

SPT 高等院校选用教材

工科类

分析化学

四川大学 工科基础化学教学中心 分析测试中心 编著

科学出版社

高等院校选用教材

分析化学

四川大学 工科基础化学教学中心 编著
分析测试中心

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书是专门为大化工类专业编写的分析化学课程改革教材。本书内容充实,起点较高,叙述简明扼要,注重介绍近年来化学化工发展的新知识、新方法、新技术。全书共十八章,内容包括化学分析、光谱、电化学、色谱、波谱、热分析和电子能谱等。

本书可作为高等院校化学工程、无机化工、有机化工、高分子材料、无机材料、环境工程、制药工程、生物化工、皮革、食品、纺化等专业的分析化学课程教材,也可作为从事分析工作的科技人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/四川大学工科基础化学教学中心,分析测试中心编著. -北京:科学出版社,2001

(高等院校选用教材)

ISBN 7-03-009293-7

I. 分… II. 四… 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(2001)第 15020 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 7 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2001 年 7 月第一次印刷 印张: 37 1/4

印数: 1—5 000 字数: 713 000

定价: 40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈杨中〉)

前 言

分析化学(工科类)是四川大学参加“面向 21 世纪工科(化工类)化学系列课程改革的研究与实践”项目、承担“国家工科基础化学课程教学基地”建设任务,进行工科基础化学课程教学新体系的改革研究与实践而编写的一套教改教材之一。

分析化学的任务和发展方向

分析化学是研究分析方法的科学,是人们获得物质化学组成和结构信息的科学。

分析化学的发展历程可划分为三个阶段,学科间的相互渗透是分析化学发展的基本规律。

第一个阶段是 20 世纪初,建立了溶液中四大平衡理论,使分析化学从一门技术发展成一门学科,可以说这一时期为分析化学与物理化学相结合的时代,分析化学是化学的一个分支。

第二阶段是 30 年代至 60 年代,分析化学突破了以经典化学分析为主的局面,开创了仪器分析的新时代,物理学、电子学、半导体材料科学、数学、生物学等的一些新发现、新方法、新概念大量向分析化学渗透,各种物理分析方法得到长足发展。可以说这一阶段是分析化学与物理学、电子学结合的时代,其特点表现在广泛采用各种现代分析手段,对物质作尽可能的纵深分析,推出很多新的分析测试装置,为科学研究和生产实践提供更多、更新和更全面的信息。

第三阶段是 70 年代末到现在,以计算机应用为主要标志的信息时代的来临,给科学技术的发展带来巨大活力,分析化学又进一步与计算机科学紧密结合。21 世纪将是生命科学和信息科学的世纪,建立可持续发展的世纪,在发展中要求保护绿色环境和生态平衡。人们能否达到此要求,分析化学起着重要的作用。可以说现代分析化学已经远远超出化学学科领域,正与数学、物理学、计算机科学、生物学相互渗透,发展成一门多学科性的综合性科学。

展望 21 世纪,分析化学的目标就是要求消耗材料少,分析测试时间短,成本低,获得更多更准确的化学信息。因此要求提高方法灵敏度(达原子、分子级水平)和选择性,向快速、自动、简便、经济、仪器自动化、数字化和计算机化,并向智能化、信息化纵深发展。

分析化学应用范围十分广泛,包括国民经济、科学研究、资源开发、环境保护、国防建设等方面。人们常常把分析化学比喻为生产与科研的“眼睛”,因此分析化学将在我国实现工业、农业、国防和科学技术现代化的宏伟目标中,发挥重要的作用。

本教材的特点

在高等学校工科化工类有关专业中,分析化学是一门基础课程,无论单独设课或与其他课程融合重新组合,它都担负着培养学生严格、认真、实事求是的科学态度,精密、细致地进行科学实验的技能和从事科学实验必备素质的任务。但是现有的分析化学教材从内容、体系、重点安排上都不适应当前人才培养的要求,因此,我们组织力量编写了这本教改教材,其特点如下:

