



國立中正大學

National Chung Cheng University



積極創新 修德澤人



115-1

實驗十二、緩衝溶液

115.11.08 ~ 115.11.14 (預估操作時間：2.5 小時)

一、目的

- 認識及配製緩衝溶液
- 探討影響緩衝容量之因素
- 學習 pH 測定計之使用

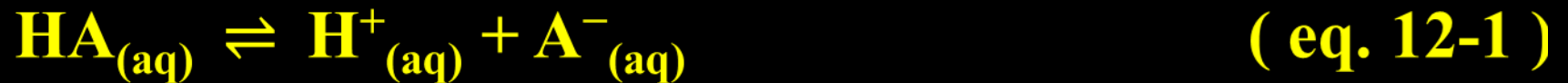


二、原理

緩衝溶液

- 定義：當稀釋或加入少量酸或鹼時，pH 值不會發生大幅度變化者。
- 組成：緩衝溶液可為弱酸（鹼）與其共軛鹼（酸）之混合溶液。
 - 弱酸加限量的強鹼
 - 弱鹼加限量的強酸

共軛酸鹼對在溶液中維持動態平衡

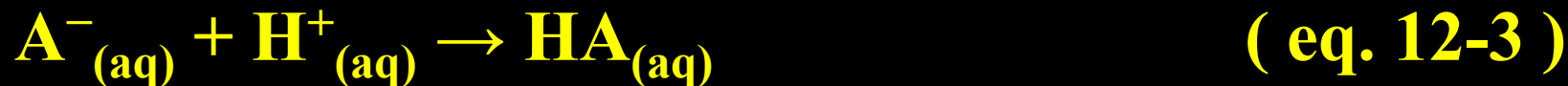


$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad (\text{eq. 12-2})$$

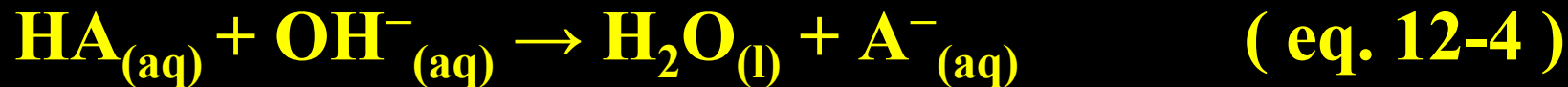
K_a ：解離常數

緩衝溶液 pH 值

加酸：



加鹼：



Henderson - Hasselbalch Equation (韓德生方程式)

- $[H^+] = \frac{K_a [HA]}{[A^-]}$ (eq. 12-5)

- $pH = -\log[H^+] = -\log K_a - \log \frac{[HA]}{[A^-]}$ (eq. 12-6)

- $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$ (eq. 12-7)

緩衝容量 (Buffer Capacity)

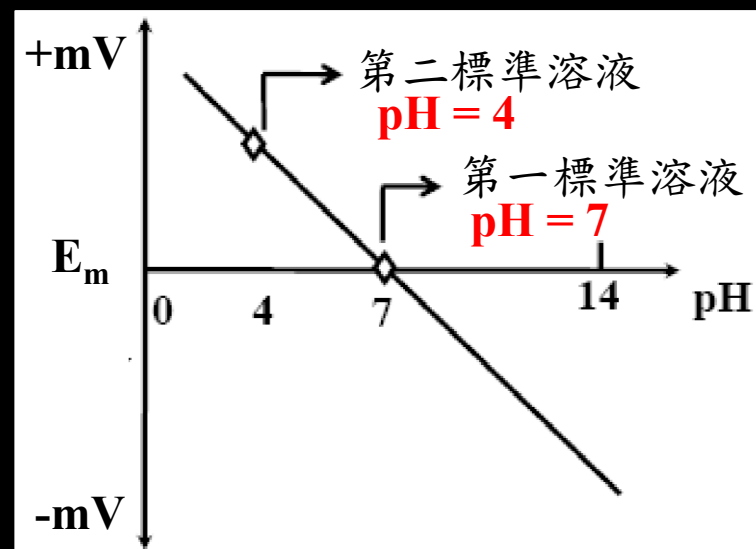
- 定義：使一公升緩衝溶液 pH 值變化一單位，所需加入強酸或強鹼之當量數。
- 緩衝溶液濃度高、 $[A^-] / [HA] = 1$ ，則緩衝容量大。
- 本實驗將學習以醋酸及醋酸鈉配製緩衝溶液，再加入強酸或強鹼，測量 pH 值，觀察其變化，以比較緩衝容量。

溶液 pH 值與量測電位之關係式

$$E_m = \frac{K - 2.3RT(\text{pH})}{nF}; R、n、F \text{ 為定值，簡化成}$$

$$E_m = mT(\text{pH}) + K; \text{若 } T \text{ 不變，} E_m \text{ 與 pH 成線性關係}$$

- E_m ：所量測到之電位
- K ：常數，數值隨電極而定
- R ：氣體常數
- T ：溶液之絕對溫度
- pH ：溶液 pH 值
- n ：電極反應中之電子轉移數
- F ：法拉第常數



