

# 分析化學

鄭華生 著



國立清華大學出版社

# 分析化學

鄭華生

國立清華大學出版社

中華民國九十六年十一月

國家圖書館出版品預行編目資料

分析化學 / 鄭華生. --初版  
新竹市：清大出版社，民 96

706 面； 19\*26 公分 含參考書目及索引  
ISBN 978-986-81812-6-7 (精裝)  
1. 分析化學

341

96016569

## 分析化學

作 者：鄭華生  
發行人：陳文村  
出版者：國立清華大學出版社  
社 長：周懷樸  
地 址：300 新竹市光復路二段 101 號  
電 話：03-5714337 03-5715131 轉 35050  
傳 真：03-5744691  
網 址：<http://academic.nthu.edu.tw/publish/>  
電子信箱：[thup@my.nthu.edu.tw](mailto:thup@my.nthu.edu.tw)  
總經銷：新月（東華）圖書股份有限公司  
地 址：10045 台北市博愛路 105 號 3 樓  
電 話：02-2311-4027 傳真：02-2311-6615  
行政編輯：陳文芳  
出版日期：民國 96 年 11 月初版  
定 價：精裝本新台幣 700 元

**GPN 1009602325**

**ISBN 978-986-81812-6-7**

【版權所有、翻印必究】

---

# 序言

---

本書是為大學必修課之一的分析化學課程教科書而寫成，係根據作者多年研究心得以及教學經驗審慎編輯而成的。

從二十世紀後半起，分析化學已經變成一門跨化學和有關學科的科際學問，致使課程內容的不斷擴張與多元化。除了傳統的無機物定性分析、重量分析、容量分析等化學分析以外，還納入了很多利用儀器的分析方法，包括有機物分析和結構分析。

從分析工作的角度而言，化學分析和儀器分析都同樣重要，並沒有孰重孰輕的問題。一般而言，分析實驗分兩個階段：(A) 將試樣溶解成溶液，分離目的物質和 (B) 用適當的方法鑑定並定量。階段 A 屬於化學分析的一部分，由工作人員親自動手做，能清楚觀察化學變化的全部過程。階段 B 的進行，實驗者有兩個選擇，究竟是採用化學分析法或採用儀器分析法，必須視目的物質的濃度、實驗的難易度、實驗室硬體設備等因素而定，不能一概而論。如果選擇儀器分析法，試樣置入儀器後，由印表機印出信號資料，堪稱方便，但缺點是實驗者看不到儀器裡面發生的變化。總之，化學分析和儀器分析都是分析化學的一部分，二者都有各自的分析對象、適用的濃度範圍、干擾問題等須視情況進行。

本書的主要目的是介紹化學分析和儀器分析。有關儀器部分著重於隱藏在儀器裡面的原理或儀器輸出的信號背後面的原理。作者執筆時考慮下列幾點：

1. 大學必修課程是屬於普通教育的性質，它們必須為諸多專門課程，亦即選修課程提供學習基礎。分析化學課程內容不但是將來主修分析化學學生的基礎，而且也是將來主修無機化學、有機化學、物理化學以及化學相關各科系學生的基礎。本書著重基礎概念的解說，而不涉及各種分析方法的應用，因為各部門有各自的應用對象，屬於專門教育，超過本書內容之故。
2. 每一個單元都著重主題系統狀態的全面瞭解，瞭解「面」的狀態可以正確把握面中的每一個「點」。假若只看點不看面，恐會引起錯誤的概念。