1. 20世纪末,不少化学分析方法逐渐被仪器分析方法所代替,为了培养适应社会需求的工程技术人才,特将分析化学内容作较大的调整,精简了化学分析法,加强了仪器分析部分,拓宽了仪器分析内容。

2. 化学分析法中主要介绍滴定分析法,讲述滴定分析的共性及其特点,有利于学生系统掌握基本知识。

3. 实验数据的统计处理及数据评价、回归方程等是必须掌握的基本内容,本教材对此部分作了适当的扩充。

4. 由于仪器分析内容较多,而教学计划中,一般安排学时较少,不可能全面介绍各种仪器分析方法。因此,可配合使用仪器分析多媒体教学软件,解决知识信息量大、学时少的矛盾,或针对不同专业选学部分内容,以达到重点突出,学以致用目的。

分析方法的分类

分析方法按照分析任务的不同、方法原理的不同、对分析准确度和速度要求的不同和试样含量范围的不同等多种分类法。下面简要介绍化学分析法及仪器分析法(又称物理或物理化学分析法)。

1. 化学分析法

化学分析是以化学反应为基础的一类方法,包括化学定性分析和化学定量分析,如重量分析法和滴定分析法,此类方法历史悠久,化学分析法通常用于待测组分含量在1%以上的样品,分析准确度较高,所用仪器设备简单,在生产实践及科学研究工作中起着一定的作用。但有些方法近年来已逐渐被其他仪器分析法所替

代。

2. 仪器分析法

根据测试物质的物理性质或物理化学性质而建立起来的一类方法,称为物理或物理化学分析法,由于测试时常使用仪器来完成,故又称仪器分析法。根据测定的物理参数性质的不同,仪器分析法可分为四类。

(1) 电化学分析法:基于物质的电学或电化学性质而建立的一类方法,如电位分析法、电解和库仑分析法、极谱分析法以及方法联用如色谱电化学法、毛细管电泳电化学法等。

(2) 光学分析法:基于物质对光的吸收或激发后光的发射所建立起来的一类方法,比如紫外-可见分光光度法、红外及拉曼光谱法、原子发射与原子吸收光谱法、原子和分子荧光光谱法、核磁共振波谱法、质谱法等。

(3) 色谱分析法:基于各组分在不同相中分配的不同而达到分离的一类方法,如气相色谱法、薄层色谱法和液相色谱法等。

(4) 其他,比如电子能谱法、热分析等。

仪器分析法具有分析速度快、灵敏度高许多优点,适用于微量组分的测定,易于实施实时、在线监测手段,目前已经成为分析化学的主要方法。当然化学分析法在常量分析中仍有一定作用,也可以说是仪器分析法的基础。

本书是在教改使用的讲义的基础上,经修改而成。参加本书编写的人员是四川大学工科基础化学教学中心和分析测试中心的黄文辉(前言)、罗崇建(第一、二、十三、十四、十五、十八章)、李晖(第三、四、五章)、余洛汀(第六、七章)、梁冰(第八、九章)、刘玉鑫(第十、十一、十二章)、朱晓帆(第十六章)和吕莉(第十七章)。初稿完成后,由罗崇建、刘玉鑫和朱晓帆共同进行统稿,提出修改意见,最后由各位编者修改定稿。在编写过程中得到了分析测试中心赵修贤的支持和帮助以及章洁、谭光群的协助,在此一并感谢。

限于编者对教改的认识和理解,以及业务水平和教学经验的局限,书中难免有不妥和错误之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2000年11月

