

# 分析化學問題詳解 基本原理

D. A. 斯庫克 D. M. 韋斯特 原著



曉園出版社  
世界圖書出版公司

## 分析化学基本原理问题详解

D. A. 斯库克 D. M. 韦斯特原著

苏明达 吴健生 译著

\*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京重印

北京朝阳门内大街 137 号

新燕印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1992 年 10 月第一版 开本 850×1168 1/32

1992 年 10 月第一次印刷 印张:12.5

印数 0001—2000

ISBN:7-5062-1328-1/0.39

定价:8.30 元(W<sub>8</sub>9201/27)

世界图书出版公司通过中华版权代理公司购得重印权

限国内发行

## 前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

# Skoog分析化學基本原理詳解

## (目 錄)

第一章	緒 論	0
第二章	基本觀念複習	1
第三章	分析數據之評估	31
第四章	沉澱物之溶解度	63
第五章	重量分析	99
第六章	滴定分析法簡介	115
第七章	沉澱滴定法	133
第八章	簡單系統中和滴定之理論	145
第九章	複雜酸鹼系統之滴定曲線	181
第十章	中和滴定之應用	213
第十一章	非水溶液介質之鹽基鹼滴定	233
第十二章	錯合物形成之滴定	243
第十三章	電化學緒論	257
第十四章	氧化-還原滴定理論	277

第十五章	氧化-還原滴定之應用	291
第十六章	電位測定法	305
第十七章	電解重量分析法與電量分析法	317
第十八章	極譜法與電流滴定分析法	331
第十九章	光譜分析法導論	337
第二十章	光學分光儀器	343
第二十一章	分子分光術的應用	347
第二十二章	原子分光術	379
第二十三章	實際物質之分析	379
第二十四章	分析之預備步驟	379
第二十五章	樣品的分解與溶解	383
第二十六章	分析上之分離	383
第二十七章	層析分離法簡介	389
第二十八章	液體層析法	396
第二十九章	氣-液層析法	396
第三十章	分析化學上所使用之藥品、裝置及 單元操作	396
第三十一章	分析法選例	396

## 第二章 基本觀念複習

\*2-1 試指出下面物種在水中何者為酸，何者為鹼。並寫出其共軛酸或鹼之化學式。

- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| (a) $\text{NH}_4^+$         | (d) $\text{HSO}_4^-$         |
| (b) $\text{HCl}$            | (e) $\text{NaCN}$            |
| (c) $\text{H}_2\text{SO}_4$ | (f) $\text{CH}_3\text{NH}_2$ |

解 見課本第 2 A - 2 節

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| (a) $\text{NH}_4^+$ - 酸          | $\text{NH}_3$ 共軛鹼                |
| (b) $\text{HCl}$ - 酸             | $\text{Cl}^-$ 共軛鹼                |
| (c) $\text{H}_2\text{SO}_4$ - 酸  | $\text{HSO}_4^-$ 共軛鹼             |
| (d) $\text{HSO}_4^-$ - 酸         | $\text{SO}_4^{2-}$ 共軛鹼           |
| $\text{HSO}_4^-$ - 鹼             | $\text{H}_2\text{SO}_4$ - 共軛酸    |
| (e) $\text{NaCN}$ - 鹼            | $\text{HCN}$ - 共軛酸               |
| (f) $\text{CH}_3\text{NH}_2$ - 鹼 | $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$ - 共軛酸 |

\*2-2 試指出下面物種在水中，何者為酸何者為鹼。並寫出共軛酸或鹼之化學式。

- |                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| (a) $\text{HCN}$             | (d) $\text{H}_2\text{PO}_4^-$         |
| (b) $\text{H}_3\text{PO}_4$  | (e) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ |
| (c) $\text{Na}_3\text{PO}_4$ | (f) $\text{HOCl}$                     |

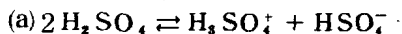
解 見第 2 A - 2 節

- |   |   |
|---|---|
| (a) $\text{HCN}$ - 酸                      | $\text{CN}^-$ - 共軛鹼                       |
| (b) $\text{H}_3\text{PO}_4$ - 酸           | $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ - 共軛鹼           |
| (c) $\text{PO}_4^{3-}$ - 鹼                | $\text{HPO}_4^{2-}$ - 共軛酸                 |
| (d) $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ - 酸         | $\text{HPO}_4^{2-}$ - 共軛鹼                 |
| $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ - 鹼             | $\text{H}_3\text{PO}_4$ - 共軛酸             |
| (e) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ - 鹼 | $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+$ - 共軛酸 |
| (f) $\text{HOCl}$ - 酸                     | $\text{OCl}^-$ - 共軛鹼                      |

