

高等学校教材

新分析化学

西南大学 张明晓
中国农业大学 张春荣
主编



高等教育出版社
Higher Education Press

高等学校教材

新分析化学

西南大学 张明晓 主编
中国农业大学 张春荣

高等教育出版社

内容简介

本书包括分析化学导论、分析误差及其处理、滴定分析法、电位分析法、吸收光谱法和分离分析法共6章,重新整理了分析误差理论,统一量化了四大滴定方法,整合重构了仪器分析方法,注重分析方法内部的融合,以统一分析学科理论体系,解析了常用分析方法的基本原理、分析条件、分析仪器、方法特点和典型应用,讲解层层深入、剖析简明透彻、教学可详可略。

本书可作为农学、林学、食品、园艺、植物保护、水土保持、生物科学、动物科学、资源环境、化学化工、药学制药等专业本科生分析化学课程教材,也可供相关教师 and 科技人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

新分析化学/张明晓,张春荣主编. —北京:高等教育出版社,2008.9

ISBN 978-7-04-024552-3

I. 新… II. ①张…②张… III. 分析化学—高等学校—教材 IV. O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第122826号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	煤炭工业出版社印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2008年9月第1版
印 张	16.5	印 次	2008年9月第1次印刷
字 数	300 000	定 价	19.30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 24552-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010) 82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑	郭新华
责任编辑	刘佳
封面设计	丁文燕
责任绘图	尹莉
版式设计	王莹
责任校对	杨雪莲
责任印制	朱学忠

编写委员会名单

- | | |
|-----|-------------|
| 主 编 | 张明晓(西南大学) |
| | 张春荣(中国农业大学) |
| 副主编 | 李国琴(甘肃农业大学) |
| | 方能虎(上海交通大学) |
| | 文辉忠(广西大学) |
| 编 委 | 任丽萍(中国农业大学) |
| | 吕苏琴(中国农业大学) |
| | 叶 霞(西南大学) |
| | 陈时洪(西南大学) |
| | 郑一宁(上海交通大学) |
| | 蔺 丽(上海交通大学) |
| | 年 芳(甘肃农业大学) |
| | 梁信源(广西大学) |
| 审 阅 | 袁 若(西南大学) |

前 言

分析化学是研究物质结构、存在形式、化学组成和相对含量的科学,是研究化学现象和生命现象的必备工具,被称为科学研究的科学和科技工作者的眼睛。分析化学是高等农林院校单独开设的重要基础课程,在培养学生准确的量的概念、科研技能和科学素养方面具有独到的和不可替代的作用。

近年来,分析化学教学体系改革出现了两种主要趋势,一是将分析化学融入无机化学,形成无机及分析化学教学体系,二是将经典化学分析与现代仪器分析结合,形成新的分析化学教学体系。前者从简单合并到逐渐融合,化学分析成为无机化学四大平衡的应用实例,极大地削弱了分析化学的教学内容和重要地位,肢解和破坏了分析化学的学科体系,造成严重危害和深远影响。后者学科体系完整,内容丰富,作用和地位得到充分体现。但是当代分析化学发展迅猛,分析方法越来越多,课程教材越来越厚,教学课时却越来越少,而且分析方法特别是仪器分析方法缺乏统一理论支撑,面临科学性和必要性非议,所以分析化学学科理论统一,教学体系变革重构及课程教材创新重建具有重大意义。

2003年8月,在浙江大学召开了21世纪中国高等学校农林/医学类专业数理化基础课程创新与实践立项会议,会议上农林院校化学组确定了8个教育科学十五规划课题研究项目并提出了有关教材研究计划,本书就是这些项目和教材研究的成果之一。

本书的编写原则是:根据农林科学研究和生产实践要求,精选应用广泛和具有重要意义的分析方法,重构和统一分析化学学科理论体系,注重方法内部融合,着重讲解基本原理、分析条件、分析仪器、方法特点和典型应用,体现近期研究成果,提高教学水平、教学质量和教学效益,满足高等农林院校的教学需要。要求更新观念、创新体系,简化理论推导,突出素质教育,便于自主学习,注重创新能力和应用能力的培养。