目 录

前 言

| | |
|----------------------------|------|
| 第一章 误差和数据处理 | (1) |
| 1.1 系统误差和随机误差 | (1) |
| 1.1.1 准确度和误差 | (1) |
| 1.1.2 系统误差 | (2) |
| 1.1.3 随机误差和随机误差的正态分布 | (4) |
| 1.2 分析数据的统计处理 | (5) |
| 1.2.1 数理统计方法 | (5) |
| 1.2.2 精密度和偏差 | (7) |
| 1.2.3 区间估计和分析结果的表达 | (9) |
| 1.2.4 显著性检验 | (12) |
| 1.3 误差的传递和有效数字 | (17) |
| 1.3.1 误差的传递 | (17) |
| 1.3.2 有效数字及其运算规则 | (21) |
| 1.4 分析测试中的标准曲线 | (24) |
| 1.4.1 函数关系和相关关系 | (24) |
| 1.4.2 确定回归直线的方法 | (25) |
| 1.4.3 相关性检验 | (27) |
| 1.5 常规分析的质量管理和控制 | (29) |
| 1.5.1 质量保证体系和质量控制图 | (29) |
| 1.5.2 平均值质量控制图 | (30) |
| 习题 | (32) |
| 参考文献 | (34) |
| 第二章 滴定分析法 | (35) |
| 2.1 方法要点 | (35) |
| 2.1.1 滴定分析法以化学反应为基础 | (36) |
| 2.1.2 基准物质是定量的基准 | (38) |
| 2.1.3 终点误差是主要的方法误差 | (41) |
| 2.2 滴定反应和滴定曲线 | (42) |

| | |
|------------------------------|--------------|
| 2.2.1 常见的滴定反应 | (42) |
| 2.2.2 滴定曲线和滴定突跃 | (42) |
| 2.2.3 几种滴定反应的特点 | (48) |
| 2.3 指示剂 | (53) |
| 2.3.1 指示剂的作用原理 | (53) |
| 2.3.2 使用指示剂应当注意的问题 | (53) |
| 2.3.3 指示剂的选择 | (56) |
| 2.4 滴定分析法的应用 | (57) |
| 2.4.1 滴定分析可行性讨论 | (57) |
| 2.4.2 配位滴定的条件选择 | (58) |
| 2.4.3 酸碱滴定法 | (62) |
| 2.4.4 氧化还原滴定法 | (66) |
| 习题 | (70) |
| 参考文献 | (73) |
| 第三章 电位分析法 | (74) |
| 3.1 电位分析法中的基本知识 | (74) |
| 3.1.1 化学电池的组成 | (74) |
| 3.1.2 电极电位和电池电动势 | (75) |
| 3.1.3 金属基电极 | (76) |
| 3.2 离子选择性电极 | (80) |
| 3.2.1 离子选择性电极的分类及其响应机理 | (80) |
| 3.2.2 离子选择性电极的性能指标 | (86) |
| 3.3 电位分析法 | (89) |
| 3.3.1 直接电位法 | (89) |
| 3.3.2 电位滴定法 | (96) |
| 习题 | (101) |
| 第四章 电解分析法和库仑分析法 | (104) |
| 4.1 电解分析的基本原理 | (104) |
| 4.1.1 分解电压和析出电位 | (104) |
| 4.1.2 超电势 | (107) |
| 4.1.3 电解时离子的析出次序及完全程度 | (108) |
| 4.1.4 恒电流电解和控制电位电解 | (109) |
| 4.2 电解分析方法 | (109) |
| 4.2.1 恒电流电解法 | (109) |

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| 4.2.2 控制阴极电位电解法 | (111) |
| 4.2.3 汞阴极电解分离法 | (112) |
| 4.3 库仑分析法基础 | (113) |
| 4.3.1 Faraday 定律 | (113) |
| 4.3.2 电流效率 | (113) |
| 4.4 控制电位库仑分析法 | (114) |
| 4.4.1 原理和装置 | (114) |
| 4.4.2 控制电位库仑法的特点及应用 | (116) |
| 4.5 控制电流库仑分析法 | (116) |
| 4.5.1 原理和装置 | (116) |
| 4.5.2 指示终点的方法 | (118) |
| 4.5.3 库仑滴定法的特点及应用 | (119) |
| 习题 | (120) |
| 第五章 极谱分析法 | (122) |
| 5.1 极谱分析基本原理 | (122) |
| 5.1.1 极谱分析的基本装置 | (122) |
| 5.1.2 极谱波的组成 | (123) |
| 5.1.3 极谱过程的特殊性 | (124) |
| 5.2 极谱定量分析 | (125) |
| 5.2.1 Ilkovic 扩散电流方程式和影响扩散电流的因素 | (125) |
| 5.2.2 干扰电流和底液 | (131) |
| 5.3 定量分析方法 | (136) |
| 5.4 半波电位和极谱方程式 | (139) |
| 5.4.1 可逆波和不可逆波 | (139) |
| 5.4.2 极谱方程式 | (140) |
| 5.4.3 半波电位的测定和极谱波对数分析 | (144) |
| 5.5 近代极谱(伏安)法简介 | (145) |
| 5.5.1 极谱催化波 | (145) |
| 5.5.2 单扫描极谱法 | (149) |
| 5.5.3 循环伏安法 | (151) |
| 5.5.4 脉冲极谱法 | (153) |
| 5.5.5 溶出伏安法 | (156) |
| 习题 | (158) |
| 参考文献 | (162) |