2-3 寫出下面兩性溶劑之自解質子反應，並指出反應所形成的酸及鹼。

- |  |  |
|--|--|
| *(a) $\text{H}_2\text{SO}_4$                             | *(c) 乙醇, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ |
| (b) 二胺乙烷, $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ | (d) $\text{H}_2\text{S}$                 |

解 見第 2 A - 2 節



酸                  鹼



$$\begin{aligned}\text{mmol HCl} &= \frac{3.72 \text{ mg HCl}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ mmol HCl}}{36.46 \text{ mg}} \times \frac{10^{-3} \text{ L}}{\text{mL}} \times 100 \text{ mL} \\ &= 1.02 \times 10^{-2}\end{aligned}$$

2-7 下面物質含有多少毫莫耳？

- (a) 18.3 mg 之  $\text{P}_2\text{O}_5$  ?  
 (b) 20.3 g 之乾冰 ( $\text{CO}_2$ ) ?  
 (c) 50.0 g 之  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$  ?  
 (d) 63.4 mL 之 9.86 M 硫酸 ?  
 (e) 60.0 L 之 0.0125 M  $\text{KMnO}_4$  ?

解 見課本第 2 B 節

$$(a) \text{mmol P}_2\text{O}_5 = 18.3 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ mmol P}_2\text{O}_5}{141.9 \text{ mg P}_2\text{O}_5} = 0.129$$

$$(b) \text{mmol CO}_2 = 20.3 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mmol CO}_2}{0.04401 \text{ g}} = 461$$

$$(c) \text{mmol MgNH}_4\text{PO}_4 = 50.0 \text{ g MgNH}_4\text{PO}_4 \times \frac{1 \text{ mmol MgNH}_4\text{PO}_4}{0.1373 \text{ g MgNH}_4\text{PO}_4} = 364$$

$$(d) \text{mmol H}_2\text{SO}_4 = 63.4 \text{ mL} \times \frac{9.86 \text{ mmol H}_2\text{SO}_4}{\text{mL}} = 625$$

$$(e) \text{mmol KMnO}_4 = 60.0 \text{ L} \times \frac{10^3 \text{ mL}}{\text{L}} \times \frac{0.0125 \text{ mmol KMnO}_4}{\text{mL}} = 750$$

\*2-8 下面物質含有多少毫克？

- (a) 0.160 mol 之  $\text{CHCl}_3$  ?  
 (b) 120 mmol 之醋酸 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ?  
 (c) 16.0 mol 之  $\text{HNO}_2$  ?  
 (d) 5.5 mL 之 0.50 M 蔗糖 (fw = 342) ?  
 (e) 20.7 L 之 3.0 M  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ?

解 見課本第 2 B 節

$$(a) \text{mg CHCl}_3 = 0.160 \text{ mol CHCl}_3 \times \frac{119.4 \text{ g CHCl}_3}{\text{mol CHCl}_3} \times \frac{10^3 \text{ mg}}{\text{g}} = 1.91 \times 10^4$$

$$(b) \text{mg HA} = 120 \text{ mmol HA} \times \frac{60.05 \text{ mg HA}}{\text{mmol HA}} = 7.21 \times 10^3$$

$$(c) \text{mg HNO}_2 = 16.0 \text{ mol HNO}_2 \times \frac{47.01 \text{ g HNO}_2}{\text{mol}} \times \frac{10^3 \text{ mg}}{\text{g}} = 7.52 \times 10^5$$



4 分析化學基本原理詳解

$$(d) \text{mg X} = 5.5 \text{ mL} \times \frac{0.50 \text{ mmol X}}{\text{mL}} \times \frac{342 \text{ mg X}}{\text{mmol X}} = 9.4 \times 10^2$$

$$(e) \text{mg H}_3\text{PO}_3 = 20.7 \text{ L} \times \frac{3.0 \text{ mol H}_3\text{PO}_3}{\text{L}} \times \frac{82.0 \text{ g H}_3\text{PO}_3}{\text{mol H}_3\text{PO}_3} \\ \times \frac{10^3 \text{ mg}}{\text{g}} = 5.1 \times 10^6$$