本书包括分析化学导论、分析结果的误差和处理、滴定分析法、电位分析法、吸收光谱法和分离分析法共6章,适当地压缩了化学分析,极大地扩充了仪器分析,特别是增加了现代分离分析方法,通过重新整理误差理论、统一量化四大滴定、整合重构仪器分析,以新的学科体系深入浅出的讲解了分析化学基本内容。

第一章简要介绍分析化学的任务和作用、分析方法、分析过程、研究现状和研究热点及发展趋势,注重把握分析化学的整体状况,使学生明确分析化学课程的学习目的,激发学生的学习兴趣和。

第二章在介绍分析结果的误差概念及基本性质的基础上,依次阐述有效数字及其处理、离群值的检验和处理、随机误差的检验和处理、系统误差的检验和处理、分析结果的表示,然后简要阐明回归直线方程和反估值及其置信区间,最后介绍分析方法的灵敏度和检出限。注重让学生建立准确的量的概念。概念讲解层层深入、环环相扣,理论剖析逻辑严密、简明透彻。分析结果的处理以其不确定度为依据,定量讨论有效数字的处理方法,指出有效数字的近似运算规则的局限性,并根据误差传递规律讲解系统误差检验方法,有利于提高教学质量和误差处理水平。在回归分析中不但介绍了回归直线方程,而且阐明了反估值及其置信区间。

第三章将四大滴定统一处理。首先统一定义滴定分析方法和滴定反应,通过讲述滴定反应与计量关系、计量点与滴定突跃、滴定终点与终点误差和突跃范围、容量滴定法与称量滴定法及库仑滴定法来阐明滴定分析的基本原理。其次介绍滴定分析的标准物质,讲解对基准试剂的要求和前处理方法,阐述标准溶液浓度的表示方法和浓度大小的确定,通过实例讲解标准溶液的直接和间接配制方法,指出保存标准溶液应注意的问题。然后讲解滴定方式及其对应的计量关系,从而简便地讨论组分含量的计算方法。将间接滴定方式简化为返滴定法和转化滴定法,有利于学生理解和应用。将滴定方式对应的计量关系与组分含量的计算结合起来处理,可显著地提高教学效果。以客观存在的基本粒子为基本单元,这一概念学生在中学已经掌握,不需特别讲解,也更科学和有利于交流。在学生有了上述基础之后才讲解对滴定反应的要求。对滴定反应的要求一节是滴定分析的教学难点,适当地简化了教学内容。对滴定反应速率的要求只作了定性的说明和解释。对滴定反应不完全程度的要求是在介绍副反应与条件常数的概念和关系后,通过直接给出通用终点误差公式来简明地得到对滴定反应不完全程度的一般要求,然后分别应用于各类滴定反应,进一步具体化和直观化,阐明重要滴定条件。对滴定反应计量点的要求讲解了对目视滴定的要求和对自动滴定的要求。对目视滴定是在讲解指示剂的作用原理后列举典型的指示剂类型并阐明指示剂的应用条件和选择方法;对自动滴定是通过剖析滴定曲线来讲解自动电位滴定法、自动永停终点法和自动光度滴定法。最后介绍滴定分析法的特点和应用实例。将四大滴定统一处理,不但大大地压缩了重复的滴定分析内容,而且将滴定分析理论提升到统一的定量处理高度,更全面和更深刻地揭示了滴定分析的一般原理和条件,有利于培养学生建立准确的量的概念。

第四章首先介绍电位分析的基本装置和定量分析依据,通过剖析指示电极和参比电极的种类、构造和作用原理,液接电位与盐桥及电极电位的测量来阐明电位分析的基本原理,对电位分析仪器结构和电路原理进行了深入浅出的讲解。在讲解膜电极的基本特性的基础上再剖析膜电极的类型和特点,有利于透彻把

握电位分析法的精髓。对电位分析的标准曲线法、标准加入法和直接指示法的原理、条件、特点和误差进行了深入讲解,分析了影响电位分析结果准确度的因素与误差公式,指出了电位分析误差的减免方法。最后总结了电位分析法的特点并介绍了几个典型应用实例。

