



# 緩衝溶液

(2024/10/26修訂)

## 領取專用器材

- 1個攪拌子（助教點發）
- 4個50 mL燒杯
- 1個250 mL容量瓶
- 2支10 mL刻度吸量管
- 1個安全吸球
- 1個吸量管架
- 2支塑膠滴管

## 準備個人器材

- 2支試管（洗淨烘乾，各裝5 mL之1.0 M HCl及NaOH）
- 1個400 mL燒杯（洗淨烘乾，裝配好的HOAc/NaOAc）
- 1個10、50 mL量筒
- 1 L塑膠燒杯、洗瓶



# 實驗目的及技能

## 目的

- 認識緩衝溶液
- 配製緩衝溶液：醋酸 ( $\text{HOAc}$ ) / 醋酸鈉 ( $\text{NaOAc}$ )
- 探討影響緩衝容量之因素
  - 共軛酸鹼對之濃度
  - 共軛酸鹼對之濃度比值

## 技能

- 酸鹼度測定計 (pH meter)
- 配製藥品
- 製備緩衝溶液
- 作圖



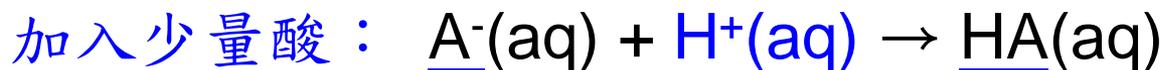
# 原理-緩衝溶液

■ 緩衝溶液：當稀釋或加入少量酸或鹼時，pH 不會大幅度變化

■ 緩衝溶液組成

- 較高濃度之強酸或強鹼
- 或弱酸與其共軛鹼之混合溶液 ( $\text{HA}/\text{A}^-$ )
- 或弱鹼與其共軛酸之混合溶液 ( $\text{B}/\text{HB}^+$ )

■ 緩衝溶液之緩衝作用



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

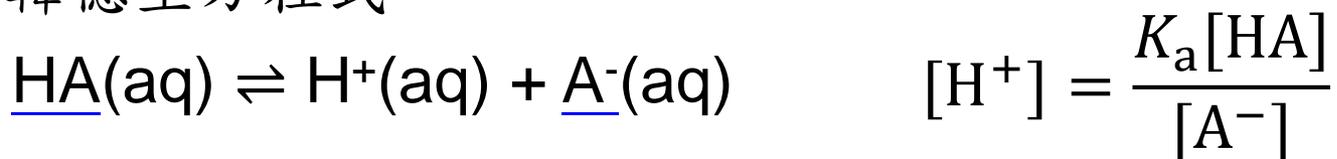


# 原理-緩衝溶液 pH 值

- 緩衝容量

使一公升溶液pH值變化一單位所需加入的酸或鹼之當量數

- 韓德生方程式



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

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad (\text{緩衝溶液pH值})$$

- 緩衝能力佳

- $[\text{HA}]$ ,  $[\text{A}^-]$  濃度高

- $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1$   $\text{pH} = \text{p}K_a \pm 1$   $\left\{ \begin{array}{l} [\text{A}^-] = 10 \times [\text{HA}], \text{pH} = \text{p}K_a + 1 \\ [\text{A}^-] = [\text{HA}]/10, \text{pH} = \text{p}K_a - 1 \end{array} \right.$

