

微量化學實驗：酸鹼七彩調色盤的點滴實驗

■ 實驗目的

- 一、操作常用的四種酸鹼指示劑：甲基橙、甲基紅、溴瑞香草酚藍及酚酞，認識指示劑的酸型色與鹼型色的特徵。
- 二、使用微量稀薄醋酸及蘇打溶液控制溶液的酸鹼度，加入組合混搭數種指示劑來操作酸鹼中和反應，做出廣用指示劑的七彩顏色變化，認識廣用指示劑的基本配方。
- 三、使用熱熔膠製作小型的簡易調色盤，達到實驗減量的目的。
- 四、以微量實驗的設計為本，欣賞化學變化與多彩顏色的呈現，使學生體驗學習化學的精采與樂趣。

■ 原理和概念

許多天然植物色素和多種人工合成染料都具有酸鹼指示劑的功能，其中甲基橙 (Methyl orange, MO)、甲基紅 (Methyl orange, MR)、溴瑞香草酚藍 (Bromothymol blue, BTB) 及酚酞 (Phenolphthalein, PP) 是常用的酸鹼指示劑，如圖 1 所示。



圖 1：四種常見酸鹼指示劑。

每種酸鹼指示劑皆具有酸型顏色與鹼型顏色的特徵，如圖 2 所示。酸型顏色與鹼型顏色轉換時的 pH 值範圍，稱為酸鹼指示劑的變色範圍，如圖 3 所示。例如：溴瑞香草酚藍 (BTB) 變色範圍為 $\text{pH} = 6.2 \sim 7.6$ ，這表示 BTB 在 pH 值 6.2 以下 (更酸的) 的水溶液中，出現酸型顏色：黃色；而在 pH 值 7.6 以上 (更鹼的) 的水溶液中，出現鹼型顏色：藍色。酸鹼指示劑在變色範圍內時，兩種顏色的結構存在於水中幾乎等量，因此會呈現兩色混合後的顏色，例如：BTB 在中性水溶液中是出現黃色與藍色混合後的綠色。酸鹼指示劑的變色範圍不一定涵蓋了中性條件 ($\text{pH} = 7$)，例如酚酞 (PP) 的變色範圍是 $\text{pH} = 8.2 \sim 10.0$ ，因此在中性水溶液的 PP

