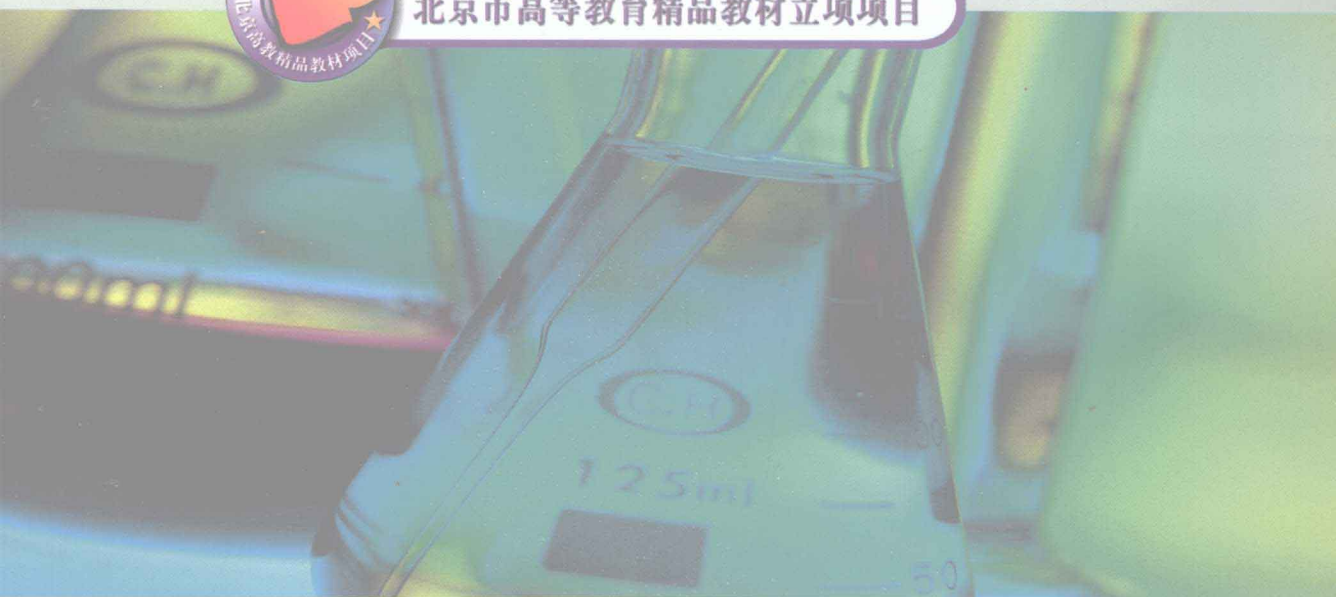




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京市高等教育精品教材立项项目



分析化学

(仪器分析部分)(第三版)

曾泳淮 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,也是2007年北京市高等教育精品教材立项项目的研究成果。全套教材分为两册,本册为仪器分析部分。

本书是在2004年出版的《分析化学(仪器分析部分)》(第二版)的基础上,重新审定编写而成的。全书共分18章,对各种光谱分析法、电分析化学法、色谱法与毛细管电泳法、质谱法和核磁共振波谱法等的基本原理、仪器结构、实验方法和技术以及实际应用都进行了比较详细的介绍。其他仪器分析方法,包括X射线荧光法、表面分析法和流动注射分析法等进行了简要的介绍。在各章中尽量体现新的仪器和新的方法。每章末附有思考题与习题和参考文献。附录给出部分习题的参考答案。

本书可作为高等师范学校本科化学专业、应用化学专业仪器分析课程的教材,也可供理、工、农、医等高等院校的相关专业作教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学. 仪器分析部分/曾泳淮主编. —3版.

—北京:高等教育出版社,2010.12

ISBN 978-7-04-030348-3

I. ①分… II. ①曾… III. ①分析化学—高等院校—教材②仪器分析—高等学校—教材 IV. ①O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第180134号

策划编辑	鲍浩波	责任编辑	刘佳	封面设计	于文燕	责任绘图	尹莉
版式设计	范晓红	责任校对	王超	责任印制	尤静		

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京东光印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 30.75
字 数 740 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1994年4月第1版
2010年12月第3版
印 次 2010年12月第1次印刷
定 价 45.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30348-00

第三版前言

本书自1993年第一版和2004年第二版出版发行以来,受到各兄弟院校的热情鼓励和大力支持,收到了良好的教学效果。第一版于1995年获国家教委第三届全国普通高校优秀教材二等奖,第二版于2006年被评为北京市高等教育精品教材。全书分为《分析化学(化学分析部分)》和《分析化学(仪器分析部分)》两册。本册为仪器分析部分。

根据师生和同行在使用本教材过程中提出的宝贵意见和建议,以及编者在教学实践中发现的问题,深感有必要对本书再次进行修订,使之更加适应教学改革新形势的需要。2007年12月本书第三版被列入北京市高等教育精品教材立项项目,继而又在2008年3月被纳入“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”,这为再次修订本教材提供了契机。