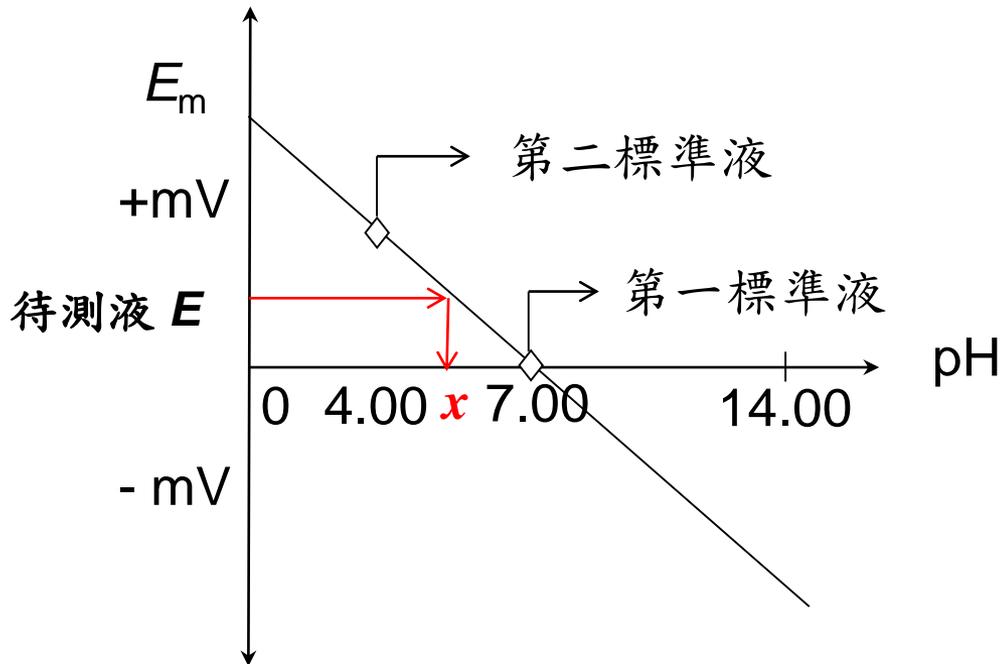


# 原理-酸鹼度測定計

$$E_m = K - 2.3RT(\text{pH})/nF$$

$$E_m = mT(\text{pH}) + K$$

電極                  測溫棒



$E_m$  : 量測電位

$K$  : 常數，數值隨電極而定

$R$  : 氣體常數

$T$  : 溶液之絕對溫度

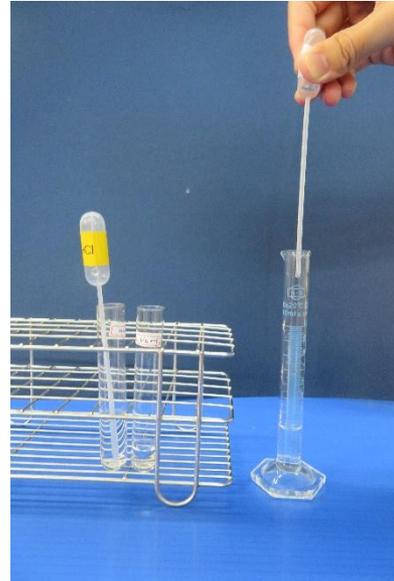
$\text{pH}$  : 溶液 $\text{pH}$ 值

$n$  : 電極反應中之電子轉移數

$F$  : 法拉第常數



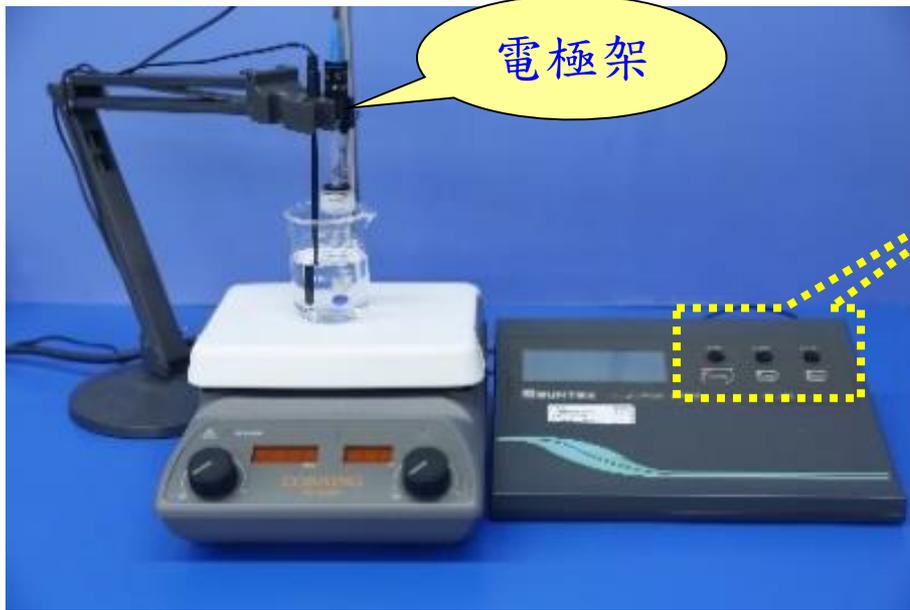
# 實驗流程



1. 校正酸鹼度計
2. 配製醋酸和醋酸鈉溶液
3. 量測1滴溶液體積
4. 配製溶液及測量 pH 變化



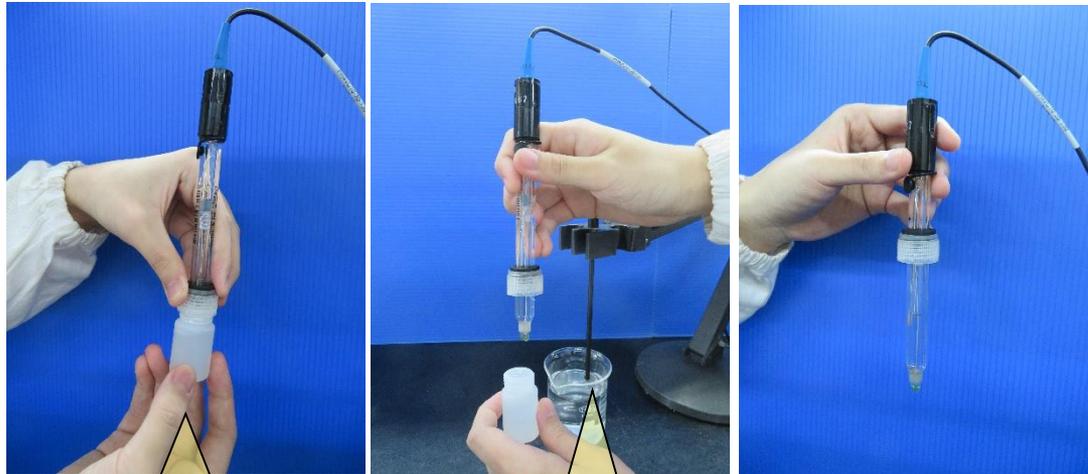
# 步驟1-1 酸鹼度計與電極



電極架



正面控制板



電極套

測溫棒

- 以旋轉方式取下電極套
- 以洗瓶裝去離子水沖洗電極
- 電極浸於乾淨去離子水中備用

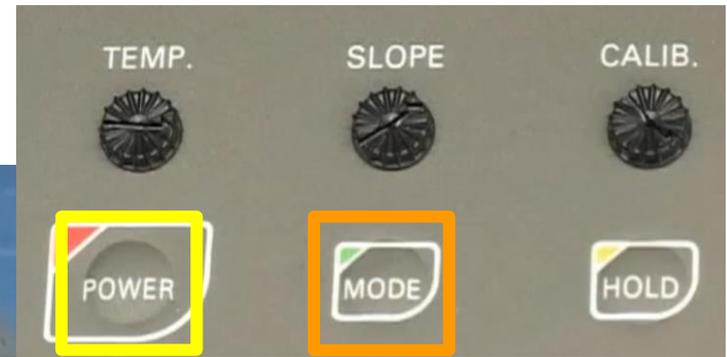
✓ 複合玻璃電極

TWD 3,000 !

✓ 電極損毀須賠償



# 步驟1-2 酸鹼度計組裝



- 按壓**POWER**鍵，開機暖機10分鐘以上
- 按壓**MODE**鍵至 Temp 功能，確認溫度正常