圖一、量測電位與溶液 pH 值關係

三、儀器與藥品

儀器

各組器材櫃	助教提供
燒杯 500 mL 1 個	滴管
燒杯 250 mL 2 個	酸鹼度測定計 (pH 計)
燒杯 100 mL 2 個	拭淨紙 (兩組共用一盒)
玻棒 1 個	
安全吸球 1 個	
10 mL 刻度吸量管 1 個	
量筒 (10 mL) 1 個	
洗滌瓶 1 個	

藥品

0.05 M 醋酸
(CH_3COOH)***

0.05 M 醋酸鈉
(CH_3COONa)*

1.0 M 鹽酸 (HCl)***

1.0 M 氫氧化鈉 (NaOH)***

標準緩衝溶液* (第一標準緩衝溶液 $\text{pH} = 7.00$)
(第二標準緩衝溶液 $\text{pH} = 4.00$)

*:腐蝕性 *:刺激性 *:易燃性 *:毒性

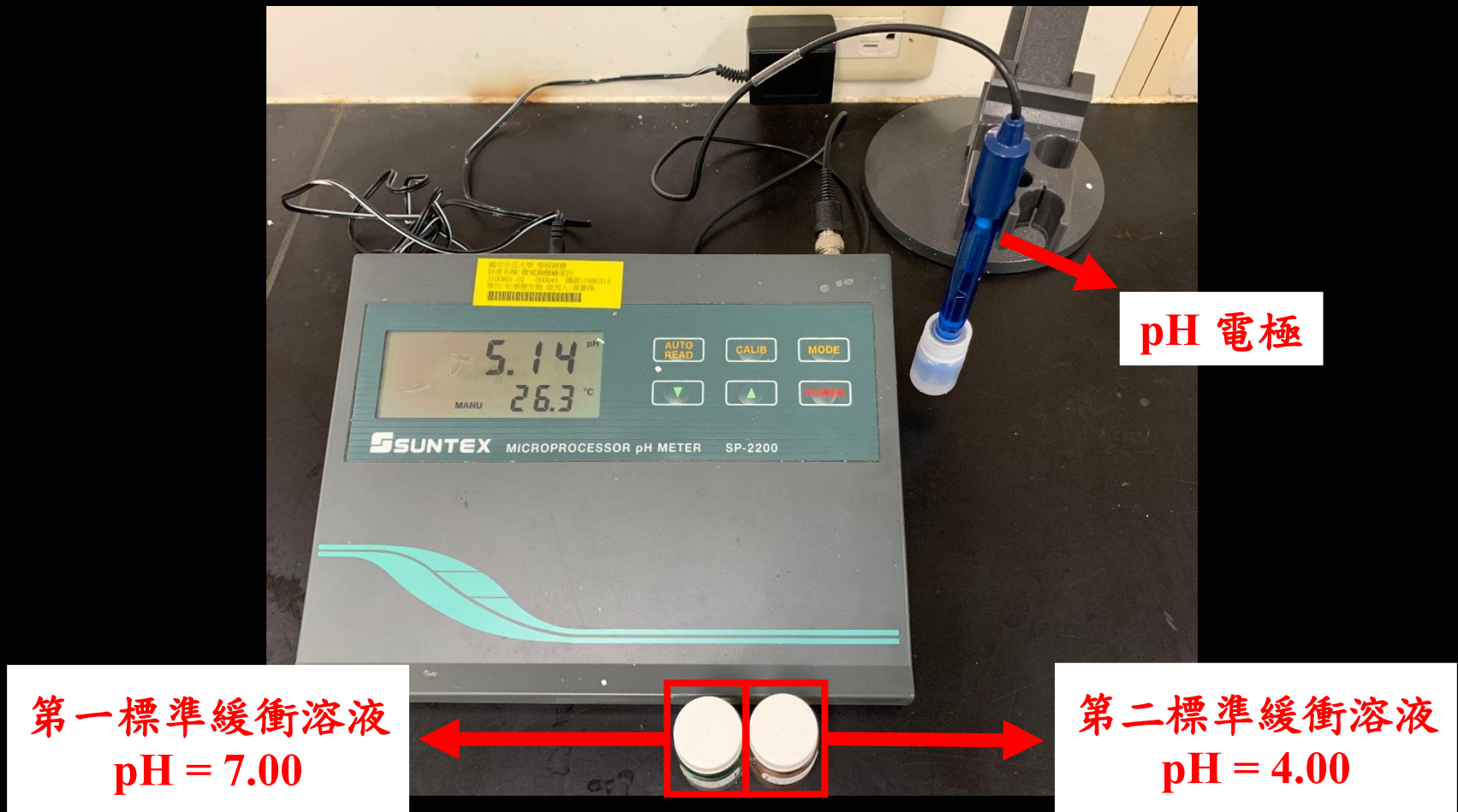
四、實驗步驟

1. 取助教配製 0.05 M HOAc 與 NaOAc 水溶液各 250 mL。
 2. 取助教配製 1 M NaOH 與 HCl 水溶液各 20.0 mL。
 3. 以 10 mL 量筒分別滴入數十滴 HCl 和 NaOH 溶液，量測體積及記錄滴數。
- 緩衝容量($\text{meq/L} \cdot \text{pH}$)
$$= \frac{1 \text{ (滴)}}{\text{斜率 (pH)}} \times V \text{ (mL/滴)} \times N \text{ (eq/L)} \times \frac{1000 \text{ (mL/L)}}{30 \text{ (mL)}}$$



