

有趣的理化實驗——光泉和變色噴泉

方金祥

國立高雄師範學院化學系

鄭秀珠

高雄縣五甲國小

本實驗為一富有趣味性的理化實驗，其中「變色噴泉」的部分可供作國民中學理化和國民小學自然科，在介紹大氣壓力、虹吸原理以及指示劑在酸鹼性溶液中的變化或酸鹼中和時之顏色變化等單元時，做為實驗教材或教師示範實驗。「光泉」部分則可供作高中基礎理化介紹化學能轉變為光能實驗時之補充教材。此一實驗之設計及器材簡單易於組合，應用物理和化學的基本原理，頗富有啟發性和思考性，很適合於教師自製教具供作理化實驗之補充教材。

一、目的

應用簡單的海龍虹吸原理 (Heron's Siphon)，指示劑在酸鹼反應中顏色之變化以形成變色噴泉，以及利用一發光物質 (光敏靈) 在催化劑的作用之下，於暗室可發出天青色的螢光而形成連續的發光噴泉 (光泉)，以引發學生學習理化的興趣，進而得以提高學習效果。

二、儀器

圓底燒瓶 (500 mL) 2 個，

橡皮管 (30 cm 長) 4 條

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 錐形瓶 (250 mL) 3 個， | 橡皮管 (90 cm 長) 1 條 |
| 玻璃吸管 (20 cm 長) 4 支， | 橡皮管夾 1 個 |
| 玻璃吸管 (10 cm 長) 2 支， | 三孔橡皮塞 (12 號) 2 個 |
| 漏斗架 1 個 | |

三、藥 品

鹽酸和氫氧化鈉各配成 0.1M，0.5M 和 1.0M (500 mL)。

指示劑：酚酞 (PP)，溴瑞香草藍 (BTB)，甲基紅 (MR) 及甲基橙 (MO)。

光敏靈 (Luminol) 0.2 克。

赤血鹽 $K_3Fe(CN)_6$ 3 克。

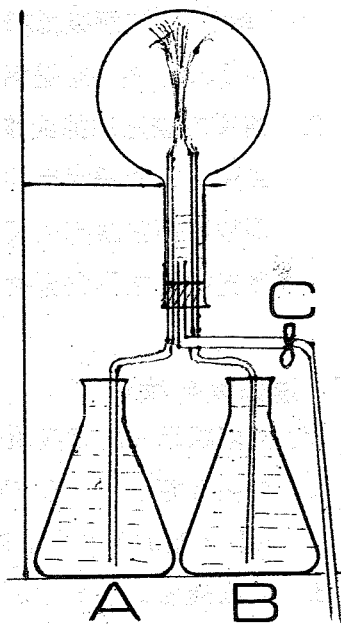
過氧化氫 (3%) 10 mL。

四、實驗步驟

將上列器材先組合如圖一之裝置。

甲、變色噴泉(一)

1. 把 0.1M 鹽酸溶液 250 mL 倒入錐形瓶 A 中，並加入 2 ~ 3 滴的酚酞指示劑，另在錐形瓶 B 中加入 250 mL 的 1.0M 氫氧化鈉溶液，並觀察兩錐形瓶中溶液的顏色。
2. 在圓底燒瓶 (亦可用錐形瓶代替) 中先加入約 20 mL 水，並把二長一短的玻璃吸管分別插入三孔橡皮塞，然後將此橡皮塞在圓底燒瓶瓶口塞緊。橡皮塞外邊之吸管上端再分別接上橡皮管，其中兩支長吸管各接 30 cm 長的橡皮管，而短吸管另接上 90 cm 長的橡皮管，並在短吸管出口處先用一橡皮管夾 (C) 夾住橡皮管。



