



電位滴定法－鹽酸與碳酸鈉

2016/03/12修訂

▶ 領取專用器材：

| 項目 | 數量 | 項目 | 數量 |
|------------|----|-----------------|----|
| 250 mL 容量瓶 | 1 | pH 7, 10 標準緩衝溶液 | 共用 |
| 50 mL 滴定管 | 1 | 10 mL 刻度吸量管 | 共用 |
| 125 mL 錐形瓶 | 2 | 面紙 | 2 |
| 玻璃滴管 | 2 | 攪拌子（助理助教收發） | 1 |

▶ 準備個人器材：

- 小漏斗、洗瓶
- 100 mL 燒杯 2 個、洗瓶、250 mL 燒杯



目的與技能

目的：

- ◆ 配製鹽酸溶液
- ◆ 標定鹽酸溶液
- ◆ 以電位滴定法決定碳酸鈉滴定之當量點
- ◆ 測定碳酸之酸解離常數

技能：

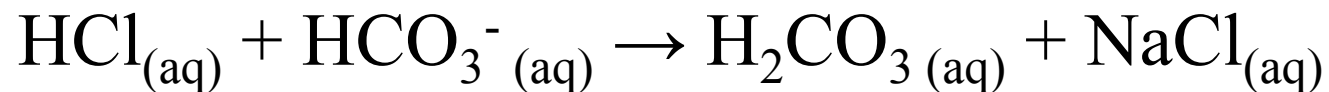
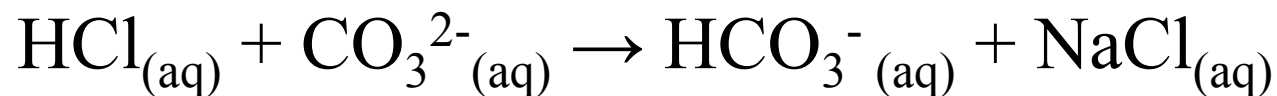
- ◆ 分析天平
- ◆ 容量瓶
- ◆ 滴定
- ◆ 電磁加熱攪拌器
- ◆ 酸鹼度測定計
- ◆ 作圖決定當量點





鹽酸之標定

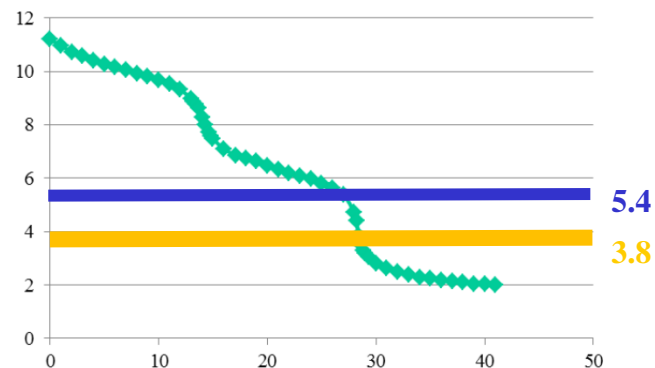
- 以 Na_2CO_3 為一級標準鹼標定 0.1 M HCl



- 指示劑：溴甲酚綠

藍色 (pH 5.4) \rightarrow 綠色 \rightarrow 黃色 (pH 3.8)

