



溶度積之測定

(2025/02/07 修訂)

領取專用器材

- 1個磁攪拌子（助教發收）
- 1個鐵環、1個保麗龍湯杯、NBR手套
- 1支10 mL吸量管、1個安全吸球
- 4支125 mL錐形瓶
- 1支25 mL滴定管
- 1個100 mL燒杯
- 2個大漏斗、1個小漏斗



準備個人器材

- 4個100 mL燒杯

洗淨烘乾

- 2個大漏斗（ φ 70）
- 4個100 mL燒杯





實驗目的與技能

目的

- 測定並比較醋酸銀在不同溫度下的溶度積常數 (solubility product constant, K_{sp})

技能

- 滴定
- 重力過濾
- 刻度吸量管
- 定量液體分注器
- 加熱攪拌器

提醒

- 取約 40 mL 0.020 M KSCN
- 0.10 M AgNO_3



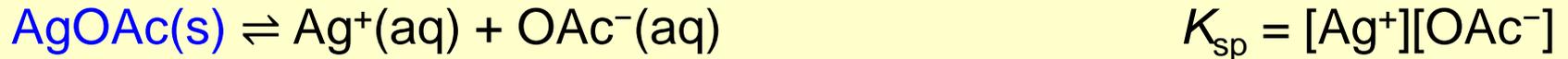


實驗原理

- 將定量硝酸銀和醋酸鈉水溶液混合，產生微溶鹽醋酸銀沉澱



- 醋酸銀沉澱於溶液中達到溶解平衡



- 過濾去除醋酸銀沉澱後，濾液為飽和醋酸銀水溶液
- 取定量飽和醋酸銀溶液以標準濃度 SCN^- 進行滴定，測定 $[\text{Ag}^+]$
- Fe^{3+} 為指示劑，當產生紅色錯離子 FeSCN^{2+} 達滴定終點



- 依計量化學，計算 $[\text{Ag}^+]$ 、 $[\text{OAc}^-]$ 及 K_{sp}

$$[\text{Ag}^+] V_1 = [\text{SCN}^-] V_2$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{OAc}^-]$$

- 定溫下微溶鹽之 K_{sp} 為定值，測定比較醋酸銀二種溫度下 K_{sp} 值



[Ag⁺]_{eq}之定量

- 製備飽和醋酸銀溶液，以伏哈德法（Volhard method）測定[Ag⁺]



過濾

醋酸銀飽和溶液

沉澱
AgOAc(s)

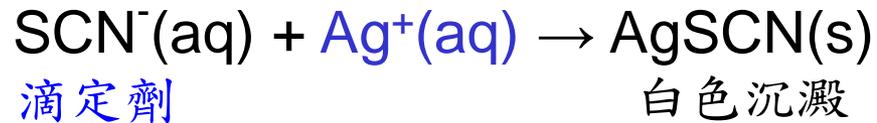
濾液

Ag⁺(aq)

OAc⁻(aq)

取定量 V₁

滴定



指示劑

紅色錯離子（滴定終點）

當量點：n(Ag⁺) = n(SCN⁻)

$$[\text{Ag}^+] V_1 = [\text{SCN}^-] V_2$$

滴定測得 [Ag⁺]



[OAc⁻]_{eq}之定量計算

(1) 醋酸銀沉澱反應



混合前 $0.10 \text{ M} \times 10.0 \text{ mL}$
 $= 1.0 \text{ mmol}$

$0.30 \text{ M} \times 15.0 \text{ mL}$ (過量)
 $= 4.5 \text{ mmol}$

沉澱反應 -1.0 mmol

-1.0 mmol

$+1.0 \text{ mmol}$

沉澱後 $1.0 - 1.0 = 0 \text{ mmol}$

$4.5 - 1.0 = 3.5 \text{ mmol}$

1.0 mmol

溶液中剩餘

總溶液體積 $10.0 + 15.0 = 25.0 \text{ mL}$

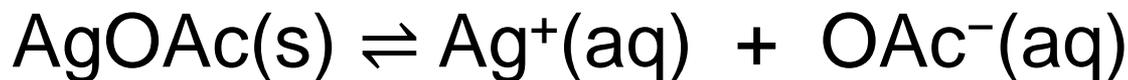
溶液中剩餘
過量試劑

$$[\text{OAc}^-]_{\text{餘}} = \frac{3.5 \text{ mmol}}{25.0 \text{ mL}} = 0.14 \text{ M}$$