圖二、滴管與量筒示意圖

舊版酸鹼度測定計使用介紹



圖三、舊版酸鹼度測定計示意圖

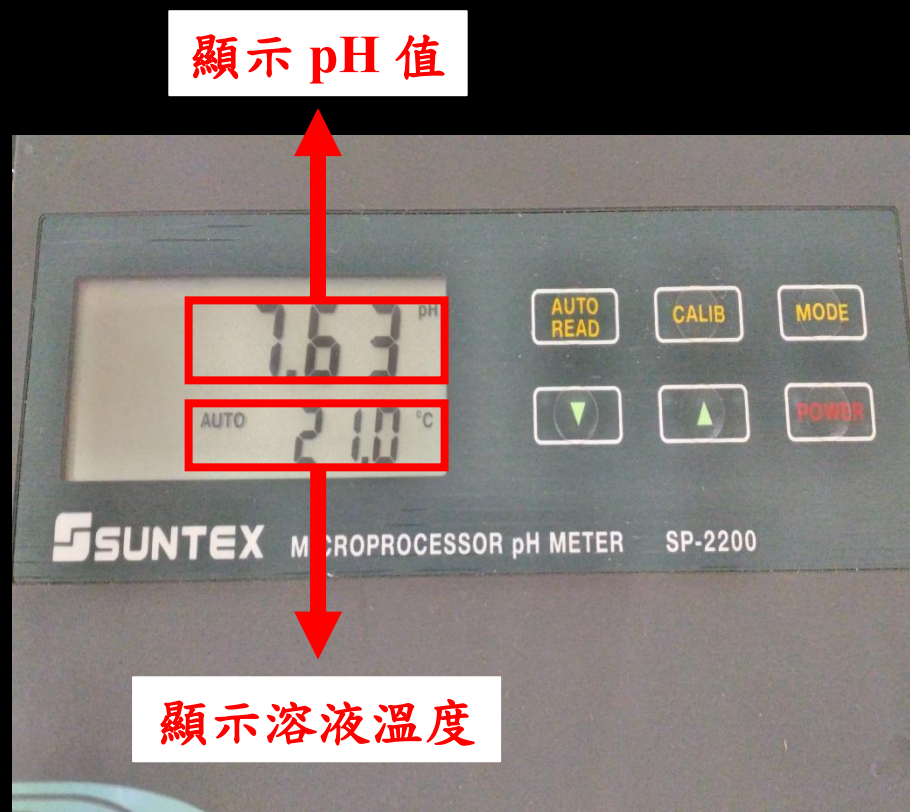
舊版酸鹼度測定計使用介紹



圖四、舊版酸鹼度測定計按鍵示意圖

開機

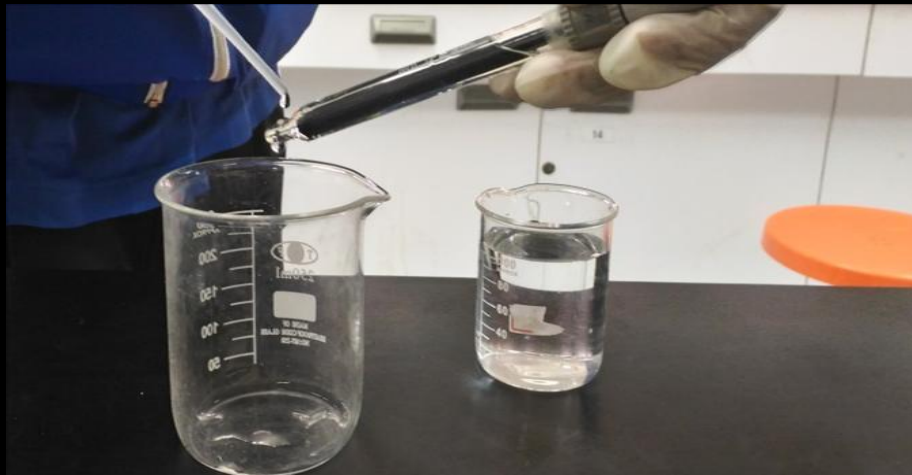
1. 按”POWER”鍵



圖五、舊版酸鹼度測定計開機示意圖

校正 pH 計（標準緩衝溶液 pH = 7.00）

