



國立中正大學

*National Chung Cheng University*



積極創新 修德澤人



圖片來源：<http://www.hfda.org.tw/?p=3330>

## 補充教材五、酸鹼指示劑與 pH 值測定

114.9.14 ~ 114.9.20 ( 預估操作時間：1 小時 )

# 一、目的

- 觀察各種酸鹼指示劑在不同 pH 值溶液中顏色的變化
- 利用指示劑的呈色，判定鹽類水溶液的 pH 值



## 二、原理

### (一)、水的解離及 pH 的定義

- 水有極微程度的解離，稱為水的自身離子化反應 (autoionization)



- 其平衡常數 ( $K_w$ ) 稱為水的離子積 (ion product of water)，25 °C 時其值為  $1.0 \times 10^{-14}$

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad (\text{eq. s5-2})$$

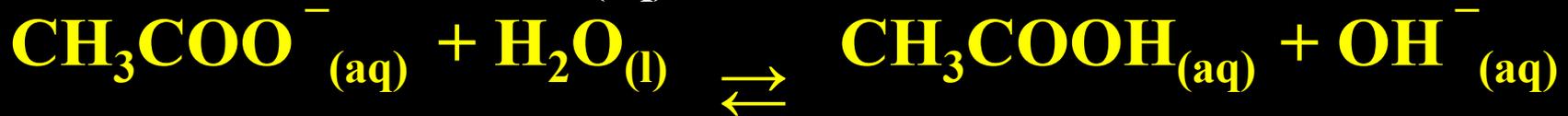
- 水中的氫離子濃度通常很低，為方便起見以 pH 值表示，其定義如下：

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (\text{eq. s5-3})$$

- 以 25 °C 的純水為例， $[\text{H}^+]$  與  $[\text{OH}^-]$  均為  $1.0 \times 10^{-7}$  M，pH 值為 7.00

## (二)、鹽類水溶液的酸鹼性

- 一般鹽類為**強電解質**，溶解於水中會**完全解離**產生陽離子與陰離子。
- 這些離子若與水發生**水解反應** (hydrolysis) 產生  $\text{H}^+_{(\text{aq})}$  或  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ ，就會使溶液呈酸性或鹼性。
- 例：衍生自**弱酸** ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 的陰離子 ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) 水解，會產生  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ ，使溶液呈**鹼性**。



(eq. s5-4)

- 例：衍生自**強酸**的陰離子，如  $\text{NO}_3^-$ ，為弱鹼，與水幾乎不反應，故**不影響溶液的 pH 值**。
- 若陰離子含有可解離的氫離子，如  $\text{HCO}_3^-$ ，它們與水作用後會使溶液呈酸性或鹼性，則需視此離子的  $K_a$  與  $K_b$  值大小而定。

**$K_a$  大於  $K_b \rightarrow$  酸性；  $K_b$  大於  $K_a \rightarrow$  鹼性**

- 所有的陽離子，除了鹼金屬與鹼土金屬中的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 和  $\text{Ba}^{2+}$ ，其它金屬離子在水中均水解產生  $\text{H}^+_{(\text{aq})}$ ，使溶液呈酸性。
- 依據上述原則來判斷水溶液的酸鹼性。

### (三)、酸鹼指示劑

- 酸鹼指示劑本身為一有機弱酸或弱鹼，在溶液中可與氫離子達到平衡，其顏色隨著溶液的 pH 值而變化。以 In 表示鹼式指示劑，則在溶液中有下列平衡反應：



鹼式指示劑

酸式指示劑

$$K_b = \frac{[\text{HIn}^+][\text{OH}^-]}{[\text{In}]} \quad (\text{eq. s5-6})$$

- 如以 HIn 表示酸式指示劑，則在溶液中有下列平衡反應：



酸式指示劑

鹼式指示劑

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \quad (\text{eq. s5-8}) \quad \frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \quad (\text{eq. s5-9})$$