醋酸銀之 K_{sp} 計算

(2) 溶解平衡

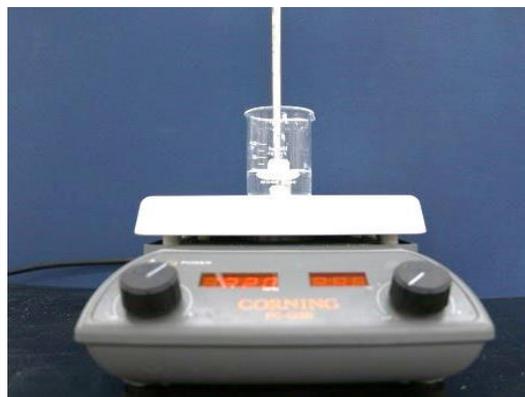


起始濃度		0 M	0.14 M
解離變化	-x	+x M	+x M
平衡濃度		x M	(0.14 + x) M

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{OAc}^-] = x(0.14 + x)$$



步驟1：製備飽和醋酸銀溶液



混合攪拌15分鐘



重力過濾



潤洗吸量管



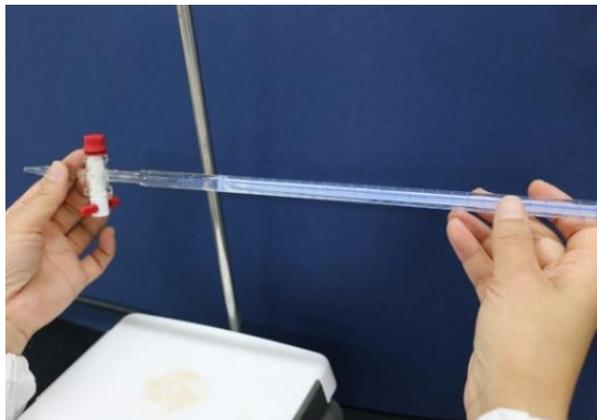
加入指示劑

- 以100 mL燒杯盛取10.0 mL之0.10 M AgNO_3 及15.0 mL之0.30 M NaOAc
- 攪拌混合溶液約15 min 並測量記錄溶液溫度
- 重力過濾去除 AgOAc 沉澱，以乾淨燒杯盛接飽和醋酸銀濾液
- 以少量 AgOAc 飽和溶液潤洗吸量管
- 準確量取5.0 mL之飽和 AgOAc 溶液至錐形瓶中
- 加約1 mL Fe^{3+} 指示劑（有刻度之公用滴管）

- ✓ 混合溶液用之燒杯及盛接濾液之燒杯，均必須是乾淨且乾燥的
- ✓ 重力過濾之漏斗必須乾的，濾紙不需用水潤濕，以免影響濃度



步驟2：架設滴定管



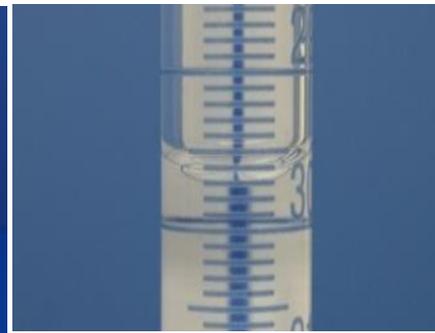
潤洗滴定管



加入滴定劑



排除氣泡



讀取初體積

- 以乾淨燒杯取約 40 mL 之 0.020 M KSCN
- 清洗滴定管後，以約 5 mL 之 KSCN(aq) 潤洗滴定管 2 次
- 經漏斗加入滴定劑，排除氣泡，記錄讀值 V_i 至 0.01 mL

- ✓ KSCN(aq) 限取 40 mL，不夠再取，以減少廢污
- ✓ 背藍線滴定管細長且價格昂貴，清洗時需小心，勿撞斷
- ✓ 檢查滴定管活栓下方之氣泡是否完全排除，以減少體積誤差



步驟3：滴定



進行滴定



變色即終點

滴定過量



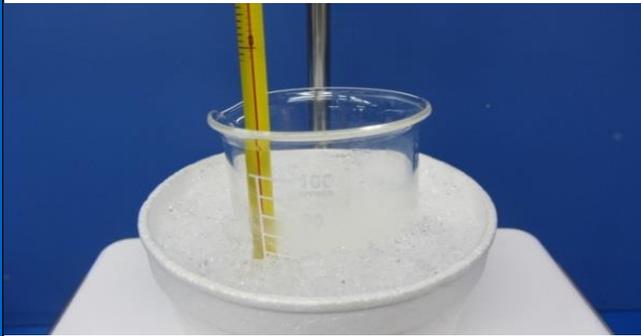
讀取終體積

- 以慣用手搖錐形瓶，另一手反扣轉動活栓，進行滴定
- 滴至出現淡橘紅色且搖晃15秒不褪色，達滴定終點
- 記錄 V_f 至0.01 mL
- 重複上述操作，改為取10.0 mL之AgOAc(aq)，進行精確滴定

