

乾冰噴泉

方金祥

國立高雄師範大學 化學系

化學是一門非常有趣的實驗性科學，在化學教育中化學實驗的教學至關重要。而化學實驗中不論是學生動手做實驗或教師演示實驗皆能引起學生學習化學的興趣，在諸多化學實驗中能高度吸引學生的好奇心、注意力以及興趣的，可說是化學噴泉的形成莫屬。化學噴泉中如氨噴泉及氯化氫噴泉⁽¹⁾等乃為學習過國中理化的學生們眾所周知的噴泉實驗，由於此兩種化學噴泉在實驗準備上需要先製備氨氣(NH₃)或氯化氫(HCl)氣體，這兩種氣體皆有很難聞的刺激味，因而只列為教師演示實驗而無法讓學生親自動手操作。

化學噴泉除了氨噴泉及氯化氫噴泉之外，筆者曾先後設計一系列的噴泉，諸如曾刊在本刊的奇妙的自動變色噴泉⁽²⁾、光泉與變色噴泉⁽³⁾、耗氧噴泉⁽⁴⁾等。另外在其他雜誌上也有簡易注射筒噴泉⁽⁵⁾、手動式噴泉⁽⁶⁾以及神奇的自動噴泉⁽⁷⁾等等。筆者在此願意再介紹另類化學噴泉—乾冰噴泉（或稱二氧化碳噴泉），此一噴泉之實驗裝置與前述氨噴泉及氯化氫噴泉完全相同，其中所不同者為將具有刺激味的氨氣(NH₃)或氯化氫(HCl)氣體改為乾冰（固態的二氧化碳），並將用來溶解氨氣或氯化氫氣體的水改為利用氫氧化鈉(NaOH)溶液來吸收二氧化碳氣體。

一、目的

利用氫氧化鈉(NaOH) 溶液可吸收由乾冰昇華所產生的二氧化碳氣體，使一密閉容器內的壓力降低，導致容器外之水引入容器內而形成噴泉。

二、材料與設備

乾冰	1 小塊	錐形瓶(250 mL)	1 支
雙通塑膠活栓	1 粒	透明塑膠軟管(10 cm)	1 條
塑膠滴管(1 mL)	1 個	雙孔橡皮塞(7 號)	1 粒
塑膠杯(100 mL)	1 個	氫氧化鈉溶液(1M)	10mL

三、實驗步驟

- 1.取一粒約大豆大小（不宜太大）的乾冰，放入一 250ml 的錐形瓶（或圓底燒瓶）中（圖 1）。
- 2.將注射針頭插入雙孔橡皮塞中較大的孔中，注射針頭下方接一粒雙通塑膠活栓（先將其關閉），塑膠活栓之下再接一條透明塑膠軟管。另將小塑膠滴管插入雙孔橡皮塞其中較小的

孔中(圖 2)。

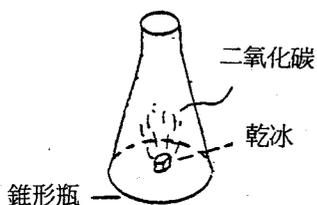


圖 1 乾冰在錐形瓶中昇華

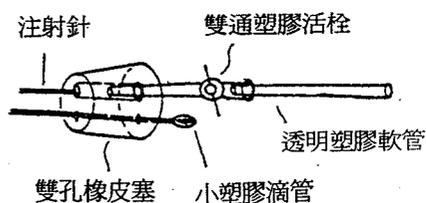


圖 2 橡皮塞與噴泉組件

3. 將小塑膠滴管吸入八分滿的 1M 氫氧化鈉溶液，然後再確認一下雙通塑膠活栓關閉備用。
4. 待錐形瓶中的乾冰完全昇華並充滿整個瓶子時，才能將步驟 2 的橡皮塞儘速塞住錐形瓶(圖 3)，然後將小塑膠滴管中的氫氧化鈉溶液擠入錐形瓶內，並將錐形瓶搖晃數次使氫氧化鈉溶液能儘量將二氧化碳氣體吸收並加以溶解成碳酸鈉，其反應式為

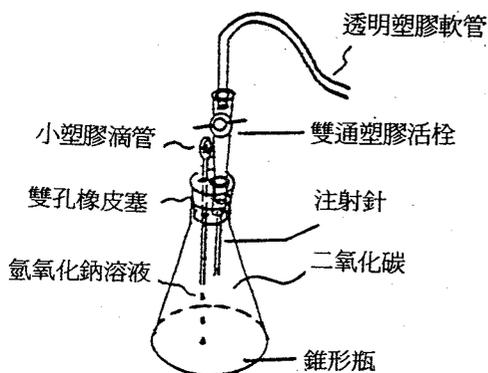
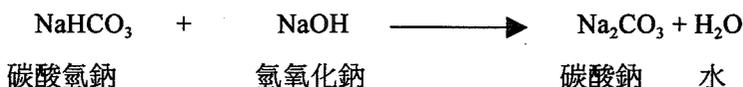
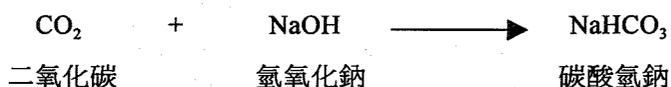