- 當溶液中  $[\text{HIn}] \geq 10[\text{In}^-]$  時，即  $[\text{H}_3\text{O}^+] \geq 10K_a$ ， $\text{pH} \leq \text{p}K_a - 1$ ，肉眼可看出酸式指示劑的顏色；同理，當  $\text{pH} \geq \text{p}K_a + 1$ ，可看出鹼式指示劑的顏色。

- 由上述結論可得，指示劑顏色變化範圍在  $\text{pK}_a \pm 1$  之間



- 不同的酸鹼指示劑有不同的變色範圍，比較好的指示劑變色範圍會介於  $\text{pK}_a \pm 1$  之間。

# 三、儀器與材料

## 儀器

助教提供

自行攜帶

塑膠滴管 (23 支)

拍照用手機

顯色盤 (2個)

## 藥品

0.1 % 甲基橙\*\* (methyl orange)

0.1 % 甲基紅\*\* (methyl red)

0.1 % 酚紅\*\* (phenol red)

0.1 % 酚酞\* (phenolphthalein)

0.1 % 茜素黃 R\* (alizarin yellow R)

0.1 % 溴瑞香草酚藍\*\* (bromthymol blue)

廣用指示劑\*\* (universal indicator)

\* : 毒性 \* : 易燃

資料來源: Material Safety Data Sheets (MSDSs)

# 三、儀器與材料

## 藥品

1.0 M 氯化銨\* (ammonium chloride,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )

1.0 M 氯化鈉 (sodium chloride,  $\text{NaCl}$ )

1.0 M 醋酸銨\*  
(ammonium acetate,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )

1.0 M 醋酸鈉\*  
(sodium acetate,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ )

1.0 M 碳酸氫鈉  
(sodium hydrogen carbonate,  $\text{NaHCO}_3$ )

pH 2 ~ 12 緩衝溶液

\* : 毒性 \* : 易燃

資料來源: Material Safety Data Sheets (MSDSs)

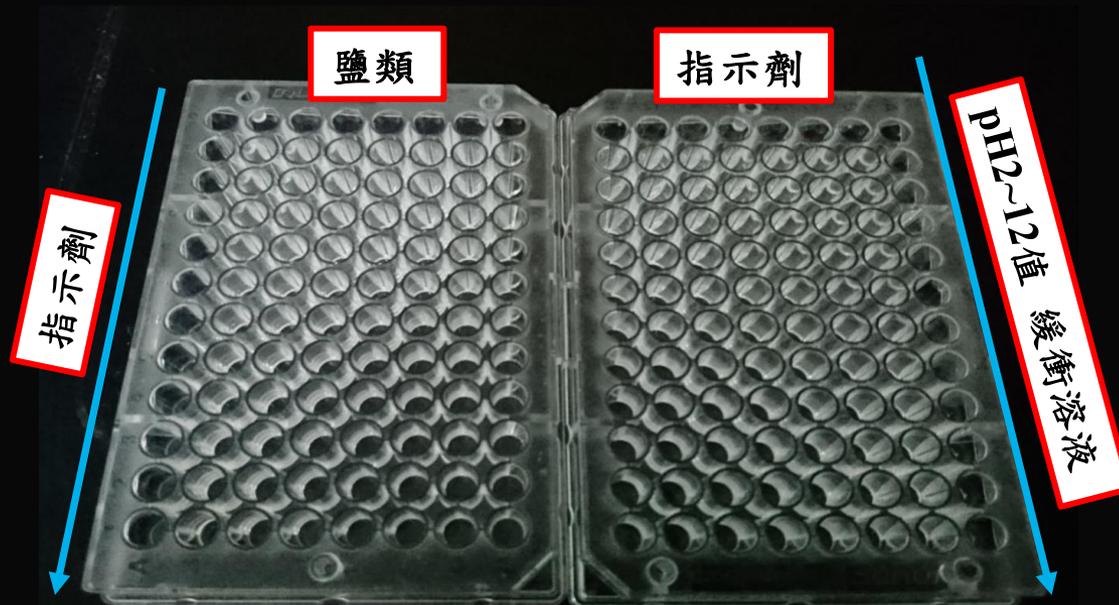
## 四、實驗步驟

1. 準備乾淨塑膠滴管，在吸球上貼上藥品標籤。
2. 依標籤所示，吸取各種試劑約 1.0 mL，將吸球部分朝下，滴管口朝上，倒置於燒杯中或試管架上存放(如圖一)。



