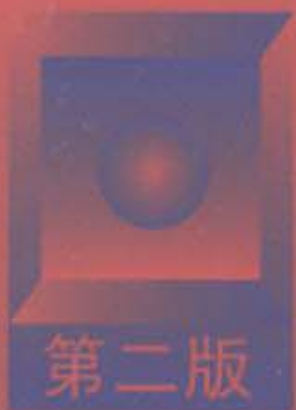


FENXIXIHUAXUE SHOUCE

分析化学手册

第三分册

光谱分析



化学工业出版社
CHEMICAL INDUSTRY PRESS

分析化学手册

(第二版)

第三分册

光谱分析

柯以侃 董慧茹 主编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学手册 第三分册: 光谱分析/柯以侃, 董慧茹
主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 1998
ISBN 7-5025-2095-3

I. 分… II. ①柯… ②董… III. ①分析化学-手册②光
谱分析-手册 IV. 065-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 02167 号

分 析 化 学 手 册

(第二版)

第三分册

光 谱 分 析

柯以侃 董慧茹 主编

责任编辑: 任惠敏 田 桦

责任校对: 陶燕华

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市燕山联营印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 84 $\frac{3}{4}$ 字数 2118 千字

1998 年 9 月第 2 版 1998 年 9 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—3000

ISBN 7-5025-2095-3/TQ·1035

定 价: 135.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

《分析化学手册（第二版）》编辑委员会

主 任：周同惠

副主任：汪尔康 陆婉珍

委 员：

周同惠 中国科学院院士

中国医学科学院药物研究所

汪尔康 中国科学院院士

中国科学院长春应用化学研究所

陆婉珍 中国科学院院士

中国石油化工总公司石油化工科学研究院

高 鸿 中国科学院院士

西北大学

高小霞 中国科学院院士

北京大学

梁晓天 中国科学院院士

中国医学科学院药物研究所

卢佩章 中国科学院院士

中国科学院大连化学物理研究所

陈耀祖 中国科学院院士

浙江大学 兰州大学

王 夔 中国科学院院士

北京医科大学

黄本立 中国科学院院士

厦门大学

俞汝勤 中国科学院院士

湖南大学

畠山立子(日) 日本国工业技术院物质工学工业技术研究所

孙亦樾 北京大学

慈云祥 北京大学

李浩春 中国科学院大连化学物理研究所

邓家祺 复旦大学

邓 勃 清华大学

王敬尊 北京微量化学所

程介克	武汉大学
陈洪渊	南京大学
于德泉	中国医学科学院药物研究所
张玉奎	中国科学院大连化学物理研究所
张孙玮	杭州大学
刘振海	中国科学院长春应用化学研究所
丛浦珠	中国医学科学院药物研究所
彭图治	杭州大学
杨峻山	中国医学科学院药用植物研究所
柯以侃	北京化工大学
王国顺	杭州大学
任惠敏	化学工业出版社

第二版前言

分析化学是人们获得物质化学组成和结构信息的科学。由于多学科的交叉渗透,现代分析化学已发展成为一个庞大的学科体系,建立起了比较成熟的多种分析方法,包括色谱分析、电化学分析、光谱分析、波谱分析、质谱分析、化学分析、热分析、放射分析、生化分析等。它一方面在科学研究中起着至关重要的作用,极大地推动着其他学科的发展;另一方面还直接服务于国民经济和生产建设的需要。同时,当代科学技术和人类生产活动的飞速发展也向分析化学学科提出了严峻的挑战,并带来了前所未有的发展机会。

我国的分析化学学科在新中国建立以来,特别是改革开放以后,取得了长足的发展。到目前为止,在全国范围内已形成了一支以中国科学院和高等院校及各部委研究所为核心的分析化学科研队伍,和一个涉及生物、环境、材料、临床、医药、地质、冶金、石化、宇航、商检、法医、侦破和考古等领域的庞大分析检验队伍,共同构成了我国分析化学学科研究发展的源泉和推广应用的基地。在多年的发展过程中,无论是分析化学的基础理论,还是实际应用方面,都已形成了丰富的知识和经验的积累,需要进一步的总结和推广。