✓ 若溫度顯示異常，通常是背面測溫棒未插接妥當，拔下重新插接



# 步驟1-3 酸鹼度計校正



CALIB. 鈕

先校正pH 7.00



SLOPE 鈕

後校正pH 4.00

- 電極與測溫棒以面紙沾拭乾，置於pH 7.00 標準溶液
- 按壓MODE鍵切至“pH”功能，旋轉CALIB.鈕至螢幕顯示7.00
- 按壓HOLD鍵鎖住螢幕，取出電極和測溫棒以去離子水沖洗，面紙沾拭乾
- 電極與測溫棒置於pH 4.00標準溶液，按壓HOLD鍵解除鎖定
- 旋轉 SLOPE 鈕至螢幕顯示4.00
- 取出電極，沖洗乾淨後，置於乾淨去離子水中備用



## 步驟2 配製 $0.050\text{ M HOAc/NaOAc}$

單號組  
 $0.050\text{ M}$  醋酸

量取  $0.74\text{ mL}$   
濃醋酸 ( $17\text{ M HOAc}$ )  
稀釋至  $250\text{ mL}$



雙號組  
 $0.050\text{ M}$  醋酸鈉

秤取  $1.70\text{ g}$   
 $\text{NaOAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$   
稀釋至  $250\text{ mL}$

**250 mL 容量瓶**

- ✓ 將配製溶液轉置於  $400\text{ mL}$  燒杯，供二組共同取用
- ✓  $\text{HOAc}$  及  $\text{NaOAc}$  溶液均無色，應貼標籤以免混用
- ✓ 容量瓶使用後立即沖洗乾淨，蓋上瓶蓋