圖一、滴管口朝上示意圖

3.於顯色盤上的每一個方格內，依縱軸標示橫向滴加 pH 2.00 ~ 12.00 緩衝溶液及指示劑各一滴。再於直欄格內依橫軸標示滴加一滴 1.0 M 的鹽類水溶液及指示劑，使二液滴混合（如圖二）。



圖二、實驗顯色盤

4. 觀察並記錄顏色變化 (如圖三)。

5. 依顏色變化判斷鹽類及待測液之 pH 值。

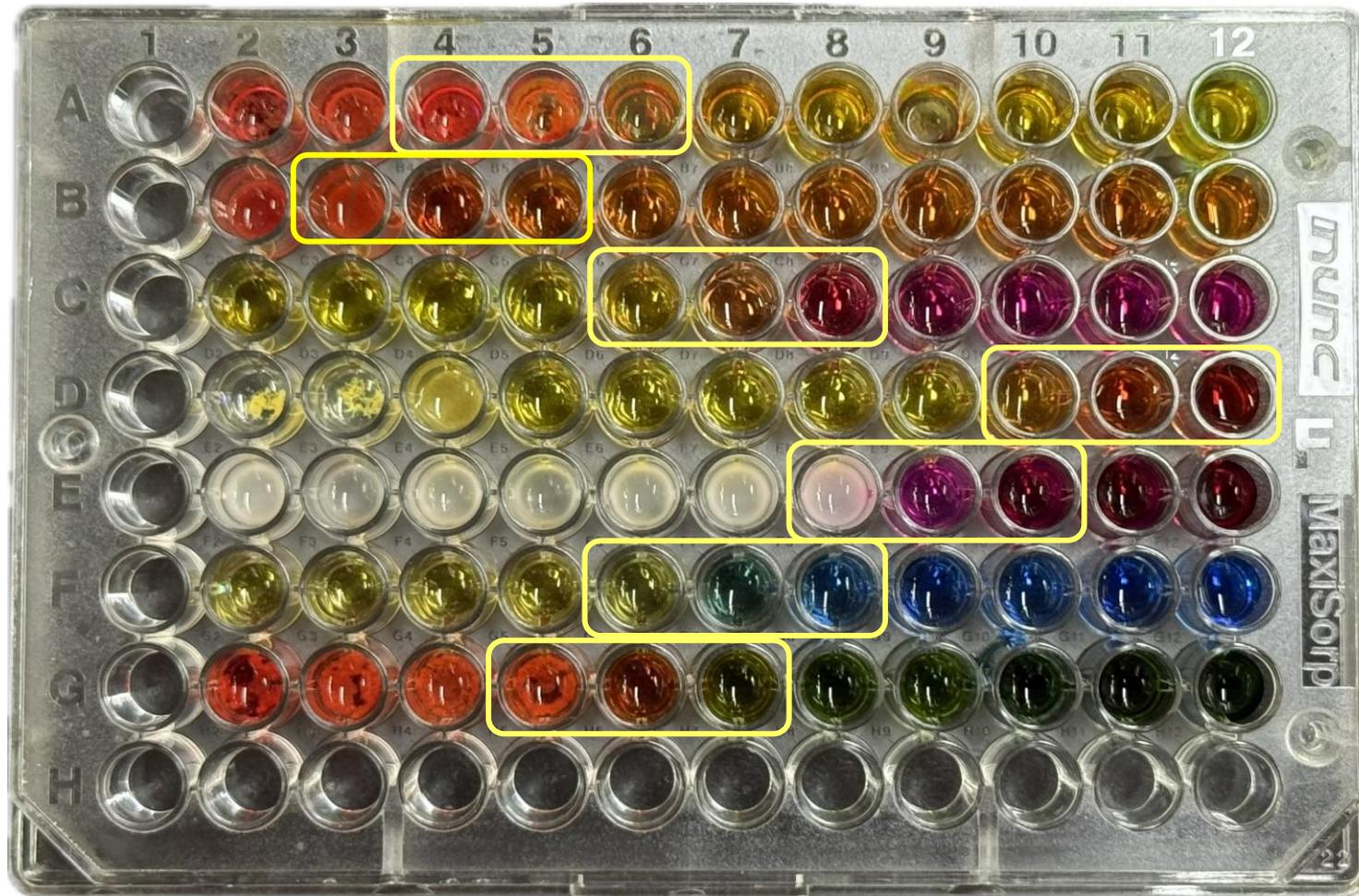


圖三、部分顯色示意圖

# 五、注意事項

1. 實驗中所使用藥品皆具有刺激性，若不慎吸入或沾到皮膚，先以大量清水沖洗，並立即通知助教。
2. 使用滴管滴入藥品時，保持滴管口垂直懸空向下，使所滴溶液恰為一滴，並滴於欄位中央。
3. 實驗中若滴管不慎汙染，即更換滴管及新試劑。
4. 廢液皆須倒入廢液桶，必不可帶出實驗室。
5. 實驗過程需穿著實驗衣，佩戴手套、護目鏡及口罩。
6. 本實驗中所有藥品皆具毒性及一定的危險性，因此在操做本實驗時請謹守實驗室安全規範及助教指示，以確保安全。
7. 所有藥品及實驗器具皆不能帶出實驗室。

# 六、實驗數據與結果



(指示劑)

