

類 科：化學工程、環境檢驗

科 目：分析化學概要

考試時間：1 小時 30 分

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

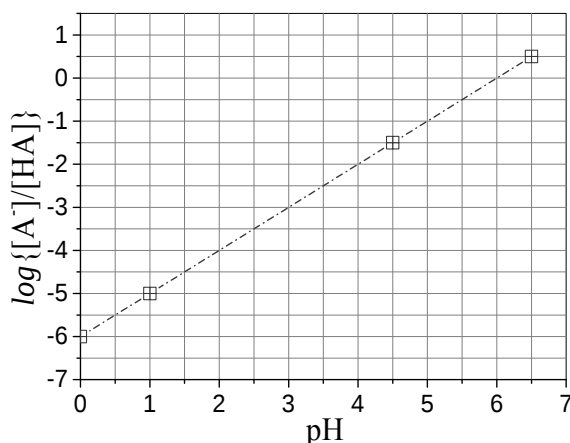
一、某生以一張秤量紙盛取硝酸銀(AgNO_3 ，式量：170)，秤得總重量為 0.271 (± 0.001) 克。他另以一只圓底燒杯量取蒸餾水，溶解所得硝酸銀。根據所述，回答下列問題：

(一)若秤量紙的重量為 0.101 (± 0.002) 克，而硝酸銀的淨重為 W ($\pm \Delta W$) 克，則 W 與 ΔW 的數值各為何？估計之，並詳述計算過程，已知若 $z = f(x, y)$ ，則 $(\Delta z)^2 = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 (\Delta x)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 (\Delta y)^2$ ，其中 Δz 、 Δx 與 Δy 分別代表 z 、 x 與 y 的標準偏差 (standard deviation)。(5 分)

(二)已知上述圓底燒杯底部半徑為 2.0 (± 0.1) 公分，蒸餾水在杯中的深度為 50.0 (± 0.1) 公分。若燒杯內蒸餾水的體積為 V ($\pm \Delta V$) 公升，則 V 與 ΔV 的數值各為何？估計之，並詳述計算過程，假設玻璃杯厚度可忽略不計。(10 分)

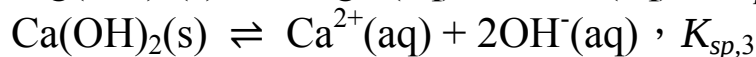
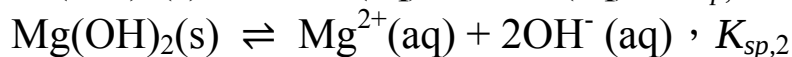
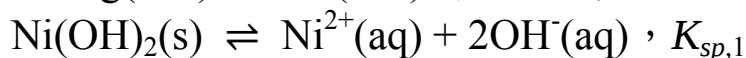
(三)若所配製出的硝酸銀溶液的體積莫耳濃度為 m ($\pm \Delta m$) mol/L，則 m 與 Δm 的數值各為何？估計之，並詳述計算過程，假設硝酸銀完全溶解，且溶液體積無明顯變化。(5 分)

二、下圖為以 0.010 M KOH 滴定 20.00 mL、0.010 M 某單質子酸(簡稱 HA)時所得到的濃度分布圖，其中橫軸為滴定過程中溶液的 pH 值，而縱軸為所對應的 $[\text{A}^-]$ 與 $[\text{HA}]$ 的比值的對數函數 ($\log \left\{ \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \right\}$)。根據所述，回答下列問題：

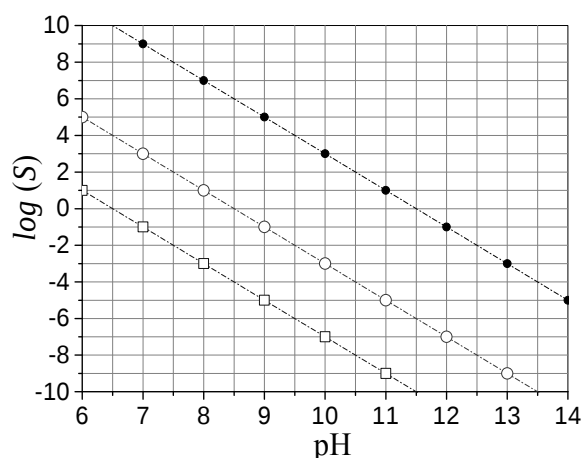


- (一)在滴定前，該 HA 溶液的 pH 值為何？估計之，並詳述計算過程。(10 分)
- (二)若欲讓該溶液中的 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 恰等於 1.0，則須加入多少毫升 0.010 M 的 KOH？估計之，並詳述計算過程。(5 分)
- (三)已知 KA 是 HA 與 KOH 的產物，若欲以 1.0 M KA 與 1.0 M HCl 配製出 pH 6.0 的溶液，則二者體積的比值 ($\frac{V_{KA}}{V_{HCl}}$) 應為何？估計其數值，並詳述計算過程，其中 V_{KA} 與 V_{HCl} 分別代表 KA 與 HCl 的體積。(5 分)