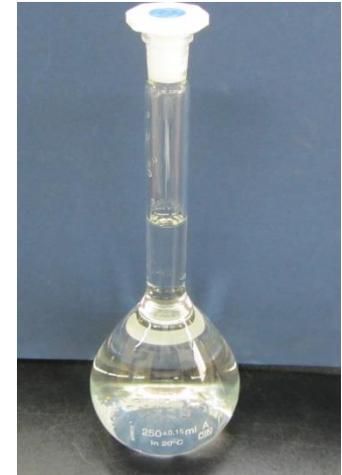
# 配製 0.050 M 醋酸



- 以 2 mL 刻度吸量管取 0.74 mL 之 17 M HOAc
- 加入裝有約 50 mL 去離子水之 100 mL 燒杯中，進行初步稀釋
- 溶液經漏斗轉入容量瓶，加水潤洗燒杯數次，溶液併入容量瓶中
- 水平旋轉容量瓶，進行混合
- 加水近標線處，改以滴管逐滴加到標線
- 蓋好並壓按住瓶塞，上下倒置數次以混合均勻
- 溶液倒入於 400 mL 燒杯中取用，容量瓶盡速沖洗乾淨，蓋上瓶蓋



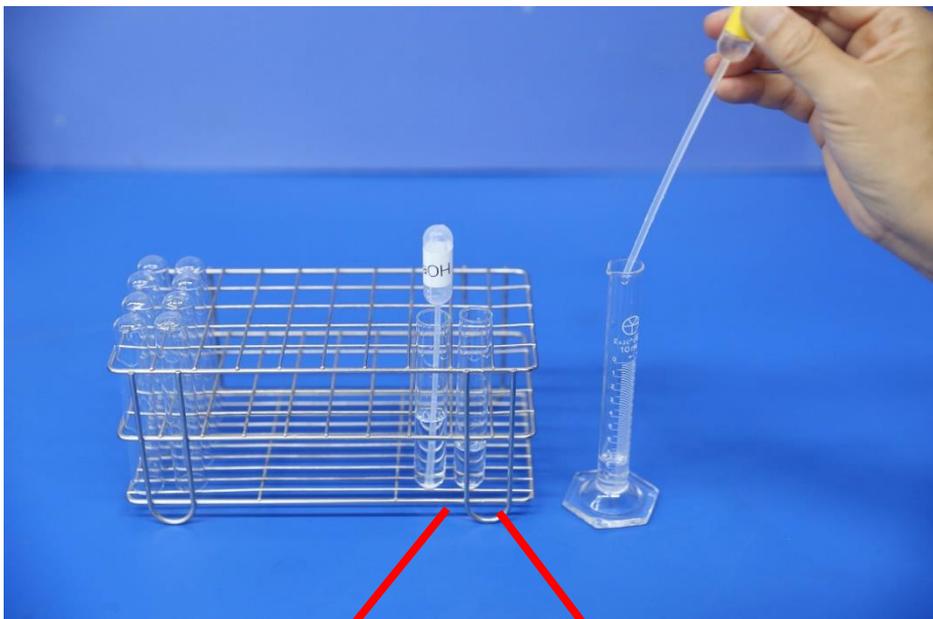
# 配製 0.050 M 醋酸鈉



- 精稱固體溶質  $1.70 \text{ g NaOAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- 加入裝有約50 mL去離子水之100 mL燒杯中，進行初步攪拌溶解
- 溶液經漏斗轉入容量瓶，加水潤洗燒杯數次，溶液併入容量瓶中
- 水平旋轉容量瓶，進行初步混合
- 加水近標線處，改以滴管逐滴加到標線
- 蓋好並壓按住瓶塞，上下倒置數次以混合均勻
- 溶液倒入於400 mL燒杯中取用，容量瓶盡速沖洗乾淨，蓋上瓶蓋

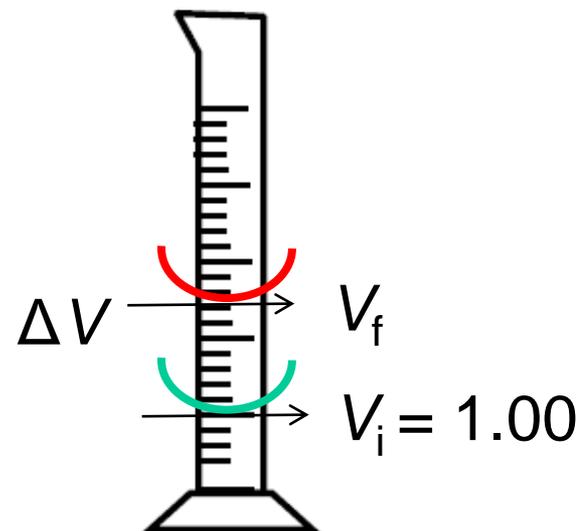


# 步驟3 計算一滴溶液之體積



1.0 M NaOH

1.0 M HCl



- 以洗淨烘乾放冷之試管取約5 mL之NaOH(aq)及HCl(aq)
- 10 mL量筒先加入體積約1 mL之HCl(aq)或NaOH(aq)
- 逐滴滴入約30-50滴之HCl/NaOH，量測體積及記錄滴數
- 計算每滴平均體積

