

科玩 DIY—水在注射筒中的沸騰

方金祥

大仁技術學院 幼兒保育系

目的

利用自製簡易的連續抽氣減壓裝置將塑膠注射筒中之氣體抽出，使注射筒內減壓，導致筒內的水沸騰，當注射筒中之水由於氣壓減低而沸騰時，可由插在注射筒中之溫度計顯示出水沸騰的溫度。

原理

沸點是液體在一大氣壓時沸騰的溫度，也就是液體的飽和蒸氣壓為一大氣壓時之溫度。不同的液體在相同的壓力下其沸點也不同，例如在一大氣壓之下，水在 100°C 時會沸騰，也就是說水的正常沸點是 100°C，水銀則需在 357°C 時才會沸騰。而同一液體在不同外界壓力之下其沸騰的溫度也不相同，氣壓之高低與水的沸騰溫度之大小有關，氣壓越低則水沸騰的溫度就越低。反之，氣壓越高則水之沸騰溫度就越高，如表一所列。當裝有約三分之一滿的溫水（溫度約 60 ~ 70°C）之塑膠注射筒中之氣體部分被抽出而成不同程度之部分真空（partial vacuum）時，注射筒中之壓力便會減小，當注射筒中之氣體被抽出越多，則注射筒中之壓力降得越低，會導致水的沸騰之溫度越低，因此可觀察到水在注射筒中的沸騰現象就更加明顯。

表一 水的沸點與外界氣壓的關係

氣 壓		沸騰的溫度
大氣壓(atm)	torr (mm Hg)	°C
006	4.6	0
023	17.5	20
042	31.8	30
073	55.3	40
197	149.4	60
467	355.1	80
000	760.0	100
1.959	1489.1	120

資料來源取自於九十二年度中學自然學科教師知能研習手冊(Boiling Liquids in a Syringe. P.44)

材料和器材

塑膠注射筒(50 mL)	2 支
塑膠注射筒(30 mL)	1 支
溫度計 (-30°C ~ 70°C, 15 cm 長)	1 支
三通塑膠活栓	1 個
雙通塑膠活栓	1 個
單孔塑膠塞	1 粒
塑膠單向閥	2 個
橡皮塞 (7 號)	1 個
塑膠塞	1 粒
手動式抽氣減壓裝置	1 組

水在注射筒中沸騰之設計

水在注射筒中沸騰之實驗，可以僅用一支塑膠注射筒配合一粒小塑膠塞來進行

教師演示實驗或由學生親自動手實驗，效果雖然不錯，然進行中手必須一直用力握住向上拔之注射筒活塞並固定其位置，另外此一簡易裝置無法配合溫度計之使用來測試水在注射筒中沸騰之溫度。為方便在塑膠注射筒中進行水沸騰的實驗及溫度之測試，因此將水在注射筒中沸騰之實驗裝置改良設計如下：

- 1.取兩粒塑膠單向閥接在一粒三通塑膠活栓的兩側，並使兩粒塑膠單向閥的箭號往同一方向，另在三通塑膠活栓的側管接一支 50 mL 塑膠注射筒，組成一套自製手動式連續抽氣減壓裝置，如相片一左下所示。
- 2.取一個有蓋的 6 號塑膠罐，並用熱熔膠將一片廢棄光碟片黏在塑膠罐的底部，使其能更平穩地置放於桌面上。
- 3.在 6 號塑膠罐蓋子的中央處鑽一個約 0.5 cm 直徑的孔洞，然後用熱熔膠將一粒單孔塑膠塞固定在此孔中，並在塑膠塞下方接一條長約 8 cm 的橡皮管，在塑膠塞上方接一粒雙通塑膠活栓。
- 4.將一粒 7 號橡皮塞鑽兩個小孔，在其中的一个小孔中插入一支溫度計，而另一小孔則接一粒三通塑膠活栓。
- 5.取一支 30 mL 塑膠注射筒，將其活塞拔離，然後再將插有溫度計及三通塑膠活栓的 7 號橡皮塞塞在塑膠注射筒的筒口上。
- 6.將塞有橡皮塞之塑膠注射筒接在塑膠罐上的單孔塑膠塞上，並調整溫度計的前端至距離注射筒底部約 1 ~ 2 cm 處。
- 7.在自製手動式連續抽氣減壓裝置上其中一粒塑膠單向閥的末端接上一條長約 30 cm