三、已知 $Ni(OH)_2$ 、 $Mg(OH)_2$ 與 $Ca(OH)_2$ 在水中會進行下列解離反應：

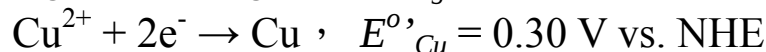
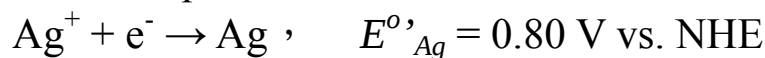


實驗顯示三者的溶解度(簡稱 S ，單位：mol/L)會隨水中 pH 值增加而降低，如下圖所示，其中縱軸為 S 的對數函數值($\log(S)$)。已知 $K_{sp,1} < K_{sp,2} < K_{sp,3}$ ，根據所述，回答下列問題：



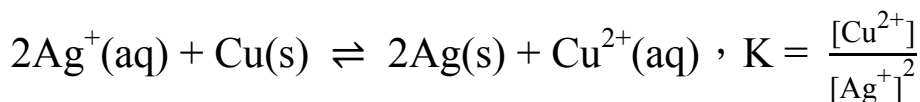
- (一)估計 $Ca(OH)_2$ 在 pH 5.0 溶液中的 S 值，並詳述計算過程。(10 分)
- (二)估計 $Ni(OH)_2$ 在 pH 13.0 溶液中的 S 值，並詳述計算過程。(10 分)
- (三)現有一固體混合物，內含 $Ca(OH)_2$ 、 $Mg(OH)_2$ 與 $Ni(OH)_2$ 各 0.10 莫耳，被置於 1.00 公升的純水中。若欲藉由 pH 值調整與過濾技巧，將三者中的兩個同時從溶液中「完全過濾分離」，則溶液的 pH 值應調整至那一範圍才能達到預期目的？並詳述分離邏輯，其中體積變化可忽略不計。已知「完全過濾分離」的定義是被過濾分離者，其在溶液中的殘餘量須小於或至多等於原有量的千分之一。(5 分)
- (四)承子題(三)，若欲藉由相似方法，繼續將兩個沉澱物予以分離，則應將其置於一公升何種 pH 範圍的溶液中，才能達到「完全分離」的目的？並詳述分離邏輯。(5 分)

四、以下所列為 Ag^+ 與 Cu^{2+} 離子的還原半反應，其中 $E^{\circ'}_{\text{Ag}}$ 與 $E^{\circ'}_{\text{Cu}}$ 為其形式電位 (Formal potential)：



已知 Ag^+ 與 Cu^{2+} 離子的還原電位均符合能斯特方程式，根據所述，回答下列問題：

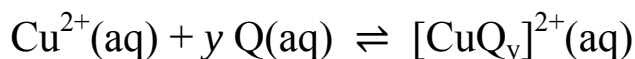
(一) 若在 1.0 公升 0.001 M 的 AgNO_3 溶液中加入大量銅粉，則銀離子的最終濃度為多少 M？估計其數值，並詳述計算過程，假設溶液體積變化可忽略不計、pH 值並無變化、銅粉僅會與銀離子進行下列反應，不會引起其他反應。(15 分)



(二) 實驗顯示：若以一含有 1×10^{-4} M 的 CuSO_4 與 x M 的 Q 的溶液 (簡稱溶液 T)，作為下列電池中陰極半電池的電解液：



該電池的電壓值 (簡稱 E_{cell}) 會隨 x 的數值增加而下降，如下圖所示。已知 Q 在水中不會進行任何氧化還原反應，僅會與 Cu^{2+} 離子進行下列反應，其中 K_f 為其平衡常數， y 為 Q 的反應係數，估計 K_f 與 y 的數值，並詳述計算過程。(15 分)



$$K_f = \frac{[\text{CuQ}_y^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}][\text{Q}]^y}$$