2-9 下面物質含有多少克？

(a) 2.64 mol 之  $\text{CaSO}_4$  ？

(b) 22.1 mmol 之  $\text{I}_2$  ？

(c) 450 mL 之 0.250 M 甲醇 ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ？

(d) 6.50 L 之 0.0110 M  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  ？

(e) 6.10 mL 之  $2.00 \times 10^{-4} \text{ M NaNO}_3$  ？

解 見課本第 2B 節

$$(a) \text{g CaSO}_4 = 2.64 \text{ mol CaSO}_4 \times \frac{136.1 \text{ g CaSO}_4}{\text{mol CaSO}_4} = 359$$

$$(b) \text{g I}_2 = 22.1 \text{ mmol I}_2 \times \frac{0.2538 \text{ g I}_2}{\text{mmol I}_2} = 5.61$$

$$(c) \text{g CH}_3\text{OH} = 450 \text{ mL} \times \frac{0.250 \text{ mmol CH}_3\text{OH}}{\text{mL}} \\ \times \frac{0.03204 \text{ g CH}_3\text{OH}}{\text{mmol CH}_3\text{OH}} = 3.60$$

$$(d) \text{g Ba}(\text{OH})_2 = 6.50 \text{ L} \times \frac{0.0110 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2}{\text{L}} \\ \times \frac{171.4 \text{ g Ba}(\text{OH})_2}{\text{mol Ba}(\text{OH})_2} = 12.3$$

$$(e) \text{g NaNO}_3 = 6.10 \text{ mL} \times \frac{2.00 \times 10^{-4} \text{ mmol NaNO}_3}{\text{mL}} \\ \times \frac{0.08499 \text{ g NaNO}_3}{\text{mmol NaNO}_3} = 1.04 \times 10^{-4}$$

\*2-10 某溶液由 273 mg 之  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶於稀  $\text{HCl}$  中，並稀釋 2.00 L。計算

(a)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  之莫耳分析濃度。

(b)  $\text{Fe}^{3+}$  之莫耳平衡濃度。

(c)  $\text{SO}_4^{2-}$  之莫耳平衡濃度（假定不含  $\text{HSO}_4^-$ ）

(d)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  之重量-體積百分率。

(e) 在 25.0 mL 溶液中  $\text{Fe}^{3+}$  之毫莫耳數。

(f) 溶液中  $\text{Fe}^{3+}$  之百萬分數。

(g) 溶液中之  $p\text{Fe}(\text{III})$ 。(h) 溶液中之  $p\text{SO}_4$ 。

解 見課本例 2-1, 2-2 及 2-3 (P. 11)

$$(a) M_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 273 \text{ mg} \times \frac{10^{-3} \text{ g}}{\text{mg}} \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{399.9 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \\ \times \frac{1}{2.00 \text{ L}} = 3.41 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$(b) M_{\text{Fe}^{3+}} = 3.41 \times 10^{-4} \frac{\text{mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{L}} \times \frac{2 \text{ mol Fe}^{3+}}{\text{mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \\ = 6.82 \times 10^{-4} \frac{\text{mol Fe}^{3+}}{\text{L}}$$

$$(c) M_{\text{SO}_4^{2-}} = 3.41 \times 10^{-4} \frac{\text{mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{L}} \times \frac{3 \text{ mol SO}_4^{2-}}{\text{mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3} \\ = 1.02 \times 10^{-3} \frac{\text{mol SO}_4^{2-}}{\text{L}}$$

$$(d) \% \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 (\text{W/V}) = \frac{0.273 \text{ g Fe}_2(\text{SO}_4)_3}{2000 \text{ mL}} \times 100 \\ = 1.36 \times 10^{-2}$$

$$(e) \text{mmol Fe} = 25.0 \text{ mL} \times \frac{6.82 \times 10^{-4} \text{ mmol Fe}^{3+}}{\text{mL}} \\ = 1.70 \times 10^{-2}$$

$$(f) \text{ppm Fe}^{3+} = \frac{\text{mg Fe}^{3+}}{\text{L}} = \frac{6.82 \times 10^{-4} \text{ mol Fe}^{3+}}{\text{L}} \\ \times \frac{55.85 \times 10^3 \text{ mg Fe}^{3+}}{\text{mol Fe}^{3+}} = 38.1$$

見課本例 2-4, 2-5 (P. 12)

$$(g) p\text{Fe}(\text{III}) = -\log[\text{Fe}^{3+}] = -\log 6.82 \times 10^{-4} \\ = -\log 6.82 - \log 10^{-4} \\ = -0.834 - (-4) = 3.166$$

$$(h) p\text{SO}_4 = -\log 1.02 \times 10^{-3} = -\log 1.02 - \log 10^{-3} \\ = -0.0086 - (-3) = 2.991$$

-11 某溶液由 432 mg 之  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶於水中而稀釋至 1500 mL。計算(a)  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  之莫耳分析濃度(b)  $\text{K}^+$  之莫耳平衡濃度。(c)  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  之重量一體積百分率。(d)  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  之莫耳濃度。