本次修订在保持前两版的特色和风格的基础上,除对全书的一些细节和思考题、习题及参考文献等进行了修订外,还适当增删了一些内容。改写了光学分析法导论和原子发射光谱法两章,前者加强了对光谱仪器共性的论述,后者增加了原子光谱基础、原子能级和原子光谱项等;在紫外-可见吸收光谱法一章中,增加了用 Woodward-Fieser 经验规则和 Scott 规则计算化合物的最大吸收波长法;在核磁共振波谱法一章中改写了脉冲傅里叶变换核磁共振谱仪,删去碳谱中的 DEPT 方法;重新编写了电分析化学法导论、电位分析法、电解与库仑分析法、伏安法与极谱法 4 章,压缩了部分经典内容,但保留了 Ilkovič(伊尔科维奇)方程及极谱波方程的推导,以启迪思维和体会研究问题的思想方法;新增了化学修饰电极、超微电极、光谱电化学和电化学石英晶体微天平,构成电分析化学的新进展一章;在色谱分析法导论一章中,加强了色谱分离优化的论述;在气相色谱法一章中,增加了麦氏常数的基本概念及应用;在高效液相色谱法一章中,对毛细管电泳的插图做了一些增补;在其他仪器分析法一章中,增加了表面分析法和流动注射分析等。上述修改处理及内容取舍是否妥当,尚有待实践考验,恳请读者提出批评、指正意见。

本书修订稿承北京大学叶宪曾教授审阅,提出了许多非常宝贵的意见和修改建议;书稿第 13 章蒙胡乃非教授通读,也提出过许多宝贵的意见和建议;高等教育出版社鲍浩波、刘佳编辑为本书的出版做了大量工作,付出了辛勤的劳动;此外还得到了北京师范大学化学学院有关领导、本专业教师和许多朋友的大力支持和帮助,在此一并致以衷心的感谢。

编者

2010 年 2 月于北京师范大学

第二版前言

自本书 1994 年出版发行以来,受到了各兄弟院校的热情鼓励 and 大力支持,先后重印十余次,收到了良好的教学效果,取得了巨大的社会效益。1995 年获国家教委第三届全国普通高等学校优秀教材二等奖。全书分两册,本册为仪器分析部分。

世纪之交的十年,仪器分析的方法、技术和仪器等方面都有了极为迅速的发展,很多仪器已经相当普及,出现了许多新的仪器,仪器的应用范围大大扩展。同时,近年来生命科学、环境科学和能源科学发展的强劲势头,对分析化学在 21 世纪科学进步中发挥更重要的作用提出了更高的要求和挑战。为了体现这些变化,深感有必要对本书进行修订,使之能跟上学科的发展,有利于对学生进行创新精神和科学素质的培养。

本次修订是在保持原有的编排体系和特点的基础上,删繁就简;适当加强了有机结构分析和与生命科学有关的分析问题的论述,并适当引入近年来仪器分析发展的新成就,使学生能比较全面地掌握仪器分析这一领域的基本知识和基本内容。将核磁共振波谱法和质谱分析法从其他仪器分析方法简介中独立出来各自成章。并增写了分子发光分析法一章。在原子发射光谱法一章增加光电直读等离子体光谱仪和图像检测器;在原子吸收光谱法一章中增加低温原子化法和塞曼效应背景扣除法;在紫外-可见吸收光谱法一章删去光度滴定法,增加无机化合物紫外-可见吸收光谱和导数分光光度法;在红外光谱法一章中增加热电检测器和光导检测器并改写了傅里叶变换红外光谱仪一节;在电化学分析法部分删去电导分析法,增加电分析化学新进展简介一节;在气相色谱法一章中增加毛细管柱气相色谱法;在液相色谱中增加毛细管电泳等。

本册是由曾泳淮(第 1~8、13~17 章)和林树昌(第 9~12 章)编写的。全书由曾泳淮通读定稿。

修订稿承蒙高等教育出版社蒋栋成教授审阅并对书稿提出了宝贵的意见和建议。本书的再版还得到了北京市教育委员会和高等教育出版社的大力支持,在此一并致以衷心的感谢!