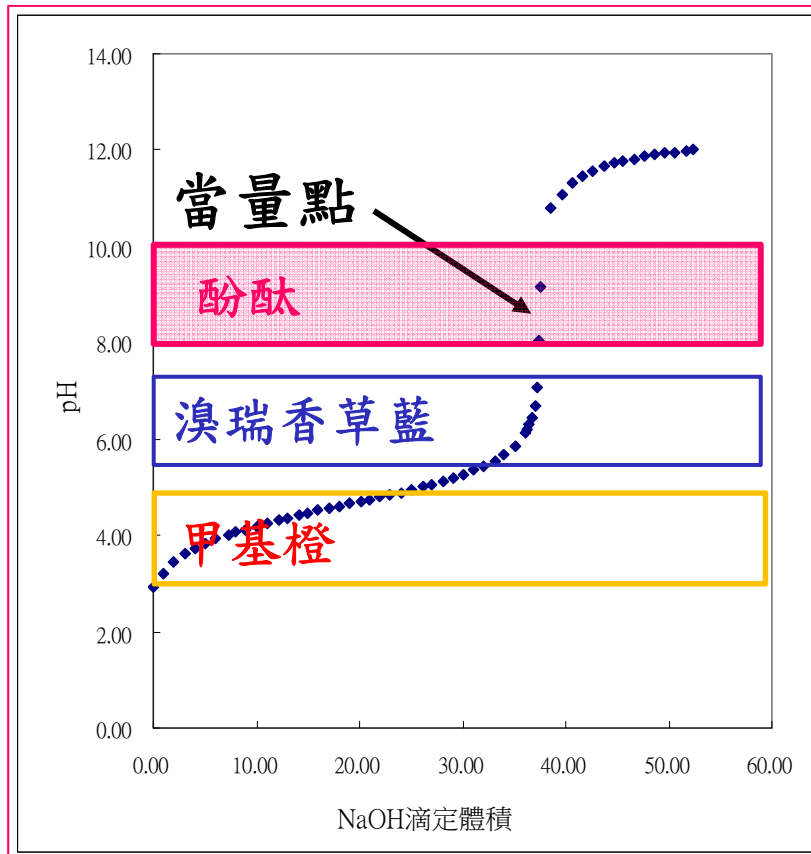
$$\text{mole of Na}_2\text{CO}_3 = \frac{V_{\text{HCl}} \times M_{\text{HCl}}}{2}$$





酸鹼中和當量點之決定

- 接近當量點時，pH值變化非常顯著
- 由測量pH值變化或指示劑顏色變化作判定



| 指示劑 | 酸式顏色 | 變色 pH | 鹼式顏色 |
|-------|------|-------|------|
| 甲基橙 | 紅 | 3~4 | 橙 |
| 溴瑞香草藍 | 黃 | 6~7 | 藍 |
| 酚酞 | 無色 | 8~10 | 紫紅 |

弱酸強鹼滴定曲線



電位滴定法決定當量點

- 每滴加一次試劑測量記錄電位 (pH) 讀數
- 利用電位隨滴定劑 (titrant) 體積之變化曲線以決定當量點
- 決定當量點的方法有三種：
 1. 酸鹼滴定曲線
 2. 一次微分曲線
 3. 二次微分曲線



作圖決定當量點

1. 酸鹼滴定曲線

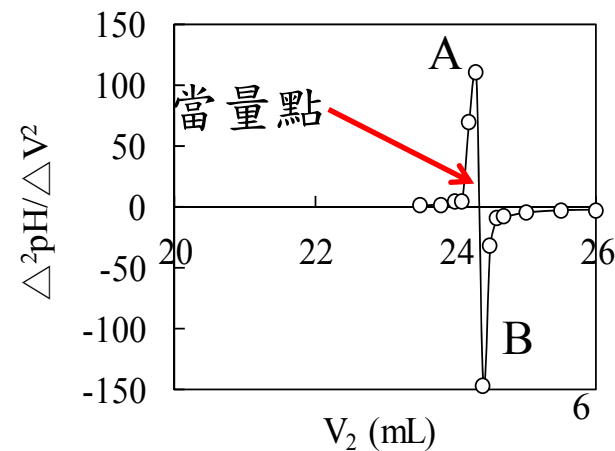
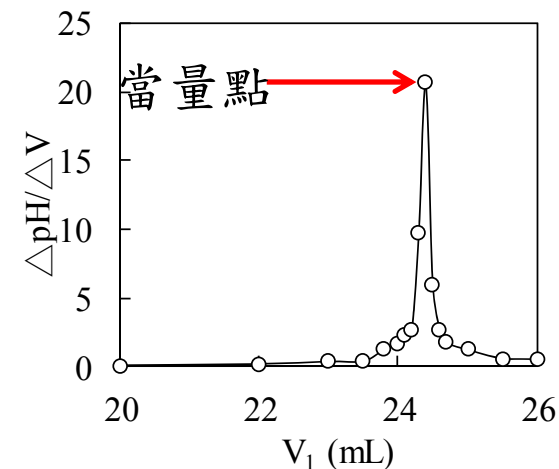
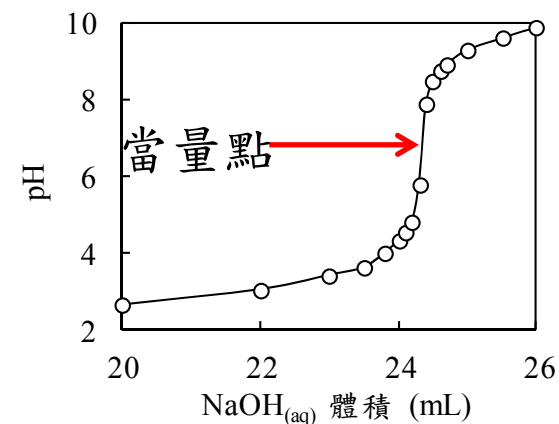
- 曲線中斜率最大的點即當量點