《分析化学手册》是一部比较全面的反映现代分析技术,供化学工作者使用的专业工具套书。手册第一版自1979年出版以来,在读者中形成了一定的影响,已成为许多分析化验室的必备图书。但由于受组稿时的历史条件所限,加上近20年来是世界和我国的科学技术,包括分析化学学科飞速发展的时期,原手册第一版在内容和编排上已不能全面反映当前我国分析化学的发展现状。因此,根据广大读者的要求,我们组织了这套《分析化学手册》的修订工作。

在第一版原有6个分册的基础上,这次经扩充和修订为以下10个分册:

第一分册 基础知识与安全知识

第二分册 化学分析

第三分册 光谱分析

第四分册 电分析化学

第五分册 气相色谱分析

第六分册 液相色谱分析

第七分册 核磁共振波谱分析

第八分册 热分析

第九分册 质谱分析

第十分册 化学计量学

其中第一分册为基础内容,收集了分析工作中常用的基础数据、分析实验室

的安全知识及分析数据的常规处理、计算机应用的基础知识。第十分册所涉及的化学计量学是近些年来发展非常迅速的化学学科的一个分支,与分析化学有着特殊密切的关系,它应用数学和统计学的方法,并引入计算机科学的发展成果,其研究对象几乎涉及分析化学的所有过程,对于设计或选择最优的分析方法,解析大量的化学分析数据以最大限度地获取化学信息等具有普遍的指导意义,因此修订时增加这一部分内容。其他各分册均是按分析方法及所采用的主要仪器类型来划分,大体包括两方面的内容:基础原理、基础数据部分和实际应用部分。

本次修订,在内容上我们着重收录了基础性的理论和发展较为成熟的方法及应用,注意推陈出新,更新有关数据,增补各自领域近些年的新发展新成果,特别是计算机应用、多种分析手段联用技术的发展,以及分析技术应用于生命科学等的內容。

在编排方式上,进一步突出了手册的可查性。各册均编排主题词索引,与目录相互补充。手册中所涉及的名词术语统一采用国家自然科学名词审定委员会发布的标准,计量单位参照国家标准《GB 3100~3102—93·量和单位》的有关规定贯彻执行。其他凡有国家标准的也一律采用相关最新标准。

第二版的重编修订工作得到了我国分析化学界的大力支持,包括11位中国科学院院士在内的近30位知名专家、学者应邀担任了手册修订的编委会成员,全套书的修订出版凝聚着他们大量的心血和期望,在此谨向他们,以及在编写过程中曾给予我们热情支持与帮助的有关院校、科研单位及厂矿企业的专家和同行们,致以衷心的感谢。同时我们也真诚地期待着广大读者的热情关注和批评指正。

《分析化学手册》编委会

1996年6月

本分册修订说明

本分册第一版包括光学分析和电化学分析两部分。自第一版出版至今已有 15 年,在此期间,光谱分析得到了飞速的发展。例如反映我国光度分析特点的多元络合物光度分析,无论在深度还是广度方面都取得了瞩目的成果; FTIR 和 FT-Raman 技术的应用给红外光谱和拉曼光谱带来了革命性的改变,使其作用和地位起了戏剧性的变化; 计算机、化学计量学、各种新材料和元件器的应用把光谱分析及其测试技术推上了一个新的台阶。鉴于此原分册第二篇光学分析法的内容已不能反映光谱分析发展现状。本次修订将光谱分析作为独立的分册,对书的内容作了大幅度的调整和更新。原分册名为光学分析,光学分析可分为光谱分析和非光谱分析两大类。后者是利用辐射与物质作用产生在方向上或物理性质上的变化进行分析,这类方法有比浊法、折光分析、旋光分析、圆二向色性法及 X 射线衍射等等。这些内容不包含在本分册中,故本分册名为光谱分析,共六篇二十四章。光谱分析是按照原子光谱和分子光谱的顺序编排的,本册前三篇为原子光谱分析,包括原子发射光谱分析、原子吸收光谱分析、原子荧光光谱分析和 X 射线光谱分析; 后三篇为分子光谱分析,包括紫外和可见光谱分析,红外和拉曼光谱分析以及荧光分析法。本次编写着重查阅了 80 年代以来的文献,收集和汇总了近期的各种光谱分析资料和数据。其中在应用方面的许多表格都是根据散在文献上的资料进行编制的,特别是对国内光谱分析应用方面的文献做了较全面的介绍。全书贯彻《中华人民共和国国家标准 GB3100~3102—93 量和单位》的有关规定,所有物理量和数据全部以法定计量单位表示,或列出了换算公式。各篇章中都列出数据表格出处及有关参考文献。