| | |
|---------------------------------|-------|
| 第六章 原子发射光谱法 | (163) |
| 6.1 AES 的方法原理 | (163) |
| 6.2 分析仪器 | (164) |
| 6.2.1 光源 | (164) |
| 6.2.2 光谱仪 | (166) |
| 6.3 谱线强度的测量 | (170) |
| 6.4 定性分析、半定量分析和定量分析方法 | (171) |
| 6.4.1 光谱定性分析 | (171) |
| 6.4.2 光谱半定量分析 | (172) |
| 6.4.3 光谱定量分析 | (173) |
| 6.5 ICP 光谱法 | (176) |
| 6.5.1 ICP 光谱分析装置 | (176) |
| 6.5.2 ICP 的形成和特性 | (180) |
| 6.5.3 ICP 工作参数的选择 | (183) |
| 6.5.4 ICP 的优良分析性能 | (184) |
| 习题 | (185) |
| 参考文献 | (186) |
| 第七章 原子吸收光谱法 | (187) |
| 7.1 方法原理 | (187) |
| 7.1.1 共振线和特征谱线 | (187) |
| 7.1.2 热激发时基态原子数和激发态原子数的关系 | (188) |
| 7.1.3 原子吸收谱线的宽度 | (188) |
| 7.1.4 原子吸收的测量 | (189) |
| 7.2 分析仪器 | (190) |
| 7.2.1 光源 | (191) |
| 7.2.2 原子化系统 | (191) |
| 7.2.3 分光系统 | (195) |
| 7.2.4 检测系统 | (197) |
| 7.3 定量分析方法 | (197) |
| 7.3.1 直接测定法 | (197) |
| 7.3.2 间接测定法 | (198) |
| 7.4 原子吸收光谱法中的干扰及控制 | (198) |
| 7.4.1 化学干扰 | (199) |
| 7.4.2 物理干扰 | (199) |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| 7.4.3 光谱干扰 | (199) |
| 7.4.4 基体效应和散射影响 | (200) |
| 7.5 灵敏度、检出极限和测定条件的选择 | (200) |
| 7.5.1 灵敏度 | (201) |
| 7.5.2 检出极限 | (202) |
| 7.5.3 测定条件的选择 | (202) |
| 习题 | (203) |
| 参考文献 | (204) |
| 第八章 紫外-可见分光光度法 | (205) |
| 8.1 紫外-可见吸收光谱 | (205) |
| 8.1.1 紫外-可见吸收光谱的形成 | (205) |
| 8.1.2 电子跃迁类型和物质的特征吸收 | (207) |
| 8.1.3 影响紫外-可见吸收光谱的因素 | (215) |
| 8.2 紫外-可见分光光度法定量原理 | (217) |
| 8.2.1 Lambert-Beer 定律 | (217) |
| 8.2.2 偏离 Lambert-Beer 定律的原因 | (218) |
| 8.3 光度分析条件选择 | (220) |
| 8.3.1 显色反应及显色条件的选择 | (220) |
| 8.3.2 吸光度测量条件选择 | (223) |
| 8.4 紫外-可见分光光度计 | (225) |
| 8.5 紫外-可见分光光度法的应用 | (229) |
| 8.5.1 定性分析、结构分析、纯度检查 | (229) |
| 8.5.2 多组分分析 | (236) |
| 8.5.3 光度滴定 | (237) |
| 8.5.4 酸碱离解常数测定 | (238) |
| 8.5.5 配合物组成及不稳定常数的测定 | (239) |
| 8.5.6 高吸光度示差法 | (242) |
| 8.5.7 双波长分光光度法 | (243) |
| 8.5.8 导数分光光度法 | (245) |
| 8.5.9 流动注射-光度分析法 | (245) |
| 习题 | (248) |
| 参考文献 | (250) |
| 第九章 分子荧光光谱法和化学发光分析法 | (252) |
| 9.1 荧光光谱法基本原理 | (252) |