的透明塑膠軟管，並在其末端再與三通塑膠活栓接起來，便完成一套可演示水在注射筒中沸騰的實驗裝置，如相片一所示。



相片一 在注射筒中沸騰的實驗裝置

水在注射筒中沸騰之演示

- 1.打開塑膠罐的蓋子，裝入約 50 mL 的溫水（溫度約 70 ~ 80°C），然後再將塑膠蓋子組合起來，蓋子勿鎖得太緊。
- 2.打開注射筒上方之三通塑膠活栓及下方之雙通塑膠活栓。
- 3.利用自製手動式連續抽氣減壓裝置連續抽氣，至塑膠罐中之溫水上升進入注射筒中約 10 至 15 mL 為止，然後將注射筒下方之雙通塑膠活栓關住。
- 4.繼續利用自製手動式連續抽氣減壓裝置連續抽氣至發覺注射筒中之溫水沸騰起來然後將三通塑膠活栓關住。
- 5.注射筒中之氣體被抽走越多，則注射筒中

水之沸騰就越明顯，此時可由注射筒中之溫度計直接讀出注射筒中水沸騰之溫度。

6. 當注射筒中的水沸騰起來時，再用手掌去握住注射筒的上部時，則注射筒中水的沸騰現象會更加明顯。
7. 若當注射筒中之水正由沸騰現象停止時，用手掌再去握住注射筒的上部時，則注射筒中的水又再度會沸騰起來，一直至水溫降至約 $55 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 以下時，即無法使其再沸騰。

本實驗裝置之特點

1. 使用器材簡單，組裝容易。
2. 適用水的沸騰，效果明顯。
3. 示範過程簡易，操作安全。
4. 連續抽氣動作，減壓顯著。
5. 備有溫度計，顯示沸騰之溫度。

問題

1. 為何在注射筒中之水溫度只有 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 而已，經抽氣後即發現水會沸騰起來？
2. 為何注射筒中之水溫度已降至約 $55 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 時已不再沸騰了，而用手去握住注射筒時，又發現注射筒中之水會再度沸騰起來？

結論

本文所設計之「注射筒中的沸騰」為適合於水在減壓之下沸騰之演示實驗裝置，是以簡單且容易取得之器材組裝而成，利用兩粒塑膠單向閥、三通塑膠活栓與塑膠注射筒等組合成連續抽氣減壓之裝

置，因此可以連續抽氣以達到不同程度之部分真空，在實驗操作上既簡單又安全，使注射筒中之壓力降低，由於水的沸點會因壓力降低而降低，因此水在注射筒中的沸騰現象會因注射筒中的壓力降得越大而更加明顯。當注射筒中之水溫慢慢地降至約 $55 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 時已不再沸騰了，但用手去握住注射筒的上方時，因手的溫度比注射筒上方熱蒸氣的溫度還低，因此注射筒中上方熱蒸氣的熱量有部分會經由熱的傳導過程而被手帶走，致使注射筒中上方部分蒸氣之溫度會降低一些，而使注射筒中的壓力也隨之下降一些，注射筒中水的沸點也會降低一些，因此注射筒中之水又會再度沸騰起來。此外由於此一裝置在設計中備有一支溫度計，可直接在一密閉系統中由於不同抽氣減壓程度之下，直接顯示出水在注射筒中沸騰時的溫度。

參考文獻

1. 方金祥、楊慶成(2000)。神奇的化學魔術——冷沸與冷泉。科學教育月刊，第 229 期，34-37 頁。
2. 林佩蓼、張簡琦麗、方金祥(2001)。減壓彩色噴泉。科學教育月刊，第 236 期，45-49 頁。
3. J. Sarquis and M. Sarquis (2003). Boiling
4. Liquids in a Syringe. 九十二年度中學自然學科教師知能研習手冊 P.37-45. 高雄師範大學燕巢校區致理大樓，九十二年十月三十一日。