2. DI 水清洗電極並使用拭鏡紙擦乾。
3. 按“CALIB”鍵一下，出現 CAL1。



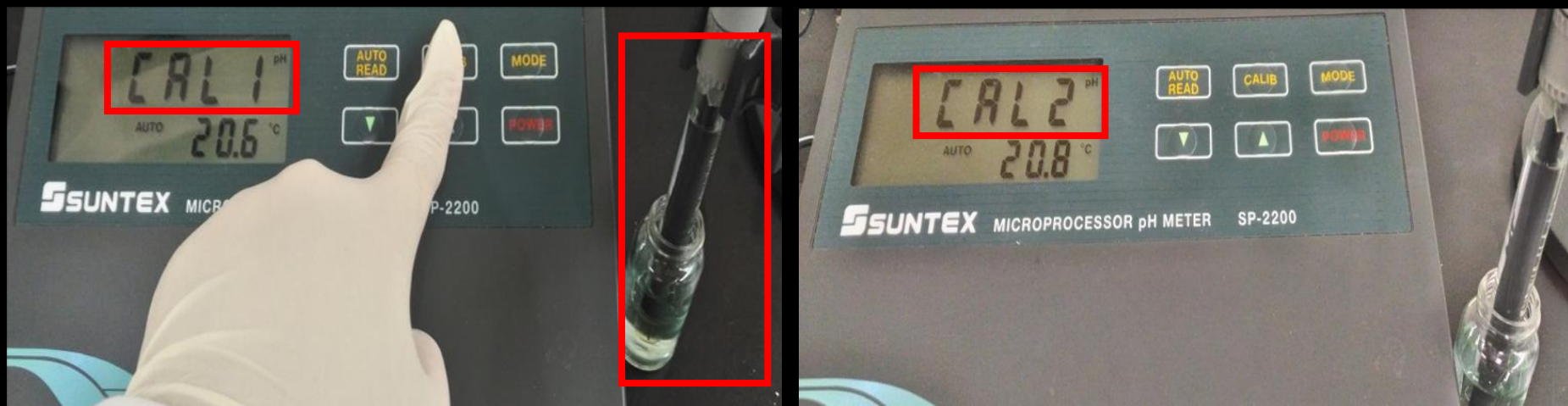
圖六、電極清洗示意圖



圖七、舊版酸鹼度測定計校正示意圖

校正 pH 計（標準緩衝溶液 pH = 7.00）

4. pH 電極浸泡於 pH = 7.00 的第一標準緩衝溶液中。
5. 按住“CALIB”鍵，待 CAL1 閃爍。
6. 畫面跳到 CAL2 後，測 pH = 4.00 標準緩衝溶液。