限于编者水平,书中会有缺点和错误,欢迎读者批评指正。

曾泳淮 林树昌

2004 年 1 月于北京师范大学

第一版前言

本书是参照国家教育委员会师范教育司组织制订的高等师范学校本科化学专业化学学科分析化学教学基本要求编写的。全部教材包括定性分析、定量分析和仪器分析三方面的内容。为适应目前各类高等师范学校的实际设课情况,将定性分析、定量分析和可见光区分光分析合编为一册,名曰《分析化学(化学分析部分)》,仪器分析则自成一册,取名《分析化学(仪器分析部分)》。

这本仪器分析教材在编写中,着重注意了以下一些问题:

一、注重基本理论、基础知识和基本技能的培养和训练,以确保本书具有大学基础仪器分析课程教材的特点。

二、主要内容是讲述目前广泛应用的光学分析法、电化学分析法和色谱分析法的原理、仪器和测试方法。考虑到本学科的发展,对某些已广为应用的现代仪器分析技术,也做了简要介绍。

三、各大类型方法均编写了导论,讲述了必要的准备知识,以便本教材能适应低年级设课时选用。

四、对各种分析方法重点介绍一种仪器,剖析各种组件的功能,以求对方法原理深入理解,也有助于掌握测试要领。

五、力求条理清晰、重点突出、概念准确;对问题阐述简明、文字通顺,并注意归纳对比,以利于阅读和理解。

本册是由林树昌(第一、七~十一章)和曾泳淮(第二~六、十二~十五章)编写的。书稿经作者反复修改,最后由林树昌通读定稿。

于1990年12月在北京召开了审稿会,会议由陕西师范大学张渔夫教授主持,参加审稿会的还有高等教育出版社文方编审、华东师范大学陶德祥副教授、东北师范大学王富权副教授、华中师范大学杜运清副教授,以及本书责任编辑高等教育出版社耿承延同志。审稿会后,与会的各位老师和华东师范大学王筱敏副教授对书稿又分章进行了细致审阅,都对书稿的修改和完善提出了宝贵意见。本书的编写和出版还得到了许多朋友和同志的鼓励和支持。在此一并致以衷心的感谢!

限于编者水平,书中会有缺点和错误,欢迎读者批评指正。

林树昌 曾泳淮
一九九三年五月
于北京师范大学化学系

符号及缩略语

1 英 文

A	1. absorbance	吸光度
	2. area	面积, 区域, 场
α	absorptivity	吸光系数
AAS	atomic absorption spectrometry	原子吸收光谱法
ac	alternating current	交流电流
A/D	analog to digital	模数转换器
AES	1. atomic emissive spectrometry	原子发射光谱法
	2. auger electron spectroscopy	俄歇电子能谱
AFS	atomic fluorescent spectrometry	原子荧光光谱法
AFM	atomic force microscope	原子力显微镜
APCI	atmospheric pressure chemical ionization	大气压化学电离源
API	atmospheric pressure ionization	大气压电离源
ATR-IR	attenuated total reflectance infrared spectroscopy	全反射红外光谱法
B_0	magnetic flux density	磁通[量]密度, 磁感应强度
BL	bioluminescence	生物发光
CAD	collision activated dissociation	碰撞活化分解
CCD	charge-coupled devices	电荷耦合器件
CD	cyclodextrin	环糊精
CE	capillary electrophoresis	毛细管电泳
CEC	capillary electrochromatography	毛细管电色谱
CETP	capillary isotachopheresis	毛细管等速电泳
CGC	capillary gas chromatography	毛细管气相色谱
CGE	capillary gel electrophoresis	毛细管凝胶电泳
CI	chemical ionization	化学电离源
CID	collision induced dissociation	碰撞诱导分解
CIEF	capillary isoelectric focusing	毛细管等电聚焦
CL	chemiluminescence	化学发光
CT	charge transfer absorption	电荷转移吸收

CW	continuous wave	连续波
<i>D</i>	diffusion coefficient	扩散系数
DAC	digital-to-analog converter	数模转换器, D/A 转换器
D/A	digital to analog	数模转换
dc	direct current	直流电流
DCI	direct chemical ionization	直接化学电离
DME	dropping mercury electrode	滴汞电极
DMF	dimethylformamide	<i>N,N</i> -二甲基甲酰胺
DMSO	dimethyl sulfoxide	二甲亚砜
DNA	deoxyribonucleic acid	脱氧核糖核酸
DNS	dansyl, 1-dimethylaminonaphthalene-5-sulfonyl	丹酰基, 1-二甲氨基萘-5-磺酸
DSC	differential scanning calorimetry	示差扫描量热法
DTA	differential thermal analysis	差热分析
EC	electrochemical detector	电化学检测器
ECD	electron capture detector	电子捕获检测器
EDL	electrodeless discharge lamp	无极放电灯
EI	electron ionization	电子电离源
EOF	electroosmotic flow	电渗流
EMR	electromagnetic radiation	电磁辐射
ESCA	electron spectroscopy for chemical analysis	化学分析用电子能谱
ESI	electrospray ionization	电喷雾电离
ETAAS	electrothermal atomic absorption spectrometry	电热原子吸收光谱法
<i>F</i>	1. flow rate	流速
	2. farad	法拉(电容单位)
	3. Faraday constant	法拉第常数
FAB	fast atomic bombardment	快原子轰击
FABMS	fast-atom-bombardment mass spectrometry	快原子轰击质谱
FD	field desorption	场解吸
FES	flame emissive spectrometry	火焰发射光谱法
FET	field-effect transistor	场效应晶体管
FIA	flow injection analysis	流动注射分析
FID	free induction decay signal	自由感应衰减信号
FID	flame ionization detector	火焰离子化检测器
FIR	far-infrared	远红外

