

減壓彩色噴泉

林佩蓼 張簡琦麗 方金祥
國立高雄師範大學 化學系

目的

利用自製簡單連續抽氣裝置，將一密閉容器內之部分空氣抽出後成為部分真空，使該密閉容器內之壓力減低，導致能將容器外的水引入密閉容器內形成噴泉。若配合一般酸鹼指示劑與酸鹼溶液時，則可形成變色噴泉或五彩噴泉。

藥品與器材

圓底燒瓶 400 mL	1 個	圓底燒瓶 (或錐形瓶) 125 mL	5 個
單孔橡皮塞(七號)	1 粒	雙孔橡皮塞(七號)	5 粒
三通塑膠活栓*	1 粒	塑膠杯 250 mL	1 個
注射針頭	6 支	注射針頭之塑膠套	5 個
橡皮管(20cm)	6 條	硬質塑膠管	6 支
壓克力漏斗架 (六孔)	1 個	可連續抽氣裝置 (自製)	1 個
緩衝溶液(pH4,6,7,8,9)	各 20 mL	手動式真空抽氣裝置**	1 組
NaOH (0.1 M)	100 mL	真空拔罐器***	1 組
廣用指示劑	10 mL		

*三通塑膠活栓，可在一般的醫療器材行購買。

**手動式真空抽氣裝置，可在一般的化學儀器材料行購買。

***真空拔罐器，可在一般的醫療器材行購買。

實驗(一) 單色噴泉

- 1.拿一個單孔橡皮塞，在孔中插入針尖已磨平的注射針頭，針頭的下端接上一個三通塑膠活栓(Top three-way stopcock)，三通塑膠活栓的右側出口接至抽氣裝置，而其下方出口另接一條橡皮管，並使橡皮管末端通入塑膠杯的水中（如圖 1）。
- 2.把上述橡皮塞塞住 400 mL 圓底燒瓶的瓶口，並把圓底燒瓶倒置於壓克力漏斗架或鐵架上（如圖 1b）。
- 3.控制三通塑膠活栓使其只有上方與側方相通（），再利用可連續抽氣裝置（如圖 1a），把圓底瓶內氣體盡量抽出，使其成為部分真空(partial vacuum)，以達減壓的效果，其減壓程度如表一所列，經連續抽氣 10 次，約可使圓底瓶內之壓力降至二分之一大氣壓以下

(26-28 cm Hg)，若連續抽到 15 次時則圓底燒瓶內之壓力可降到更低 (21-23 cm Hg)。

4. 經抽氣 15 次後，再將三通塑膠活栓轉至只使其上下相通 ()，此時燒杯中之水會經由橡皮管、三通塑膠活栓，由注射針頭處以噴泉方式噴出 (如圖 2)。此時若將塑膠杯中之水加以染色，則會由注射針頭噴出單一顏色之有色噴泉。若將其減壓至使其內壓為 16 cm Hg 時，噴泉大約可維持 2~3 分鐘。

表一 利用連續抽氣裝置之減壓程度示意表

抽氣次數 ^(a)	1	2	3	4	5	10	15
減壓程度 (cm Hg) ^(b)	10-12	16-18	20-22	24-26	28-30	48-50	53-55
圓底燒瓶 內壓 ^(c) (cm Hg)	64-66	58-60	54-56	50-52	46-48	26-28	21-23

(a)以 50 mL 塑膠注射筒接在「連續抽氣裝置」(圖 1a)，每次抽氣 50 mL。

(b)壓力大小係以「手動式真空抽氣裝置」(圖 5)測量。

(c)圓底燒瓶容積為 400 mL。

實驗(二) 連續彩色噴泉

一、連續彩色噴泉裝置

1. 先取 5 粒七號雙孔橡皮塞，分別在其中一個孔中插入一支裝注射針的塑膠套 (將其底部切掉)，另一孔中則插入一支針尖已磨平的注射針頭，並在此注射針下方接上一條橡皮管。
2. 把 5 粒橡皮塞分別塞在編號 1~5 號等 5 支 125 mL 圓底燒瓶內，然後把裝好的橡皮管接到隔壁圓底燒瓶的注射針之下方，如此便可把 1~5 號等 5 個圓底燒瓶環環相接互相連通 (如圖 3)。
3. 取一個單孔橡皮塞，在孔中插入注射針頭，針頭的下方接上一個三通塑膠活栓，活栓的下端出口處用一條塑膠軟管接至可連續抽氣裝置(圖 1a)。
4. 將此橡皮塞塞入第 6 號 400 mL 圓底燒瓶中，並在其下方之三通塑膠活栓之側管出口處，再用另一條橡皮管接至上述第 5 號圓底燒瓶中橡皮塞上之硬質塑膠管上。
5. 分別將這 6 個安裝好的圓底燒瓶倒過來放置在六孔之壓克力漏斗架上，並在 1 號圓底燒瓶的下方放置一個塑膠杯，然後將接在 1 號圓底燒瓶的下方的橡皮管插到塑膠杯中 (如圖 4)。