✓ 保持滴管垂直滴入液滴，使每滴體積盡量相等



## 步驟4 配製試樣溶液



試樣置於50 mL燒杯

溶液 編號	0.050 M HOAc (mL)	0.050 M NaOAc (mL)	去離子水 (mL)
<b>(a)</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>0</b>
<b>(b)</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>20</b>
<b>(c)</b>	30	0	0
<b>(d)</b>	0	30	0
<b>(e)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>30</b>

- 參考(a)溶液配方，以刻度吸量管準確量取HOAc/NaOAc置於50 mL燒杯，配製2杯
- 依序配製(b)~(e)溶液各2杯

- ✓ 以50 mL量筒量取去離子水
- ✓ 去離子水pH值不穩定，最後測定

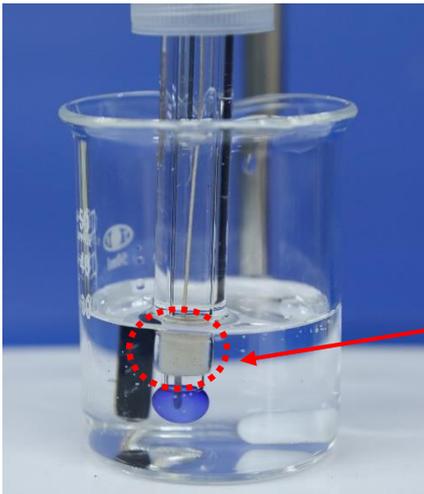


# 步驟5 量測溶液pH值變化



攪拌子  
50 mL燒杯

- 將電極與測溫棒置於(a)杯溶液，架設測定裝置
- 放入一顆攪拌子，以低速攪拌溶液
- 量測並記錄溶液起始pH值
- 以滴管加1滴  $1.0\text{ M HCl}$ ，攪拌均勻，記錄pH值
- 重複滴加HCl(aq)與讀記 pH，共加5滴
- 沖洗電極與測溫棒後，置於另一杯(a)溶液中
- 重複以上操作，但改為滴加  $1.0\text{ M NaOH}$
- 依序測量(b)(c)(d)(e)溶液，分別滴加  $1.0\text{ M HCl}$  及  $1.0\text{ M NaOH}$ ，測量pH變化



鹽橋

- ✓ 確定電極之鹽橋充分浸入於溶液中
- ✓ 攪拌子不能撞到電極
- ✓ 保持滴管垂直滴入酸或鹼液，使每一滴之體積盡量相同
- ✓ 更換待測溶液時，按壓 HOLD 鍵鎖定螢幕
- ✓ 開始測量時，按壓 HOLD 鍵解除鎖定



# 實驗注意事項

- pH玻璃電極價格昂貴，易撞破損壞，操作時應小心
- pH電極之鹽橋需浸入於溶液中，以維持穩定測定
- 去離子水之pH值變化極不穩定，應最後一個測定

## 實驗結束後處理

- ✓ 攪拌子交還助教
- ✓ 關閉 pH 計電源，不拔除插頭以保持暖機
- ✓ 電極浸於含乾淨去離子水的100 mL燒杯中
- ✓ 週五班將電極套入 3 M KCl電極套
- ✓ 廢液經中和（鹽類）後直接水槽排放
- ✓ 專用器材洗淨放在桌上塑膠盆中，供下一班使用
- ✓ 完成公用器材清洗與清點簽名，由助理助教簽核
- ✓ 值日生完成指定之公務工作，椅凳收於實驗桌下



# 實驗數據處理與報告

完整報告

- 完整報告助教簽核數據後，下次上課繳交
- 報告需含
  - ✓ 預習報告
  - ✓ 實驗觀察紀錄與數據紀錄
  - ✓ 附所印出之電腦輸入數據表
    - ✓ (a) - (e) 加入酸鹼滴數與pH值（表1、圖1）
    - ✓ (a), (b) 加入酸鹼滴數與pH值之回歸線（表2、圖2）
  - ✓ 計算(a)及(b)溶液之緩衝容量
  - ✓ 具體結論與誤差討論