FPD	flame photometric detector	火焰光度检测器
FTICR	Fourier transform ion cyclotron resonance analyzer	傅里叶变换离子回旋共振分析器
FT-ICRMS	Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometer	傅里叶变换离子回旋共振质谱仪
FT-IR	Fourier transform infrared spectroscopy	傅里叶变换红外光谱
FTMS	Fourier transform mass spectrometer	傅里叶变换质谱仪
<i>G</i>	free energy	自由能
GC	gas chromatography	气相色谱法
GC× GC	comprehensive two-dimensional gas chromatography	全二维气相色谱法
GC-MS	gas chromatography-mass spectrometer	气相色谱-质谱联用仪
GFAAS	graphite furnace atomic absorption spectrometry	石墨炉原子吸收光谱法
GLC	gas-liquid chromatography	气液色谱法
GSC	gas-solid chromatography	气固色谱法
<i>H</i>	1. plate height 2. enthalpy	塔板高度 焓
HCL	hollow cathode lamp	空心阴极灯
HGAAS	hydride generation atomic absorption spectrometry	氢化物原子吸收光谱法
HMDE	hanging mercury drop electrode	悬汞电极
HPLC	high performance liquid chromatography	高效液相色谱法
HPSEC	high-performance size-exclusion chromatography	高效尺寸排阻色谱(法)
HPTLC	high-performance thin-layer chromatography	高效薄层色谱法
HSCCC	high speed counter current chromatography	高速逆流色谱
<i>I</i>	1. steady-state current 2. intensity 3. ionic strength 4. Kovats retention index 5. nuclear angular momentum quantum number (spin)	稳态电流 光强度 离子强度 科法兹保留指数 核角动量量子数(自旋)

i	instantaneous current	瞬时电流
i_d	diffusion current	扩散电流
i_l	limiting current	极限电流
i_p	peak current	峰电流
i_r	residual current	残余电流
ICR	ion cyclotron resonance	离子回旋共振
IC	ion chromatography	离子色谱法
ICP	inductively coupled plasma	电感耦合等离子体
ICP-MS	inductively coupled plasma mass spectrometer	感应耦合等离子体质谱仪
IR	infrared spectroscopy	红外光谱法
ISC	intersystem crossing	系间跨越
ISE	ion-selective electrode	离子选择性电极
J	coupling constant	耦合常数
j	pressure drop correction factor	压降校正因子
k	rate constant	速率常数
k'	capacity factor	容量因子
K	equilibrium constant	平衡常数
KRS-5	mixed crystal of thallium bromide/ thallium iodide	TlBr/ TII 混晶
L	inductance	电感
LC	liquid chromatography	液相色谱法
LC-EC	liquid chromatography-electrochemistry	液相色谱-电化学联用
LC-MS	liquid chromatography-mass spectrometer	液相色谱-质谱联用仪
LD	laser desorption	激光解吸
LED	light emitting diode	发光二极管
LIF	laser induced fluorescence	激光诱导荧光
LIF	laser-induced fluorescence detector	激光诱导荧光检测器
LLC	liquid-liquid chromatography	液液色谱法
LSC	liquid-solid chromatography	液固色谱(法)
LOC	lab on chip	芯片实验室
M	multiplicity	多样性,多重性,峰裂数
m	1. magnetic quantum number 2. mass	磁量子数 质量
MALDI	matrix assisted laser desorption ionization	基质辅助激光解吸电离源

MALDI-TOF	matrix asisted laser desorption ionization-time of flight mass spectromenter	基质辅助激光解吸-飞行时间质谱仪
MCT	mercury cadmium telluride detector Hg-Cd-Te	光电导检测器
MECC 或 MELC	micellar electrokinetic capillary chromatography	毛细管胶束电动色谱法
MS	mass spectrometry	质谱分析法
m/z	mass-charge ratio	质荷比
n	1. number of theoretical plates 2. refractive index 3. amount of substance	理论塔板数 折射率 物质的量
NMR	nuclear magnetic resonance	核磁共振
NHE	normal hydrogen electrode	标准氢电极
NOE	nuclear Overhauser effect	核奥弗豪泽效应
OD	outer diameter	外径
OTC	open tubular column	开管柱
OTE	optically transparent electrode	光学透明电极
Ox	oxidized chemical species	氧化形化合物
P	1. angular momentum of nucleus 2. probability 3. power	核的角动量 概率 功率
PAS	photoacoustic spectroscopy	光声光谱法
PC	paper chromatography	纸色谱
PES	photoelectric spectroscopy	光电光谱
PDAD	photo-diode array detector	光电二极管阵列检测器
PET	photo-induced electron transfer	光诱导电子转移
PID	photoionization detector	光离子化检测器
PLOT	porous layer open tubular	多孔层开管柱
PMT	photomultiplier	光电倍增管
PVC	polyvinyl chloride	聚氯乙烯
R	1. resistance 2. resolution	电阻 分离度,分辨率
RAS	reflection absorption spectroscopy	反射吸收法
Red	reduced chemical species	还原形化合物
RPC	reversed-phase chromatography	反相色谱
RRDE	rotated ring-disk electrode	旋转环-盘电极
RRS	resonant raman spectrometry	共振拉曼光谱