2. 一次微分曲線

- 曲線最大值即是當量點

3. 二次微分曲線

- 圖中A、B點所連直線之 x 截距

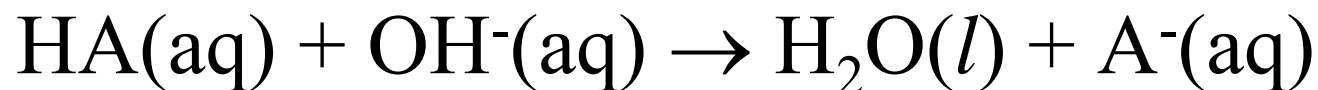




弱酸之酸解離常數

半當量點 (half-equivalence point) :

- 弱酸強鹼中和反應：



- 半當量點時，溶液中 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$$

$$\text{則 } [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a$$

$$\text{故半當量點之 } \text{pH} = \text{p}K_a$$



弱酸之酸解離常數測定範例

例如：

當量體積 (V) = 37.50 mL

半當量體積 = 18.75 mL

V = 18.00 pH = 4.60

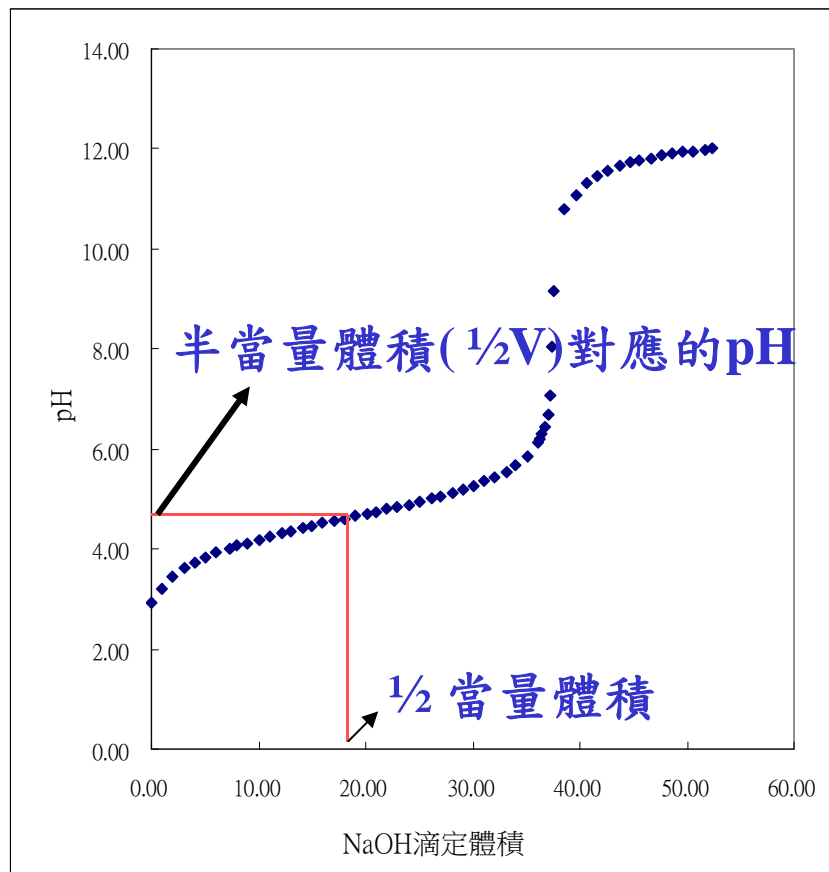
V = 19.10 pH = 4.65

半當量體積所對應的

pH值 = $pK_a = 4.63$

$K_a = 2.3 \times 10^{-5}$

弱酸—強鹼滴定曲線





實驗流程

(I) 配製標準酸 0.1 M HCl



250 mL燒杯

(II) 標定 0.1 M HCl



0.1~0.2 g Na_2CO_3 (± 0.0001 g)