# 實驗數據處理範例-表1

表 1

溶液	a	b	c	d	e
滴數	0.050 M HOAc/NaOAc	0.017 M HOAc/NaOAc	0.050 M HOAc	0.050 M NaOAc	去離子水
5	4.80	5.09	3.65	11.51	11.49
4	4.76	4.99	3.59	11.39	11.40
3	4.73	4.89	3.48	11.22	11.27
2	4.70	4.80	3.33	10.93	11.09
1	4.67	4.73	3.15	10.78	10.79
0	<b>4.65</b>	<b>4.64</b>	<b>3.00</b>	<b>7.71</b>	<b>5.49</b>
-1	4.61	4.56	2.82	6.37	3.01
-2	4.58	4.46	2.71	6.07	2.71
-3	4.55	4.36	2.59	5.85	2.55
-4	4.51	4.26	2.47	5.72	2.43
-5	4.47	4.15	2.39	5.60	2.35

加鹼  
NaOH

二次溶液  
平均值

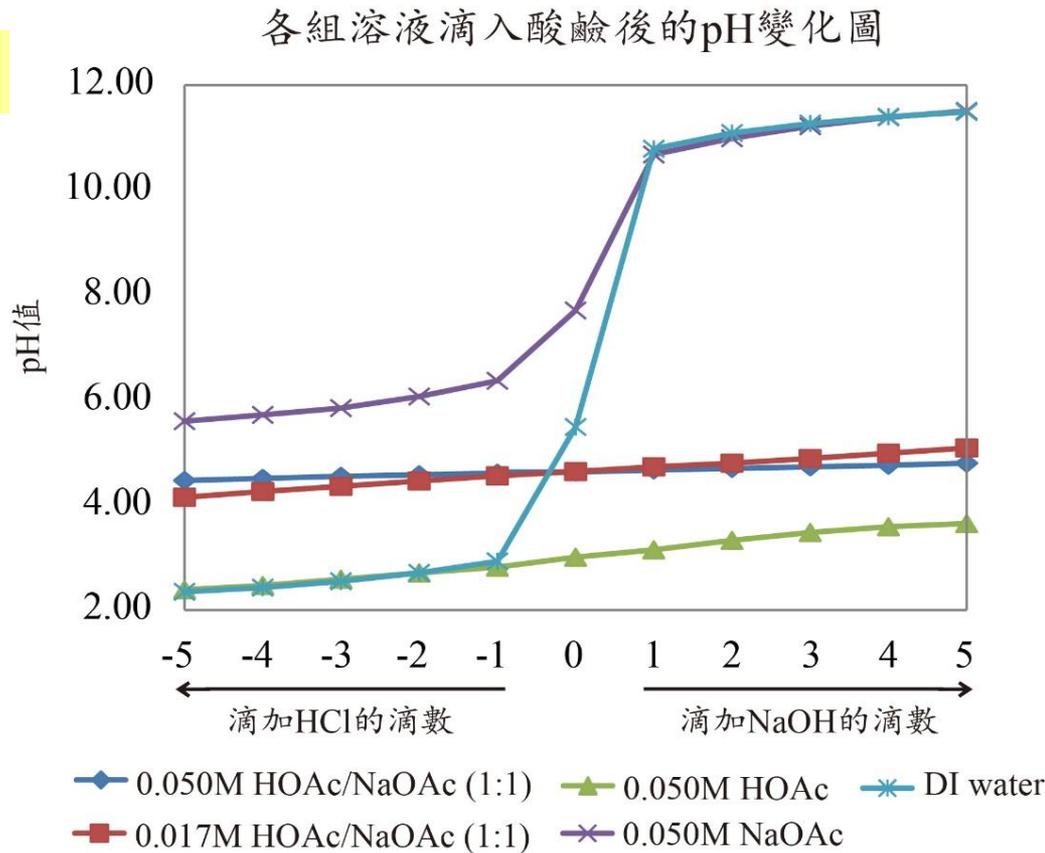
加酸  
HCl



# 數據處理範例-圖1

- pH為y軸，滴數為x軸作圖，點選EXCEL中xy散佈圖
- a, b, c, d, e 溶液曲線合併於一張圖

圖 1



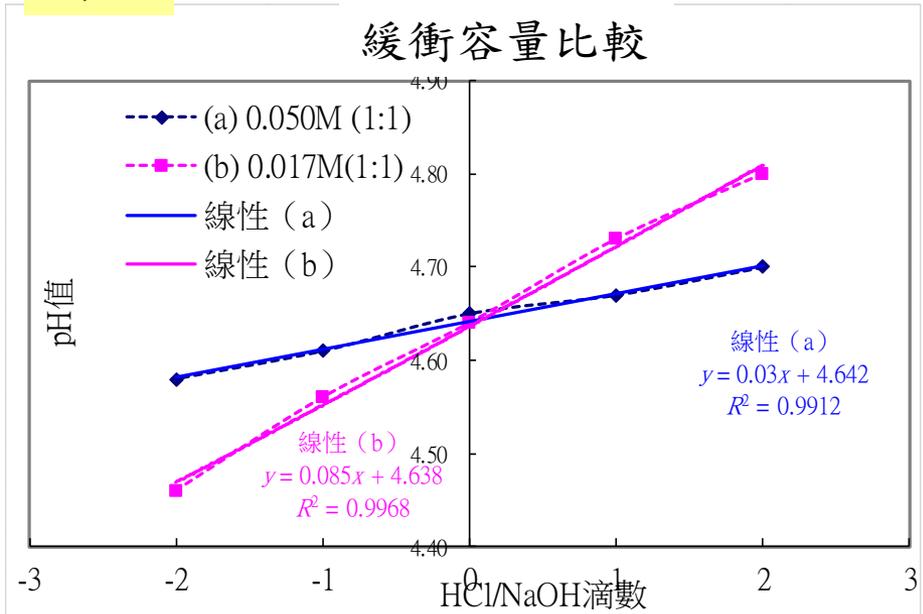


# 數據處理範例-表2與圖2

表 2

No.	a	b
滴數	0.050 M HOAc/NaOAc	0.017 M HOAc/NaOAc
-2	4.58	4.46
-1	4.61	4.56
0	<b>4.65</b>	<b>4.64</b>
1	4.67	4.73
2	4.70	4.80

圖 2



$$(V_{\text{avg. of HCl}} + V_{\text{avg. of NaOH}}) / 2$$