6 分析化學基本原理詳解

(e) 在 100.0 mL 溶液中之  $K^+$  之毫莫耳數。

(f) 在溶液中  $K^+$  之百萬分數。

(g) 溶液之  $pK$ 。

(h) 溶液之  $pFe(CN)_6^-$ 。

$$\text{解 (a)} M_{K_4Fe(CN)_6} = 432 \text{ mg} \times \frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mmol } K_4Fe(CN)_6}{368.36 \text{ g } K_4Fe(CN)_6} \\ \times \frac{1}{1.5 \text{ L}} = 7.84 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{(b)} M_{K^+} = 7.84 \times 10^{-4} \frac{\text{mol } K_4Fe(CN)_6}{\text{L}} \times \frac{4 \text{ mol } K^+}{\text{mol } K_4Fe(CN)_6} \\ = 3.13 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{(c)} \%K_4Fe(CN)_6 = \frac{0.432 \text{ g } K_4Fe(CN)_6}{1500 \text{ mL}} \times 100 \\ = 0.0288 \% K_4Fe(CN)_6 (W/V)$$

$$\text{(d)} M_{Fe(CN)_6^{4-}} = 7.84 \times 10^{-4} \frac{\text{mol } K_4Fe(CN)_6}{\text{L}} \\ \times \frac{1 \text{ mol } Fe(CN)_6^{4-}}{\text{mol } K_4Fe(CN)_6} = 7.84 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{(e)} \text{mmol } K^+ = 100 \text{ mL} \times \frac{3.13 \times 10^{-3} \text{ mmol } K^+}{1 \text{ mL}} \\ = 3.13 \times 10^{-1} \text{ mmol } K^+ / 100 \text{ mL}$$

$$\text{(f)} \text{ppm } K^+ = \frac{\text{mg } K^+}{\text{L}} = \frac{3.13 \times 10^{-3} \text{ mol } K^+}{\text{L}} \times \frac{39 \times 10^3 \text{ mg } K^+}{1 \text{ mol } K^+} \\ = 122 \text{ ppm}$$

$$\text{(g)} pK = -\log [K^+] = -\log 3.13 \times 10^{-3} = 2.504$$

$$\text{(h)} pFe(CN)_6^- = -\log [Fe(CN)_6^{4-}] = -\log 7.84 \times 10^{-4} \\ = 3.107$$

\*2-12 海水平均含有  $1.27 \times 10^3 \text{ ppm}$  之  $Mg^{2+}$  與  $400 \text{ ppm}$  之  $Ca^{2+}$ 。計算

(a) 如果海水之密度為  $1.02 \text{ g/mL}$ ，試求這些離子之莫耳濃度。

(b) 計算溶液之  $pMg$  及  $pCa$ 。

解 見課本例 2-4 (P. 12)。

$$\text{(a)} [Mg^{2+}] = \frac{1.27 \times 10^3 \text{ g } Mg^{2+}}{10^6 \text{ g } H_2O} \times \frac{1.02 \times 10^3 \text{ g } H_2O}{\text{L}} \\ \times \frac{1 \text{ mol } Mg^{2+}}{24.31 \text{ g } Mg^{2+}} = 5.33 \times 10^{-2}$$

$$[ \text{Ca}^{2+} ] = \frac{400}{10^6} \times 1.02 \times 10^3 \times \frac{1}{40.08} = 1.02 \times 10^{-2}$$

$$(b) \text{pMg} = -\log [ \text{Mg}^{2+} ] = -\log 5.33 \times 10^{-2}$$

$$= -\log 5.33 - \log 10^{-2} = -0.727 - (-2) = 1.273$$

$$\text{pCa} = -\log 1.02 \times 10^{-2} = 1.991$$

2-13 人的紅血球平均每 100 mL 含有 360 mg  $\text{Na}^{2+}$  及 21 mg  $\text{SO}_4^{2-}$

(a) 計算這些物種之莫耳濃度各多少？

(b) 計算溶液之  $\text{pNa}$  及  $\text{pSO}_4$ 。

解 見課本例 2-4 ( p. 12 )

$$(a) [ \text{Na}^+ ] = \frac{360 \text{mg}}{100 \text{mL}} \times \frac{1 \text{mmol Na}^+}{22.99 \text{mg Na}^+} = 0.157$$

$$[ \text{SO}_4^{2-} ] = \frac{21}{100} \times \frac{1}{96.06} = 2.19 \times 10^{-3}$$

$$(b) \text{pNa} = -\log 1.57 \times 10^{-1} = -\log 1.57 - \log 10^{-1}$$

$$= -0.196 - (-1) = 0.804$$

$$\text{pSO}_4 = -\log 2.19 \times 10^{-3} = 2.660$$

2-14 計算下列溶液中所指定離子之 p 值：

\* (a) 在 0.115 M 之  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  及 0.210 M 之  $\text{NaOH}$  溶液中含  $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、及  $\text{OH}^-$ 。