3. 簡單扼要式的敘述很容易導致學生的誤解。因此，本書盡量詳細解說各種概念，期盼學生清楚理解。
4. 有關化學分析部分，盡量介紹發展歷史，期望藉溫故而後知新。
5. 化學分析根據化學反應，其計量關係是定量分析的基準，也是化學的基礎，學生必熟練運用。化學分析實驗需要瞭解每一個步驟的意義，不可將實驗指南當作食譜般，漫不經心地添加試藥。
6. 儀器分析根據物質和外加能的物理變化作為分析的基準，儀器分析實驗需要瞭解信號後面的原理。它利用的能有熱、電、光等，而且能量大小不同，反應可能也就不同。除此之外，原子從最外層的價電子到最內層的原子核，能量越來越大，現象越為複雜，理論也越深難。學生除了化學知識之外，還需要某些程度的物理和數學的知識。這一種情況的確增加了教授和學生雙方的壓，因此本書添加了很多圖和表，期盼能減輕學生學習抽象理論的壓力與障礙。
7. 目前價格昂貴的精密儀器都委由各地區的貴重儀器中心集中管理，學生沒有操作的機會，而且觀摩的機會也很少。使用儀器的圖片或照片的效果並不大，不如加強原理的解說實際來得有幫助，畢竟儀器是根據原理而設計而成的。
8. 本書使用的物理量單位盡量配合國際單位系列和國際純粹暨應用化學聯盟的建議。
9. 本書所使用之名詞、用詞以採用教育部公布之化學、化學工程、生物化學、電機工程學、數學、輻射能學等的名詞為準。物理學名詞和化學用詞並使用國內分析化學界慣用者。
10. 筆者學淺才疏，文字又極淺陋，本書中深恐有所錯誤，尚祈請讀者不吝指正，不勝感激，俾便更正。

本書的執筆始自 1997 年，因為各種原因斷斷續續，竟然花了約十年的光景才完稿。這一段期間，國立清華大學化學系優遇退休教授，允許繼續使用個人研究辦公室以及設備，全體同仁更是給予照顧與鼓勵，謹致謝忱。

鄭華生 謹誌

2007年5月28日

# Preface

This textbook was written based on over forty years of experience instructing analytical chemistry, as well as observing students learning analytical chemistry.

Since the mid twentieth century, analytical chemistry has become an interdisciplinary science. This is evidenced by a continuously increasing number of textbooks, as well as an expanding of course contents within those textbooks. In addition to the traditional inorganic qualitative and quantitative analyses, organic and structural analyses employing instruments have been included in this textbook.

As a practical matter, there seems to be no compelling reason to compare the advantages and disadvantages of chemical analysis versus instrumental analysis. For analytical chemists, the two are equally important. In general, analytical chemistry experiments consist of two steps: (1) dissolving samples and separating target elements or substances, and (2) identifying and quantifying those materials. The first step is an example of chemical analysis. Analysts clearly observe every chemical change during operations. For the second step, analysts can employ either the chemical or instrumental method, depending on the concentration of the target substances, difficulty of the experiment, and the hardwares available to them. When instrumental methods are chosen, samples are inserted into the instruments and the data is conveniently printed out. However, the changes occurring in the instruments can not be observed.

The purpose of the present book is to introduce the basic principles of both chemical analysis and instrumental analysis. In the case of the latter, principles behind the signals printed out are important. While writing this book, the author kept the following items in mind:

1. Required university courses are part of one's general education. They should serve as bases for advanced courses and elective courses. Therefore, the course of analytical chemistry is a basic course for students majoring not only in analytical chemistry, but also inorganic, organic, or physical chemistry as well as interdisciplinary sciences which require some chemistry. Hence, basic principles are introduced, but their applications are beyond the scope of this textbook. They are concisely devoted to their respective fields of professional publication.
2. Efforts are made to stress the importance of understanding the whole system of every topic and problem. Discussion of any particular problem while overlooking the system as a whole may lead to misunderstanding.
3. A brief introduction can also lead to misunderstanding. Therefore, detailed discussions are used throughout.
4. Historical approaches are given in the chemical analyses in order to introduce concepts precisely.