第五章将可见光谱法和紫外光谱法有机融合,系统地介绍了紫外可见吸收光谱定量分析及定性分析方法。通过介绍吸收光谱的产生和吸收光谱的特征与定性定量分析依据来阐明吸收光谱法的基本原理,在介绍吸光定律与吸光度的测定方法和分析条件的基础上讲解各种定量分析方法,系统地介绍了紫外可见光谱的特征后讲解了各种定性分析方法,随后剖析了紫外可见光谱仪的组成部件及作用并介绍了紫外可见光谱仪的类型和特点,讲解了紫外可见光谱法的特点和应用情况。

第六章整合讲解了现代色谱分离原理和毛细管电泳分离原理及其检测原理、色谱图与定性定量分析方法、分离理论和分离条件、分离分析仪器及分离分析法的特点和应用。各种现代色谱分离分析方法。由于经典的分离分析方法已被现代色谱分离分析法所取代,色谱分析法已成为复杂样品分离分析特别是生物样品分离分析的特别重要的分析方法。因此将各种色谱分离分析方法包括毛细管电泳法进行归纳整合讲解,不但在有限的篇幅内既深入浅出又简明扼要地介绍了关键的分析方法,而且避免了各种分离分析方法的重复,提高了教学效率,也有利于认识各种分离分析方法的共性和差异。

本书特别注重创新教学内容、改革讲解方法、体现教改成果,而且力求文字叙述简明扼要、概念准确、逻辑严密,注重编创图表解析、剖析透彻、深入浅出,重视理论联系实际、举例恰当、讲解可详可略、便于教学。同时针对各章重要知识点编著习题,做到较全面和典型,注重基础性和应用性,习题量控制在每万字3~4题,思考题、解析题、应用题和计算题分布较合理。

本书由张明晓(西南大学/cnzmex@163.com)和张春荣(中国农业大学/zcr885@126.com)主编,由李国琴(甘肃农业大学/libx@gsau.edu.cn)、方能虎(上海交通大学/nhfang@sjtu.edu.cn)和文辉忠(广西大学/whz6628@gxu.edu.cn)副主编,编委还有中国农业大学(任丽萍、吕苏琴),西南大学(叶霞、陈时洪),上海交通大学(郑一宁、蔺丽),甘肃农业大学(年芳),广西大学(梁信源)。

作者力求本书具有创新性、先进性、科学性和适用性,但由于水平所限,书中缺点与不足在所难免,恭候读者来函指正!

编者

2005年8月

本书所用符号

A	辅助电解质	I	电流
	吸光度		离子强度
	色谱峰面积		中间薄层入射光能量
	涡流扩散系数	I_0	入射光能量
B	标准值(保证值)	I_t	透射光能量
	标准物质	In	指示剂自由态(省略电荷)
	标准方法	K	化学反应的平衡常数
	浓差扩散系数		分配系数
C	传质扩散系数	K'	化学反应的条件平衡常数
	常数	K'_{sp}	计量点时化学反应的条件平衡常数
C_m	流动相传质路径因子	K_a	弱酸的酸度常数(弱酸的解离常数)
C_s	固定相传质路径因子		吸附平衡常数
D	偏差	K_{ai}	弱酸的第 i 级解离常数
	扩散系数	K_b	弱碱的酸度常数(弱碱的解离常数)
	检出限	K_{bi}	弱碱的第 i 级解离常数
D_m	组分在流动相中的扩散系数	$K_{i,j}$	离子选择性膜电极的选择性系数
D_s	组分在固定相中的扩散系数	K_{MY}	配合物 MY 的稳定常数
E	误差	K'_{MY}	配合物 MY 的条件稳定常数
	电场强度	K_s	离子交换平衡常数(选择性系数)
	能量	K_{sp}	难溶化合物的溶度积常数
	电池电动势	K_t	滴定反应的平衡常数
E_w	间接测定结果的系统误差	K_w	水的离子积
F	法拉第常数	L	色谱柱长度
	S_x/S_0 临界值		配位体(配位剂)
	现场分析方法		
F_0	流动相体积流速		
F_E	电场力		
F_f	摩擦力		
H	理论塔板高度		
H_{eff}	有效塔板高度		