二、連續彩色噴泉操作

1. 將 1 號圓底燒瓶下方的橡皮管插到塑膠杯中，加入 100 mL 0.1 M NaOH 及 3 滴廣用指

- 示劑溶液（溶液在塑膠杯內呈現紫色）。
- 在 1 號圓底燒瓶中預先倒入 20 mL 緩衝溶液(pH 9)及 3 滴廣用指示劑（溶液在圓底燒瓶內呈現紫色）。
 - 同樣在 2~5 號圓底燒瓶內倒入緩衝溶液與指示劑後，其顏色變化如表二所列。
 - 在 6 號圓底燒瓶中不加入任何東西。
 - 控制 6 號圓底燒瓶下方之三通塑膠活栓，使其只能上下相通（），再將連續抽氣裝置（圖 1a）與三通塑膠活栓之下方相接，利用注射筒把圓底燒瓶內的氣體盡量抽出以達減壓的效果。

表二 將 3 滴廣用指試劑加入裝有不同 pH 緩衝溶液之圓底燒瓶內之顏色變化

圓底燒瓶 (號序)	緩衝溶液 (pH 值)	顏色變化
1	9	紫色
2	8	藍色
3	7	綠色
4	6	黃色
5	4	紅橙色

- 最後再將三通塑膠活栓轉至上方與其側管相通，而與其下方不通的位置（），亦即使 5 號圓底燒瓶與 6 號圓底燒瓶相通，此時因密閉容器內之壓力減低，所以導致相鄰的 4 號至 1 號等圓底燒瓶內的水自動引入，並由注射針頭以噴泉的方式噴入瓶中，其噴泉的顏色會由 1 號圓底燒瓶中的注射針頭噴出紫色噴泉。由 2~6 號圓底燒瓶的針頭噴出之噴泉顏色，如表三所列。其中每一圓底燒瓶中噴泉的顏色稍有不同，如同「五彩噴泉」，但是到最後所有噴泉皆可能都會轉變為藍紫色（鹼性溶液）。若將其減壓至使其內壓為 16 cm Hg 時，噴泉時間和單色噴泉一樣大約可維持 2~3 分鐘。

表三 由 1~6 號圓底燒瓶中噴出之噴泉的顏色

圓底燒瓶 (號序)	噴泉 (號序)	噴泉的顏色*
1	1	紫色
2	2	紫色
3	3	藍色
4	4	綠色
5	5	黃色
6	6	紅橙色

*所有噴泉(1~6)的顏色到最後都會轉變呈藍紫色。

說明

1. 實驗中所用的抽氣裝置可用以下三種來進行：

(a) 可連續抽氣及打氣裝置（如前圖 1a）

(b) 手動式真空抽氣裝置(Hand-operated, Nalgene)（如圖 5）

(c) 真空拔罐器（如圖 6）

2. 實驗所用的藥品為不同濃度的酸、鹼性溶液，在不同指示劑中會呈現出不同顏色，因而形成五彩繽紛的炫麗噴泉。

結論

五彩噴泉形成的原理是利用在一密閉容器中，形成部分真空。以致其壓力比容器外的大氣壓力或是另一接通的圓底燒瓶內之壓力還要低，因此當控制三通塑膠活栓使這壓力不等的系統相通時，會導致壓力大者把水壓進壓力小的容器內，因而以噴泉的方式噴出，直到所有容器的壓力相等為止。噴泉之顏色是由加入之指示劑來決定與使其發生變化，如加入廣用指示劑時，則其顏色之變化會如同由 1 號之紫色、2 號之藍色、3 號之綠色、4 號之黃色、5 號之紅橙色、乃至 6 號之紅色，但是到最後所有噴泉可能皆會變為藍紫色。若無廣用指示劑時，可用紫色高麗菜汁或紅鳳菜汁液替代之，亦可使噴泉產生顏色變化。

