



國立中正大學

National Chung Cheng University



積極創新 修德澤人



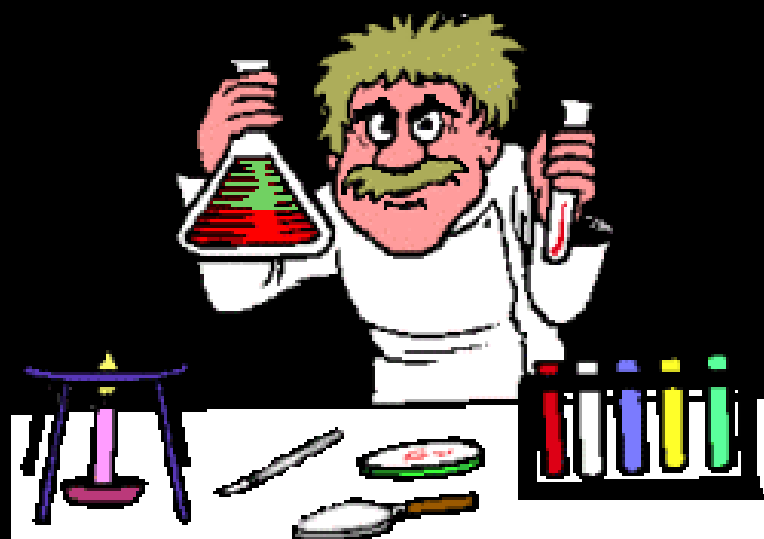
圖片來源：<http://www.hfda.org.tw/?p=3330>

補充教材五、酸鹼指示劑與 pH 值測定

115.09.13 ~ 115.09.19 (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 1.0×10^{-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：

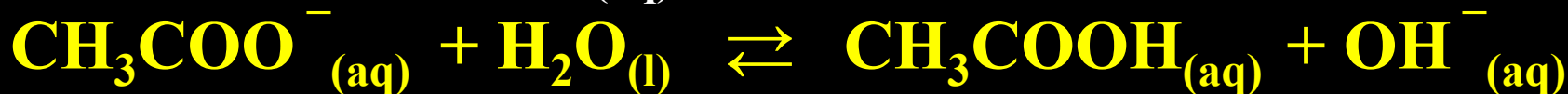
$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (\text{eq. s5-3})$$

- 以 25 °C 的純水為例， $[\text{H}^+]$ 與 $[\text{OH}^-]$ 均為 1.0×10^{-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** (CH_3COOH) 的陰離子 (CH_3COO^-) 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 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 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 Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 和 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 表示鹼性指示劑，則在溶液中有下列平衡反應：