RTP	room temperature phosphorescence	室温磷光
SCE	saturated calomel electrode	饱和甘汞电极
SCOT	support coated open tubular	涂载体空心柱
SIM	select ion monitoring	选择离子监测
SEC	size-exclusion chromatography	尺寸排阻色谱法
SEM	scanning electron microscope	扫描电子显微镜
SERS	surface-enhanced raman scattering	表面增强拉曼散射
SIMS	secondary ion mass spectrometry	二次离子质谱法
SSMS	spark source mass spectrometry	火花源质谱法
SFC	supercritical fluid chromatography	超临界流体色谱
SMDE	static mercury drop electrode	静态汞滴电极
S/N	signal-to-noise ratio	信噪比
STEM	scanning transmission electron microscope	扫描透射电子显微镜
STM	scanning tunneling microscope	扫描隧道显微镜
T	1. transmittance	透光率
	2. period	周期
	3. absolute temperature(K)	热力学温度(K)
t_M	mobile-phase retention time	流动相保留时间
T_1	spin-lattice relaxation time	自旋-晶格弛豫时间
T_2	spin-spin relaxation time	自旋-自旋弛豫时间
t_R	total retention time	总保留时间
TCD	thermal conductivity detector	热导检测器
TG	thermogravimetry	热重法
TGS	triglycine sulfate detector	硫酸三甘氨酸酯检测器
TID	thermionic ionization detector	热离子检测器
TISAB	total ionic strength adjustment buffer	总离子强度调节缓冲剂
TLC	thin-layer chromatography	薄层色谱(法)
U	1. voltage	电压
	2. DC potential	直流电位
v	reaction rate, linear velocity	反应速率, 线速率
$\bar{u}$	average linear velocity of molecules of the mobile phase	流动相分子的平均线速率
$\bar{v}$	average linear velocity of analyte	待测物的平均线速率
v_0	initial reaction rate	初始反应速率
UPS	ultraviolet photoelectron spectroscopy	紫外光电子能谱法
UV	ultraviolet radiation	紫外线

UV-VIS	ultraviolet and visible radiation	紫外-可见光
V	volume	体积
V_M	mobile-phase retention volume	流动相保留体积
V_R	total retention volume	总保留体积
VR	vibrational relaxation	振动弛豫
W	1. peak width 2. work	峰宽 功
w	mass fraction	质量分数
WCOT	wall coated open tubular	涂壁空心柱
XPS	X-ray photoelectron spectroscopy	X 射线电子能谱法
z	number of elementary charges	基本电荷数

2 希 文

α	1. significance level 2. selectivity factor 3. degree of dissociation	显著水平 选择性因子 解离度
β	1. phase ratio 2. yield of ion detector 3. cumulative stability constant	相比(率) 离子检测器的收率 累积稳定常数
γ	gyromagnetic ratio	磁旋比
δ	chemical shift	化学位移
ε	molar absorptivity	摩尔吸收系数
ε	dielectric constant	介电常数
λ	wavelength	波长
μ	1. dipole moment 2. magnetic moment	偶极矩 磁矩
ν	frequency	频率
ρ	1. mass concentration 2. mass density	质量浓度 质量密度
φ	electrode potential	电极电位
σ	1. shielding constant 2. population standard deviation	屏蔽常数 总体标准差
Σ	sum of	求和
Δ	change in or difference between	改变量或微分