| | |
|------------------------------------|--------------|
| 9.1.1 分子的激发与失活 | (252) |
| 9.1.2 荧光强度及影响荧光的因素 | (254) |
| 9.1.3 激发光谱和荧光光谱 | (258) |
| 9.2 荧光分析仪器 | (259) |
| 9.3 荧光法的应用 | (261) |
| 9.4 化学发光分析法 | (262) |
| 9.4.1 概述 | (262) |
| 9.4.2 化学发光分析的基本原理 | (262) |
| 9.5 化学发光分析仪器 | (264) |
| 9.6 化学发光反应的类型及其应用 | (265) |
| 9.6.1 液相化学发光 | (266) |
| 9.6.2 气相化学发光 | (268) |
| 9.7 化学发光新技术 | (270) |
| 习题 | (272) |
| 参考文献 | (273) |
| 第十章 红外及拉曼光谱法 | (274) |
| 10.1 红外光谱概述 | (274) |
| 10.2 红外光谱的基本概念 | (275) |
| 10.2.1 红外吸收与分子瞬时偶极矩以及振动频率的关系 | (275) |
| 10.2.2 多原子分子的振动及其光谱 | (277) |
| 10.3 红外光谱仪和样品制备方法 | (282) |
| 10.3.1 红外光谱仪简介 | (282) |
| 10.3.2 仪器的性能指标 | (284) |
| 10.3.3 样品的制备 | (284) |
| 10.4 基团与振动频率的关系 | (286) |
| 10.4.1 振动频率与成键原子的质量和力常数的关系 | (286) |
| 10.4.2 基团频率 | (287) |
| 10.4.3 红外光谱区域划分 | (287) |
| 10.4.4 影响基团频率位移的因素 | (288) |
| 10.5 红外光谱定性及定量分析 | (296) |
| 10.5.1 各类有机化合物的特征吸收 | (296) |
| 10.5.2 高分子化合物的红外光谱 | (299) |
| 10.5.3 无机化合物的红外光谱 | (300) |
| 10.5.4 红外吸收光谱的解析 | (302) |

| | |
|------------------------------|--------------|
| 10.5.5 红外光谱例解 | (305) |
| 10.5.6 标准红外光谱图的应用 | (306) |
| 10.6 红外光谱定量分析 | (307) |
| 10.6.1 吸光度的测量方法 | (308) |
| 10.6.2 定量分析方法 | (308) |
| 10.7 红外光谱新进展 | (309) |
| 10.8 拉曼光谱简介 | (311) |
| 10.8.1 拉曼光谱的原理 | (311) |
| 10.8.2 激光拉曼光谱仪及样品制备 | (313) |
| 10.8.3 拉曼光谱的特征频率 | (314) |
| 10.8.4 拉曼光谱的应用 | (315) |
| 习题 | (316) |
| 第十一章 核磁共振波谱法 | (319) |
| 11.1 概述 | (319) |
| 11.2 核磁共振原理 | (320) |
| 11.2.1 核的自旋与磁性 | (320) |
| 11.2.2 核磁共振条件 | (322) |
| 11.2.3 核自旋弛豫 | (324) |
| 11.3 核磁共振波谱仪及实验技术 | (325) |
| 11.3.1 核磁共振波谱仪的类型及性能指标 | (325) |
| 11.3.2 实验技术 | (327) |
| 11.4 核磁共振波谱中的结构信息 | (328) |
| 11.4.1 化学位移 | (328) |
| 11.4.2 自旋偶合、自旋裂分与偶合常数 | (334) |
| 11.4.3 信号强度 | (339) |
| 11.5 氢谱的解析 | (340) |
| 11.5.1 化合物结构鉴定 | (340) |
| 11.5.2 定量分析 | (343) |
| 11.6 碳谱 | (344) |
| 11.6.1 概述 | (344) |
| 11.6.2 碳谱的重要去偶照射技术 | (345) |
| 11.6.3 碳谱的波谱参数 | (347) |
| 11.6.4 碳谱的制作与解析 | (350) |
| 11.7 核磁共振新进展 | (351) |