(b) 在  $1.40 \times 10^{-4}$  M 之  $\text{BaCl}_2$  及  $1.60 \times 10^{-3}$  M 之  $\text{MnCl}_2$  溶液中含  $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、及  $\text{Cl}^-$ 。

\* (c) 在 2.00 M 之  $\text{HCl}$  及 0.350 M 之  $\text{ZnCl}_2$  溶液中含  $\text{H}_3\text{O}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、及  $\text{Zn}^{2+}$ 。

(d) 在 0.150 M 之  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  及 0.360 M 之  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  溶液中含  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、及  $\text{NO}_3^-$ 。

\* (e) 在  $6.04 \times 10^{-4}$  M 之  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$  及  $1.76 \times 10^{-3}$  M 之  $\text{HClO}_4$  溶液中含  $\text{H}_3\text{O}^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、及  $\text{ClO}_4^-$ 。

(f) 在  $2.75 \times 10^{-3}$  M 之  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  及  $4.64 \times 10^{-3}$  M 之  $\text{KOH}$  溶液中含  $\text{K}^+$ 、 $\text{OH}^-$ 、及  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ 。

解 見課本例 2-4 ( p. 12 )

$$(a) [ \text{Na}^{2+} ] = 2 \times 0.115 + 0.210 = 0.440$$

$$[ \text{SO}_4^{2-} ] = 0.115; [ \text{OH}^- ] = 0.210$$

$$\text{pNa} = -\log 4.40 \times 10^{-1} = -\log 4.40 - \log 10^{-1}$$

$$= -0.643 + 1 = 0.357$$

$$\text{pSO}_4 = -\log 0.115 = 0.94$$

$$\text{pOH} = -\log 0.210 = 0.678$$

$$(b) [ \text{Ba}^{2+} ] = 1.40 \times 10^{-4}; [ \text{Mn}^{2+} ] = 1.60 \times 10^{-3}$$

$$[\text{Cl}^-] = 2(1.40 \times 10^{-4} + 16.0 \times 10^{-4}) = 3.48 \times 10^{-3}$$

$$\text{pBa} = -\log 1.40 \times 10^{-4} = -\log 1.40 - \log 10^{-4}$$

$$= -0.146 + 4 = 3.854$$

$$\text{pMn} = -\log 1.60 \times 10^{-3} = 2.796$$

$$\text{pCl} = -\log 3.48 \times 10^{-3} = 2.458$$

$$(c) [\text{H}^+] = 2.00; [\text{Cl}^-] = 2.00 + 2 \times 0.350 = 2.70$$

$$[\text{Zn}^{2+}] = 0.350$$

$$\text{pH} = -\log 2.00 = -0.301; \text{pCl} = -\log 2.70$$

$$= -0.431$$

$$\text{pZn} = -\log 3.50 \times 10^{-1} = -0.544 + 1 = 0.456$$

$$(d) \text{pCu} = -\log 0.15 = 0.824$$

$$\text{pZn} = -\log 0.36 = 0.444$$

$$\text{pNO}_3^- = -\log(0.15 \times 2 + 0.36 \times 2) = -0.009$$

$$(e) \text{pH} = -\log 1.76 \times 10^{-5} = 4.754$$

$$\text{pBa} = -\log 6.04 \times 10^{-4} = 3.219$$

$$\text{pClO}_4 = -\log(2 \times 6.04 \times 10^{-4} + 1.76 \times 10^{-5})$$

$$= 2.912$$

$$(f) \text{pK} = -\log(4 \times 2.75 \times 10^{-6} + 4.64 \times 10^{-5}) = 4.241$$

$$\text{pOH} = -\log 4.64 \times 10^{-5} = 4.333$$

$$\text{pFe}(\text{CN})_6 = -\log 2.75 \times 10^{-6} = 5.561$$

2-15 計算溶液中含有水合氫離子之莫耳濃度，如果其 pH 值為

$$* (a) 11.97$$

$$* (e) 4.44$$

$$(b) 1.63$$

$$(f) 9.76$$

$$* (c) 7.62$$

$$* (g) -0.96$$

$$(d) 10.16$$

$$(h) -0.271$$

解 見課本例 2-5 (P.12)

