中倒入三分之一滿的自來水。
3. 將溫度計的上下兩端各用一段 2cm 長的橡皮管套住（以避免溫度計在試管倒轉時破裂），並將溫度計倒轉後輕輕地放入試管中。
4. 在試管口下方用塑膠帶纏繞 3cm 的寬度約十圈左右，以增加其隔熱，方便直接用手持試管加熱。
5. 手持試管在酒精燈上直接加熱至沸騰後，再繼續加熱 1 - 2 分鐘，使試管中充滿熱蒸氣（如圖 2）。
6. 迅速用圖 1 的橡皮塞塞住試管的管口（如圖 3），並將試管倒轉且固定在塑膠瓶子上。為增加塑膠瓶的穩定，在瓶內預先放入三分之一滿的水，如此可使其平穩地站立於桌上（如圖 4）。

- 7.待試管內之水不再沸騰時，觀察試管內的溫度計，將溫度記錄下來。
- 8.在桌上準備一條濕毛巾，手掌先觸摸毛巾一下後，用手掌握住試管，此時便發現試管中的水又沸騰起來（如圖 5）。這種現象，液體遇冷而沸騰，可稱為冷沸（Cold boiling）。
- 9.試管中的水經沸騰一段時間後，沸騰現象會慢慢減弱，而試管內的溫度也會逐漸降低，致使沸騰現象消失。用手再去觸摸濕毛巾後，再度握住試管，便可使試管中的水又再度沸騰起來。不斷地重複此一步驟至無法再沸騰時，將沸騰之最低溫度記錄下來。

二、冷泉

- 1.在一粒 7 號橡皮塞的中央處插入一支注射針（針頭先剪平），在注射針的下方接一粒塑膠雙通活栓及一條透明塑膠軟管（如圖 6）。
- 2.在 150 mL 的圓底燒瓶（亦可用錐形瓶替代）內放入約 10mL 的水，手持燒瓶在酒精燈上加熱至水沸騰（如圖 7），然後再繼續加熱約 1 - 2 分鐘。或者將約 50mL 的熱開水（80 - 100 °C）倒入 150mL 的圓底燒瓶內，並將圓底燒瓶搖盪之使整個燒瓶中充滿熱蒸氣。
- 3.將圖 6 的塑膠雙膠通活栓關注後，並迅速將橡皮塞塞住圓底燒瓶（如圖 8）。
- 4.再將圓底燒瓶倒轉過來後置放於鐵架或壓克力架上，並使透明的塑膠軟管末端插入塑膠杯中的水內。打開雙通活栓後，發現塑膠杯中的水會經由透明塑膠軟管上升，再經雙通活栓，最後由注射針頭噴出形成噴泉，即所謂冷泉（Cold fountain）（如圖 9）。

問題

- 1.在冷沸與冷泉的實驗，為何於加熱至沸騰後還要繼續加熱 1 - 2 分鐘，其目的何在？
- 2.為何第一次手握住試管時，手掌必須先去觸摸濕毛巾？
- 3.用手去握住已不再沸騰的試管時，為何水又會沸騰起來？
- 4.水的正常沸點是 100°C，而此一實驗發覺水在低於 100°C，甚至於更低的溫度也會沸騰，其理由為何？
- 5.冷泉的形成原因為何？

結論

冷沸主要的原理是在一密閉系統中，若設法使液體上面的空間冷卻之後其中的水蒸氣會凝結為小水滴，使其成為部分真空而降低密閉系統中的壓力。壓力降低會導致試管中的水沸騰的溫度隨著降低，因此發現水在 100°C 之下甚至於更低的溫度（55°C）也會沸騰。如用碎冰塊或水直接去接觸試管則其冷卻效果更迅速，水的再沸騰也就更明顯，即所謂「越冷越沸騰」的現象。此一現象即為蕭次融教授曾在本刊所發表的『越冷越開花』。本文中

的冷沸是將其作法稍加改變，使實驗裝置能平穩地放置在桌面上，以方便操作與觀察，並以手掌替代碎冰塊直接去觸摸試管的方式，來降低溫度以增加神奇的效果，可以分批讓教師或學生等觀眾親自來觸摸試管，並可讓觀眾來思考並發表當用手去握住試管時為何又會再沸騰起來的理由？如此更能顯示出科學魔術的神奇與魅力。