圖一 噴泉的裝置

3. 將組合好的圓底燒瓶倒轉過來並放置於漏斗架或鐵架上，並將二支短的橡皮管分別插入 A、B 兩個錐形瓶內如圖一。

4. 然後將長橡皮管上的夾子鬆開並改夾在吸管上，此時即可看到A、B二瓶內之溶液慢慢上升到圓底燒瓶內，最後則以噴泉方式噴出，當由A、B兩瓶內之酸鹼溶液噴出碰在一起時，便迅速起酸鹼中和而呈現出紅色的噴泉。

乙、變色噴泉(二)

1. 實驗裝置如圖一，在錐形瓶A內放入1.0M鹽酸溶液250mL，在錐形瓶B內放入0.1M氫氧化鈉溶液250mL，並加入酚酞指示劑2~3滴，觀察A、B兩瓶內溶液之顏色。
2. 下面步驟和變色噴泉(一)中之第2、3、4相同。當整個實驗裝置完成後，將橡皮管夾鬆開，則由A瓶上升的無色液體與由B瓶上升的紅色液體在到達圓底燒瓶內噴出，碰在一起時即迅速起了酸鹼中和反應而轉變成無色的噴泉。

丙、光 泉

1. 實驗裝置如圖一，在錐形瓶A中放入甲溶液250mL，錐形瓶B中放入乙溶液250mL。甲溶液係由40克氫氧化鈉溶於500mL水，再加入0.2克光敏靈(Luminol)，溶解後稀釋到一升而成。乙溶液則由3克的赤血鹽($K_3Fe(CN)_6$)溶解在10mL的3%過氧化氫(H_2O_2)中，並加水稀釋到1升而成。
2. 將室內燈光熄掉或移到暗室中進行，效果更佳。若將橡皮管夾鬆開，則可看到由A瓶上升的透明甲溶液和由B瓶上升的淡棕黃色的乙溶液噴出，碰在一起之瞬間即放出非常漂亮的天青色螢光，此光係以噴泉方式產生，因此可持續作用，連續發光故稱之為發光噴泉——「光泉」。

丁、連續變色噴泉

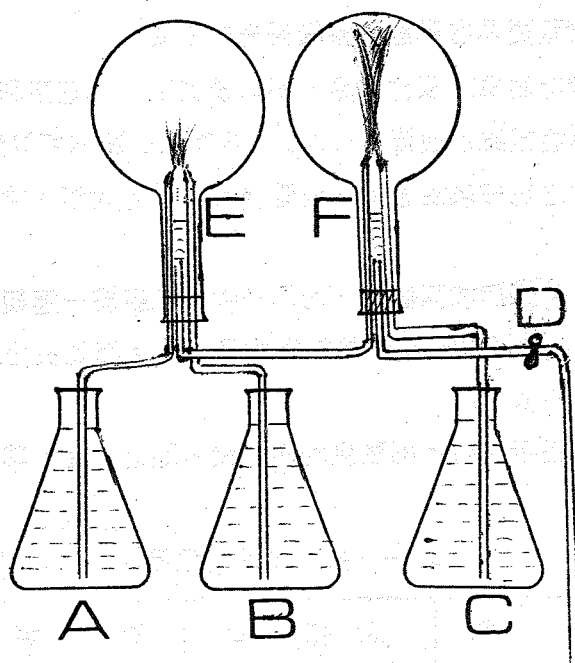
1. 將兩組單一的噴泉組合起來如圖二。
2. 如在A瓶中放入0.5M鹽酸250mL，而在B瓶中放入0.1M氫氧化鈉溶液250mL，並加入2~3滴酚酞指示劑。另外在C瓶中放入1.0M氫氧化鈉溶液。
3. 圓底燒瓶E和F分別加入20mL的水，然後以插有吸管的橡皮塞塞緊並倒置於漏斗架或鐵架上，將連接在E瓶的二條橡皮管分別插入A、C瓶內，F瓶中之短橡皮管插入C瓶中，E瓶中之短吸管與F瓶中之長吸管間以橡皮管連接。
4. 當橡皮管夾D鬆開時，則在圓底燒瓶E中可見到的噴泉是由紅色變為無色，到了圓