原第三分册电化学分析与光学分析是由杭州大学化学系分析化学教研室编写,本次修订由北京化工大学应用化学系工业分析教研室部分教师承担,参加编写工作的有: 柯以侃(第一章、第十八至第二十一章)、董慧茹(第二章至第五章、第十章至第十二章)、周心如和柯以侃(第十三章至第十七章)、李增和和柯以侃(第六章至第八章)、王志华(第二十二章至第二十四章)、张丽娟(第九章)、全书由柯以侃、董慧茹主编。

清华大学邓勃教授和北京微量化学所王敬尊教授担任本书稿主审,二位教授对本书初稿作了缜密的审阅,提出了许多十分宝贵的修改意见,对本书的最后定稿起了重要作用,在本书确定编写大纲和修订过程中得到了我国著名分析化学专家本手册编委会委员: 周同惠教授、陆婉珍教授、梁晓天教授、王夔教授、慈云祥教授、汪尔康教授、高鸿教授、黄本立教授、高小霞教授和任惠敏副编审及在京的部分专家周天泽教授和齐文启教授等诸多专家的指导和帮助,在此致以衷心感谢。

在这次修订中,我们认真听取各方意见,全力以赴,力求新版能反映光谱分析方面的新发展,以满足读者的要求。但光谱分析涉及的面很宽,文献数量浩瀚,又由于时间较紧,而我们自身的知识面及水平有限,虽力求谨慎,并经仔细校订,但种种缺点与不足乃至错误实所难免,尚祈分析化学界的专家及广大读者批评指正,是所企盼。

编者

1998 年 4 月于北京

内 容 提 要

第二版《分析化学手册》在第一版的基础上做了较大幅度的调整、增删和补充。全套手册由 10 个分册构成：基础知识与安全知识、化学分析、光谱分析、电分析化学、气相色谱、液相色谱、核磁共振波谱、热分析、质谱和化学计量学。

在第二版《分析化学手册》中注意贯彻了国家法定计量单位制关于量和单位的基本原则。在取材上突出实用性，注重基础知识、基础数据与最新发展并容，在内容上注重科学性和准确性。在编排上强调系统性和查阅方便。

本分册由六篇(24 章)构成，所收录内容涵盖了几乎所有的原子光谱和分子光谱分析方法及应用。有光谱分析的基础理论、原理及术语、定义，发射光谱、原子吸收光谱、原子荧光光谱、X 射线光谱、紫外-可见光谱、红外与拉曼光谱、分子荧光与磷光及化学发光光谱的基础理论、分析仪器与试剂，以及这些方法在各个领域中的应用数据资料。

本书是分析化学工作者的案头工具书，本册可供各行业中从事光谱分析、色谱分析及质谱分析工作的技术人员和大专院校相关专业师生查阅。

目 录

第一篇 光谱分析导论与发射光谱分析

第一章 光谱分析导论	1
第一节 有关物质的辐射和光学性能的术语	1
第二节 光谱分析法的分类及有关定律、定义	5
一、光谱分析法的分类	5
二、光谱分析法的定律和定义	6
第三节 光谱分析法仪器概述及术语	7
一、光谱分析法仪器概述	7
二、光谱分析仪器术语	8
第四节 有关光谱分析的国内外期刊文献介绍	10
一、文献检索工具	10
二、光谱分析的主要期刊	12
参考文献	17
第二章 发射光谱分析原理	18
第一节 概述	18
一、发射光谱法的分类	18
二、发射光谱分析过程和仪器组成	18
第二节 发射光谱分析的基本理论	19
一、原子状态与原子光谱项	19
二、原子光谱的规律性	19
三、辐射跃迁及谱线强度	35
第三节 发射光谱定性、半定量及定量分析	84
一、光谱定性分析	84
二、光谱半定量分析	106
三、光谱定量分析	108
参考文献	212
第三章 发射光谱实验技术及仪器设备	213
第一节 样品制备及进样技术	213
一、标样的制备	213
二、试样的制备	218
三、进样技术	220
第二节 摄谱技术	222
一、感光板的性能及基本类型	222
二、感光板的化学处理	222
三、乳剂特性曲线的绘制	224
第三节 发射光谱分析的主要仪器设备	229
一、激发光源	229