5. Chemical analyses are based on the chemical reactions and their stoichiometric relations. Students are advised to become familiar with them. In the laboratory, students must grasp the logic behind each step of their lab manuals. These manuals can not be treated as cookbooks.
6. Physical changes due to the application of energy on matter are the basis of instrumental analysis. Thus, understanding the principles behind them is essential. Thermal, electrical, and optical energy can be applied, and the different magnitude of energy may cause different reactions. Besides, in the case of atoms, energy increases from the outside electrons into the center nucleus. The reactions become more complicated and the theories involved are difficult to understand without sound scientific background knowledge. Such situations inevitably bring pressure to both teachers and students. Therefore, many figures and tables are included to minimize the pressure associated with learning abstract theories.
7. At present, expensive instruments are owned and managed by Expensive Precise Instruments Center. Therefore, most students have no opportunity to operate them. Photographs are of little use here. Thus, detailed explanations of the principles are desired because instruments are constructed under those principles.
8. Units of physical quantities recommended by S.I. System and IUPAC are used in this textbook.
9. Translations of scientific terms are adopted from those authorized by the Ministry of Education, including terms used in chemistry, chemical engineering, biochemistry, electrical engineering, mathematics, radiation etc.
10. The author would greatly appreciate if readers point out any errors appearing in this textbook.

### **Acknowledgments**

It has taken almost ten years to write this book. During this long period, the Department of Chemistry, National Tsing Hua University has graciously allowed retired professors to use many facilities. The author sincerely acknowledges every colleague who has given heartfelt encouragement to him.

**H. S. Cheng**

May 28, 2007

## 作者簡介

鄭華生 1927 年出生。

1951 年國立台灣大學化學系畢業。

1965 年獲日本東京教育大學（現筑波大學）Ph.D.學位。

1961~1962 日本原子能研究所暨東京教育大學；AID 原子能研究計畫獎助

1967 美國 Duquesne University 博士後研究

1968~1969 Rutgers State University, N.J.; Fulbright-Hayes Exchange Scholar

1951~1959 國立清華大學化學系助教、講師。

1959~1994 國立清華大學化學系講師、副教授、教授。

研究領域：分析化學。

研究項目：放射化學、放射性活化分析、電分析化學、梅思堡效應等。

著作：「無機半微量分析」、「基礎化學實驗」等。

# 目 錄

序言.....	i
Preface.....	iii
第一章 緒 論	
§ 1-1 化學與物理學.....	1
§ 1-2 分析化學與化學.....	1
§ 1-3 分析化學概況.....	2
§ 1-4 化學分析.....	2
§ 1-5 儀器分析.....	3
§ 1-6 試樣量與成分量.....	3
§ 1-7 微量(成分)分析.....	4
第二章 定性分析概論	
§ 2-1 陽離子系統分析概況.....	7
§ 2-2 第一族(氯化物族): $\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Hg}_2^{2+}$ 個別反應.....	9
§ 2-3 第二 A 族(銅族): $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Bi}^{3+}$ 個別反應.....	10
§ 2-4 第二 B 族(砷族): $\text{Sb}^{3+}$ , $\text{Sb}^{5+}$ , $\text{Sn}^{2+}$ , $\text{Sn}^{4+}$ , $\text{As}^{3+}$ , $\text{As}^{5+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ 個別反應.....	12
§ 2-5 第三族(氫氧化物族): $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ 個別反應.....	14
§ 2-6 第四族(硫化銨族): $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ 個別反應.....	16
§ 2-7 第五族(碳酸銨族): $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ 個別反應.....	18
§ 2-8 第六族: $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$ 個別反應.....	18
§ 2-9 陽離子系統分析.....	19
第三章 定量分析概論	
§ 3-1 質量與重量.....	27
§ 3-2 雙盤天平.....	27
§ 3-3 單盤天平.....	29
§ 3-4 採 樣.....	30
§ 3-5 試樣熔合.....	31
§ 3-6 沉澱步驟.....	33
§ 3-7 沉澱過濾.....	33
§ 3-8 沉澱灼熱.....	34
§ 3-9 容量分析.....	36
§ 3-10 SI 單位使用規則.....	36
§ 3-11 濃度表示方法.....	38
§ 3-12 容量分析器具.....	39
§ 3-13 器具的公差.....	41
§ 3-14 容量分析實驗誤差.....	42