目 录

符号及缩略语	I	3-2-4 谱线强度	29
第1章 绪论	1	3-2-5 谱线的自吸与自蚀	30
1-1 分析化学中的仪器分析方法	1	3-3 原子发射光谱仪器	30
1-2 仪器分析方法的分类	1	3-3-1 激发光源	31
1-2-1 光学分析法	1	3-3-2 光谱仪	35
1-2-2 电分析化学法	2	3-4 原子发射光谱分析方法	40
1-2-3 分离分析法	2	3-4-1 光谱定性分析	40
1-2-4 其他仪器分析方法	3	3-4-2 光谱半定量分析	41
1-3 仪器分析的特点	3	3-4-3 光谱定量分析	42
1-4 仪器分析的发展趋势	4	3-5 分析应用	46
参考文献	5	思考题与习题	46
第2章 光学分析法导论	6	参考文献	48
2-1 电磁辐射的基本性质	6	第4章 原子吸收光谱法	49
2-1-1 电磁辐射的波动性	6	4-1 概述	49
2-1-2 电磁辐射的粒子性	7	4-1-1 原子吸收光谱法	49
2-1-3 电磁波谱	8	4-1-2 原子吸收光谱法的实验装置	49
2-2 光学分析法的分类	10	4-1-3 原子吸收光谱法的特点和应用	50
2-2-1 发射光谱法	10	4-2 原子吸收光谱法基本原理	51
2-2-2 吸收光谱法	11	4-2-1 原子吸收光谱的产生	51
2-2-3 拉曼散射光谱法	12	4-2-2 基态原子数与激发态原子数的 关系	51
2-3 光谱法仪器	12	4-2-3 原子吸收谱线的轮廓	52
2-3-1 光源	13	4-2-4 积分吸收与峰值吸收	53
2-3-2 单色器	14	4-2-5 原子吸收测量的基本公式	54
2-3-3 试样池	20	4-3 原子吸收光谱仪	55
2-3-4 检测器	20	4-3-1 光源	56
2-3-5 读出装置	23	4-3-2 原子化器	57
思考题与习题	23	4-3-3 单色器	61
参考文献	24	4-3-4 检测器	61
第3章 原子发射光谱法	25	4-3-5 仪器类型	61
3-1 概述	25	4-4 干扰及其消除方法	62
3-2 原子光谱基础	26	4-4-1 物理干扰	62
3-2-1 原子光谱的产生	26	4-4-2 化学干扰	62
3-2-2 原子能级与原子光谱项	26	4-4-3 电离干扰	63
3-2-3 原子能级图	28		

4-4-4 光谱干扰	63	6-2-4 吸收谱带的强度	111
4-4-5 背景校正法	64	6-2-5 基团频率和特征吸收峰	111
4-5 分析方法	66	6-3 红外光谱仪	117
4-5-1 测定条件的选择	66	6-3-1 色散型红外光谱仪	117
4-5-2 定量分析方法	67	6-3-2 傅里叶变换红外光谱仪	119
4-5-3 灵敏度与检出限	70	6-4 红外光谱法中试样的制备	122
4-6 原子荧光光谱法	71	6-4-1 红外光谱法对试样的要求	122
4-6-1 原子荧光光谱的产生及其类型	71	6-4-2 制样实验技术	123
4-6-2 原子荧光测量的基本关系式	73	6-5 红外光谱法的应用	123
4-6-3 原子荧光光谱仪	73	6-5-1 定性分析	123
4-6-4 原子荧光光谱定量分析	74	6-5-2 定量分析	126
思考题与习题	75	思考题与习题	127
参考文献	76	参考文献	129
第5章 紫外-可见吸收光谱法	77	第7章 分子发光分析法	130
5-1 紫外-可见吸收光谱	77	7-1 荧光分析法原理	130
5-1-1 分子吸收光谱的产生	77	7-1-1 荧光产生的机理	130
5-1-2 有机化合物的紫外-可见吸收光谱	79	7-1-2 激发光谱和发射光谱	133
5-1-3 无机化合物的紫外-可见吸收光谱	83	7-1-3 荧光和分子结构的关系	134
5-1-4 溶剂对紫外-可见吸收光谱的影响(溶剂效应)	84	7-1-4 溶液的荧光强度	137
5-2 紫外-可见分光光度计	86	7-2 荧光分析仪器	140
5-2-1 紫外-可见分光光度计的基本构造	86	7-3 荧光分析法及其应用	141
5-2-2 紫外-可见分光光度计的类型	87	7-3-1 定量分析方法	142
5-3 紫外-可见吸收光谱法的应用	89	7-3-2 应用	142
5-3-1 定性分析	89	7-4 磷光分析法	144
5-3-2 结构分析	94	7-4-1 磷光分析法原理	144
5-3-3 化合物中杂质的检查	96	7-4-2 磷光分析仪器	145
5-3-4 定量分析	96	7-4-3 应用	146
思考题与习题	99	7-5 化学发光分析法	146
参考文献	102	7-5-1 化学发光分析法的基本原理	146
第6章 红外光谱法	103	7-5-2 化学发光的类型	148
6-1 概述	103	7-5-3 化学发光的测量仪器	150
6-1-1 红外光区的划分及主要应用	103	7-5-4 化学发光分析法的特点及应用	150
6-1-2 红外光谱图的表示方法	104	思考题与习题	151
6-1-3 红外光谱法的特点和应用	104	参考文献	153
6-2 红外光谱法基本原理	105	第8章 核磁共振波谱法	154
6-2-1 产生红外光谱的条件	105	8-1 核磁共振基本原理	154
6-2-2 双原子分子的振动	107	8-1-1 原子核的自旋和磁矩	154
6-2-3 多原子分子的振动	109	8-1-2 核自旋角动量及磁矩的空间量子化	156
		8-1-3 核磁共振的条件	156
		8-1-4 弛豫过程	158
		8-2 化学位移	159