| | |
|-----------------------------|--------------|
| 11.7.1 测定碳原子级数的几种新方法 | (353) |
| 11.7.2 固体高分辨核磁共振谱 | (354) |
| 11.7.3 二维核磁共振谱 | (354) |
| 11.7.4 非质子核的应用 | (358) |
| 习题 | (358) |
| 第十二章 质谱法 | (361) |
| 12.1 质谱的基本原理及仪器简介 | (361) |
| 12.1.1 基本原理 | (361) |
| 12.1.2 仪器及性能指标简介 | (364) |
| 12.2 离子的主要类型 | (368) |
| 12.2.1 分子离子及相对分子质量的测定 | (368) |
| 12.2.2 同位素离子及分子式的确定 | (368) |
| 12.2.3 碎片离子 | (369) |
| 12.2.4 重排离子 | (371) |
| 12.3 质谱解析 | (371) |
| 12.3.1 解析质谱的一般程序 | (372) |
| 12.3.2 标准质谱图和质谱计算机检索 | (375) |
| 12.3.3 质谱解析 | (375) |
| 12.4 质谱技术简介 | (377) |
| 12.4.1 无机化合物的质谱分析 | (377) |
| 12.4.2 生物分子的质谱 | (378) |
| 12.4.3 离子动能谱 | (378) |
| 12.4.4 质能谱 | (378) |
| 12.4.5 串联质谱 | (379) |
| 12.4.6 色谱-质谱-计算机联用仪 | (379) |
| 12.5 波谱综合解析 | (381) |
| 12.5.1 解析程序 | (381) |
| 12.5.2 综合解析实例 | (384) |
| 习题 | (385) |
| 参考文献 | (387) |
| 第十三章 色谱法基础 | (388) |
| 13.1 概述 | (388) |
| 13.1.1 色谱法 | (388) |
| 13.1.2 色谱法的分类 | (389) |

| | |
|--------------------------|--------------|
| 13.1.3 色谱法的特点 | (390) |
| 13.2 色谱图和有关术语 | (390) |
| 13.2.1 色谱图 | (390) |
| 13.2.2 保留值 | (391) |
| 13.2.3 峰宽 | (392) |
| 13.2.4 分配系数和容量因子 | (393) |
| 13.3 色谱基础理论 | (394) |
| 13.3.1 塔板理论 | (394) |
| 13.3.2 影响谱带扩张的因素 | (395) |
| 13.3.3 几个速率理论方程简介 | (397) |
| 13.3.4 分离度 | (400) |
| 13.4 色谱定性和定量分析 | (403) |
| 13.4.1 色谱定性方法 | (403) |
| 13.4.2 色谱定量分析 | (404) |
| 习题 | (407) |
| 第十四章 气相色谱法 | (410) |
| 14.1 气相色谱仪 | (411) |
| 14.1.1 气相色谱分析流程 | (411) |
| 14.1.2 气相色谱仪的组成 | (412) |
| 14.2 色谱柱和固定相 | (414) |
| 14.2.1 填充柱和空心柱 | (415) |
| 14.2.2 吸附剂和载体 | (415) |
| 14.2.3 固定液 | (417) |
| 14.2.4 键合固定相和手性固定相 | (419) |
| 14.3 气相色谱检测器 | (420) |
| 14.3.1 检测器的性能 | (421) |
| 14.3.2 几种常见的检测器 | (423) |
| 14.3.3 联用技术简介 | (427) |
| 14.4 气相色谱分析条件的选择 | (430) |
| 14.4.1 载气种类及其流速 | (430) |
| 14.4.2 载体粒度 | (431) |
| 14.4.3 固定液用量 | (431) |
| 14.4.4 柱温 | (432) |
| 14.4.5 进样时间和进样量 | (432) |