## 第四章 實驗數據的統計處理

§ 4-1	系統誤差.....	45
§ 4-2	頻度分析.....	45
§ 4-3	數據圖示方法.....	49
§ 4-4	頻度分佈.....	50
§ 4-5	集中趨勢.....	51
§ 4-6	平均值的代表性.....	52
§ 4-7	散佈及範圍.....	53
§ 4-8	誤差與偏差.....	54
§ 4-9	標準偏差.....	56
§ 4-10	正規化誤差分佈.....	57
§ 4-11	平均值的精度 — 標準誤差.....	60
§ 4-12	t 分佈.....	61
§ 4-13	信賴區域.....	63
§ 4-14	假設檢定.....	65
§ 4-15	兩組數據集的比較:(1) t 檢定.....	66
§ 4-16	兩組數據集的比較:(2) F 檢定.....	68
§ 4-17	實驗數據的剔除.....	69
§ 4-18	函數的精度.....	70
§ 4-19	有效數字.....	71
§ 4-20	最小平方原理.....	72
§ 4-21	線性回歸.....	73
§ 4-22	相關係數.....	73
§ 4-23	檢量線的應用.....	76
§ 4-24	檢量線估計值的標準誤差.....	76

## 第五章 質量作用定律

§ 5-1	質量作用定律簡史.....	79
§ 5-2	濃度單位.....	81
§ 5-3	逸 壓.....	82
§ 5-4	活性及活性係數.....	83
§ 5-5	氣體的標準狀態.....	84
§ 5-6	液體和固體溶劑的標準狀態與活性.....	87
§ 5-7	非電解質的標準狀態和活性.....	88
§ 5-8	非電解質溶液之平衡常數.....	90
§ 5-9	電解質解離及奧斯瓦稀釋定律.....	90
§ 5-10	離子強度.....	91
§ 5-11	離子活性係數.....	93
§ 5-12	弱電解質.....	96
§ 5-13	分析化學應用注意事項.....	97

## 第六章 酸與鹼

§ 6-1	酸鹼簡史.....	99
§ 6-2	酸鹼概念.....	100
§ 6-3	氫離子.....	101
§ 6-4	水的離子積.....	102
§ 6-5	pH 定義.....	103
§ 6-6	酸和鹼的強弱.....	104
§ 6-7	強 酸.....	104
§ 6-8	強 鹼.....	106
§ 6-9	弱酸：(1)近似法.....	107
§ 6-10	弱酸：(2)準確方法.....	111
§ 6-11	氨水的化學式.....	112
§ 6-12	弱鹼 BOH.....	113
§ 6-13	$1.0 \times 10^{-8}$ M 鹽酸.....	114
§ 6-14	雙鹼酸.....	115
§ 6-15	參鹼酸.....	118
§ 6-16	多酸鹼.....	120
§ 6-17	混合酸溶液.....	120

## 第七章 鹽的水解

§ 7-1	酸鹼之中和.....	123
§ 7-2	強酸和強鹼的鹽.....	124
§ 7-3	強鹼和弱酸的鹽.....	124
§ 7-4	強酸和弱鹼的鹽.....	126
§ 7-5	弱酸和弱鹼的鹽.....	128
§ 7-6	強鹼和雙鹼酸的正鹽： $\text{Na}_2\text{A}$ .....	131
§ 7-7	強鹼與參鹼酸之正鹽： $\text{Na}_3\text{A}$ .....	132
§ 7-8	酸式鹽： $\text{NaHA}$ .....	134
§ 7-9	酸式鹽： $\text{NaH}_2\text{A}$ .....	137
§ 7-10	酸式鹽： $\text{Na}_2\text{HA}$ .....	139

## 第 8 章 緩衝溶液

§ 8-1	韓達森公式.....	143
§ 8-2	弱鹼的韓達森公式.....	145
§ 8-3	弱酸與其鹽之緩衝溶液.....	145
§ 8-4	準確計算.....	146
§ 8-5	同離子效應.....	148
§ 8-6	多鹼酸的緩衝溶液.....	148
§ 8-7	弱鹼與其鹽之緩衝溶液.....	148
§ 8-8	酸或鹼的影響.....	149