$$(a) \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 11.97$$

$$\log [\text{H}^+] = -11.97 = -12 + 0.03$$

$$[\text{H}^+] = \text{antilog}(-12) \times \text{antilog} 0.03$$

$$= 10^{-12} \times 1.072 = 1.1 \times 10^{-12} \text{ M}$$

$$(b) \log [\text{H}^+] = -1.63 = -2 + 0.37$$

$$[\text{H}^+] = \text{antilog}(-2) \times \text{antilog} 0.37$$

$$= 10^{-2} \times 2.344 = 2.3 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$(c) [\text{H}^+] = \text{antilog}(-8) \times \text{antilog} 0.38 = 2.4 \times 10^{-8} \text{ M}$$

$$(d) [\text{H}^+] = \text{antilog}(-11) \times \text{antilog} 0.84 = 6.9 \times 10^{-11} \text{ M}$$

$$(e) [\text{H}^+] = \text{antilog}(-4) \times \text{antilog} 0.56 = 3.6 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$(f) [\text{H}^+] = \text{antilog}(-10) \times \text{antilog} 0.24 = 1.7 \times 10^{-10} \text{ M}$$

$$(g) \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -0.96$$

$$\log [\text{H}^+] = 0.96$$

$$[\text{H}^+] = \text{antilog } 0.96 = 9.12 = 9:1$$

$$(h) [\text{H}^+] = \text{antilog } 0.271 = 1.86 = 1.9$$

- \*2-16 計算在含 9.00% (w/w) 比重為 1.07 之溶液中,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  之莫耳分析濃度及  $\text{K}^+$  之莫耳平衡濃度。

$$\begin{aligned} \text{解 } M_{\text{K}_2\text{SO}_4} &= \frac{1.07 \text{ g 溶液}}{\text{mL 溶液}} \times \frac{9.00 \text{ g K}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g soln}} \times \frac{1 \text{ mmol K}_2\text{SO}_4}{0.1743 \text{ g K}_2\text{SO}_4} \\ &= 0.552 \frac{\text{mmol K}_2\text{SO}_4}{\text{mL}} \end{aligned}$$

$$M_{\text{K}^+} = 2 \times M_{\text{K}_2\text{SO}_4} = 2 \times 0.552 = \frac{1.10 \text{ mmol K}^+}{\text{mL}}$$

- 2-17 計算在含 20% (w/w) 比重為 1.19 之溶液中,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  之莫耳分析濃度及  $\text{Na}^+$  之莫耳平衡濃度。

$$\begin{aligned} \text{解 } M_{\text{Na}_2\text{SO}_4} &= \frac{1.19 \text{ g 溶液}}{1 \text{ mL 溶液}} \times \frac{20.0 \text{ g Na}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g 溶液}} \times \frac{1 \text{ mmol Na}_2\text{SO}_4}{0.142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4} \\ &= 1.68 \frac{\text{mmol Na}_2\text{SO}_4}{\text{mL}} \end{aligned}$$

$$M_{\text{Na}^+} = 2 \times M_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 2 \times 1.68 \text{ M} = 3.35 \frac{\text{mmol Na}^+}{\text{ml}}$$

- \*2-18 說明如何配製下面的溶液：

(a) 500 mL 之 6.0% (w/v) 乙二醇水溶液。

(b) 500 g 之 6.0% (w/w) 乙二醇水溶液。

(c) 500 mL 之 6.0% (v/v) 乙二醇水溶液。

解 (a) 取 30g 乙二醇溶於水中再稀釋至 500 mL

(b) 取 30g 乙二醇溶於 470 g 之水中

(c) 取 30 mL 乙二醇溶於水中再稀釋至 500 mL

- 2-19 說明如何配製下面的溶液。

(a) 20.0 L 之 24.0% (w/v) 甲醇水溶液。

(b) 20.0 kg 之 24.0% (w/w) 甲醇水溶液。

(c) 20.0 L 之 24.0% (v/v) 甲醇水溶液。

解 (a) 取 4800g 之甲醇溶於水中再稀釋至 20 升。

(b) 取 4.8 kg 甲醇溶於 15.2 kg 之水中。

(c) 取 4.8 升之甲醇溶於水中再稀釋至 20 升。

- \*2-20 說明如何配製下面的溶液

(a) 6.00 L 之 0.0215 M  $\text{I}_2$  在  $\text{CH}_3\text{OH}$  之溶液。

(b) 由純  $\text{K}_2\text{SO}_4$  配製 600 mL 之 0.0850 M  $\text{K}^+$ 。

(c) 由 1.25 M 之鹽溶液配製 600 mL 之 0.200 M  $K_2Cr_2O_7$ 。

(d) 由 1.25 M 之  $AgNO_3$  溶液配製 600 mL 之 5.00% (w/v)  $AgNO_3$ 。

(e) 含 5.00 ppm 碘化物之溶液 6.00 L 由純  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  配製。

$$\text{解 (a) wt } I_2 = 6.00 \text{ L} \times 0.0215 \frac{\text{mol } I_2}{\text{L}} \times \frac{253.8 \text{ g } I_2}{\text{mol}} = 32.7$$

