

## 酸鹼指示劑顏色變化觀察及鹽類水溶液酸鹼值測定

### ◆ 實驗目的：

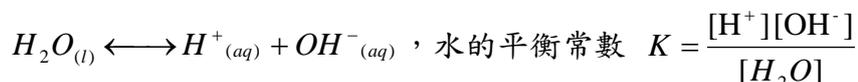
1. 觀察各種酸鹼指示劑在不同 pH 值水溶液中的顏色變化。
2. 瞭解影響鹽類水溶液 pH 值的因素。
3. 利用酸鹼指示劑呈色反應，判定鹽類水溶液的 pH 值。

### ◆ 實驗原理：

#### 1. pH 值的定義

pH 的定義為  $pH = -\log[H^+]$ ，因此 pH 值又稱為「氫離子濃度指數」，以表示溶液的酸鹼度。一般情況下(溫度 25 °C 左右)，水溶液中的氫離子濃度可用 pH 值表示：溶液的 pH 值為 7 時為中性、大於 7 時為鹼性、小於 7 時則為酸性。

水有輕微程度的解離，稱為「自解離反應(autoionization)」。水的解離反應如下：



在水溶液中做為溶劑的水濃度很大(約 55 M)，因此在稀薄溶液中可將水的濃度視為定值，可用  $K_w$ (水的離子積常數)表示水的平衡常數， $K_w=[H^+][OH^-]$ 。在 25 °C 時水的  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ ，表示  $[H^+]$  和  $[OH^-]$  均為  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}$ ，pH 值為 7.0。

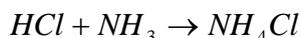
#### 2. 鹽類溶液的水解反應

鹽類多數為強電解質，溶解於水中時會完全解離產生陽離子與陰離子。這些離子與水反應(水解)時可能產生  $[H^+]$  或  $[OH^-]$  使水溶液呈現酸性或鹼性。例如陰離子( $A^-$ ) 水解會產生  $OH^-$  使溶液呈鹼性： $A^- + H_2O_{(l)} \leftrightarrow HA_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ 。鹽類水溶液的酸鹼性係由鹽類水解反應產生的  $[H^+]$  或  $[OH^-]$  決定，而非鹽類本身的酸鹼性。

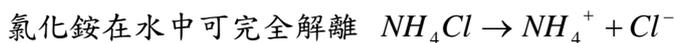
鹽類水溶液的酸鹼性取決於鹽類解離後各離子與水的反應。

- a) 強酸與強鹼反應產生的鹽，如氯化鈉，其溶液呈中性；
- b) 強酸與弱鹼反應產生的鹽，如氯化銨，其溶液呈酸性；
- c) 弱酸與強鹼反應產生的鹽，如醋酸钠，溶於水後呈鹼性；
- d) 弱酸與弱鹼反應產生的鹽，其水溶液的酸鹼值則須視組成而定，如醋酸銨溶於水後呈中性。

例：強酸(鹽酸)與弱鹼(氨)中和反應產生的鹽類(氯化銨)



溶於水反應如下：



因為  $K_2$  極小，所以計算 pH 值時僅單純考慮  $K_1$  的影響。

0.1M  $NH_4Cl$  水溶液的 pH 值計算：

	$NH_4^+$	$\rightleftharpoons$	$NH_3$	+	$H^+$
反應前濃度	0.1M		0		$10^{-7}$
反應變化量	-x		+x		+x
平衡濃度	0.1-x		x		$10^{-7}+x$

$$\text{平衡常數 } K_1 = 5.7 \times 10^{-10} = \frac{x \times (10^{-7} + x)}{0.1 - x}, x = 7.9 \times 10^{-6}$$

$$[H^+] = 10^{-7} + 7.9 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-6}, pH = -\log(8 \times 10^{-6}) = 6 - \log 8 = 5.1$$

### 3. 酸鹼指示劑

酸鹼指示劑通常為弱有機酸或有機鹼，在溶液中可與氫離子達到平衡。酸鹼指示劑的顏色會隨著 pH 值而變化，不同的指示劑各有不同的變色範圍。

若  $pH \leq pK_a - 1$ ，可見到指示劑帶酸性顏色；

若  $pH \geq pK_a + 1$ ，則指示劑呈現鹼性顏色。

選擇酸鹼滴定實驗的指示劑時，若溶液當量點 pH 值介於指示劑  $pK_a \pm 1$  的變色範圍內，即可使此指示劑為滴定實驗中的藥品。

酸性顏色	→	變色範圍	←	鹼性顏色
		$pK_a - 1$	$pK_a + 1$	
pH 值增加 →				

### ◆ 實驗器材：

投影片 1 張、塑膠滴管 25 支、酸鹼指示劑、鹽類水溶液、pH2~13 緩衝溶液、待測溶液 2 種。

酸鹼指示劑	鹽類水溶液
0.1% 甲基橙 (methyl orange)	1M 氯化銨 ( $NH_4Cl$ )
0.1% 甲基紅 (methyl red)	1M 氯化鈉 ( $NaCl$ )
0.1% 酚紅 (phenol red)	1M 醋酸銨 ( $CH_3COONH_4$ )
0.1% 酚酞 (phenolphthalein)	1M 醋酸鈉 ( $CH_3COONa$ )
0.1% 茜素黃 R (alizarin yellow R)	1M 碳酸氫鈉 ( $NaHCO_3$ )
0.1% 溴瑞香草酚藍 (bromothymol blue)	

## ◆ 實驗步驟：

1. 準備乾淨塑膠滴管，在吸球上貼上各溶液標籤(助教會放在每張實驗桌上方)。
2. 在投影片下方墊一張白紙，之後依據印好的標示在投影片上橫向滴加 pH2~pH13 緩衝溶液以及 1M 的鹽類水溶液各一滴。
3. 依據標示以直排滴加酸鹼指示劑一滴，使前步驟的水溶液與指示劑的混合。
4. 觀察並記錄顏色變化。
5. 在待測欄中滴加待測溶液，之後依顏色判斷待測液的 pH 值。
6. 用水將投影片中洗乾淨並用紙巾擦乾。

## ◆ 問題討論：

1. 以 0.1M  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$  滴定 50 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$  達當量點時，水溶液之 pH 為偏酸性或鹼性？滴定的過程中選擇本實驗中的哪種指示劑較為適合？
2. 已知醋酸的游離常數為  $1.8 \times 10^{-5}$ ，試問醋酸根離子的  $K_b$  值為何？
3. 若將 0.10 莫耳的  $\text{CH}_3\text{COONa}$  溶於一升純水中，溶液體積並無明顯變化，試問此溶液的 pH 值將如何變化？

## ◆ 參考資料：

1. *Chemical Principles*. 6th ed., Steven S. Zumdahl, 2007, Houghton Mifflin
2. 大學普通化學實驗，國立台灣大學化學系主編，2005
3. 普通化學實驗講義，國立清華大學化學系主編，2005