底燒瓶 F 中則可見到噴泉的顏色由無色變為紅色。

5. 此一裝置可再接上幾個單一的噴泉，組合成更多連續變色的噴泉。

戊、試試看

如將前述實驗中所用的指示劑酚酞改為溴瑞香草藍、甲基橙或甲基紅等不同指示劑時，則可看到在錐形瓶內呈現不同的顏色，當噴泉形成時便可出現不同的顏色。



圖二 連續變色的噴泉裝置

五、問題

1. 當你將橡皮管夾鬆開，若發現 A、B 兩錐形瓶內之液體無法上升時就不會形成噴泉，此時應如何才能使噴泉產生？
2. 變色噴泉是利用什麼原理？
3. 光泉是利用什麼原理？
4. 如何控制錐形瓶內酸鹼溶液的濃度以及加入適當的指示劑，才能噴出變色噴泉。

六、結 論

1. 本實驗中之變色噴泉是利用海龍虹吸原理及酸鹼中和反應，並在不同的指示劑存在之下才能形成變色噴泉。
2. 發光噴泉（光泉）除了利用海龍虹吸原理外，還要有發光物質（光敏靈）在鹼性的條件之下受到鐵離子及過氧化氫之催化作用之下在暗室內產生光的現象而來，此一光泉的實驗更具有動態及持續發光的效果。
3. 此一噴泉的設計簡單，取材容易，不需要加工，可直接利用玻璃吸管插入橡皮塞並裝在圓底燒瓶或錐形瓶皆可。而A、B等錐形瓶亦可以透明寶特瓶代替使用。
4. 連接在燒瓶中之短玻璃吸管的橡皮管要長些不可太短，才能產生虹吸的力量而形成噴泉。
5. 此一設計可合併兩個或兩個以上的單一噴泉，組成一連續變色噴泉。唯第一個噴泉噴得較低，到最後的噴泉由於虹吸力量最大，因此噴得最高。例如在丁的實驗中F的噴泉較E的噴泉高。
6. 如改用不同的指示劑時，則噴泉的顏色便可隨之改變，其顏色的變化情形可參考表一。

表一 指示劑的變色範圍

指 示 劑	pH 範 圍	顏 色 變 化
酚 酞	8.5 ~ 9.0	無 色 ~ 紅 色
溴 瑞 香 草 藍	6.0 ~ 7.6	黃 色 ~ 藍 色
甲 基 紅	4.4 ~ 6.2	紅 色 ~ 黃 色
甲 基 橙	3.1 ~ 4.4	紅 色 ~ 黃 色

七、參考資料

1. 國小自然課本第十一冊，第三章水溶液的反應。

2. 國中理化第一冊，第四章大氣與水——密閉系統內之氣體壓力。
3. 國中理化（修訂本）第十九章酸鹼鹽——酸鹼中和。
4. 高中基礎理化——化學轉變為光能。
5. 方金祥：指示劑與酸鹼滴定。科教月刊，第39期第53～57頁，七十年二月。
6. 方金祥：有趣的理化實驗——奇妙的自動變色噴泉。科教月刊，第84期第42頁。七十四年十一月。
7. 蕭次融、方泰山等：有趣的化學示範實驗舉隅。科教月刊，第86期第34頁。七十五年元月。

疑難問題解答

●關於化石燃料及石化燃料的區別

常見的燃料有固態的煤，液態的汽油、柴油及液化丙烷，氣態則有天然氣（主要為甲烷）、水煤氣（一氧化碳及氫的混合氣）等等。在稱呼上有化石及石化燃料等名稱，甚為混亂。石油與煤都是古代動植物化石化（fossilized）演變而成，因

此涵蓋較廣，化石燃料（fossil fuel）較為通用。國內報章雜誌則較常使用石化燃料的名稱，可能是以為這些燃料自石油衍生而來。事實上水煤氣是煤與水反應而成，許多甲烷並非來自石油。為避免無謂的爭論，似以化石燃料較佳。

本刊編輯室