二、光谱仪	232
三、观测仪器	233
第四节 仪器的使用、维护与故障排除	235
一、光源的使用、维护与故障排除	235
二、光谱仪的维护与故障排除	236
三、观测仪器的常见故障排除	237
四、光电光谱仪的维护与常见故障的排除	237
参考文献	238
第四章 发射光谱分析法的应用及进展	239
第一节 分离富集技术在现代发射光谱分析中的应用与进展	239
一、分离富集-AES 分析技术的分类	239
二、分离富集-AES 法简介	239
三、分离富集-AES 法的应用与进展	247
第二节 发射光谱分析法的应用	258
参考文献	296
第五章 火焰原子发射光谱法	297
第一节 火焰原子发射光谱法的方法原理	297
第二节 仪器装置	325
一、激发光源	325
二、分光器	325
三、光度计	325
第三节 火焰原子发射光谱法的误差来源及消除方法	325
第四节 火焰原子发射光谱法的应用	326
第二篇 原子吸收光谱法和原子荧光光谱法	
第六章 原子吸收光谱法基本原理、基本数据和仪器	332
第一节 原子吸收光谱法的基本原理	332
一、不同能级的原子的分布	332
二、原子吸收线	332
三、吸光度与被测元素浓度关系	334
四、原子化过程	335
五、原子吸收光谱法中的干扰及消除方法	337
第二节 原子吸收光谱法常用基本数据	346
一、元素共振线的跃迁谱项	346
二、部分原子吸收线的振子强度	349
三、原子吸收光谱分析中元素主要吸收线及相对灵敏度	349
四、谱线宽度数据	350
五、原子化效率(β 值)	359
六、键的离解能、元素原子化键能和元素电离电位	361
七、各种火焰性能	366
第三节 原子吸收分光光度计	367
一、原子吸收分光光度计结构概述	367
二、原子吸收分光光度计的基本部件	368
三、仪器安装调试和验收	374

四、国内外常用原子吸收分光光度计的型号与性能	378
参考文献	383
第七章 原子吸收光谱法的实验技术	384
第一节 进样技术	384
一、火焰原子吸收光谱法的进样技术	384
二、无焰原子吸收光谱法的进样技术	384
第二节 原子吸收光谱分析中背景校正技术	385
一、连续光源法（氘灯法）	386
二、塞曼法	386
三、双波长法	387
四、自蚀效应和背景（共振线吸收法）	388
五、其他方法	389
六、背景校正能力的测试	389
第三节 基体改进技术	391
一、基体改进剂的类型	391
二、基体改进的机理	391
第四节 石墨管改进技术	392
一、几种常用的石墨管改进方法	392
二、石墨管改进技术的效果	393
第五节 平台原子化技术	395
第六节 探针原子化技术	396
第七节 流动注射(FIA)与原子吸收法联用技术	397
第八节 氢化物发生原子吸收分析技术	397
一、反应原理和常用还原剂	397
二、氢化物发生装置	398
三、干扰及其消除	399
第九节 原子吸收光谱分析中间接测定技术	399
第十节 石墨炉原子吸收绝对分析法	400
参考文献	404
第八章 原子吸收光谱分析步骤、测定条件及应用	407
第一节 原子吸收光谱分析的一般步骤	407
一、样品制备	407
二、火焰原子吸收光谱测定条件的选择	408
三、无火焰原子吸收光谱测定条件的选择	409
四、分析方法	411
第二节 火焰原子吸收光谱法元素的测定条件	411
第三节 无火焰原子吸收光谱法元素的测定条件	411
第四节 原子吸收光谱法的应用	436
一、火焰原子吸收光谱法的应用	436
二、石墨炉原子吸收光谱法的应用	443
参考文献	460
第九章 原子荧光光谱法	462
第一节 原子荧光光谱分析基本原理	462
一、原子荧光的类型	462

二、原子荧光定量分析基本关系式	463
三、原子荧光的猝灭	464
第二节 原子荧光光谱分析的主要仪器设备	465
一、原子荧光光谱仪的基本组成部分	465
二、原子荧光光谱仪简介	467
第三节 元素的原子荧光测定	468
参考文献	499

