

# 緩衝溶液

- 國立臺灣大學化學系，普通化學實驗，國立臺灣大學出版中心：台北，民國 105 年。
- 版權所有，若需轉載請先徵得同意；疏漏之處，敬請指正。
- 臺大化學系普化教學組蘇喬勇助教（2007.04）、林哲仁助教（2011.07）、張馨云助教（2016.11）。

一、目的：認識緩衝溶液，並探討影響其緩衝容量之原因。

二、實驗技能：學習酸鹼度測定計之使用及藥品配製等技能。

三、原理：

## （一）緩衝溶液

緩衝溶液是一種當稀釋或加入少量酸或鹼時，pH 值不會發生大幅度改變之溶液。緩衝溶液可以是較高濃度的強酸或強鹼，或是弱酸（鹼）以及其共軛鹼（酸）所組成之混合溶液。弱酸及其共軛鹼所組成的溶液是一般較為常用的緩衝溶液。其解離式如下：



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad (2)$$

其中， $K_a$  (acid dissociation constant) 為酸解離常數。當溶液中加入少量酸時，其鹼性物質 ( $\text{A}^-$ ) 會與外加酸反應：



當溶液中加入鹼時，其酸性物質 ( $\text{HA}$ ) 會與外加鹼反應：



溶液之 pH 值可以由下列之韓德生方程式 (Henderson-Hasselbalch equation) 來決定，只要知道  $K_a$  值及共軛酸鹼對濃度比值  $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ ，即可知道溶液當下之 pH 值。

$$[\text{H}^+] = \frac{K_a[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \quad (5)$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log K_a - \log\left(\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}\right) \quad (6)$$

$$pH = pK_a + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right) \quad (7)$$

由式 7 可以得知，當緩衝溶液加入少量酸或鹼時， $\log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right)$  之變化幅度不大，故可以維持溶液的 pH 值。

緩衝溶液維持（或稱緩衝）溶液之 pH 值微幅變化的能力，稱為緩衝容量（buffer capacity）。實驗中定義為：使一公升緩衝溶液 pH 值變化一單位，所需加入強酸或強鹼之當量數。緩衝溶液濃度愈高，緩衝容量愈大；或者共軛酸鹼對的濃度比值（ $[A^-]/[HA]$ ）愈接近 1，緩衝容量愈大，二者之比值不要超過 10。因此一個好的緩衝溶液最好它的 pH 值是在此弱酸的  $pK_a \pm 1$  之範圍。本實驗學習以醋酸（ $CH_3COOH$ ，簡記為 HOAc）及醋酸钠（ $CH_3COONa$ ，簡記為 NaOAc）配製緩衝溶液；並加入定量之強酸或強鹼於溶液中，利用酸鹼度測定計量度 pH 值之變化，以比較其緩衝容量。

## （二）酸鹼度測定計

本實驗使用酸鹼度測定計（pH-meter）來測定溶液 pH 值，儀器由三部分組成，其一是參考電極（reference electrode，通常為銀/氯化銀電極），電位為定值；其二是指示電極（indicator electrode，通常為玻璃電極），電位隨溶液之  $H^+$  濃度而定；其三是電位測量計，用來測量兩電極間的電位差。當偵測到兩極電位差之後，儀器會將電位差轉換為 pH 讀值。

四、儀器與材料：容量瓶（250 mL）、刻度吸量管（10 mL，2 支）、安全吸球（2 個）、刻度吸量管（2 mL，共用）、燒杯（50 mL，4 個；250 mL，1 個）、量筒（10、50 mL）、滴管（2 支）、酸鹼度測定計、電磁攪拌器及磁攪拌子、洗瓶。




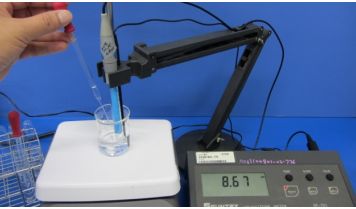

五、藥品：標準 pH 7.00 緩衝溶液、標準 pH 4.00 緩衝溶液、三水合醋酸钠（sodium acetate,  $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ ）、濃醋酸（acetic acid, 17 M  $CH_3COOH$ ）、1.0 M 鹽酸（hydrochloric acid, HCl）、1.0 M 氫氧化鈉（sodium hydroxide, NaOH）。