$$\text{緩衝容量} \left( \frac{\text{meq}}{\text{L} \cdot \text{pH}} \right) = \frac{1}{\text{slope}} \left( \frac{\text{drop}}{\text{pH}} \right) \times V_{\text{drop}} \left( \frac{\text{mL}}{\text{drop}} \right) \times C_M \left( \frac{\text{eq}}{\text{L}} \right) \times \frac{1000 \text{ (mL/L)}}{30 \text{ mL}}$$

0.050 M (1:1) 緩衝容量 = 22 meq/L·pH

0.017 M (1:1) 緩衝容量 = 7.8 meq/L·pH

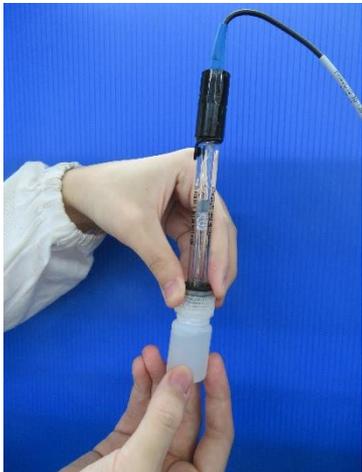
範例，非理論值



# pH計開機暖機



- 插接電極、測溫棒、電源線
- 壓按【POWER】鍵開機暖機10分鐘
- 壓按【MODE】鍵至顯示「 $^{\circ}\text{C}$ 」溫度，確定溫度顯示室溫，測溫棒插接穩固
- 壓按【HOLD】鍵，鎖定顯示幕數值
- 電極套以旋轉方式取下
- 洗瓶裝去離子水清洗電極
- 電極浸泡於乾淨去離子水中備用



電極套



pH計正面調控面板



pH計背面接插孔

電極

測溫棒

電源插接孔



# pH計校正

1. 確認溫度

2. 校正 pH 7.00 → 調動 CALIB. 鈕

3. 校正 pH 4.00 → 調動 SLOPE 鈕



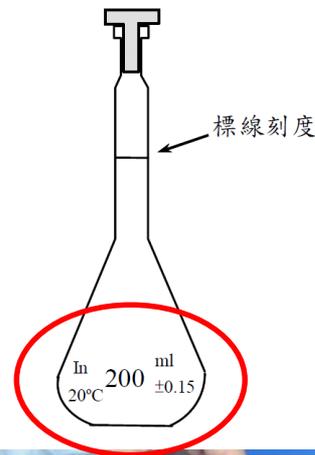
- 測溫棒及pH電極浸於標準pH 7.00 緩衝液中
- 壓按【HOLD】鍵解除鎖定
- 旋轉CALIB.鈕至顯示「7.00」
- 清洗電極與測溫棒後以面紙沾拭乾