第三篇 X 射线光谱分析

第十章 X 射线光谱分析原理	508
第一节 X 射线光谱分析的理论基础	508
一、X 射线的产生与 X 射线光谱	508
二、X 射线的性质	509
第二节 X 射线光谱定性及定量分析	529
一、定性分析	529
二、定量分析	529
三、样品的制备	591
参考文献	594
第十一章 X 射线光谱分析的主要仪器设备	596
第一节 X 射线光谱仪的基本组成	596
一、X 射线激发源	596
二、分光系统	597
三、探测器	601
四、记录系统	604
第二节 常用 X 射线光谱仪	604
一、X 射线光谱仪的分类	604
二、常用 X 射线光谱仪简介	604
参考文献	605
第十二章 X 射线光谱分析法及其应用	606
第一节 常用 X 射线光谱分析方法	606
一、X 射线荧光分析法 (XRF)	606
二、X 射线吸收分析法	608
三、X 射线散射法	610
四、扫描 X 射线显微法	610
五、X 射线外观电位光谱法	611
六、电子探针分析法	611
第二节 X 射线光谱分析法的应用	612
参考文献	626

第四篇 紫外-可见光谱分析法

第十三章 紫外-可见光谱分析的原理、光谱数据与仪器	628
第一节 紫外-可见吸收光谱的基本原理	628
一、紫外-可见吸收光谱的产生和跃迁类型	628

二、生色团和助色团	628
三、紫外吸收光谱中的一些经验规律	631
第二节 紫外吸收光谱数据	632
一、紫外吸收光谱图谱集	632
二、部分有机化合物的紫外吸收光谱数据	633
三、部分天然有机化合物的紫外吸收光谱数据	645
第三节 紫外-可见分光光度计	675
一、紫外-可见分光光度计结构概述	675
二、紫外-可见分光光度计组件	678
三、紫外-可见分光光度计的检定	682
参考文献	691
第十四章 吸光光度分析方法	692
第一节 吸光光度法的准确度和一般定量方法	692
一、吸光光度法的准确度	692
二、紫外-可见吸光光度法的一般定量方法	694
第二节 差示吸光光度法	695
一、差示吸光光度法概述	695
二、差示吸光光度法应用	697
第三节 双波长吸光光度法	699
一、双波长吸光光度法概述	699
二、双波长吸光光度法应用	701
第四节 三波长吸光光度法	709
一、三波长吸光光度法概述	709
二、三波长吸光光度法应用	710
第五节 正交函数吸光光度法	710
一、正交函数吸光光度法概述	710
二、正交函数吸光光度法的应用	712
第六节 导数吸光光度法	714
一、导数吸光光度法概述	714
二、导数吸光光度法应用	715
第七节 动力学吸光光度法	722
一、动力学吸光光度法概述	722
二、动力学吸光光度法应用	724
第八节 流动注射吸光光度法	736
一、流动注射吸光光度法概述	736
二、流动注射吸光光度法应用	738
第九节 浮选吸光光度法	747
一、浮选吸光光度法概述	747
二、浮选吸光光度法应用	747
第十节 固相吸光光度法	749
一、固相吸光光度法概述	749
二、固相吸光光度法应用	750
第十一节 计量学吸光光度法	753
一、各种计量学计算方法简介	753

二、计量学吸光光度法的应用	758
参考文献	759
第十五章 有机显色剂	764
第一节 概述	764
一、显色剂的选择	764
二、显色剂的发展概况	764
第二节 常用有机显色剂	765
参考文献	787
第十六章 二元显色体系及其应用	788
第一节 概述	788
第二节 二元显色体系吸光光度法在金属和非金属元素测定中的应用	788
参考文献	804
第十七章 多元络合物吸光光度分析法	805
第一节 概述与研究进展	805
一、多元络合物的主要类型	805
二、多元络合物吸光光度分析研究进展	805
第二节 吸光光度法常用表面活性剂及有关性质	806
一、常用的各类型的表面活性剂	806
二、常用的各类型的表面活性剂的有关性质	808
第三节 多元络合物吸光光度分析法的应用	811
参考文献	865

第五篇 红外与拉曼光谱分析法

第十八章 红外吸收光谱原理、常用数据、仪器和实验技术	866
第一节 红外吸收光谱的基本原理	866
一、红外吸收光谱的产生	866
二、简正振动和振动类型	867
三、振动频率理论和振动谱带强度理论简介	869
第二节 红外光谱分析常用数据	870
一、波长与波数的互换	870
二、红外区的透光材料	871
三、红外光谱分析常用溶剂	877
第三节 红外光谱仪	885
一、红外光谱仪结构概述	885
二、红外光谱仪的基本部件	886
三、色散型红外分光光度计检定规程	888
四、FTIR 光谱仪分类和主要功能	893
第四节 红外光谱的实验技术	895
一、红外光谱的样品制备技术	895
二、微量样品和微区分析技术简介	897
三、高压红外光谱技术简介	900
四、红外反射光谱技术简介	903
五、偏振红外光谱技术简介	906