§ 8-9	強酸或強鹼的緩衝容量.....	150
§ 8-10	單鹼酸的緩衝容量.....	153
§ 8-11	雙鹼酸的緩衝容量.....	155
§ 8-12	離子強度的影響.....	156
§ 8-13	常用緩衝溶液.....	158
§ 8-14	緩衝溶液使用注意事項.....	159
<b>第九章 化學平衡圖</b>		
§ 9-1	水離子積平衡圖.....	161
§ 9-2	強酸與強鹼之平衡圖.....	161
§ 9-3	單鹼酸的 $\alpha$ -pH 平衡圖.....	162
§ 9-4	單鹼酸的 pC-pH 平衡圖.....	164
§ 9-5	雙鹼酸的 $\alpha$ -pH 平衡圖.....	167
§ 9-6	雙鹼酸的 pC-pH 平衡圖.....	170
<b>第十章 中和滴定法</b>		
§ 10-1	強酸-強鹼滴定.....	173
§ 10-2	弱酸 HA 的滴定曲線.....	174
§ 10-3	弱酸-弱鹼的滴定曲線.....	177
§ 10-4	雙鹼酸的滴定曲線.....	177
§ 10-5	參鹼酸的滴定.....	181
§ 10-6	弱酸的酸定數求法.....	181
§ 10-7	指示劑.....	182
§ 10-8	指示劑的選擇.....	183
§ 10-9	終點的辨別.....	184
§ 10-10	標準物質.....	185
§ 10-11	當量濃度.....	186
<b>第十一章 布忍司特-勞瑞酸鹼概念</b>		
§ 11-1	布認司特-勞瑞質子學說.....	189
§ 11-2	非水溶劑.....	189
§ 11-3	酸或鹼的固有強度.....	190
§ 11-4	自己質子授受反應.....	191
§ 11-5	兩性質子溶劑和溶質的反應.....	193
§ 11-6	平準效應.....	194
§ 11-7	共軛酸鹼對之強弱.....	196
§ 11-8	路易士酸鹼.....	200
§ 11-9	非水溶液中之滴定.....	201
§ 11-10	質子學說的水溶液應用.....	203
<b>第十二章 螯化滴定法</b>		
§ 12-1	錯合物.....	205

§ 12-2	金屬螯合物.....	206
§ 12-3	螯化效應.....	208
§ 12-4	螯化滴定原理.....	209
§ 12-5	EDTA.....	210
§ 12-6	EDTA 解離物種的豐度.....	212
§ 12-7	金屬-EDTA 螯合物的條件生成常數.....	214
§ 12-8	金屬-EDTA 螯合物的穩定常數.....	215
§ 12-9	螯化滴定曲線.....	217
§ 12-10	金屬指示劑.....	218
§ 12-11	直接滴定法.....	219
§ 12-12	反滴定法.....	221
§ 12-13	取代滴定法.....	222
§ 12-14	間接滴定法.....	223
§ 12-15	遮蔽劑.....	223
<b>第十三章 沉澱溶度</b>		
§ 13-1	基礎概念.....	225
§ 13-2	溶度積.....	225
§ 13-3	溶度積與沉澱條件.....	227
§ 13-4	硫化物沉澱.....	228
§ 13-5	差示沉澱法.....	229
§ 13-6	同離子效應.....	230
§ 13-7	pH 的影響.....	231
§ 13-8	離子強度的影響.....	234
§ 13-9	與過量沉澱劑生成可溶性錯合物.....	235
§ 13-10	沉澱與其他物質生成錯合物.....	238
§ 13-11	陰離子水解的影響.....	239
§ 13-12	金屬離子水解的影響.....	241
§ 13-13	再沉澱與沉澱洗滌.....	244
<b>第十四章 沉澱滴定法</b>		
§ 14-1	沉澱滴定法原理.....	245
§ 14-2	沉澱滴定法的條件.....	247
§ 14-3	給呂薩克法.....	247
§ 14-4	慕亞法.....	247
§ 14-5	佛哈特法.....	248
§ 14-6	法揚斯法.....	250
§ 14-7	差示沉澱滴定法.....	252
<b>第十五章 沉澱</b>		
§ 15-1	沉澱的生成過程.....	255