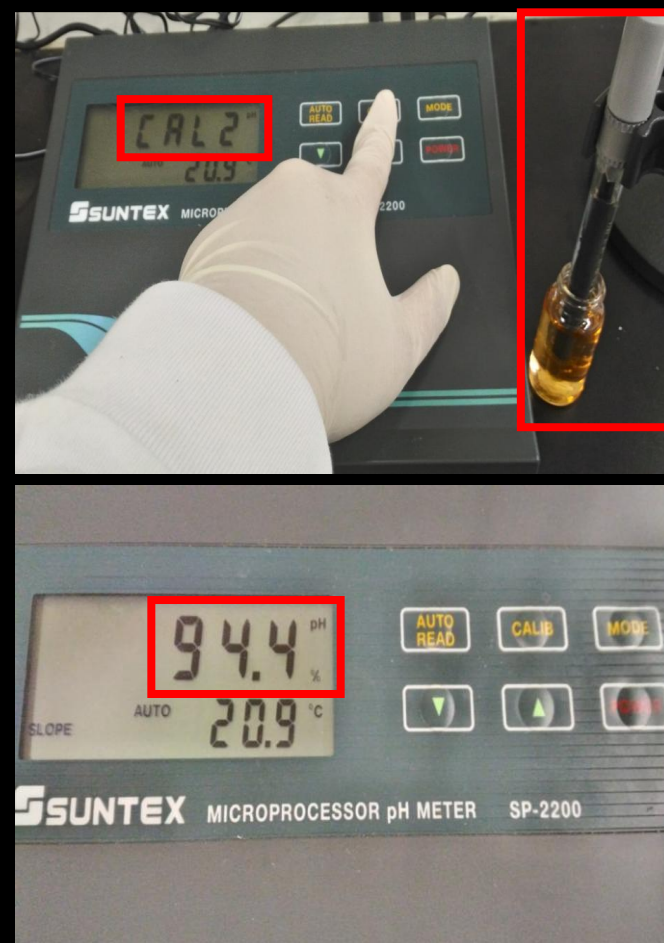


圖八、舊版酸鹼度測定計校正示意圖

校正 pH 計（標準緩衝溶液 pH = 4.00）

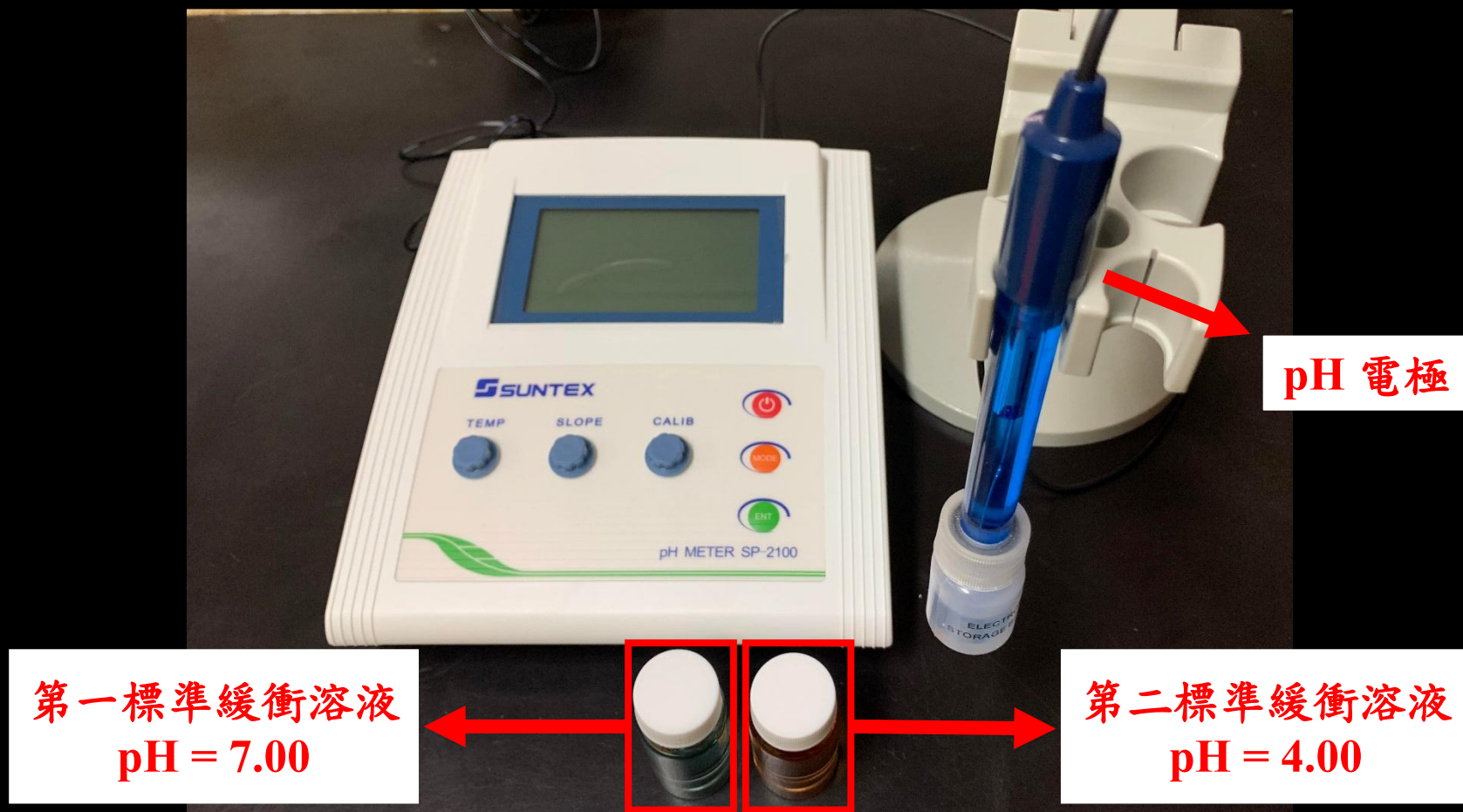
7. pH 電極浸泡於 pH = 4.00 的第二標準緩衝溶液中。
8. 按住“CALIB”鍵，待 CAL2 閃爍停止後出現電極斜率。
9. 出現電極斜率，紀錄此斜率值，須高於 80% 以上，才可進行實驗。