8-2-1 化学位移的产生	159	9-5-2 电化学极化	203
8-2-2 化学位移的表示方法	160	9-5-3 超电位	204
8-3 自旋-自旋耦合	161	9-6 电极的类型	205
8-3-1 自旋-自旋耦合引起峰的裂分	161	9-6-1 各类化学传感器	205
8-3-2 耦合常数	163	9-6-2 指示电极、工作电极及辅助 电极	207
8-4 核磁共振波谱仪	164	9-6-3 参比电极	207
8-4-1 连续波核磁共振谱仪	164	9-6-4 极化电极和非极化电极(或去极化 电极)	209
8-4-2 脉冲傅里叶变换核磁共振谱仪	166	思考题与习题	210
8-5 核磁共振氢谱	167	参考文献	211
8-5-1 ^1H 的化学位移	169	第 10 章 电位分析法	212
8-5-2 化学等价与磁等价	173	10-1 概述	212
8-5-3 耦合常数	173	10-2 离子选择性电极	213
8-5-4 一级谱及高级谱	175	10-2-1 离子选择性电极的定义、结构和 分类	213
8-5-5 简化 ^1H NMR 图谱的方法	175	10-2-2 离子选择性电极的电位	214
8-5-6 氢谱的解析	178	10-2-3 玻璃膜电极	215
8-6 核磁共振碳谱	182	10-2-4 晶体膜电极	218
8-6-1 碳谱中的各种去耦方法	182	10-2-5 流动载体电极	221
8-6-2 ^{13}C 的化学位移	185	10-2-6 气敏电极	223
8-6-3 耦合常数	186	10-2-7 生物电极	224
8-6-4 碳谱的解析	188	10-3 离子选择性电极的性能参数	226
8-7 核磁共振波谱法的应用	191	10-3-1 能斯特响应、线性范围及 检测下限	226
8-7-1 核磁共振波谱法用于鉴定有机 化合物结构	191	10-3-2 选择性系数	226
8-7-2 核磁共振波谱法用于有机化合物 定量分析	192	10-3-3 响应时间	227
思考题与习题	192	10-3-4 内阻	227
参考文献	195	10-4 直接电位法	227
第 9 章 电分析化学法导论	196	10-4-1 直接电位法的测量	227
9-1 电化学电池	196	10-4-2 校准曲线法	228
9-1-1 原电池与电解池	196	10-4-3 标准加入法	228
9-1-2 电化学电池的图解表达式	197	10-4-4 直接电位法的准确度	229
9-1-3 电池的电动势	198	10-4-5 直读法测量溶液的 pH	230
9-2 液体接界电位与盐桥	199	10-5 电位滴定法	232
9-2-1 液接电位	199	10-5-1 电位滴定终点的确定方法	232
9-2-2 盐桥	199	10-5-2 电位滴定指示电极的选择	234
9-3 电极电位	199	10-6 电位分析法的应用	234
9-3-1 电极电位的测定	199	思考题与习题	235
9-3-2 标准电极电位与条件电位	200	参考文献	236
9-3-3 能斯特方程	201	第 11 章 电解与库仑分析法	238
9-4 一般电极反应过程	202	11-1、概述	238
9-5 电极的极化和超电位	203		
9-5-1 浓差极化	203		