圖 3 乾冰噴泉裝置

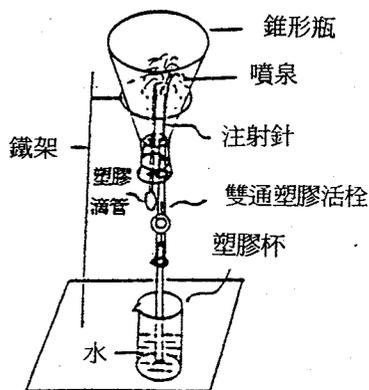


圖 4 乾冰噴泉的形成

5. 將已塞有橡皮塞的錐形瓶倒置於一鐵架上或用手拿著，並使雙通塑膠活栓下方的透明塑膠軟管之末端插入小塑膠杯中的水內，然後將雙通塑膠活栓打開，則塑膠杯中的水會經由透

明塑膠軟管、雙通塑膠活栓上升至注射針頭，而以噴泉的方式噴出產生奇妙的乾冰噴泉(圖4)。

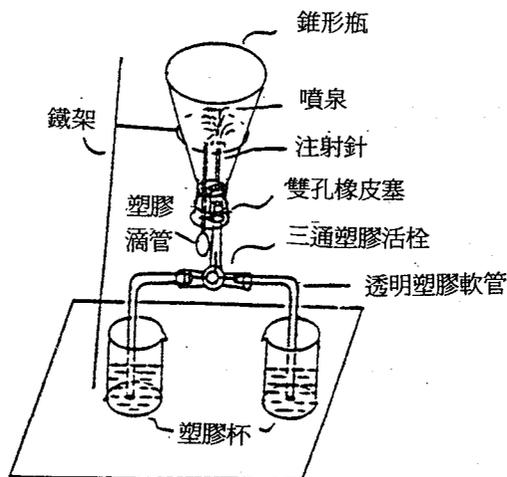


圖 5 變色及發光噴泉裝置

四、乾冰噴泉的特點

1. 利用乾冰昇華產生二氧化碳可省掉耗用稀鹽酸和碳酸鹽類如碳酸鈣等藥品。
2. 此法係利用乾冰昇華來製造二氧化碳，其過程容易、快速且安全。
3. 二氧化碳是無色無臭無味的氣體，再配合很少量的氫氧化鈉溶液，便可產生噴泉。
4. 利用雙通塑膠活栓可控制噴泉的強弱、噴出時間的長短及暫停噴出或繼續噴出。
5. 耗用藥品很少、污染性低。
6. 實驗裝置輕便，方法簡單，操作容易且安全，因此除可在實驗室進行實驗之外，亦可在一般室、或戶外乃至家裡皆可進行實驗。

五、結論

乾冰噴泉(Dry ice fountain)形成的原理是在一密閉容器(如錐形瓶或圓底燒瓶)內，利用乾冰昇華所產生的二氧化碳氣體(亦可利用一般實驗室的方法來製備二氧化碳)被氫氧化鈉溶液所吸收，導致密閉容器內的壓力急速降低，由於容器外的壓力大於容器內，外界的大氣壓力將水引入透明塑膠軟管、雙通塑膠活栓及注射針頭進入容器內，而以噴泉方式噴出直至容器內外壓力相等時為止。

此一噴泉的產生也可用一般實驗室製造二氧化碳的方法來替代由乾冰昇華產生的二氧化碳。因此乾冰噴泉又可稱之為二氧化碳噴泉(Carbon dioxide fountain)。若將此一噴泉裝置改為如圖 5 的實驗裝置時，再配合酸鹼中和、沈澱反應、氧化還原等化學反應的變化，則可使原來單一的噴泉變成變色的噴泉，另外也可配合化學能轉變為光能(魯米諾 Luminol 的發光)的實驗使其形成的噴泉發出藍綠色的冷光。

六、參考資料

- 1.國中理化第二冊(民 86)，國立編譯館改編本七版。
- 2.方金祥(民 74)。本刊第 84 期，42 頁。
- 3.方金祥，鄭秀珠(民 75)。本刊第 93 期，42 頁。
- 4.方金祥(民 88)。本刊第 220 期，25 頁。
- 5.方金祥(民 86)。化學，第 55 卷，51 頁。
- 6.方金祥(民 83)。環境科學技術教育季刊，第 5 期，67 頁。
- 7.方金祥(民 83)。環境科學技術教育季刊，第 6 期，56 頁。

(上接第 32 頁)

六、結論：

使用文字符號以解決代數應用問題時，國一學生常常因為國文程度不夠、或先備知識不足、或認知發展不及而使學習產生障礙。這三種使學習產生障礙的因素中的任一種都無法在短期內獲得改善；其中尤以認知發展的不足最難改進。吾人如欲改善上述的任何一種情況，都必須先行閱讀有關教材教法、教學原理以及教育心理學等書籍。若學生不是因為這些因素，而是我們的教學不當才產生學習障礙時，我們就有某種程度的改善空間，而且應盡吾所能加以改善，在適當的時機，以各種可能的方法，來提升學生的解題意願，並從實際解題中獲得鑽研數學解題的樂趣，則文字符號與一元一次方程式的教學便可大功告成矣！