✓ 滴定過程觀察記錄溶液顏色的變化，並試以反應產物說明



步驟4：低溫之 K_{sp}



冰浴攪拌15分鐘



精確取量後加指示劑



進行滴定

- 取10.0 mL之 0.10 M AgNO_3 及 15.0 mL之 0.30 M NaOAc 於燒杯中
- 燒杯置於冰浴中攪拌15 min以達平衡，測量並記錄溶液溫度
- 保持低溫、盡快過濾去除 AgOAc 沉澱，收集濾液於燒杯中
- 以少量 AgOAc 飽和溶液潤洗吸量管後，分別取量進行5 mL之預滴定和10 mL之精確滴定

- ✓ 保麗龍杯冰浴槽中裝8分滿冰塊及少許水以維持低溫
- ✓ 溫度計放在燒杯內溶液中全程量測溫度，以確定恆溫
- ✓ 尚未過濾完之燒杯溶液，要放回冰浴中維持低溫
- ✓ 每次滴定均需加入1 mL之 Fe^{3+} 指示劑

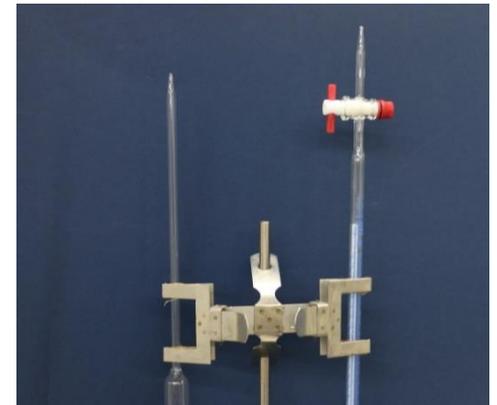


實驗注意事項

- 藥品濃度為：**0.10 M** AgNO₃ 及 **0.020 M** KSCN
- 硝酸銀具腐蝕性，需戴NBR手套並避免接觸衣物、皮膚
- 以燒杯取用**40 mL**之**0.020 M** KSCN，不夠時再加取少量
- 滴定管活栓下方的氣泡需完全趕除，整支滴定管充滿液體
- 鐵指示劑以具有刻度之公用塑膠滴管取約1 mL（非1滴）
- 過濾後濾紙以鑷子夾取，勿用手抓取
- 攪拌子以公用磁棒吸取出，實驗結束時交還助教

實驗結束處理

- ✓ 廢液及沉澱中均含有Ag，所有廢液原液應收集倒入指定回收桶
- ✓ 剩餘未用完之KSCN(aq)倒入指定回收瓶
- ✓ 錐形瓶以毛刷刷洗乾淨
- ✓ 滴定管及吸量管沖洗乾淨，倒夾於滴定管夾
- ✓ 公用器材清點補齊簽名後，請助理助教簽核
- ✓ 值日生完成助理助教所安排之公務工作





實驗數據處理與報告

- 精簡報告：簽退數據後即繳交實驗報告
- 觀察記錄應詳盡，如反應物產物外觀、溶液及沉澱顏色、反應快慢、顏色變化
- 量測數據紀錄之有效數字與單位
- 數據計算應詳列算式，代入正確數值
- 實驗結果需有正確的有效數字、單位及具體結論
- 實驗計算包含
 - ✓ 二種溫度下飽和醋酸銀溶液之 $[Ag^+]$ 、 $[OAc^-]$ 及 K_{sp}
 - ✓ 比較室溫和冰浴低溫下之 K_{sp}

$$[Ag^+] V_1 = [SCN^-] V_2 = 0.020 \cdot (V_f - V_i)$$

$$[OAc^-] = 0.14 + [Ag^+]$$

$$K_{sp} = [Ag^+][OAc^-]$$



實驗數據範例 (精簡報告)

測定項目		室溫 <u>19.0°C</u>		冰浴 <u>1.7°C</u>	
		預滴定	精確滴定	預滴定	精確滴定
AgOAc飽和溶液 (mL)		5.00	10.00	5.00	10.00
0.020 M KSCN	V_i (mL)				
	V_f (mL)				
滴定體積	ΔV (mL)				