甲基紅

甲基橙

酚紅

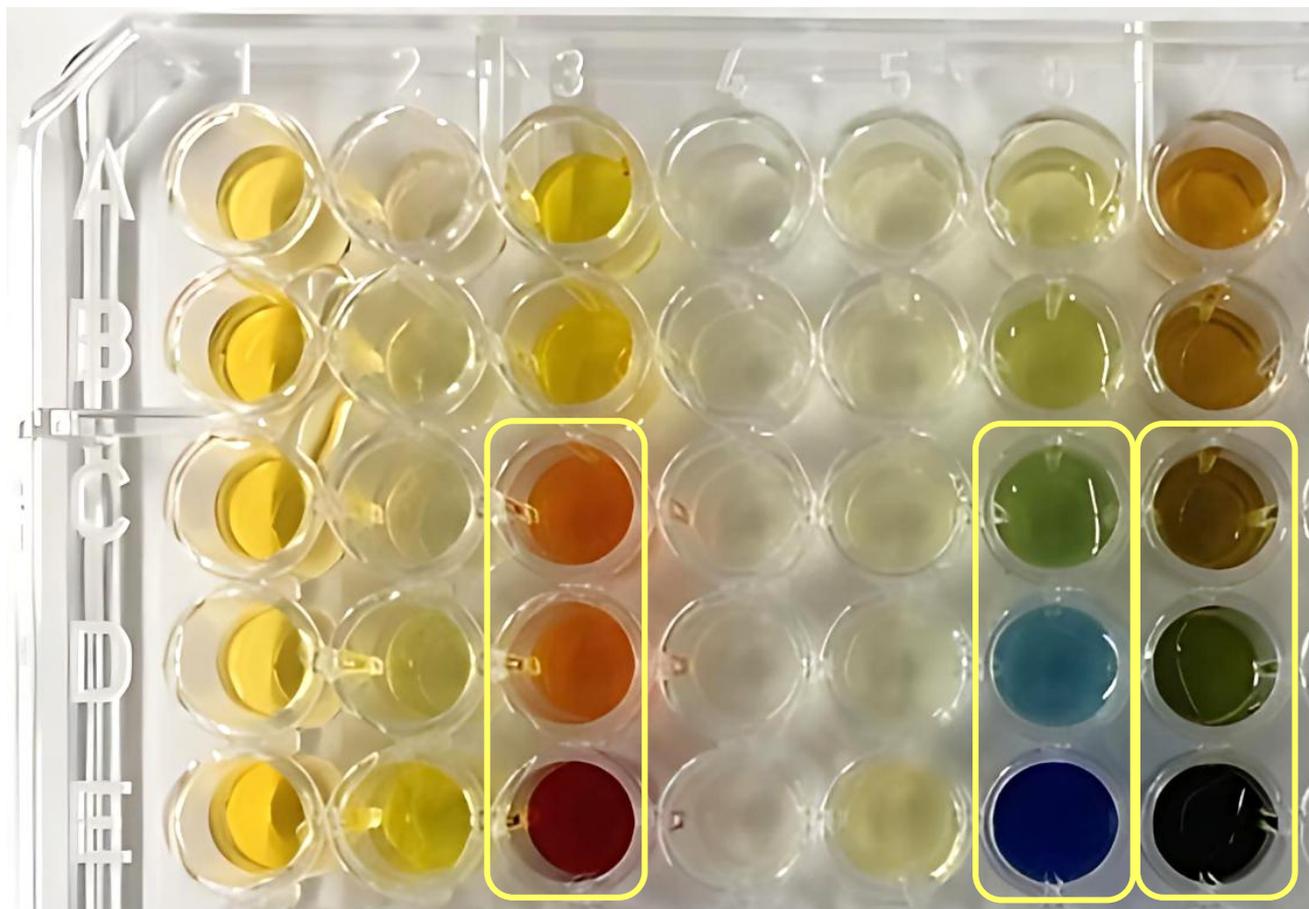
茜素黃R

酚酞

溴瑞香草酚藍

廣用試劑

緩衝溶液(pH) 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00, 8.00, 9.00, 10.00, 11.00, 12.00



(水溶液)

$\text{NH}_4\text{Cl}$  (1.0 M)

$\text{NaCl}$  (1.0 M)

$\text{NH}_4\text{OAc}$  (1.0 M)

$\text{NaOAc}$  (1.0 M)

$\text{NaHCO}_3$  (1.0 M)

(指示劑)

甲基橙

甲基紅

酚紅

酚酞

茜素黃R

溴瑞香  
草酚藍

廣用試劑

# 六、實驗數據與結果

| 水溶液                              | 鹽類溶液 pH 值 |
|----------------------------------|-----------|
| <b>NH<sub>4</sub>Cl (1.0 M)</b>  |           |
| <b>NaCl (1.0 M)</b>              |           |
| <b>NH<sub>4</sub>OAc (1.0 M)</b> |           |