| | |
|--------------------------------|--------------|
| 习题 | (434) |
| 第十五章 高效液相色谱法 | (436) |
| 15.1 概述 | (436) |
| 15.1.1 经典液相色谱法和高效液相色谱法 | (436) |
| 15.1.2 高效液相色谱法和气相色谱法 | (436) |
| 15.1.3 高效液相色谱法的分离类型 | (437) |
| 15.1.4 HPLC 中影响谱带扩张的主要因素 | (438) |
| 15.2 高效液相色谱仪 | (438) |
| 15.2.1 输液装置 | (439) |
| 15.2.2 进样系统 | (440) |
| 15.2.3 色谱柱 | (440) |
| 15.2.4 检测器 | (441) |
| 15.3 吸附色谱法 | (442) |
| 15.3.1 分离原理 | (442) |
| 15.3.2 应用示例 | (443) |
| 15.4 分配色谱法 | (445) |
| 15.4.1 正相液相色谱法 | (445) |
| 15.4.2 反相液相色谱法 | (446) |
| 15.5 离子交换色谱法 | (449) |
| 15.5.1 离子交换剂 | (449) |
| 15.5.2 分离机理 | (449) |
| 15.5.3 应用示例 | (450) |
| 15.6 体积排除色谱法 | (450) |
| 15.6.1 SEC 的分离机理 | (452) |
| 15.6.2 SEC 中的淋洗剂和固定相 | (453) |
| 15.7 薄层色谱法 | (453) |
| 15.7.1 薄层色谱分离操作 | (454) |
| 15.7.2 TLC 和柱色谱的关系 | (455) |
| 15.7.3 定性和定量分析 | (456) |
| 15.8 毛细管电泳简介 | (457) |
| 15.8.1 毛细管区带电泳 | (458) |
| 15.8.2 毛细管电泳的其他分离模式 | (459) |
| 15.8.3 毛细管电泳中应当注意的几个问题 | (460) |
| 习题 | (461) |

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| 参考文献 | (461) |
| 第十六章 电子能谱分析 | (463) |
| 16.1 光电子能谱 | (463) |
| 16.1.1 X射线光电子能谱 | (464) |
| 16.1.2 紫外光电子能谱 | (466) |
| 16.1.3 光电子能谱图分析 | (466) |
| 16.1.4 化学位移 | (469) |
| 16.2 俄歇电子能谱 | (471) |
| 16.2.1 俄歇过程 | (471) |
| 16.2.2 俄歇电子的产额 | (472) |
| 16.2.3 俄歇电子的能量 | (473) |
| 16.2.4 俄歇电子能谱分布 | (473) |
| 16.2.5 俄歇电子逸出深度 | (475) |
| 16.2.6 化学效应 | (475) |
| 16.2.7 XPS, UPS, AES 分析技术比较 | (476) |
| 16.3 电子能谱仪 | (476) |
| 16.3.1 光源 | (476) |
| 16.3.2 样品室 | (480) |
| 16.3.3 能量分析器 | (481) |
| 16.3.4 检测器 | (483) |
| 16.3.5 真空系统 | (484) |
| 16.3.6 电子能谱仪的分辨率和灵敏度 | (484) |
| 16.4 XPS, UPS 和 AES 的应用 | (485) |
| 16.4.1 XPS 在化合物结构鉴定方面的应用 | (486) |
| 16.4.2 UPS 在固体表面吸附中的应用 | (487) |
| 16.4.3 AES 在分析晶粒间界杂质方面的应用 | (487) |
| 16.5 样品制备与处理 | (488) |
| 16.5.1 一般要求 | (489) |
| 16.5.2 样品的制备 | (489) |
| 16.5.3 污染的主要来源 | (489) |
| 16.5.4 清洁表面的获得 | (490) |
| 习题 | (491) |
| 参考文献 | (491) |
| 第十七章 热分析 | (492) |