註：測量前，皆以 DI 水清洗電極，拭鏡紙擦乾後，再進行測量。



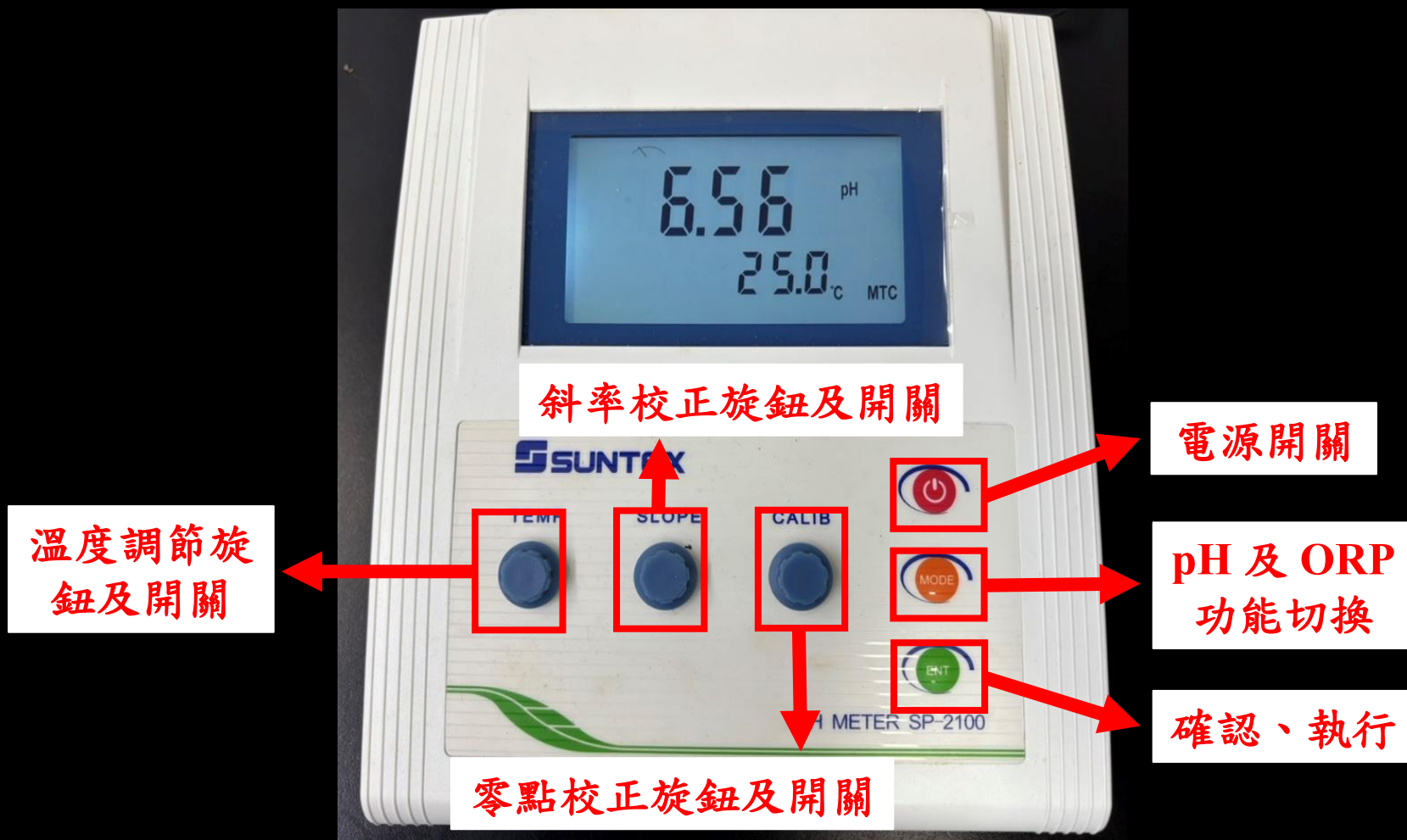
圖九、舊版酸鹼度測定計校正示意圖

新版酸鹼度測定計使用介紹



圖十、新版酸鹼度測定計示意圖

新版酸鹼度測定計使用介紹



圖十一、新版酸鹼度測定計按鍵示意圖

開機

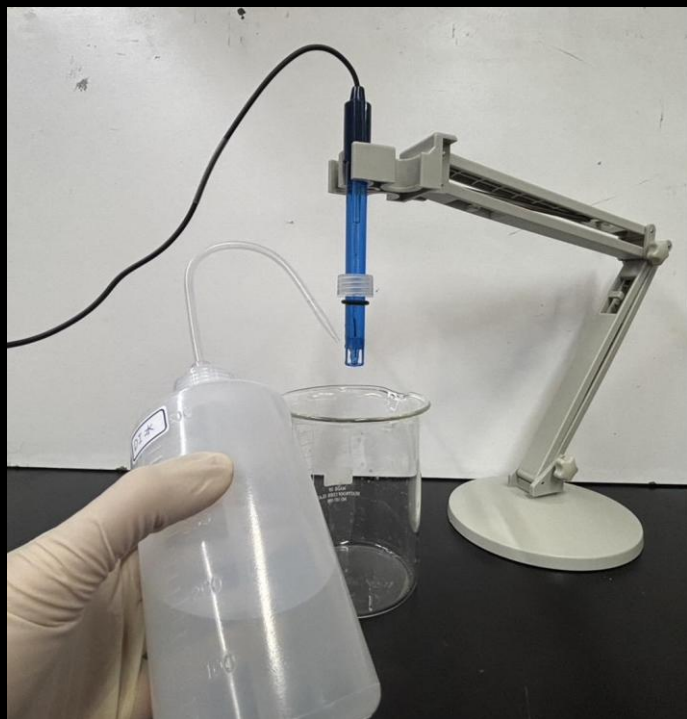
1. 按”電源開關  ”鍵。



圖十二、新版酸鹼度測定計開機示意圖

校正 pH 計（標準緩衝溶液 pH = 7.00）

2. DI 水清洗電極後並使用拭鏡紙擦乾。
3. 按“MODE  ”鍵，出現 Ct 1。



圖十三、電極清洗示意圖



圖十四、新版酸鹼度測定計校正示意圖

校正 pH 計（標準緩衝溶液 pH = 7.00）

4. pH 電極浸泡於 pH = 7.00 的第一標準緩衝溶液中。
5. 按“ENT  ”鍵，稍等片刻，穩定後顯示第一點校正之 pH 值。
6. 自動進入第二點校正，使用 DI 水清洗電極後並使用拭鏡紙擦乾。