§ 15-2	膠溶液.....	255
§ 15-3	膠粒的穩定性.....	256
§ 15-4	沉澱膠化.....	257
§ 15-5	沉澱的形態.....	258
§ 15-6	過飽和.....	259
§ 15-7	沉澱成長.....	260
§ 15-8	沉澱成熟、浸煮.....	261
§ 15-9	均勻溶液沉澱法.....	262
§ 15-10	共沉.....	262
§ 15-11	沉澱精製法.....	263
§ 15-12	共沉現象的利用.....	264

## 第十六章 化學電池基礎概念

§ 16-1	平衡狀態和可逆性.....	265
§ 16-2	自由能與平衡常數.....	265
§ 16-3	電池電動勢與自由能.....	266
§ 16-4	電極電位—能士特公式.....	267
§ 16-5	電能—化學能轉變槽.....	268
§ 16-6	簡單電極.....	269
§ 16-7	可逆電池.....	270
§ 16-8	電化學槽的電流移動模式.....	270
§ 16-9	丹尼爾電池.....	271
§ 16-10	鹽橋.....	272
§ 16-11	電池電動勢計算方法.....	274
§ 16-12	標準電極.....	277

## 第十七章 電極電位

§ 17-1	能士特公式.....	279
§ 17-2	標準還原電位.....	280
§ 17-3	能士特公式之應用.....	282
§ 17-4	汞齊電極.....	284
§ 17-5	pH對電極電位的影響.....	285
§ 17-6	水溶液的安定性.....	287
§ 17-7	離子的安定性.....	288
§ 17-8	羅弟慕圖表.....	289
§ 17-9	電池電動勢.....	290
§ 17-10	電池電動勢與平衡常數.....	291
§ 17-11	式電位.....	292

## 第十八章 氧化還原滴定法

§ 18-1	$\text{Ce}^{4+}$ — $\text{Fe}^{2+}$ 滴定曲線.....	297
--------	-----------------------------------------------	-----

§ 18-2	$\text{MnO}_4^- - \text{Fe}^{2+}$ 滴定曲線.....	299
§ 18-3	氧化還原指示劑.....	301
§ 18-4	試液氧化態的調整.....	304
§ 18-5	過錳酸鉀滴定法.....	305
§ 18-6	硫酸銻滴定法.....	306
§ 18-7	重鉻酸滴定法.....	307
§ 18-8	碘滴定法.....	307
§ 18-9	碘酸鉀滴定法.....	308
§ 18-10	溴酸鉀滴定法.....	309
§ 18-11	碘滴定法的金屬定量應用.....	309
§ 18-12	氧氣的碘滴定法.....	311
§ 18-13	氧化數.....	312

## 第十九章 溶劑萃取法

§ 19-1	分配係數.....	317
§ 19-2	分佈比值.....	317
§ 19-3	萃取率.....	319
§ 19-4	分離因數.....	321
§ 19-5	批式萃取法和連續萃取法.....	321
§ 19-6	莫耳分配係數.....	323
§ 19-7	基本操作.....	325
§ 19-8	二項展開公式的應用.....	326
§ 19-9	應用例.....	329
§ 19-10	高斯誤差曲線的應用.....	331
§ 19-11	萃取物之純度.....	332

## 第二十章 層析法基礎原理

§ 20-1	層析法簡史.....	335
§ 20-2	層析法定義.....	336
§ 20-3	層析法實驗概況.....	336
§ 20-4	選擇延滯原理.....	338
§ 20-5	液相柱層析法.....	339
§ 20-6	層析法的偵檢器.....	340
§ 20-7	解析度.....	341
§ 20-8	板理論.....	344
§ 20-9	帶加寬(柱效率).....	346
§ 20-10	柱選擇性(分離因數).....	349
§ 20-11	柱容量因素.....	350
§ 20-12	柱效率、選擇性、容量因數之間的關係.....	350
§ 20-13	帶形狀.....	351