六、红外光谱基体隔离技术简介	908
七、红外光谱联用技术简介	911
八、红外光声光谱技术简介	919
九 近红外光谱技术简介	920
十、远红外光谱技术简介	922
十一、红外发射光谱技术简介	923
十二、动态红外光谱技术简介	924
参考文献	925
第十九章 化合物的特征红外频率和红外光谱图	928
第一节 化合物的特征红外频率	928
一、一些小分子的基频振动频率	928
二、部分双原子分子和构成多原子分子及离子的双原子单元的伸缩振动频率	930
三、无机化合物的红外特征频率	936
四、有机化合物官能团的红外特征频率	940
五、有机化合物近红外吸收频率	977
六、有机化合物远红外吸收频率	980
第二节 红外光谱图	981
一、部分有机化合物的红外光谱图	981
二、部分聚合物的红外光谱图	1027
参考文献	1075
第二十章 红外光谱定性分析与定量分析	1076
第一节 红外光谱定性分析	1076
一、红外光谱的初步解析方法	1076
二、标准红外光谱谱图集和红外光谱索引书	1080
三、萨特勒图谱集的索引及其使用	1083
四、红外光谱数据库、红外检索系统及专家系统	1085
五、红外光谱在聚合物、表面活性剂和增塑剂鉴定中的应用	1091
第二节 红外光谱的定量分析	1112
一、红外光谱定量分析原理	1114
二、定量分析测量和操作条件的选择	1114
三、红外光谱定量分析方法	1116
参考文献	1119
第二十一章 拉曼光谱分析法	1120
第一节 拉曼光谱的基本原理	1120
一、拉曼效应和拉曼位移	1120
二、拉曼散射的经典理论处理简述	1121
三、拉曼活性振动	1121
四、退偏度	1122
第二节 拉曼光谱仪	1124
一、拉曼光谱仪结构概述	1124
二、拉曼光谱仪的基本部件	1126
三、拉曼光谱仪的校正	1129
四、一些激光拉曼光谱仪的性能	1141
第三节 拉曼光谱的取样技术	1141

一、散射光收集方式	1141
二、拉曼光谱的一般取样技术	1141
三、拉曼光谱的特殊取样技术	1144
第四节 拉曼光谱技术	1145
一、共振拉曼光谱法	1145
二、表面增强拉曼光谱法	1146
三、非线性拉曼光谱	1148
第五节 特征拉曼频率	1151
一、有机化合物的特征拉曼频率	1151
二、无机化合物的特征拉曼频率	1161
第六节 激光拉曼光谱的定量分析	1166
一、激光拉曼光谱定量分析原理	1166
二、激光拉曼光谱定量分析一般步骤	1167
第七节 部分有机化合物拉曼光谱图	1167
参考文献	1183

第六篇 荧光、磷光及化学发光分析法

第二十二章 荧光分析法基本原理、荧光试剂与仪器	1184
第一节 荧光分析法基本原理	1184
一、荧光的产生机理	1184
二、荧光物质的激发光谱和发射光谱	1185
三、溶液的荧光强度与浓度的关系	1186
四、荧光与结构的关系	1187
五、环境因素对荧光光强度的影响	1189
六、溶液荧光-猝灭	1190
第二节 荧光分析常用荧光试剂	1191
一、席夫碱类、腙类及其类似物	1191
二、蒽醌类	1191
三、喹啉类	1191
四、偶氮类	1192
五、苯并吡喃酮类	1192
六、 β -或 γ -二酮类	1192
七、荧光素、荧光酮等酸性染料	1192
八、罗丹明类等碱性染料	1193
九、大环化合物	1193
十、酚类和芳胺类化合物	1193
十一、其他试剂	1193
第三节 荧光仪器	1219
一、基本结构和部件	1219
二、荧光分光光度计	1222
三、激发、荧光光谱的校正和荧光仪器的灵敏度	1224
参考文献	1225
第二十三章 荧光分析方法及其应用	1227
第一节 荧光分析方法	1227