圖十五、新版酸鹼度測定計校正示意圖

校正 pH 計（標準緩衝溶液 pH = 4.00）

7. pH 電極浸泡於 pH = 4.00 的第二標準緩衝溶液中。
8. 按“ENT  ”鍵，稍等片刻，穩定後顯示第二點校正之 pH 值。
9. 自動進入第三點校正，按“MODE  ”鍵。



圖十六、新版酸鹼度測定計校正示意圖

校正 pH 計

10. 螢幕會出現“PASS”。

11. 稍等片刻，即完成校正。



圖十七、新版酸鹼度測定計校正示意圖

新型酸鹼度測定計 (pH 測量操作)

1. 將清洗並擦乾的電極放入待測溶液中， “ENT  ” 鍵。
2. 出現  符號，並鎖定讀值，按 “ENT  ” 鍵。



圖十八、新版酸鹼度測定計量測示意圖

新型酸鹼度測定計（pH 測量操作）

3. 此時  符號閃爍，開始判讀，等待測值穩定。
4. 測值穩定後， 符號停止閃爍鎖定讀值。
5. 紀錄該讀值，使用 DI 水清洗電極並以拭淨紙擦乾，重複步驟 1~4。

pH 計使用注意事項

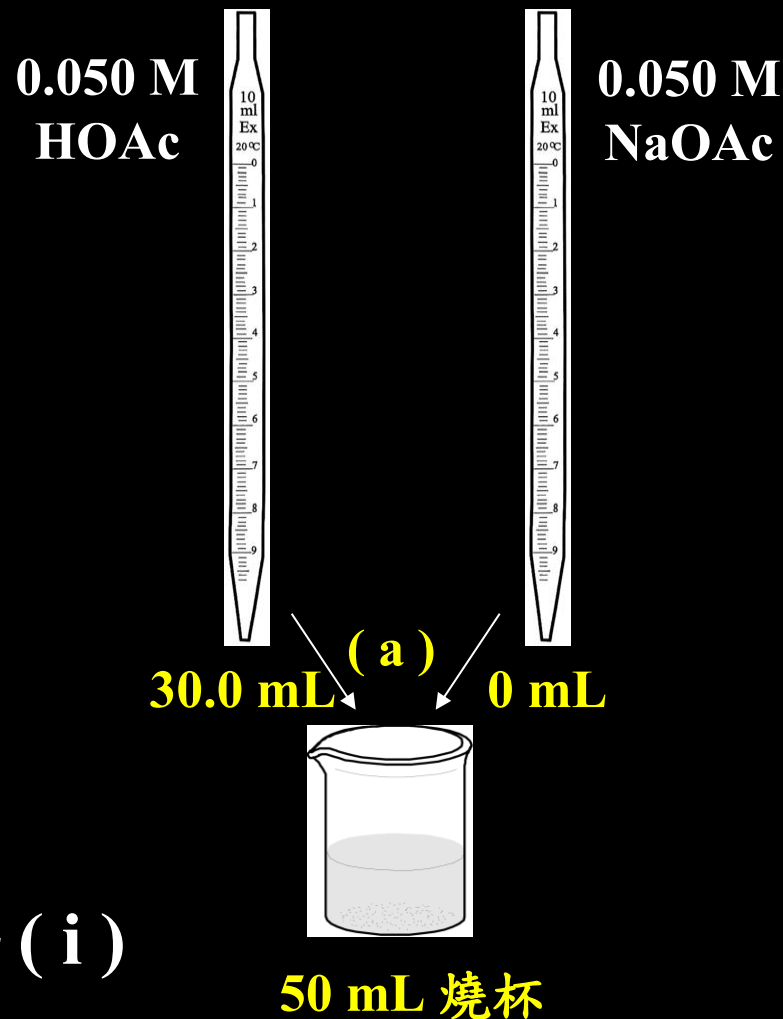
1. 電極前端需充分浸泡入待測溶液中、不碰觸器壁。
2. 滴入 HCl 和 NaOH 後，將電極提高後使用玻棒攪拌再進行量測。
3. 每次更換待測溶液，要以 **DI 水**洗淨電極，並以**拭鏡紙**擦乾。
4. 絕**不可倒置**或**平放**電極。
5. 電極暫不使用時，需浸在乾淨 **DI 水**中。
6. 長時間不使用，應浸泡於 **3.0 M KCl** 溶液中。

溶液 (a) ~ (i) 之配方

溶液編號	0.050 M HOAc (mL)	0.050 M NaOAc (mL)	DI 水 (mL)
(a)	30.0	0	0
(b)	0	30.0	0
(c)	15.0	15.0	0
(d)	5.0	5.0	20.0
(e)	0	0	30.0
(f)	5.0	25.0	0
(g)	10.0	20.0	0
(h)	20.0	10.0	0
(i)	25.0	5.0	0

量測 pH 值

1. 測量 0 滴時溶液的 pH 值
2. 滴管吸取 1.0 M 之 $\text{HCl}_{(\text{aq})}$
3. 加一滴於 (a) 溶液中
4. 均勻混合後記錄 pH 值
5. 逐次加入 5 滴
6. 重取一杯 (a) 溶液
7. 測量 0 滴時溶液的 pH 值
8. 滴管吸取 1.0 M 之 $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$
9. 逐滴加於溶液並測 pH 值
10. 重複 1. 至 9. 操作測定 (b) ~ (i)