溶解 32.7 g  $I_2$  於  $CH_3OH$  再稀釋至 6.00 L

$$\begin{aligned} \text{(b) wt } K_2SO_4 &= 600 \text{ mL} \times \frac{0.0850 \text{ mmol } K^+}{\text{mL}} \times \frac{1 \text{ mmol } K_2SO_4}{2 \text{ mmol } K^+} \\ &\times \frac{0.1743 \text{ g } K_2SO_4}{\text{mmol } K_2SO_4} = 4.44 \text{ g} \end{aligned}$$

溶解 4.44 g  $K_2SO_4$  於水中再稀釋至 600 mL

$$\begin{aligned} \text{(c) vol} &= 600 \text{ mL} \times 0.200 \frac{\text{mmol } K_2Cr_2O_7}{\text{mL}} \times \frac{1 \text{ mL soln}}{1.25 \text{ mmol } K_2Cr_2O_7} \\ &= 96.0 \text{ mL} \end{aligned}$$

取 96.0 mL 的 1.25 M 溶液稀釋到 600 mL

$$\begin{aligned} \text{(d) vol} &= 600 \text{ mL} \times \frac{5.00 \text{ g } AgNO_3}{100 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mmol } AgNO_3}{0.1699 \text{ g } AgNO_3} \\ &\times \frac{1 \text{ mL } AgNO_3}{1.25 \text{ mmol } AgNO_3} = 141 \text{ mL} \end{aligned}$$

取 141 mL 的溶液稀釋到 600 mL

$$\begin{aligned} \text{(e) wt } BaCl_2 \cdot 2H_2O &= \frac{5 \text{ mg Cl}}{\text{L}} \times 6.00 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mmol Cl}}{35.45 \text{ mg Cl}} \\ &\times \frac{1 \text{ mmol } BaCl_2 \cdot 2H_2O}{2 \text{ mmol Cl}} \\ &\times \frac{0.2443 \text{ g } BaCl_2 \cdot 2H_2O}{\text{mmol}} = 0.103 \text{ g} \end{aligned}$$

溶解 0.103 g 的  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  於水中再稀釋 6.00 L。

## 2-21 說明如何配製下面的溶液

(a) 由固態  $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$  配製 750 mL 含 0.200 M  $(NH_4)_2C_2O_4$  之溶液。

(b) 由固態  $K_4Fe(CN)_6$  配製 1.67 L 含 0.115 M  $K^+$  之溶液。

(c) 由 0.330 M 之塩類溶液配製 250 mL 含 0.200 M  $BaCl_2$  之溶液。

(d) 由 0.137 M  $K_2Cr_2O_7$  溶液配製 250 mL 含 0.200% (w/v)  $K_2Cr_2O_7$  之溶液。

(e) 由  $2.00 \times 10^{-3} M (NH_4)_2SO_4$  溶液配製 2.00 L 含 2.5 ppm  $NH_4^{+}$  之溶液。

解 見問題 2-20 之解

$$(a) \text{wt } (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 / 750 \text{ mL 溶液} = 750 \times 0.200 \times 0.1421 \\ = 21.3 \text{ g}$$

$$(b) \text{wt } \text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6 / 1.67 \text{ L 溶液} = 1.67 \times 0.115 \times 329.3 / 3 \\ = 21.1 \text{ g}$$

$$(c) \text{vol } 0.330 \text{ M 溶液} / 250 \text{ mL 溶液} = 250 \times 0.200 / 0.330 \\ = 152 \text{ mL}$$

$$(d) \text{vol } 0.137 \text{ M 溶液} / 250 \text{ mL 溶液} = 250 \times \frac{0.200}{100} \times \frac{1}{0.2492} \\ \times \frac{1}{0.437} = 14.6 \text{ mL} \\ = 14.6 \text{ mL}$$

$$(e) \text{vol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = \frac{2.5 \text{ mg NH}_4^+}{\text{L}} \times 2 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mmol NH}_4^+}{18.04 \text{ mg NH}_4^+} \\ \times \frac{1 \text{ mmol } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{2 \text{ mmol NH}_4^+} \\ \times \frac{1 \text{ mL } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{2.00 \times 10^{-3} \text{ mmol}} = 69.3 \text{ mL}$$

取 69.3 mL 的  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  溶液稀釋到 2.00 L。

\*2-22 說明如何配製下面的溶液

(a) 由固態配製 1.50 L 含 0.165 M  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶液。