仍是呈現酸型顏色，也就是無色。

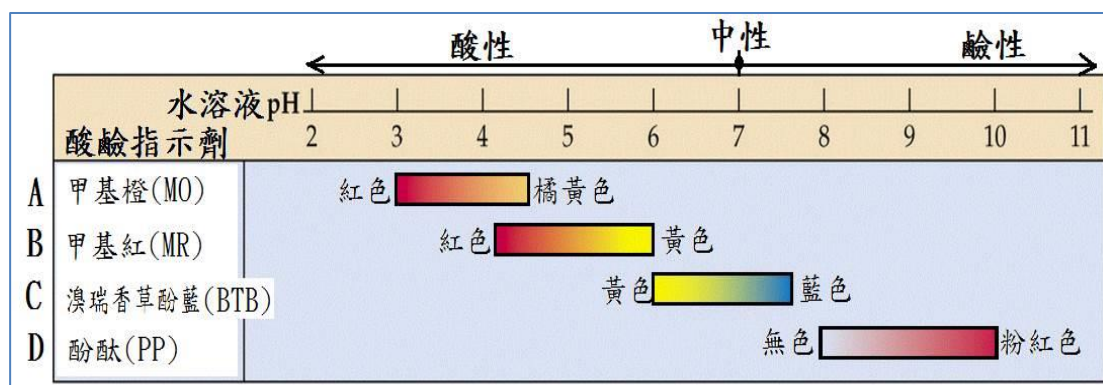


圖 2：四種酸鹼指示劑顏色的對照表。【編號：A = MO、B = MR、C = BTB、D = PP】

指示劑	酸型顏色	變色範圍 (pH)	鹼型顏色	備註
BTB	黃	6.2~7.6	藍	中性為綠色
PP	無	8.2~10.0	粉紅	中性為無色

圖 3：兩種酸鹼指示劑變色範圍與顏色變化。

■ 實驗器材與試劑

每組用量：試藥滴瓶（5 mL，盛裝共用的醋酸溶液、蘇打溶液）2 個、試藥滴瓶（5 mL，盛裝共用的酸鹼指示劑）4 個、玉米塑膠杯（小型，容量大於 5 mL 即可）8 個、微型滴管（容量約 1.5 mL）8 支、PP 透明塑膠袋（尺寸建議為 10 cm × 7 cm）4 個、牙籤 4 支、熱熔槍及熱熔膠【註 1】1 套、1.0% 蘇打（ Na_2CO_3 ）溶液 4.0 mL、1.0% 醋酸（ CH_3COOH ）溶液 4.0 mL、0.05% 甲基橙（MO）【註 2】4.0 mL、0.05% 甲基紅（MR）4.0 mL、0.05% 溴瑞香草酚藍（BTB）4.0 mL、0.05% 酚酞（PP）4.0 mL。實驗用器材和一些試劑照片如圖 4 所示：

註 1：熱熔膠和 PP 透明塑膠袋用於製作防水調色盤，每格大小約 1 cm × 1 cm，共 24 格。

註 2：0.05% 指示劑配製法：大多數酸鹼指示劑難溶於水，需先用酒精做為溶劑，配製成 0.1% 酒精溶液，再加水稀釋為體積 2 倍即可。



圖 4：器材及一些試劑：一些共用器材（左），每人有一套調色盤（右）。

■ 實驗步驟

一、製作防水調色盤

防水調色盤是利用熱熔膠塗在 PP 塑膠袋上所製成，每格大小約 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ ，共 24 格。每人現場製作一套，也可以事先由教師準備，此調色盤可以再利用。

二、預測四種酸鹼指示劑的變色情形

- 將甲基橙 (MO)、甲基紅 (MR)、溴瑞香草酚藍 (BTB)、酚酞 (PP) 四種酸鹼指示劑依序編號為 A、B、C、D。利用直尺放在圖 2 的四種酸鹼指示劑的顏色對照表上方，由上而下對齊特定 pH 值，先讀出對照到的各指示劑呈現的顏色，再將這些顏色混合起來，用來判斷混合指示劑顏色。例如：酸性條件指定放在 $\text{pH} = 3$ 時，甲基橙與甲基紅皆呈現紅色，兩者混合仍是呈現紅色；又如：中性條件為 $\text{pH} = 7$ 時，甲基紅的黃色加上溴瑞香草酚藍的藍色混合可呈現綠色。
- 四種指示劑各種混合模式可按照表 1 進行，利用排列組合 A、B、C、D 四項成分，將預測混搭酸鹼指示劑的變色填到表 1 格內。

表 1：四種酸鹼指示劑的混合模式與預測格內需填入的顏色。

	指示劑顏色		
指示劑	pH=3	pH=7	pH=11
A+B			
A+C			
A+D			
B+C			
B+D			
C+D			

	指示劑顏色		
指示劑	pH=3	pH=7	pH=11
A+B+C			
A+B+D			
A+C+D			
B+C+D			
A+B			
C+D			

三、酸鹼指示劑的點滴實驗

1. 準備 8 個玉米塑膠杯，先取 4 個為第一組，各加入約 2~3 mL 的 1% 醋酸溶液，此四杯的酸性大約為 $\text{pH} = 3$ 。再另取 4 個為第二組，各加入約 2~3 mL 的 1% 蘇打溶液，此四杯的鹼性大約為 $\text{pH} = 11$ 。
2. 第一組醋酸溶液的 4 個杯子中分別加入四種不同的酸鹼指示劑各 1~2 滴，第二組蘇打溶液 4 個杯子中也分別加入四種不同的酸鹼指示劑各 1~2 滴，顏色的深淺可依照自己喜好而定，但是建議顏色不要太深。每個杯子中都放入 1 支微量滴管，後續待用，如圖 6 所示。