圖十九、配置(a)溶液示意圖

五、注意事項

1. 實驗完畢，清洗並擦拭完玻璃電極，須套上裝有 $3.0\text{ M KCl}_{(\text{aq})}$ 之電極套。
2. 若電極套中的 $3.0\text{ M KCl}_{(\text{aq})}$ 不足一半時，請找助教協助補足。(如圖二十)。
3. 本次實驗所用到的玻璃電極昂貴，請小心使用，若有損壞則須賠償。
4. 實驗結束時，請將廢液倒入廢液桶。
5. 單數組做酸的滴加；雙數組做鹼的滴加。



圖二十、KCl 電極套示意圖

五、注意事項

6. 實驗進行中，務必要穿著實驗衣，並戴護目鏡、手套和口罩。
7. 本實驗中所有藥品皆具毒性及一定的危險性，因此在操作本實驗時請謹守實驗室安全規範及助教指示，以確保安全。
8. 所有藥品及實驗器具皆不能帶出實驗室。

六、實驗結果

酸鹼滴數 溶液pH值		(a) 0.05 M HOAc	(b) 0.05 M NaOAc	(c) 0.05 M HOAc/NaOAc	(d) 0.017 M HOAc/NaOAc	(e) DI水
1.0M HCl	-5					
	-4					
	-3					
	-2					
	-1					
	0					
平均(0)						
1.0M NaOH	0					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

pH 與酸鹼滴數 (a) ~ (e) 作圖

(c) 與 (d) 之 pH 值作圖

[OAc⁻] / [HOAc] 比例對緩衝容量之影響

酸鹼滴數 溶液pH值		(f) 0.05 M HOAc/NaOAc (1:5)	(g) 0.05 M HOAc/NaOAc (1:2)	(h) 0.05 M HOAc/NaOAc (2:1)	(i) 0.05 M HOAc/NaOAc (5:1)
1.0M HCl	-5				
	-4				
	-3				
	-2				
	-1				
	0				
平均(0)					
1.0M NaOH	0				
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				

pH 與酸鹼滴數 (f) ~ (i)

七、問題與討論

1. 本實驗所配置的溶液 (c) 0.050 M 醋酸 / 醋酸鈉 (1:1) 及 (d) 0.017 M 醋酸 / 醋酸鈉 (1:1)，其理論 pH 值為何？試列式說明。

2. 若一緩衝溶液是由 NaH_2PO_4 及 Na_2HPO_4 配置而得，則其最佳的緩衝 pH 範圍為何？寫出此一緩衝溶液中和外加之 H^+ 及 OH^- 的反應方程式。

3. 人體血液的 pH 約為 7.4，其中碳酸氫鈉 (NaHCO_3) 與碳酸 (H_2CO_3) 組成主要的血液緩衝系統。某病患因代謝性酸中毒導致血液 pH 降至 7.1，請問人體如何透過呼吸系統補償這種 pH 變化？請描述具體機制並寫出相關的化學反應方程式。

4. 根據 Henderson-Hasselbalch 方程式，若半當量點測得的 pH 值偏低 ($4.50 < 4.76$)，代表在半當量點那一刻，溶液中測得的 $[A^-]/[HA]$ 比值是大於 1 還是小於 1？

負責人需向學生說明作圖要求

1. pH 與酸鹼滴數 a ~ e : 橫軸是 HCl/NaOH 滴數，縱軸是 pH 值
2. c 與 d 溶液之 pH 作圖：單獨把 c 跟 d 挑出來作圖並用橫軸是 HCl/NaOH 滴數，縱軸是 pH 值，各自以五點做線性迴歸後得出方程式與 R 平方值並計算其緩衝容量
3. pH 與酸鹼滴數 f ~ i : 橫軸是 HCl/NaOH 滴數，縱軸是 pH 值各自以五點做線性迴歸後，得出方程式與 R 平方值並計算其緩衝容量

國立中正大學化學暨生物化學系

教材製作：盧昱瑋 助教

教材編修：陳宇軒 助教

指導老師：于淑君 教授

製作日期：115.08.31

本實驗兩組共用一組數據

十、故障排除：

故障現象	說明	排除方式
螢幕不顯示	電池電力不足	更換新電池或充電
	儀器故障	通知維修人員
螢幕出現 E1	電極受污染	參考電極保養清洗電極或更換
	儀器故障	通知維修人員
螢幕出現 E2	電極受污染或老化	參考電極保養清洗電極或更換
	標準液受污染	更換新的標準液
	儀器故障	通知維修人員
螢幕出現 E3	電極反應慢	參考電極保養清洗電極或更換
	測試溶液電位不穩	儀器正常
螢幕出現 E4	標準液之溫度過高	降低標準液之溫度
	溫度探棒故障	更換溫度探棒
螢幕出現 E5	測試溶液超出測試範圍	儀器正常