L_{eff}	毛细管有效长度		偏差
M	摩尔质量	S_{bt}	空白试验分析结果的标准偏差
	金属离子(省略电荷)		偏差
M_r	物质的相对分子质量	S_F	现场方法分析结果的标准偏差
M_x	待测物质的摩尔质量		偏差
N	噪声(噪音)	S_f	回归分析残余标准偏差
	干扰离子(省略电荷)	S_{is}	组分 i 对标准物质 s 的相对响应值
N_A	阿伏加德罗常数	S_x	回归数据点 x_i 的标准偏差
O	氧化态	S_y	回归数据点 y_i 的标准偏差
P	置信概率(置信度)	S_{x_0}	回归分析反估值 x_0 的标准偏差
	反应产物		偏差
P_r	反应的不完全程度	$S_{\bar{x}}$	平均值的标准偏差
Q	回归数据与回归直线的离差平方和	$S_{\text{大}}$	较大的标准偏差
	反应产物	$S_{\text{小}}$	较小的标准偏差
	进样量	SCE	饱和甘汞电极
	电荷量	T	真值
R	还原态		热力学温度
R	回收率		透射比
	电阻	U	不确定度
	摩尔气体常数	U_B	标准值的不确定度
	分离度	U_w	间接测定结果的不确定度
	反应产物	V	体积(容积)
	转化试剂		电压
RD	相对偏差	V_M	死体积
RE	相对误差	V_m	色谱柱中流动相的体积
RE_{ep}	终点误差	V_R	保留体积
RSD	相对标准偏差	V'_R	校正保留体积
RU	相对不确定度	V_s	液体或气体样品的体积
S	标准偏差(样本标准偏差)		固体样品的定容溶液的体积
	电极斜率		色谱柱中固定相的体积
	灵敏度	V_t	被测试液的体积
S_B	标准物质分析结果的标准偏差	W	色谱峰峰宽
	标准方法分析结果的标准		间接测定结果

$W_{1/2}$	半高峰宽	c_{Xsp}	计量点时待测物质的总浓度
X	待测物质	c_{Xep}	滴定终点时待测物质的总浓度
X_T	真值的估计值	d	直径
X_i	第 i 次测定结果	d	微分
$\bar{X}$	多次测定结果的平均值	d_i	固定相的液膜厚度
$\bar{X}_B$	标准物质测定结果的平均值	d_p	填充物颗粒平均直径
	标准方法测定结果的平均值	e^-	电子
$\bar{X}_{bt}$	空白试验测定结果的平均值	ep	滴定终点
$\bar{X}_F$	现场方法测定结果的平均值	f	自由度
XIn	指示剂结合态(省略电荷)		函数
Y	乙二胺四乙酸根(省略电荷)		校正因子
a	回归直线截距		摩擦系数
	酸	f_i	组分 i 的绝对校正因子
	活度(有效浓度)	f_s	标准物质 s 的绝对校正因子
a_i	i 离子的活度	f_{is}	组分 i 对标准物质 s 的相对校正因子
a_j	j 离子的活度	h	H^+ 化学反应的计量数
b	回归直线斜率		普朗克常量
	碱		色谱峰高
	标准物质化学反应的计量数	i	次序
	光程长度(吸收池厚度)	i	待测离子
b_B	物质 B 的溶液质量摩尔浓度	j	干扰离子
c	物质的量浓度, 总浓度	k	化学反应速率常数
	真空中光速		分配比(容量因子)
c_0	初始浓度		常数
c_a	弱酸的总浓度	l	长度(厚度)
c_b	弱碱的总浓度	m	回归分析样品平行测定次数
c_B	物质 B 的物质的量浓度		质量
	标准物质的总浓度		物质的组成常数
c_{Bsp}	计量点时标准物质的总浓度	m_s	样品的质量
c_{Bep}	滴定终点时标准物质的总浓度	m_X	样品中待测物质的质量
	浓度	n	平行测定次数
c_m	组分在流动相中的浓度		测量的回归数据点数
c_s	组分在固定相中的浓度		
	固定相传质阻力系数		
c_X	待测物质的总浓度		