(b) 由固態配製 50.0 L 含 0.100 M  $\text{KCl}$  溶液。

(c) 由 0.175 M 之  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  溶液配製 500 mL 含 1.00% (w/v)  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  溶液。

(d) 由 0.137 M 之  $\text{AlBr}_3$  溶液配製 20.0 L 含 0.0113 M 之  $\text{K}^+$  溶液。

解 見問題 2-20 之解

$$(a) \text{wt } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 / 1.50 \text{ L 溶液} = 1.50 \times 0.165 \times 294.2 = 72.8 \text{ g}$$

取 72.8 克  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  溶於水中再稀釋至 1.5 升

$$(b) \text{wt } \text{KCl} / 50.0 \text{ L} = 50.0 \times 0.100 \times 74.6 = 373 \text{ g}$$

取 373 g  $\text{KCl}$  溶於水中再稀釋至 50 升

$$(c) \frac{\text{vol } 0.175 \text{ M } \text{Zn}(\text{NO}_3)_2}{500 \text{ mL 溶液}} = 500 \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{0.1894} \times \frac{1}{0.175} \\ = 151 \text{ mL}$$

取 15 mL 之 0.175 M  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  稀釋至 0.5 升

$$(d) \frac{\text{vol } 0.317 \text{ M } \text{AlBr}_3}{20.0 \text{ L}} = 20.0 \times 0.0113 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{0.317}$$



$$= 0.238 \text{ L 或 } 238 \text{ mL}$$

取 238 mL 之 0.317 M AlBr<sub>3</sub> 溶液稀釋至 20 升

### 2-23 說明如何配製下面的溶液

- (a) 由固態 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 配製 2.00 L 含 0.150 M K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 溶液。  
 (b) 由固態 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 配製 500 mL 含 0.175 M K<sup>+</sup> 溶液。  
 (c) 由 0.700 M K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 溶液配製 500 mL 含 0.0300 M K<sup>+</sup> 溶液  
 (d) 由 1.04 M 之 BaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O 溶液配製 500 mL 含 0.0400 M BaCl<sub>2</sub> 溶液。

解 見問題 2-20 之解

- (a) wt K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> / 2.00 L = 2.00 × 0.150 × 294.2 = 88.3 g  
 (b) wt K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> / 500 mL = 500 × 0.175 × 0.2942 / 2 = 12.9 g  
 (c) vol 0.7 M K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> / 500 mL 溶液  
 = 500 × 0.0300 / (4 × 0.700) = 5.36 mL  
 (d) vol 1.04 M BaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O / 500 mL 溶液 = 500 × 0.0400 / 1.04 = 19.2 mL

### 2-24 濃 HNO<sub>3</sub> 之比重為 1.42，含 HNO<sub>3</sub> 69% (w/w)。

- (a) 在 1.40 L 此試劑中含多少克 HNO<sub>3</sub> ?  
 (b) 說明如何由濃試劑配製 6.00 L 含 0.15 M HNO<sub>3</sub> 溶液 ?

解 見課本例 2-7 (P.14)

$$(a) \text{ g HNO}_3 = 1.40 \text{ L} \times 10^3 \frac{\text{mL}}{\text{L}} \times \frac{1.42 \text{ g 溶液}}{\text{mL}} \times \frac{69 \text{ g HNO}_3}{100 \text{ g soln}}$$

$$= 1.37 \times 10^3$$

$$(b) \text{ mL 濃 HNO}_3 = 6.00 \text{ L} \times 0.15 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{63.01 \text{ g HNO}_3}{\text{mol}}$$

$$\times \frac{1 \text{ mL}}{1.42 \text{ g 溶液}} \times \frac{100 \text{ g 溶液}}{69 \text{ g HNO}_3} = 57.9$$

取 58 mL 的濃 HNO<sub>3</sub> 溶液稀釋到 6.0 L。

### 2-25 濃 HCl 之比重為 1.185，含 HCl 36.5% (w/w)。

- (a) 在 4.50 L 此試劑中，須多少毫升 HCl 氣體 (在 STP 時測定) ?  
 (b) 說明如何由濃試劑配製 1.0 L 約 0.050 M HCl 溶液 ?

解 見課本例 2-7 及問題 2-24 b

$$(a) \text{ mL HCl (g)} = 4.50 \times 10^3 \text{ mL 溶液} \times \frac{1.185 \text{ g 溶液}}{\text{mL 溶液}}$$

$$\times \frac{36.5 \text{ g HCl}}{100 \text{ g 溶液}} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.43 \text{ g HCl}} \times \frac{22.4 \text{ L HCl}}{\text{mol HCl}}$$

$$= 1.20 \times 10^3 \text{ L}$$