30 mL H_2O

3 滴溴甲酚綠



以0.1 M HCl 滴定

(III) 電位滴定 HCl 滴定 Na_2CO_3





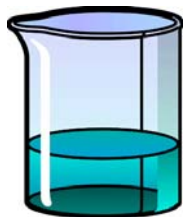
流程 I：配製標準酸

6 M HCl

?

4.17 mL

0.1 M HCl
250 mL



250 mL 燒杯

■ 稀釋酸

將濃酸加入水中

■ 容量瓶先裝部分水

→ 加入定量酸後

→ 再加水至標線

→ 蓋上瓶塞

→ 上下倒置混合均勻



流程II：標定0.1 M HCl

- 分析天平精稱 0.1~0.2 g Na_2CO_3
置於125 mL錐形瓶
- 加 30 mL去離子水溶解 Na_2CO_3
- 加 3滴溴甲酚綠
- 滴定 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ 至綠色
- 將溶液煮沸2~3分鐘，溶液轉為藍色
(使用攪拌子攪拌以避免溶液突沸)
- 待溶液冷卻後繼續滴定至黃色
- 記錄 V_i 及 V_f 至 0.01 mL
- 進行二重覆滴定



藍色 → 綠色 → 黃色

0.1~0.2 g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \pm 0.0001$ g

↓
30 mL H_2O
3滴溴甲酚綠

↓
以0.1 M HCl 滴定

注意：滴定時以逐滴方式進行，以免滴定過量



滴定注意事項

■ 滴定注意事項

- 以約5 mL溶液潤洗2次
- 經漏斗加裝溶液
- 整支滴定管均應充滿溶液不可有氣泡
- 記錄滴定管初體積(V_i)與終體積(V_f)至0.01 mL
- 慣用手搖瓶，非慣用手反扣控制活栓