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

- 如以 HIn 表示酸性指示劑，則在溶液中有下列平衡反應：



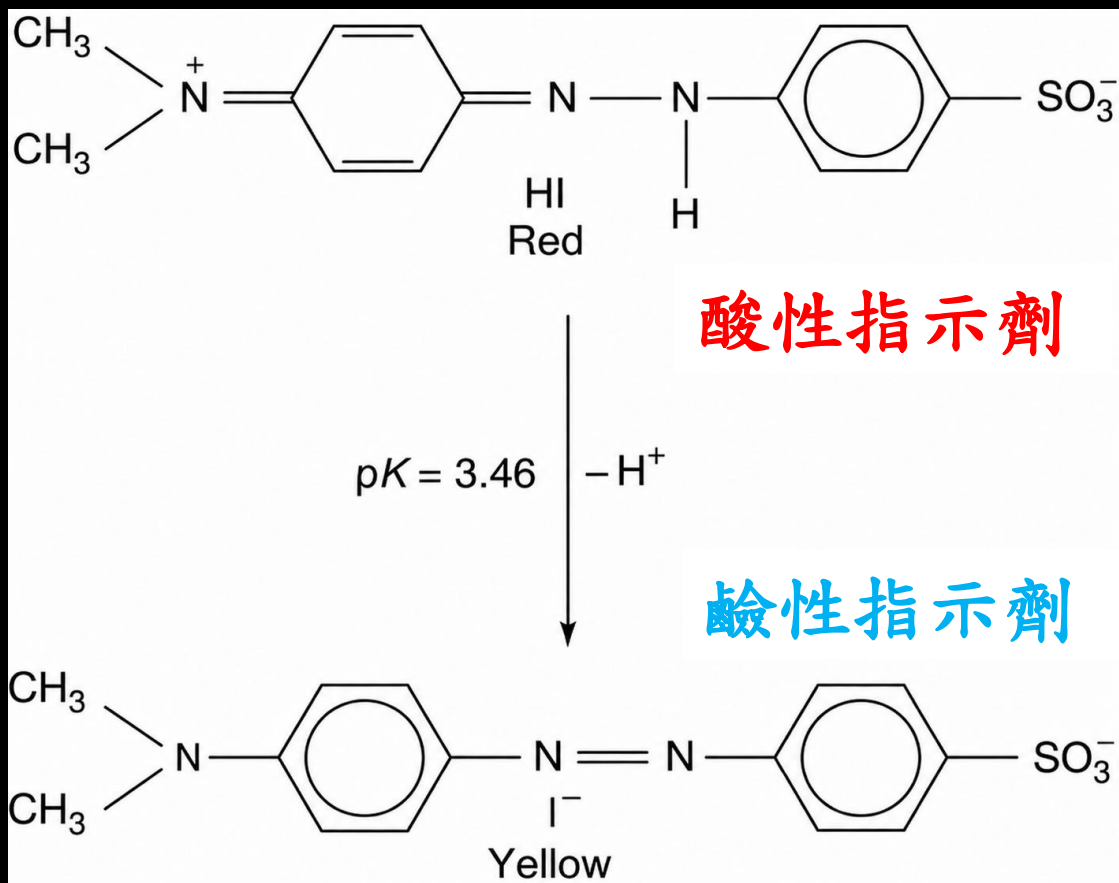
酸性指示劑

鹼性指示劑

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

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

- 例：甲基橙 (methyl orange)



- 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

塑膠滴管 (23 支)

顯色盤 (2個)