	电荷数		半径
	转移电子数		反应产物 R 的计量数
	物质的量		转化试剂 R 的计量数
	物质的组成常数	$r_{2,1}$	相对保留值
	理论塔板数	red	还原态
n_B	标准物质的平行测定次数	s	标准物质 S 的化学反应计量数
	标准方法的平行测定次数	s'	过量标准物质 S 的化学反应计量数
	标准物质 B 的物质的量	sp	化学计量点
n_{bt}	空白试验的平行测定次数	t	随机误差
n_F	现场方法的平行测定次数		变色点
n_{eff}	有效测定次数		滴定反应
	有效塔板数		摄氏温度
n_S	标准物质 S 的物质的量		时间
n_X	待测物质 X 的物质的量	$t_{\alpha, f}$	在显著性水平为 α 和自由度为 f 时
ox	氧化态		测定结果的随机误差
p	压强	t_B	标准物质测定结果的随机误差
	反应产物 P 的化学反应计量数		标准方法测定结果的随机误差
p'	反应物 P 的化学反应计量数	t_{bt}	空白试验测定结果的随机误差
pB	标准物质 B 的平衡浓度的负对数	t_F	现场方法测定结果的随机误差
pB'	主反应剩余 B 的总浓度的负对数	t_M	死时间
pe	电子的活度或平衡浓度的负对数	t_m	迁移时间
pe _i	变色点的 pe	t_R	保留时间
pH _i	变色点的 pH	t'_R	校正保留时间
pX	待测物质 X 的平衡浓度的负对数	u	流动相在色谱柱内的线速度
pX'	主反应剩余 X 的总浓度的负对数	v_{app}	表观迁移速率
pX _i	变色点的 pX	v_{eo}	电渗流速率
q	反应产物 Q 的计量数	v_{ep}	组分电泳速率
r	相关系数		

x	回归直线自变量 待测物质化学反应的计 量数	β	累积平衡常数 相比
$\bar{x}$	回归数据点自变量的平 均值	β_n	第 n 级累积平衡常数
x_0	回归直线分析反估值	γ	扩散路径弯曲因子 活度系数
y	回归直线因变量	κ	摩尔吸收系数
$\bar{y}$	回归数据点因变量的平 均值	ϵ	介电常数 光子的能量
$\bar{y}_0$	回归分析样品因变量平 均值	λ	波长 色谱柱填充不规则因子
Σ	加和符号(求和符号)	$\lambda_{\max}$	最大吸收波长
Δc	加入标准溶液后待测物质 浓度增量	μ	总体平均值
ΔE	加入标准溶液后电池电动 势增量能级差	μ_{app}	表观淌度
ΔpB	滴定终点与计量点 pB 之差	μ_{eo}	电渗淌度
$\Delta \text{pB}'$	滴定终点与计量点 pB' 之差	μ_{ep}	电泳淌度
ΔpX	滴定终点与计量点 pX 之差	η	介质黏度
$\Delta \text{pX}'$	滴定终点与计量点 pX' 之差	ν	频率
α	显著性水平($\alpha=1-P$) 副反应系数	ϕ	滴定分数
α_{M}	M 的副反应系数	φ	电极电位
$\alpha_{\text{M(OH)}}$	M 的羟基配位效应系数	$\varphi^{\ominus}$	标准电极电位
$\alpha_{\text{M(L)}}$	M 与 L 的配位效应系数	$\varphi^{\ominus'}$	条件电极电位
α_{MY}	MY 的副反应系数	φ_{M}	膜电位
$\alpha_{\text{L(H)}}$	L 的酸效应系数	φ_{t}	变色点电位
α_{Y}	Y 的副反应系数	$\varphi_{\text{t}}^{\ominus'}$	变色点的条件电极电位
$\alpha_{\text{Y(H)}}$	Y 的酸效应系数	φ_{X}	X 的体积分数
$\alpha_{\text{Y(N)}}$	Y 与 N 的副反应系数	w_{X}	X 的质量分数
		ρ	密度
		ρ_{X}	液体样品中待测物质的 浓度
		σ	波数 色谱峰区域宽度
		σ_{L}	色谱柱中组分分布区域 宽度

目 录

本书所用符号	I
第一章 分析化学导论	1
1.1 分析化学的任务	1
1.2 分析化学的方法	2
1.3 分析检测的过程	3
1.4 分析化学的进展	4
第二章 分析误差及其处理	6
2.1 分析结果的误差	6
一、真值、样本平均值和总体平均值	6
二、准确度和误差	7
三、精密度和偏差	9
四、随机误差和系统误差	11
五、准确度和精密度的关系	14
六、置信区间和置信度	15
七、误差传递和误差分配	17
2.2 分析结果的处理	20
一、分析结果的有效数字及其处理	20
二、离群值的检验和取舍	24
三、随机误差的检验和处理	26
四、系统误差的检验和处理	27
五、分析结果的表示	30
2.3 回归分析法	31
一、回归直线方程	31
二、反估值及其置信区间	33
2.4 灵敏度和检出限	34
一、灵敏度	35
二、检出限	35
习题	36