■ 滴定到溶液由藍變綠色

→ 煮沸趕除 H_2CO_3 變藍色

→ 冷卻後續滴至黃色

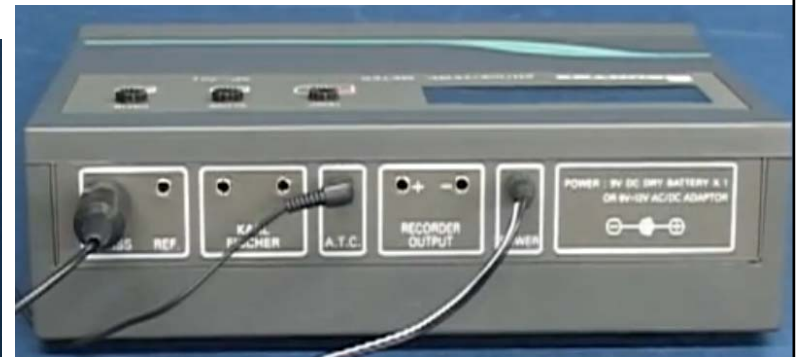


藍色 → 綠色 → 黃色 12



流程III：熱機與校正pH計

酸鹼度測定計裝置圖



POWER

暖機10分鐘

MODE

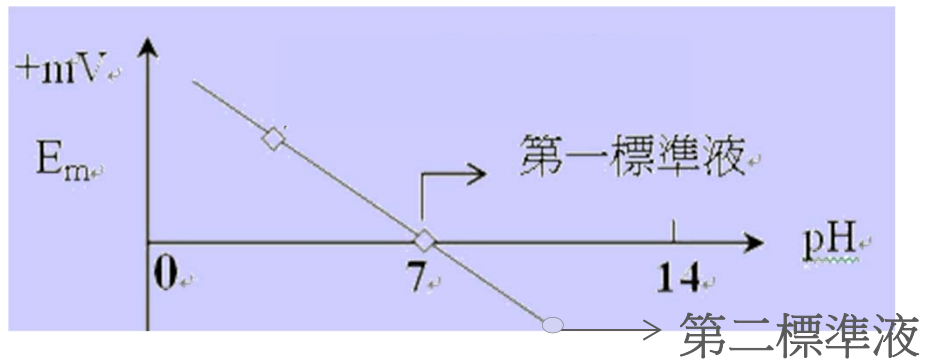
切換至溫度
確認溫度正常

HOLD

清洗電極或電極暫時不用時按壓以鎖住顯示幕



校正pH計



旋轉 **Calib** 鈕，至顯示「**7.00**」 → 旋轉 **Slope** 鈕至顯示「**10.00**」

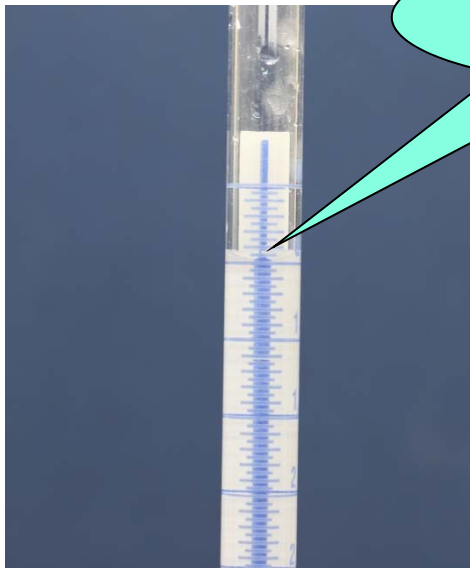
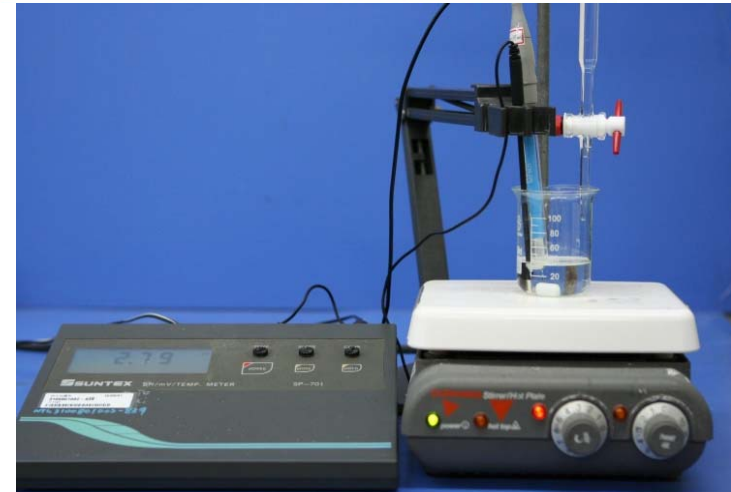


流程III：0.1 M HCl 滴定碳酸鈉

- 以吸量管準確量取 10.0 mL 未知濃度 Na_2CO_3 液
- 置於 100 mL 燒杯中
- 加 30 mL 去離水
- 3 d. 廣用指示劑

架設裝置

電極、測溫棒及攪拌子均浸於溶液



NT\$ 1000 !!