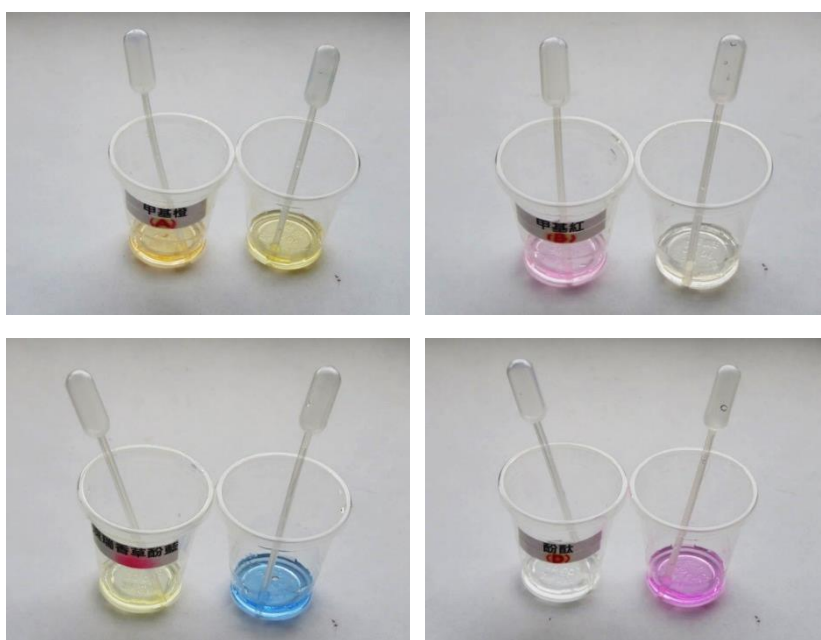


圖 6：四種酸鹼指示劑的酸型顏色與鹼型顏色，每張照片中左杯為的醋酸溶液，右杯為蘇打溶液：甲基橙（上左）；甲基紅（右上）；溴瑞香草酚藍（左下）；酚酞（右下）。

3. 將防水調色盤放在桌上，下方可墊放一張白紙。進行點滴的方式，將 8 個杯子中的液體依照步驟二的表 1 排列組合方式操作，並用牙籤將盤子上的液滴混合均勻。
4. 觀察並記錄混搭指示劑顏色變化情形，並與步驟二的表 1 格內的預測顏色做對照。
5. 將調色盤內的液體清洗掉，用紙巾擦乾。設計創意組合方式，使調色盤內能呈現七彩以上的顏色。

■ 廢棄物處理和安全注意事項

- 防水調色盤可以每人現場製作一套，也可以事先由教師準備。實驗後擦乾淨，此調色盤可以回收再利用，不要丟棄。玉米塑膠杯也稱環保塑膠杯，可重複使用，若破損可直接

丟棄。

- 本實驗中使用的醋酸與蘇打溶液的濃度皆很低，皆低於家庭廚房中使用濃度。若是實驗操作時接觸到皮膚，以大量清水沖洗即可。
- 本實驗中使用的酸鹼指示劑濃度非常低，而且只用滴數很少，所以本實驗清洗作品的七彩液體時可以直接稀釋排放。本實驗中使用的數種酸鹼指示劑屬於無毒或低毒試劑，依據 GHS 化學品全球調和制度 (<http://ghs.osha.gov.tw/CHT/intro/search.aspx>) 查詢危害數據資料結果如下：

(A) LD₅₀ (測試動物、暴露途徑) → 甲基橙：60 mg/kg (大鼠，吞食)

(B) IARC 致癌性分類 → 酚酞：Group 2B

(C) 甲基紅、溴瑞香草酚藍沒有危害數據資料。

註：半數致死劑量 (LD₅₀) 係指給予試驗動物組群一定劑量 (mg/kg) 的化學物質，觀察 14 天，結果能造成半數 (50%) 動物死亡的劑量。

註：IARC 致癌性分類係指環境中致癌物誘發惡性腫瘤的作用，國際癌症研究中心(IARC) 將人體流行病學與動物實驗研究所得資料，依其致癌證據的強弱分為：Group 2B-可能人體致癌。

■ 結果與討論

日期：_____；時間：_____；組別：____；學號：_____；姓名：_____

(設計創意組合方式使調色盤內能呈現七彩以上的顏色，張貼於下方)

■ 問題

1. 酸鹼滴定時，使用酸鹼指示劑來判定滴定終點，試問滴定終點是否表示水溶液呈中性？

答：

2. 試舉出三種日常生活中可用作酸鹼指示劑的物質。

答：

3. 請想想看日常生活中哪些現象與酸鹼性有關？

答：

實驗設計：周芳妃¹、李盈萱²、陳靜瑋¹，¹臺北市立第一女子高級中學、²臺北市立中山女子高級中學

資料來源：資料來源：《臺灣化學教育》(<http://chemed.chemistry.org.tw/>)，第十四期。