[Ag⁺], [OAc⁻], K_{sp} 計算範例

溫度 (°C)	(1) 19.0	(2) 1.7
[Ag ⁺] (M)	[Ag ⁺] × 10.00 = 0.020 × 11.11 [Ag ⁺] = 0.023	
[OAc ⁻] (M)	0.14 + 0.023 = 0.16 <u>3</u>	
K_{sp}	0.023 × 0.16 <u>3</u> = 3.7 × 10 ⁻³	

✓ 注意有效數字與單位

✓ 比較二種溫度下之 K_{sp}



重力過濾

- 圓錐形濾紙摺法
- 對摺，再對摺



撕去此角

- 漏斗架在鐵環上

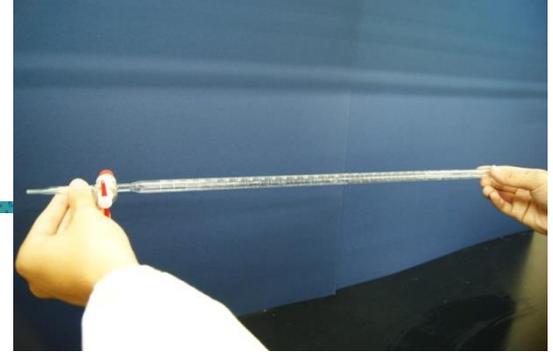


- ✓ 以鐵環固定漏斗
- ✓ 玻璃長頸斜切口貼於杯壁避免潑濺
- ✓ 本實驗濾紙不需用水潤濕

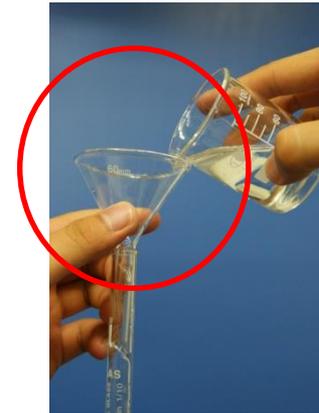


滴定操作

- 洗淨25 mL滴定管
- 以約5 mL之KSCN(aq) 潤洗2次
- 經小漏斗裝入KSCN(aq)整支滴定管均應充滿溶液，不可有氣泡
- 趕除底端氣泡
- 讀取、記錄滴定管之初體積 V_i 與終體積 V_f 至0.01 mL
- 慣用手搖瓶，另一手控活栓，一人操作