| <b>NaOAc (1.0 M)</b>             |           |
| <b>NaHCO<sub>3</sub> (1.0 M)</b> |           |

# 七、問題與討論

1. 若以 0.10 M 氫氧化鈉溶液滴定 50.0 mL 之 0.10 M 醋酸溶液，到達當量點時溶液之 pH 值約為何？進行滴定时應用本實驗中之何種酸鹼指示劑較適合？試說明之。

2. 甲基橙：(Methyl orange) 指示劑的 $K_a$  為  $1.0 \times 10^{-4}$ ，  
酸性形式：HIn呈紅色，鹼性形式：In<sup>-</sup>呈黃色，在pH  
6.0 時，此指示劑的顏色為何？

3. 在  $25^{\circ}\text{C}$  時， $\text{CH}_3\text{COOH}$  的  $K_a$  為  $1.8 \times 10^{-5}$ ，則其共軛鹼  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  的水解常數為何？

4. 某學生使用 甲基橙 (Methyl Orange) 測量一未知酸溶液的 pH 值。已知甲基橙的變色範圍是 pH 3.1 ~ 4.4，結果觀察到溶液顏色是橙色 (介於紅色與黃色之間) 這個溶液的 pH 大約落在哪個範圍？該溶液是酸性、鹼性，還是中性？(請寫出判斷的依據)