自行攜帶

拍照用手機

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

三、儀器與材料

藥品

1.0 M 氯化銨* (ammonium chloride, NH_4Cl)

1.0 M 氯化鈉 (sodium chloride, NaCl)

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

1.0 M 醋酸鈉*
(sodium acetate, CH_3COONa)

1.0 M 碳酸氫鈉
(sodium hydrogen carbonate, NaHCO_3)

pH 2 ~ 12 緩衝溶液

* : 毒性 * : 易燃

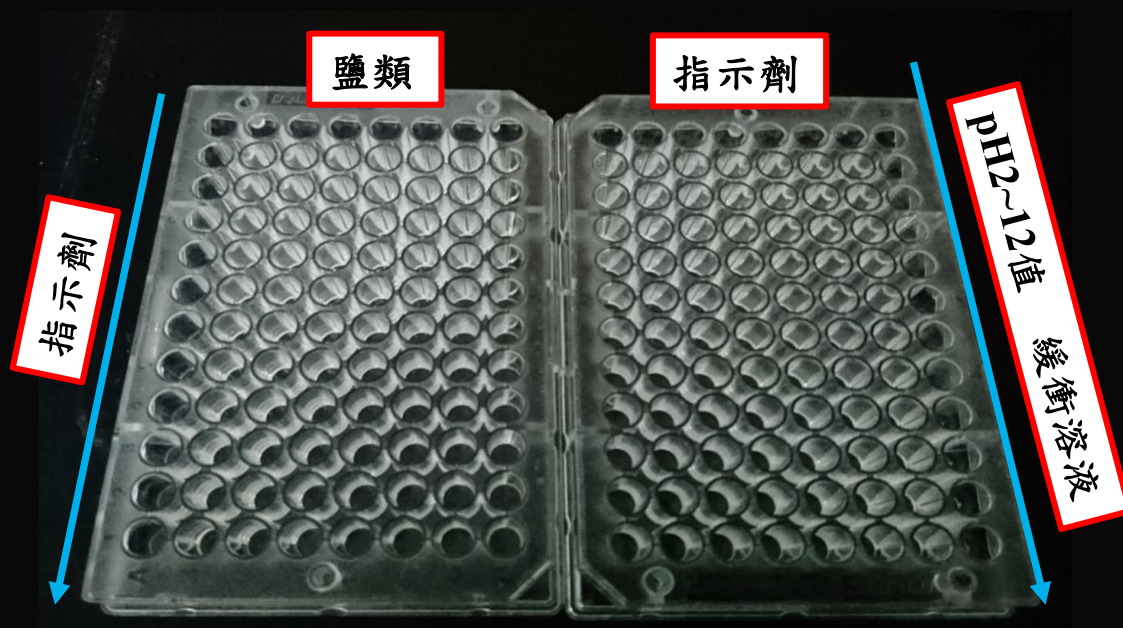
四、實驗步驟

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

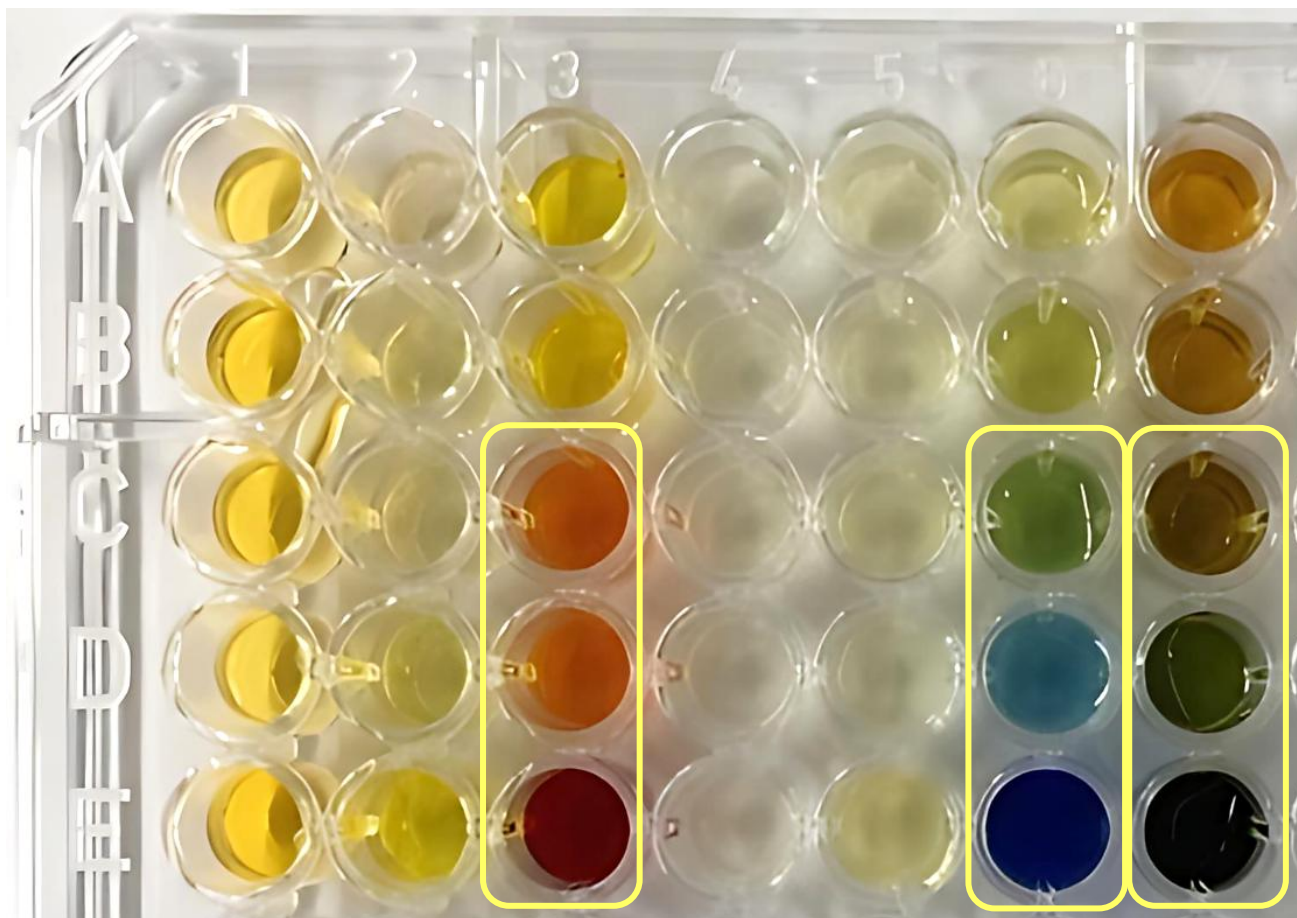
五、注意事項

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(指示劑)
A													甲基紅
B													甲基橙
C													酚紅
D													茜素黃R
E													酚酞
F													溴瑞香草酚藍
G													廣用試劑
H													