潤洗



提高漏斗
加液

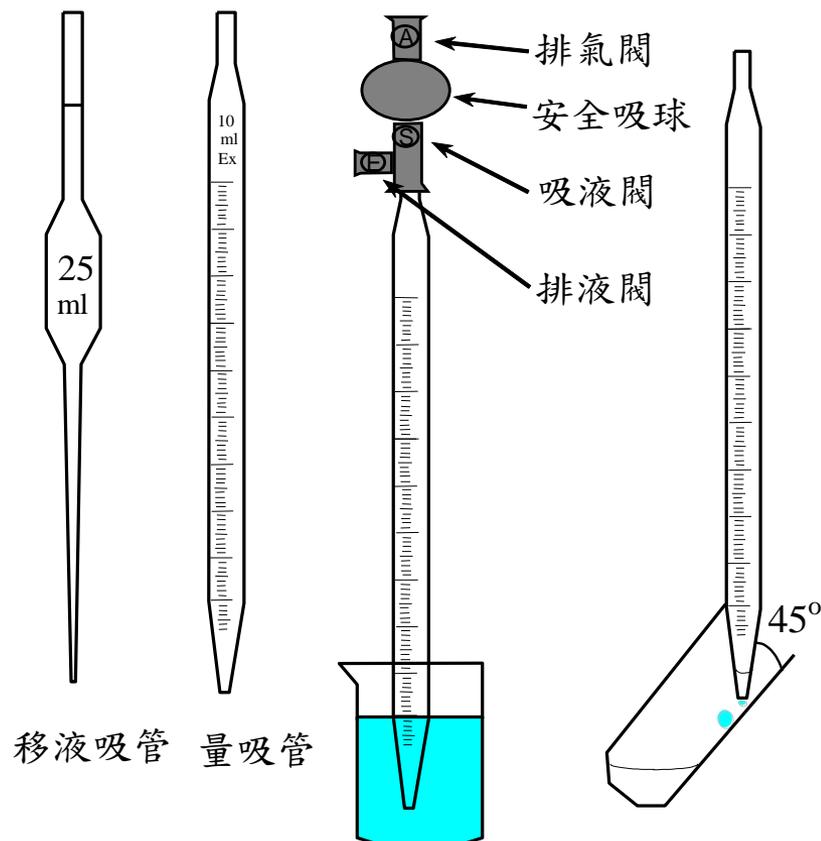


白底藍背線



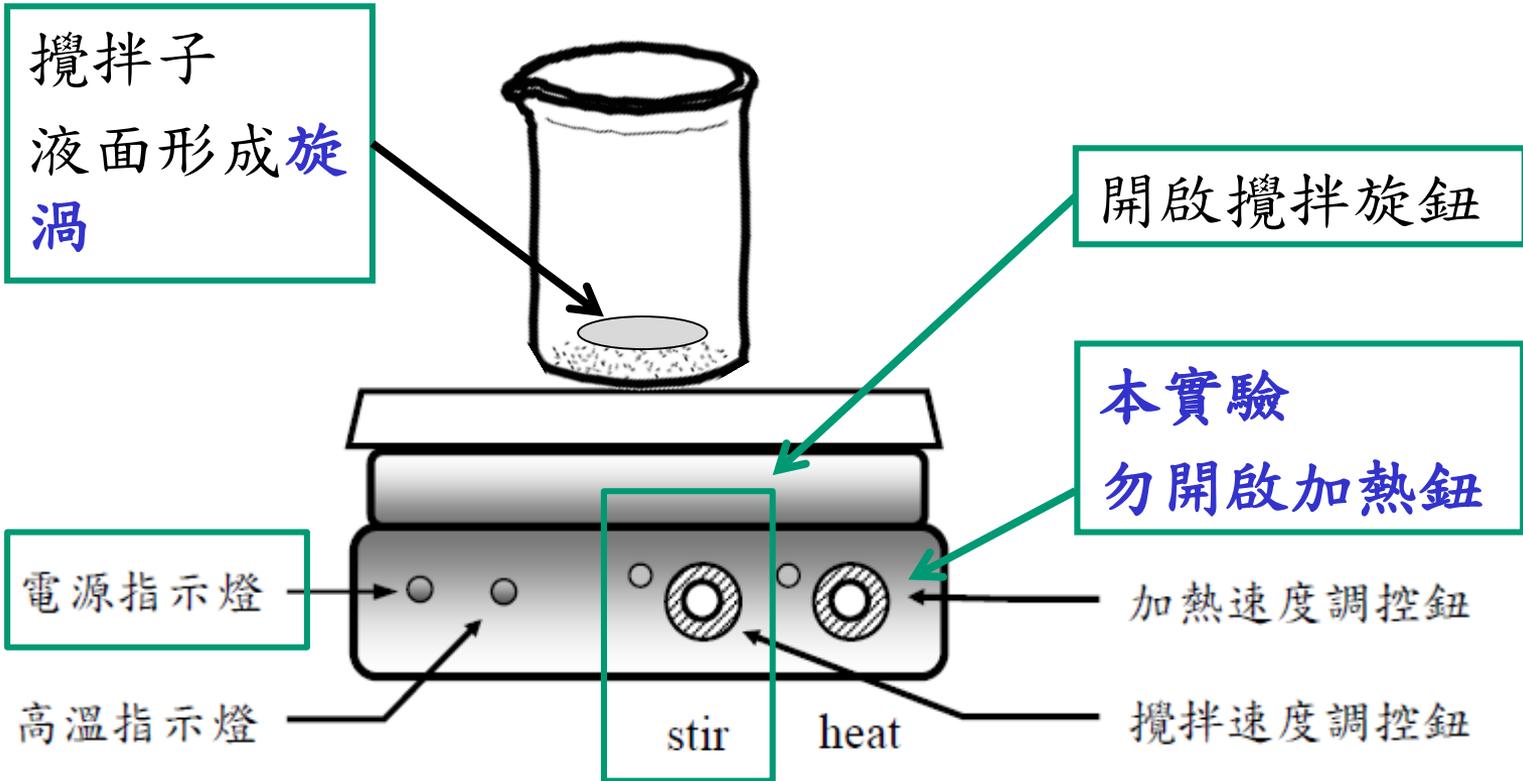
刻度吸量管

- 洗淨 10 mL 刻度吸量管
- 以少量待取試液潤洗 2 次
- 檢查安全吸球有無漏氣
- 以安全吸球吸取溶液超過標線
- 調整溶液到標線位置
- 轉置於錐形瓶
- 吸量管口貼靠器壁
- 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





加熱攪拌器





定量液體分注器

- 1) 檢視刻度設定於正確值，勿再自行調動
- 2) 容器靠近唧筒出口
- 3) 輕拉抽氣唧筒到頂
- 4) 慢壓抽氣唧筒到底，取得溶液於容器中