而冷泉的原理與冷沸相同，也是在一密閉瓶子內先充滿熱蒸氣，但經瓶子外周圍的空氣將其自然冷卻後，導致瓶內的壓力減小，因此當打開塑膠雙通活栓之後，大氣壓力會將下面塑膠杯中的水壓入透明塑膠軟管，並上升至塑膠雙通活栓，最後再經由注射針頭以噴泉方式噴出，此刻因密閉瓶子內的熱蒸氣會加速冷卻而更降低其壓力，因此可繼續噴出直到瓶子內外壓力平衡為止（約可噴入 75mL 的水，約相當於圓底燒瓶容積的 50%）。此一噴泉之產生乃是由於瓶內的熱蒸氣冷卻後形成部分真空，使其壓力降低所產生的現象，因此將其稱之為「冷泉」。

參考資料

- 1.蕭次融（民 87）「越冷越開花」—水的沸點與壓力。本刊 215 期，29 頁。
- 2.Ford, L, A, (1993) Chemical Magic 2nd ed. Dover Publications, Ine. New York.

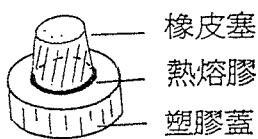


圖 1 由橡皮塞與塑膠蓋組合而成的試管塞

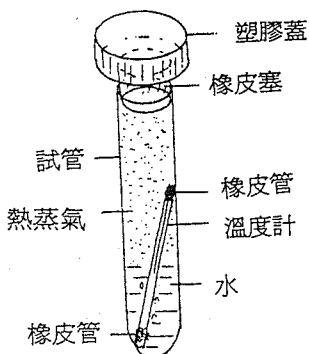


圖 3 水沸騰後以試管塞塞住試管使熱蒸氣充滿試管

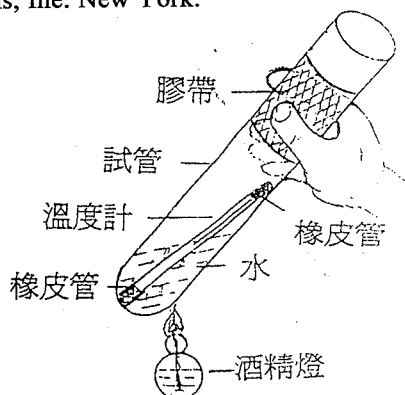


圖 2 手持試管加熱至沸騰

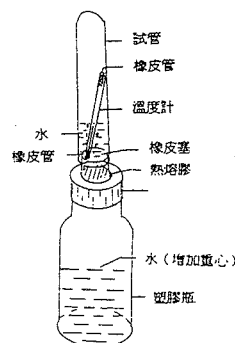


圖 4 將試管倒置於塑膠瓶上

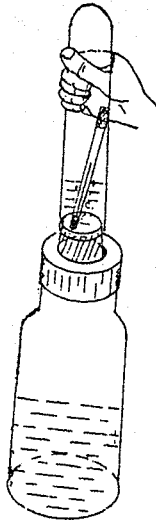


圖 5 以手掌心握住已停止沸騰的試管後又再沸騰的現象

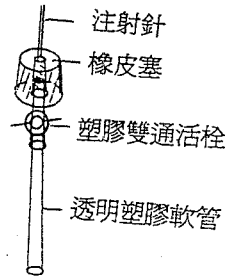


圖 6 附有注射針、塑膠雙通活栓和透明塑膠軟管的橡皮塞



圖 7 在酒精燈上加熱至沸騰

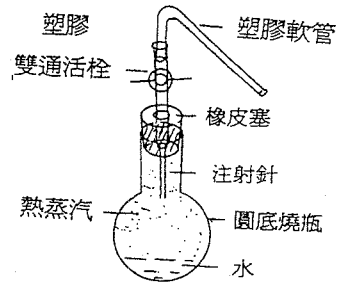


圖 8 以橡皮塞塞住圓底燒瓶使其充滿熱蒸汽

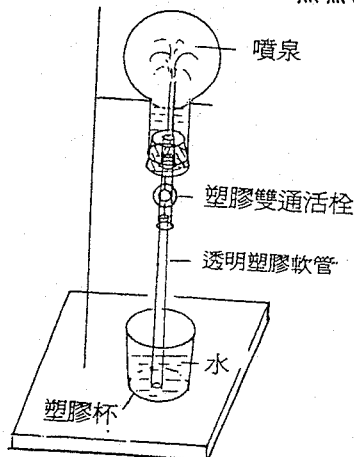


圖 9 將圓底燒瓶倒置於鐵架上，打開塑膠雙通活栓後形成噴泉（冷泉）