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)

NH_4Cl (1.0 M)

NaCl (1.0 M)

NH_4OAc (1.0 M)

NaOAc (1.0 M)

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
NH₄Cl (1.0 M)	
NaCl (1.0 M)	
NH₄OAc (1.0 M)	
NaOAc (1.0 M)	
NaHCO₃ (1.0 M)	

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 1.0×10^{-4} ，
酸性形式：HIn呈紅色，鹼性形式：In⁻呈黃色，在pH
6.0 時，此指示劑的顏色為何？

3. 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）

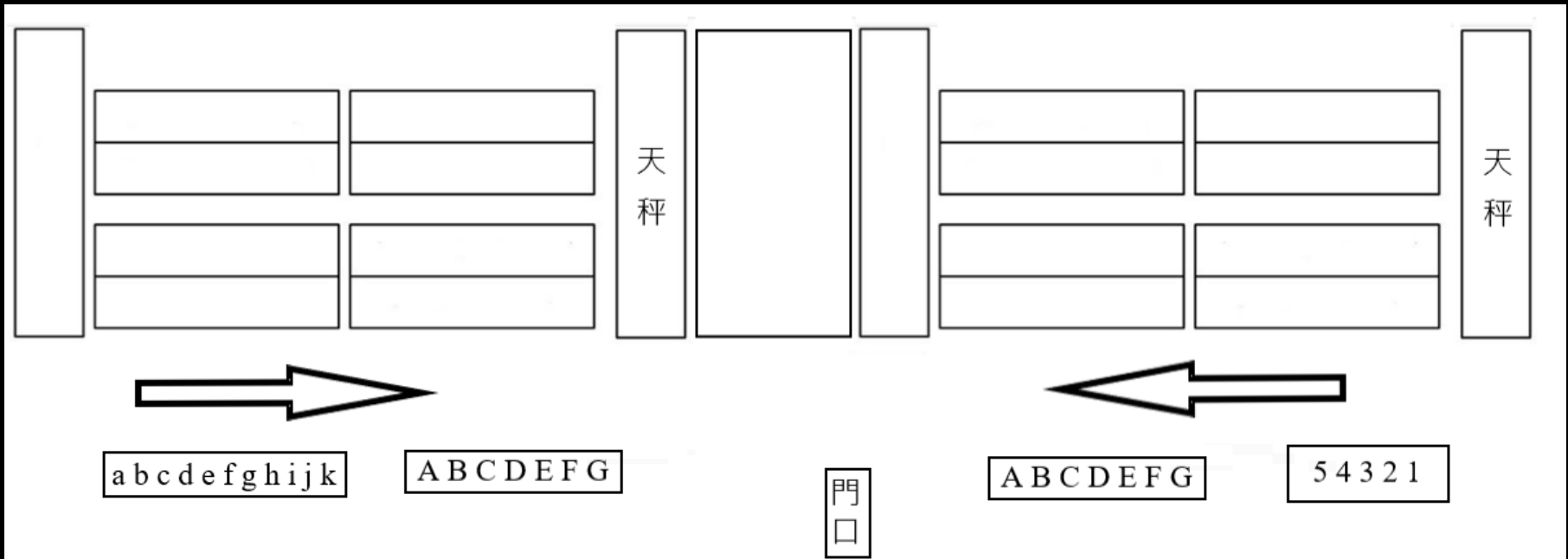
4.本實驗中，緩衝溶液、鹽類溶液及指示劑皆以一滴的方式加入顯色盤。若某一組實驗中不小心加入過量的指示劑，可能對觀察結果造成什麼影響？

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 : NH_4Cl (1M)
2 : NaCl (1M)
3 : NH_4OAc (1M)
4 : NaOAc (1M)
5 : NaHCO_3 (1M)

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



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：卓均濤 助教

指導老師：于淑君 教授

製作日期：115.08.30