- 測溫棒及pH電極浸於標準pH 4.00 緩衝液
- 旋轉 SLOPE 鈕至顯示「4.00」
- 清洗電極後浸泡於乾淨去離子水中備用



# 容量瓶

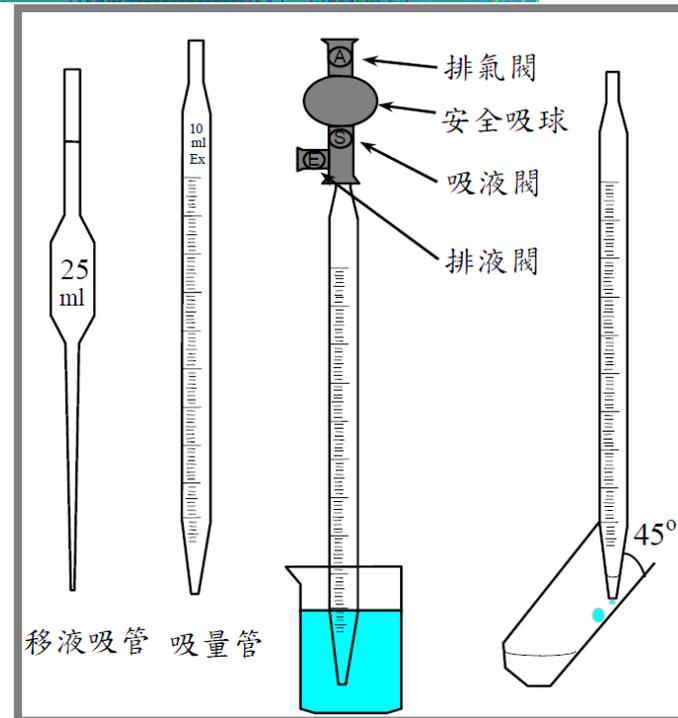
- 容量瓶及瓶蓋清洗乾淨後用去離子水淋洗數次
- 精稱固體藥品置於燒杯中，以部分水(溶劑)溶解後，再將溶液經由漏斗完全移轉入容量瓶
- 用適量水(溶劑)淋洗燒杯及漏斗3次以上
- 加水(溶劑)到容量瓶2/3容積
- 沿水平方向旋轉式搖動瓶，初步混合溶液
- 以滴管小心加水到標線位置(勿用洗瓶添加)
- 蓋好瓶塞，一手壓按住瓶塞，另一手托住瓶體，將瓶倒轉，使氣泡上升到頂，並將瓶沿水平方向旋轉使溶液混合，再倒轉回來；重覆此倒置混合數次
- 混合均勻的溶液倒入燒杯中取用
- 容量瓶不可置於烘箱中高溫烘乾，以免影響體積
- 不將容量瓶當作直接加熱反應的器具或儲存瓶使用
- 容量瓶使用後應盡速沖洗乾淨，蓋上瓶蓋





# 移液吸管與刻度吸量管

- 移液吸管玻璃管端只有一個標線，量取單一體積
- 刻度吸量管有較細微體積刻劃，用以變換所量取液體的體積
- 吸量管不可放置於烘箱高溫烘乾，以免體積改變
- 使用前先洗淨，再以少量待取試液潤洗2次
- 檢查安全吸球無漏氣後，裝接在吸量管上端
- 安全吸球不要裝入太深，以免擋住控制氣閥
- 吸量管的管口放進溶液中，不宜放的太淺，以免吸到空氣
- 吸取溶液超過吸量管標線，調整溶液到標線位置
- 轉置溶液於接收器皿時，吸量管口需貼靠器壁
- 拔除安全吸球，全部流放後停留約15秒
- 殘餘尖端溶液不強制排放
- 實驗後儘速沖洗乾淨



- 壓按A閥排氣，擠壓球體，將吸球內空氣排出
- 壓按S閥吸液，球體慢慢膨脹將液體吸入管內
- 壓按E閥排液，則可將液體排放



# 加熱攪拌器



電源指示綠燈

攪拌速度調控鈕

加熱溫度調控鈕

- 使用時電源線完全鬆開，若有破損裸露應更換
- 電源線勿觸及高溫面板以免損壞電源線
- 插接電源後，檢視電源指示綠燈亮起
- 選用適當大小攪拌子，放入容器溶液中，再將容器放在攪拌器的中心位置
- 開啟攪拌（stir）旋鈕，液面形成攪拌旋渦，攪速適中不噴濺
- 攪拌子若亂跳則關閉攪拌，調整位置後重新開啟
- 攪拌完畢，使用特夫綸包覆的磁鐵棒將攪拌子吸引出，不可用手指直接抓拿
- 使用濕布擦拭面板，保持清潔
- 大量的易揮發、可燃性物質，如乙醚、丙酮、正己烷等，不可用加熱板直接加熱
- 鋁箔、厚壁的玻璃器皿或者其他絕緣物質不可以放在加熱面板上加熱