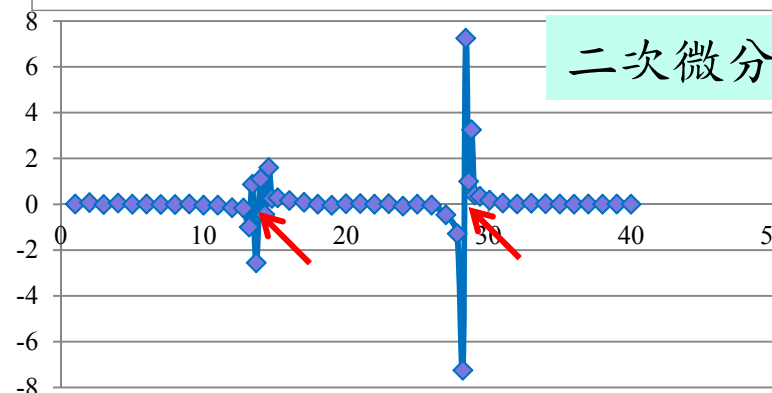
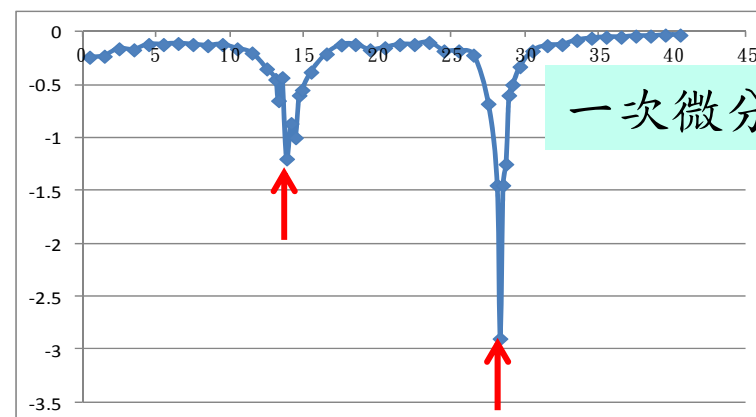
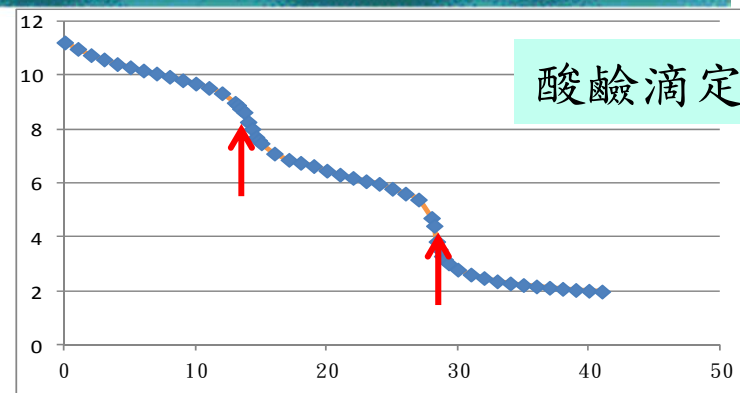
- 以 0.1 M HCl 滴定碳酸鈉溶液
- 每加 1.0 mL，讀記 V_f ，pH 值及顏色
- pH 9~7 及 5~3 時，改滴加 0.20 mL
- pH < 2，停止滴定



實驗計算與作圖

0.1 M HCl 滴定未知 Na_2CO_3

- 作3圖及其當量點
- 計算碳酸鈉濃度
- 由滴定曲線之半當量點，定碳酸之 K_{a1} 及 K_{a2}





數據處理

$$V_1 = \frac{(9.00 + 10.00)}{2} = 9.50$$

$$V_2 = \frac{(9.50 + 10.50)}{2} = 10.00$$

| V_{HCl} | pH | 一次微分 | | 二次微分 | |
|------------------|------|-------|----------------------------|-------|---|
| | | V_1 | $\Delta\text{pH}/\Delta V$ | V_2 | $\Delta(\Delta\text{pH}/\Delta V)/\Delta V_1$ |
| 9.00 | 9.80 | 9.50 | -0.12 | 10.00 | -0.04 |
| 10.00 | 9.68 | 10.50 | -0.16 | 11.00 | -0.04 |
| 11.00 | 9.52 | 11.50 | -0.2 | 12.00 | -0.15 |
| 12.00 | 9.32 | 12.50 | -0.35 | 12.80 | -0.166 |
| 13.00 | 8.97 | 13.10 | -0.45 | 13.20 | -1 |
| 13.20 | 8.88 | 13.30 | -0.65 | 13.43 | 0.866 |
| 13.40 | 8.75 | 13.55 | -0.433 | 13.70 | -2.555 |
| 13.70 | 8.62 | 13.85 | -1.2 | 14.00 | 1.111 |
| 14.00 | 8.26 | 14.15 | -0.866 | 14.30 | -0.444 |
| 14.30 | 8.00 | 14.45 | -1 | 14.58 | 1.6 |
| 14.60 | 7.70 | 14.70 | -0.6 | 14.80 | 0.25 |
| 14.80 | 7.58 | 14.90 | -0.55 | 15.20 | 0.283 |



實驗完成

- 清洗pH電極，套入含 3 M KCl 之電極套
- 關閉pH計及詞加熱攪拌器電源
- 交還攪拌子（助理助教登記）
- 清洗滴定管，放回50 mL紙箱
- 酸鹼廢液經中和/稀釋後，直接排放水槽