# 國立中正大學化學暨生物化學系

教材製作：王俊霖 助教  
吳仲倫 助教

教材編修：周詩韻 助教

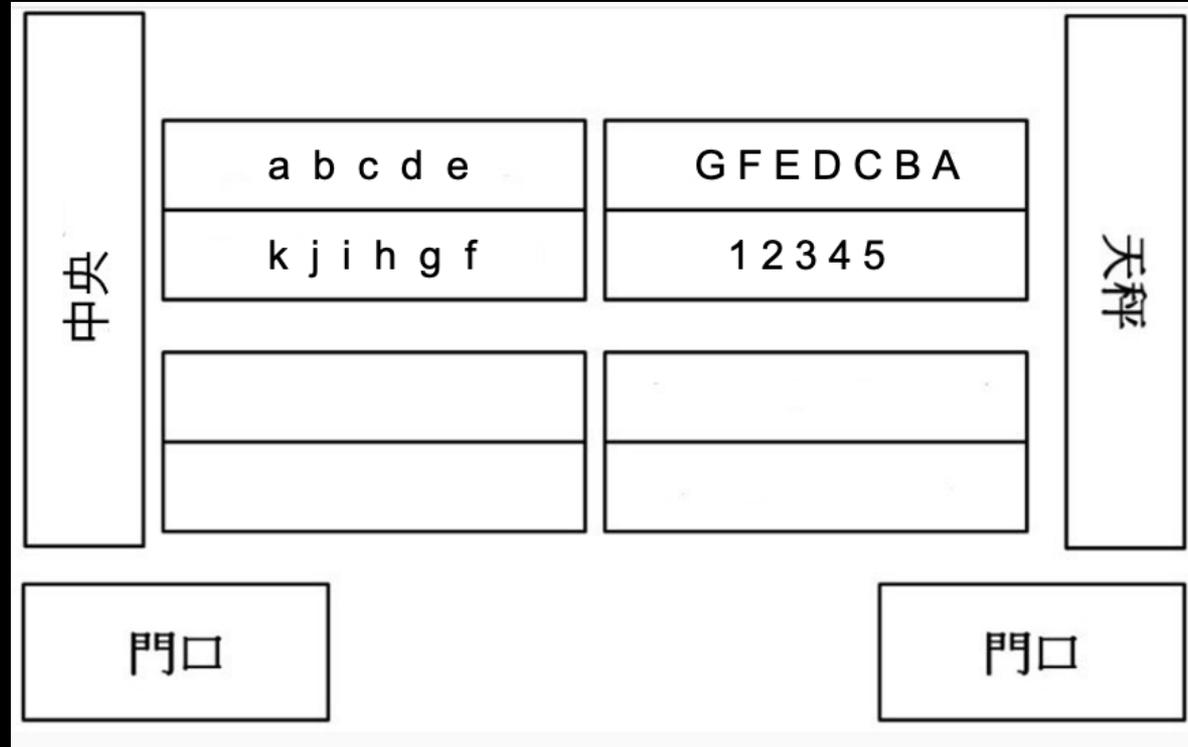
指導老師：于淑君 教授

製作日期：114.08.13

# 動線圖

- A : 甲基橙
- B : 甲基紅
- C : 酚紅
- D : 酚酞
- E : 茜素黃R
- F : 溴瑞香草酚藍
- G : 廣用試劑

- 1 :  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (1M)
- 2 :  $\text{NaCl}$  (1M)
- 3 :  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (1M)
- 4 :  $\text{NaOAc}$  (1M)
- 5 :  $\text{NaHCO}_3$  (1M)



- a : pH 2
- b : pH 3
- c : pH 4
- d : pH 5
- e : pH 6
- f : pH 7
- g : pH 8
- h : pH 9
- i : pH 10
- j : pH 11
- k : pH 12