## 第二十一章 吸附、分配及鍵相層析法

§ 21-1	緒論.....	355
§ 21-2	液相層析法填料.....	355
§ 21-3	液-固層析法的微孔吸附劑.....	357
§ 21-4	吸附層析法的流析劑.....	358
§ 21-5	液-液層析法.....	359
§ 21-6	鍵相層析法.....	360
§ 21-7	逆相層析法.....	362
§ 21-8	超臨界流體層析法.....	363
§ 21-9	梯度流析法.....	365
§ 21-10	不對稱層析圖的柱效率.....	365
§ 21-11	定量分析應用.....	367

## 第二十二章 離子交換及分子篩層析法

§ 22-1	離子交換反應.....	369
§ 22-2	陽離子交換樹脂.....	369
§ 22-3	陰離子交換樹脂.....	370
§ 22-4	螯化樹脂.....	370
§ 22-5	離子交換樹脂的膨脹及交換容量.....	372
§ 22-6	離子交換的選擇性.....	372
§ 22-7	離子交換平衡.....	373
§ 22-8	分佈係數及分離因數.....	374
§ 22-9	高效離子交換層析法的填料.....	375
§ 22-10	離子層析法.....	375
§ 22-11	離子對層析法.....	378
§ 22-12	離子排除層析法.....	379
§ 22-13	親和力層析法.....	380
§ 22-14	液態離子交換體.....	381
§ 22-15	大小排除層析法.....	382
§ 22-16	分子篩法原理.....	384

## 第二十三章 氣相層析法及濾紙、薄層層析法

§ 23-1	氣相層析法概要.....	389
§ 23-2	溶質滯留.....	390
§ 23-3	動相.....	391
§ 23-4	固體支撐.....	392
§ 23-5	滯留指數.....	392
§ 23-6	靜相液體.....	394
§ 23-7	層析柱.....	394
§ 23-8	超臨界流體層析法.....	396

§ 23-9	偵檢器.....	396
§ 23-10	氣相層析法的分析化學應用.....	399
§ 23-11	濾紙層析法.....	399
§ 23-12	薄層層析法.....	402
<b>第二十四章 電分析化學(I) 平衡電位法</b>		
§ 24-1	電分析化學概況.....	405
§ 24-2	指示電極種類.....	405
§ 24-3	參比電極.....	408
§ 24-4	參比電極電位與電池電動勢.....	409
§ 24-5	膜的種類.....	411
§ 24-6	膜電極.....	412
§ 24-7	玻璃膜電極.....	413
§ 24-8	固膜電極.....	415
§ 24-9	液膜電極.....	415
§ 24-10	氣體感測電極.....	416
§ 24-11	酵素電極.....	420
§ 24-12	膜電極通性.....	421
§ 24-13	電位滴定法.....	422
§ 24-14	半導體簡介.....	424
§ 24-15	不純物半導體.....	427
§ 24-16	二極體.....	428
§ 24-17	電晶體.....	429
§ 24-18	場效電晶體.....	431
§ 24-19	化學感測場效電晶體.....	431
<b>第二十五章 電分析化學(II) — 伏安法</b>		
§ 25-1	極譜法.....	435
§ 25-2	極化電極與非極化電極.....	435
§ 25-3	濃度極化.....	437
§ 25-4	物質移動.....	438
§ 25-5	擴散電流與半波電位.....	439
§ 25-6	極譜波的形狀.....	440
§ 25-7	剩餘電流.....	440
§ 25-8	電毛细管曲線.....	442
§ 25-9	還原波及氧化波.....	443
§ 25-10	伊可維奇公式.....	443
§ 25-11	極限電流.....	445
§ 25-12	極譜波理論.....	446
§ 25-13	分析化學應用.....	449
§ 25-14	氧氣波.....	451