六、實驗流程：

配製 0.050 M HOAc 及 NaOAc 溶液 → 計數滴管一滴平均體積 →

校正 pH 計 → 照表取(a)~(e)溶液各 2 杯 → 滴加酸/鹼 5 滴並記錄 pH 值

## 七、實驗步驟：

步驟	示範
<p>1. 酸鹼度測定計熱機：接好主機之電源，壓按 "POWER" 鍵打開電源熱機 10 分鐘。</p> <p>註：酸鹼度測定計之使用，參考實驗技能示範影片。</p>	
<p>2. 以 17 M 濃醋酸及三水合醋酸鈉分別配製 0.050 M HOAc 及 0.050 M NaOAc 溶液各 250 mL。</p> <p>註：於預習報告寫下配製方法。容量瓶之使用，參考實驗技能與示範影片。</p>	
<p>3. 以洗淨烘乾的試管各取約 10 mL 之 1 M NaOH 及 HCl<sub>(aq)</sub> 待用。利用 10 mL 量筒測量數十滴滴管溶液之體積，以計算一滴 NaOH 及 HCl 溶液之平均體積。</p> <p>註：滴加 NaOH 及 HCl 溶液之滴管必須完好無破損，以免不同滴管滴出溶液體積差異太大。</p>	
<p>4. 依照表 1 中溶液(a)之取量，以 10 mL 刻度吸量管量取 30 mL 之 0.050 M HOAc 於 50 mL 燒杯中，再以酸鹼度測定計測其 pH 值。</p> <p>註：參照圖 1 架設測定裝置，以電磁加熱攪拌器低速攪拌溶液。注意調整電極前端白色點鹽橋確實浸於溶液中，且磁攪拌子勿撞擊玻璃電極。</p>	
<p>5. 以滴管吸取 1.0 M HCl，加一滴於步驟 4 之溶液 (a) 中，混合均勻後讀、記 pH 值。重複滴加 5 次，記錄每次滴加酸後之 pH 值。</p> <p>註：滴加溶液時應保持滴管於垂直狀態，以使每滴之體積相同。</p>	
<p>6. 重新量取溶液(a)置於 50 mL 燒杯中，重複步驟 5 之操作，但改為滴加 1.0 M NaOH，記錄每次滴加鹼後之 pH 值。</p>	

7.

重複步驟 4~6，但改用表 1 中 (b)、(c)、(d)、(e) 四種不同配方之溶液。

註：蒸餾水之 pH 值受微量酸鹼影響很大，建議最後一個測定。

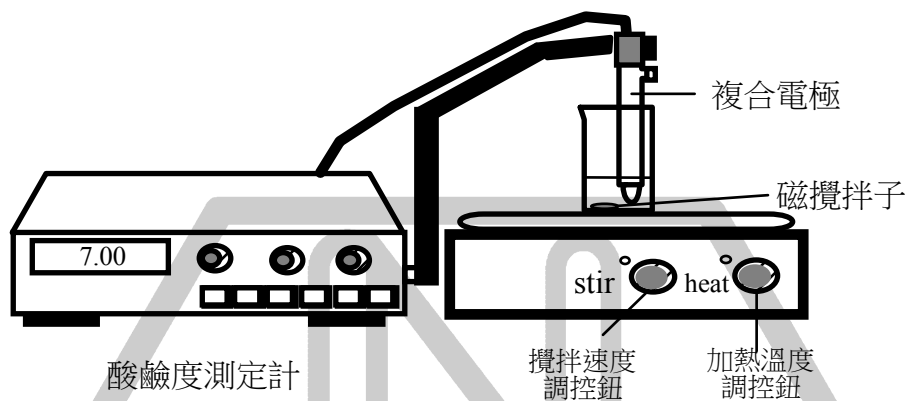
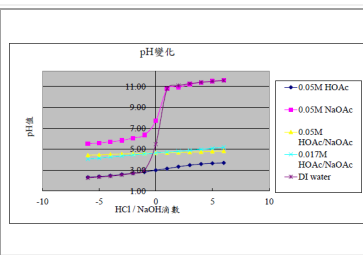


圖 1 以酸鹼度測定計量測溶液 pH 值裝置示意圖

表 1 待測溶液體積取量

溶液編號	0.050M HOAc (mL)	0.050 M NaOAc (mL)	蒸餾水 (mL)
(a)	30	0	0
(b)	0	30	0
(c)	15	15	0
(d)	5	5	20
(e)	0	0	30

#### 八、參考資料：

1. King, E. J. *Qualitative Analysis and Electrolytic Solutions*; Harcourt, Brace: New York, 1976.
2. *Advanced General Chemistry C/F 1507 Laboratory Manual*; Columbia Univ., 1991.
3. 北京大學化學系普通化學教研室，*普通化學實驗*；修訂本，藝軒圖書出版社：台北，1995。
4. Russel, A. A.; Siebert, E. D. *Experiments for General Chemistry*; 5th ed., Burgess International Group, Inc.: Minnesota, 1989; p 18.
5. Skoog, D. A.; Leary, J. J. *Principles of Instrumental Analysis*; 4th ed., Saunders College Publishing: Chicago, 1988; pp 477, 479, 495, 496.