參考資料

1. 張簡琦麗、方金祥（民 89） 神奇的噴泉。科學教育月刊，第 234 期，54 頁。
2. 方金祥、楊慶成（民 89） 神奇的化學魔術—冷沸與冷泉。科學教育月刊，第 229 期，34 頁。
3. 方金祥（民 89） 乾冰噴泉。科學教育月刊，第 228 期，33 頁。
4. 方金祥（民 88） 耗氧噴泉。科學教育月刊，第 220 期，25 頁。
5. 方金祥、鄭秀珠（民 74） 有趣的理化實驗—光泉與變色噴泉。科學教育月刊，第 93 期，42 頁。
6. 方金祥（民 74） 有趣的理化實驗—奇妙的自動變色噴泉。科學教育月刊，第 84 期，42 頁。

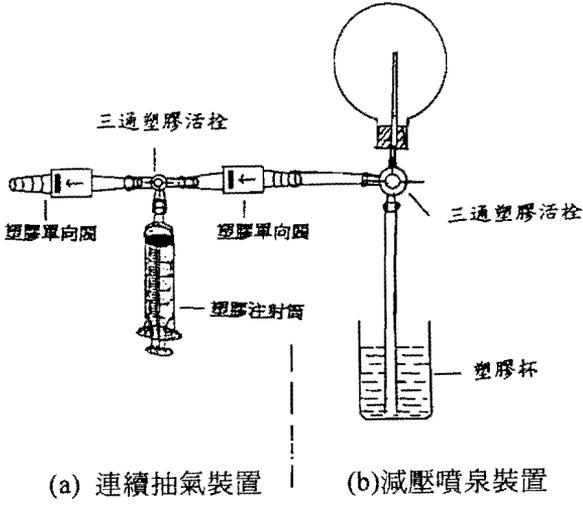


圖 1 連續抽氣裝置與單色噴泉裝置

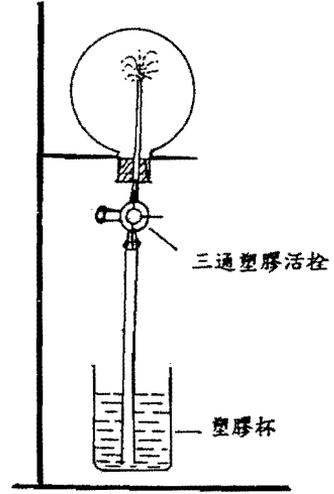


圖 2 單色噴泉的產生

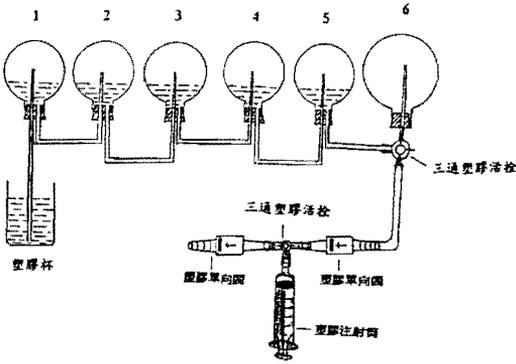


圖 3 五彩噴泉抽氣裝置

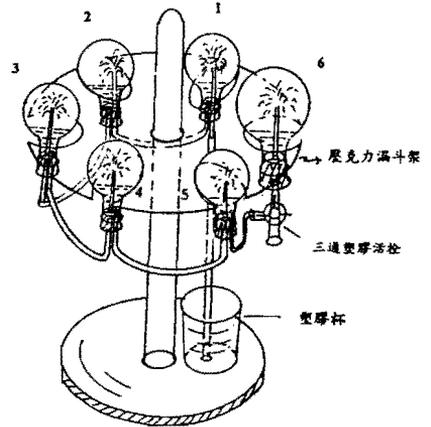


圖 4 五彩噴泉的產生

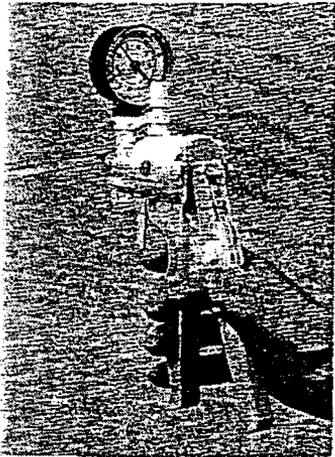


圖 5 手動式真空抽氣裝置

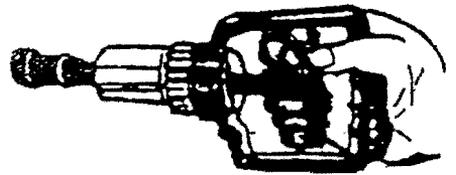


圖 6 真空拔罐器