11-2 电解分析的基本原理	238	12-5-3 动力波与极谱催化波	264
11-2-1 电解	238	12-5-4 简单金属离子的极谱波方程	265
11-2-2 分解电压	239	12-5-5 配(络)合物的极谱波方程	267
11-2-3 析出电位	240	12-6 脉冲极谱法	269
11-2-4 电解时离子的析出顺序及完全程度	241	12-6-1 常规脉冲极谱法	270
11-3 电解分析方法及其应用	241	12-6-2 示差脉冲极谱法	270
11-3-1 控制电流电解分析法	241	12-7 伏安法	272
11-3-2 控制电位电解分析法	242	12-7-1 线性扫描伏安法	272
11-3-3 汞阴极电解法	242	12-7-2 单扫描极谱法	273
11-4 库仑分析的基本原理	243	12-7-3 循环伏安法	274
11-4-1 法拉第电解定律	243	12-7-4 溶出伏安法	277
11-4-2 电流效率	244	思考题与习题	280
11-5 库仑分析法及应用	244	参考文献	281
11-5-1 控制电位库仑分析法	244	第13章 电分析化学的新进展	282
11-5-2 控制电流库仑分析法	247	13-1 化学修饰电极	282
思考题与习题	250	13-1-1 化学修饰电极的制备和类型	282
参考文献	251	13-1-2 化学修饰电极在电分析中的应用	285
第12章 伏安法与极谱法	252	13-2 超微电极	285
12-1 直流极谱法基本原理	252	13-2-1 超微电极的基本特征	286
12-1-1 基本装置	252	13-2-2 超微电极的应用	287
12-1-2 三电极系统	253	13-3 光谱电化学	288
12-1-3 极谱波的形成	253	13-3-1 概述	288
12-2 扩散电流理论	255	13-3-2 光谱电化学原理	288
12-2-1 电极表面传质过程	255	13-3-3 紫外-可见光谱电化学法	290
12-2-2 平面电极上的扩散电流	256	13-4 电化学石英晶体微天平(EQCM)	292
12-2-3 滴汞电极上的扩散电流——伊尔科维奇方程	258	13-4-1 EQCM 工作原理	293
12-2-4 影响扩散电流的主要因素	260	13-4-2 EQCM 仪器	293
12-3 干扰电流及其消除方法	260	13-4-3 应用	294
12-3-1 残余电流	260	思考题与习题	295
12-3-2 迁移电流	260	参考文献	295
12-3-3 极谱极大	261	第14章 色谱分析法导论	296
12-3-4 氧波	261	14-1 概述	296
12-4 极谱定量分析法	261	14-1-1 色谱法	296
12-4-1 底液的选择	261	14-1-2 色谱法的分类	297
12-4-2 极谱波高的测量	262	14-1-3 色谱法的特点和应用	297
12-4-3 定量分析法	262	14-2 色谱法基本概念和术语	298
12-4-4 应用	262	14-2-1 色谱分离过程	298
12-5 极谱波与极谱波方程	263	14-2-2 色谱图	299
12-5-1 极谱波的类型	263	14-2-3 保留值	300
12-5-2 可逆波与不可逆波	263	14-2-4 分配系数和容量因子	301
		14-3 色谱法基本理论	303

14-3-1 塔板理论	304	第 16 章 高效液相色谱法	352
14-3-2 速率理论	305	16-1 概述	352
14-4 色谱分离优化	308	16-1-1 高效液相色谱法	352
14-4-1 分离度	308	16-1-2 液相色谱分离原理及分类	352
14-4-2 色谱分离基本方程	309	16-1-3 液相色谱与气相色谱的比较	352
14-4-3 分离性能的优化	310	16-2 高效液相色谱仪	354
14-5 色谱法重要关系式小结	313	16-2-1 高压输液系统	354
14-6 色谱定性和定量分析	314	16-2-2 进样系统	356
14-6-1 定性分析	314	16-2-3 分离系统	356
14-6-2 定量分析	316	16-2-4 检测器	356
思考题与习题	319	16-3 液固色谱法	356
参考文献	321	16-3-1 吸附机理	357
第 15 章 气相色谱法	322	16-3-2 液固色谱固定相	357
15-1 气相色谱仪	322	16-3-3 液固吸附色谱流动相	358
15-1-1 载气系统	323	16-3-4 应用实例	359
15-1-2 进样系统	324	16-4 液液色谱法	360
15-1-3 分离系统	325	16-4-1 分离原理	360
15-1-4 检测系统	325	16-4-2 固定相	361
15-1-5 记录系统	326	16-4-3 流动相	361
15-2 气相色谱检测器	326	16-4-4 应用实例	362
15-2-1 检测器的分类	326	16-5 化学键合相色谱法	362
15-2-2 热导检测器(TCD)	326	16-5-1 化学键合固定相法	363
15-2-3 氢火焰离子化检测器(FID)	328	16-5-2 反相键合相色谱法	363
15-2-4 电子捕获检测器(ECD)	329	15-5-3 正相键合相色谱法	364
15-2-5 火焰光度检测器(FPD)	329	16-5-4 离子性键合相色谱法	365
15-2-6 检测器的主要性能指标	330	16-6 离子交换色谱法	366
15-3 气相色谱固定相	333	16-6-1 分离原理	366
15-3-1 气液色谱固定液	333	16-6-2 固定相	367
15-3-2 载体	338	16-6-3 流动相	369
15-3-3 气固色谱固定相	338	16-6-4 应用	369
15-4 气相色谱条件的选择	340	16-7 排阻色谱法	369
15-4-1 固定相的选择	340	16-7-1 分离原理	369
15-4-2 柱长和柱径的选择	343	16-7-2 排阻色谱的填料和流动相	371
15-4-3 载气及其流速的选择	344	16-7-3 应用	372
15-4-4 柱温的选择	344	16-8 色谱分离方法的选择	372
15-4-5 进样条件的选择	345	16-9 毛细管电泳	373
15-4-6 检测器的选择	346	16-9-1 基本原理	374
15-5 毛细管柱气相色谱法	346	16-9-2 毛细管电泳的分离模式	376
15-5-1 毛细管气相色谱柱	346	思考题与习题	380
15-5-2 毛细管柱色谱系统	348	参考文献	381
思考题与习题	350	第 17 章 质谱法	383
参考文献	351	17-1 质谱法基本原理	384