第三章 滴定分析法	39
3.1 滴定分析的基本原理	39
一、滴定反应和计量关系	39
二、计量点和滴定突跃	40
三、滴定终点和终点误差与突跃范围	44
四、容量滴定法、称量滴定法及库仑滴定法	45
3.2 滴定分析的标准物质	47
一、基准试剂与标准样品	47
二、标准溶液	48
3.3 滴定分析方式与组分含量计算	51
一、滴定分析的方式	51
二、组分含量的计算	54
3.4 对滴定反应的要求	57
一、对滴定反应速率的要求	57
二、对滴定反应不完全程度的要求	59
三、对滴定反应计量点的要求	76
3.5 滴定分析法的特点和应用	85
一、滴定分析法的特点	85
二、滴定分析法应用实例	86
习题	92
第四章 电位分析法	95
4.1 电位分析的基本原理	95
一、电位分析的基本装置	95
二、电位分析的定量依据	96
三、指示电极	98
四、参比电极	100
五、液接电位与盐桥	102
六、电池电动势的测量	104
4.2 膜电极的基本特性	106
一、膜电极的 Nernst 响应特性	106
二、膜电极的选择性	109
三、膜电极的线性范围、响应斜率与检测下限	110
四、膜电极的响应时间、稳定性及寿命	111
五、膜电极的内阻与敏感膜的导电性	113

六、膜电极的适用温度和 pH 范围	113
4.3 膜电极的类型和特点	114
一、原电极	114
二、敏化膜电极	118
三、生物膜电极	119
4.4 定量方法和误差	120
一、标准曲线法	120
二、标准加入法	122
三、直接指示法	123
四、测定误差	125
4.5 电位分析法的特点和应用	126
一、电位分析法的特点	126
二、电位分析法的应用实例	127
习题	128
第五章 吸收光谱法	130
5.1 吸收光谱法的基本原理	130
一、光谱属性	130
二、吸收光谱的产生	132
三、分子吸收光谱曲线和定性定量分析依据	133
5.2 吸光定律和定量分析方法	135
一、吸光定律和吸收系数	135
二、吸光度的加和性和吸光度的测量	138
三、偏离吸光定律的原因	139
四、定量分析条件	141
五、定量分析方法	145
5.3 吸收光谱特征和定性分析方法	148
一、跃迁类型和吸收谱带	148
二、分子结构与光谱特征	152
三、影响吸收谱带的环境因素	155
四、定性分析方法	156
5.4 吸收光谱仪器	160
一、组成部件及作用	160
二、吸收光谱仪的类型	164
5.5 吸收光谱法的特点和应用	166
一、吸收光谱法的特点	166
二、吸收光谱法的应用实例	167

习题	170
第六章 分离分析法	174
6.1 分离分析法的基本原理	174
一、分离分析方法	174
二、色谱分离原理	175
三、色谱检测原理	181
6.2 定性定量方法	187
一、色谱图	187
二、定性分析方法	191
三、定量分析方法	192
6.3 分离理论与分离条件	194
一、保留值方程	194
二、塔板理论	195
三、速率理论	197
四、提高分离度的途径	199
五、分离条件选择	200
6.4 分离分析仪器	203
一、气相色谱仪	203
二、高压液相色谱仪	207
三、毛细管电泳仪	210
6.5 分离分析法的特点和应用	212
一、分离分析法的特点	212
二、分离分析法的应用实例	214
习题	216
主要参考文献	219
附录	221
附录 1 常见元素国际相对原子质量表(2003)	221
附录 2 常用化合物的相对分子质量(4 位有效数字)	222
附录 3 t 分布表	223
附录 4 G 检验临界值($G_{\alpha,f}$)	223
附录 5 方差检验 F 值表	224
附录 6 水的离子积(K_w)	224