

YIQI FENXILISHI



高职高专“十二五”规划教材

仪器分析技术

赵世芬 闫冬良 主 编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

仪器分析技术

赵世芬 闫冬良 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共十三章,除了仪器分析概论、光学分析法概论和色谱分析法概论3章外,介绍了在药学、医学检验技术和卫生检验技术等专业常用的10种仪器分析方法:电化学分析法、紫外-可见分光光度法、红外分光光度法、荧光分析法、原子吸收分光光度法、液相色谱法、高效液相色谱法、气相色谱法、质谱法和核磁共振波谱法以及15个相关实验。

本教材主要供高职高专药学、医学检验技术和卫生检验技术等专业的师生使用。教材内容以应用为目的,以必需和够用为度,注重内容的针对性、适用性以及实用性,突出基础理论知识的应用和实践能力的培养,贴近学生、贴近岗位、贴近社会。为此,增加了“重点知识”“知识拓展”和“课堂互动”3个板块以及各种常用分析仪器的彩色插图。

图书在版编目(CIP)数据

仪器分析技术/赵世芬,闫冬良主编. —北京:化学工业出版社,2015.11
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-25411-5

I. ①仪… II. ①赵…②闫… III. ①仪器分析-高等职业教育-教材 IV. ①O657

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第243093号

责任编辑:旷英姿
责任校对:陈静

文字编辑:陈雨
装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张14¼ 彩插2 字数320千字 2016年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:32.00元

版权所有 违者必究



图 1 pHs-3C 型酸度计

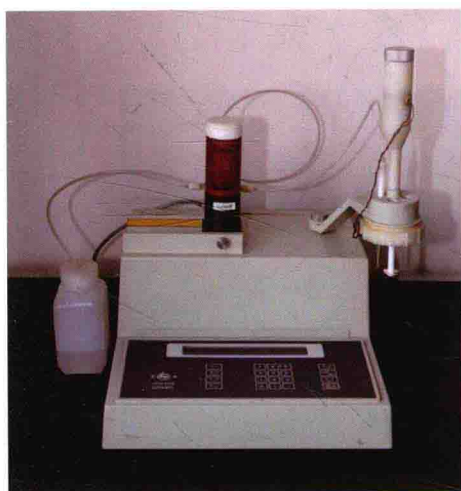


图 2 自动电位滴定仪

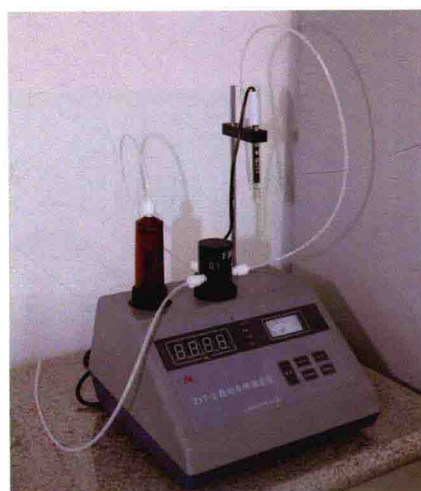


图 3 自动永停滴定仪



图 4 紫外 - 可见分光光度计



图 5 红外分光光度计



图 6 荧光分光光度计



图 7 原子吸收分光光度计



图 8 高效液相色谱仪

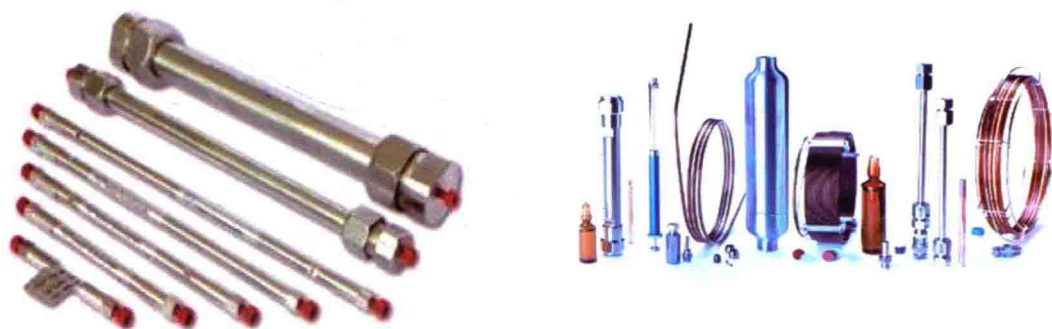


图 9 色谱柱



图 10 气相色谱仪



图 11 质谱仪



图 12 高效液相色谱 - 质谱联用仪



图 13 气相色谱 - 质谱联用仪



图 14 核磁共振波谱仪



图 15 高效液相色谱 - 质谱 - 核磁共振波谱联用仪

编写人员名单

主 编 赵世芬 闫冬良

副主编 黄月君

编 者 (以姓名笔画为序)

马纪伟	南阳医学高等专科学校
孙李娜	四川中医药高等专科学校
闫冬良	南阳医学高等专科学校
苏冬梅	北京卫生职业学院
赵世芬	北京卫生职业学院
黄月君	山西药科职业学院
鲍 羽	湖北中医药高等专科学校
廖禹东	江西省赣州卫生学校

前言

Preface

本教材是高等职业教育药学专业“十二五”规划教材之一，以就业为导向、以能力为本位、以岗位需求为原则编写，以培养技能应用型人才为目标编写。主要供高职高专药学、医学检验技术和卫生检验技术等专业的师生使用。

为了充分体现高等卫生职业教育的特色，在选择教材内容时，以应用为目的，以必需和够用为度，把握教材的深度和广度，注重内容的针对性、适用性以及实用性，突出基础理论知识的应用和实践能力的培养，贴近学生、贴近岗位、贴近社会；在确定编写体例时，增加了“重点知识”“知识拓展”和“课堂互动”3个板块以及各种常用分析仪器的彩色插图，既突出了教材主体内容又拓展了知识、增强了教材的直观性，同时提高了学生的参与程度；在撰写文字时，注意言简意赅、通俗易懂，符合高职学生的认知程度。

全书共十三章，主要内容有：仪器分析概论、电化学分析法、光学分析法概论、紫外-可见分光光度法、红外分光光度法、荧光分析法、原子吸收分光光度法、色谱分析法概论、液相色谱法、高效液相色谱法、气相色谱法、质谱法和核磁共振波谱法以及15个相关实验。在编写中，主要突出以下特点。

1. 为突出教材内容的针对性和适用性，主体内容是药学和医学检验技术等专业学生就业工作岗位所需的基本理论、基本知识和基本技能，“知识拓展”则是与之相关的理论和技术，如发展史、相关原理、新技术或实例等，体现了编写原则。

2. 为突出教材内容的实用性，每种仪器分析方法在简介基本原理之后，还介绍了此方法所用仪器的基本结构、操作步骤和应用与实例，培养学生基础理论知识的应用能力。

3. 为突出对学生岗位能力和实践能力的培养，在十三章后附有15个相关实验的实践指导，其中13个实验是药学和医学检验技术等专业学生就业工作岗位具体完成的工作任务，教师可根据各院校的实际情况进行选做。并在每章教学内容后撰写了与之配套的习题，供教学时边学边练。

本书由赵世芬、闫冬良主编，赵世芬统稿和定稿，闫冬良审稿。其中第一、第七、第十二章由赵世芬编写，第二章由孙李娜和赵世芬编写，第三章和第九章由黄月君编写，第四章由马纪伟编写，第五章和第六章由闫冬良编写，第八章由廖禹东和赵世芬编写，第十章和第十一章由廖禹东和闫冬良编写，第十三章由鲍羽和马纪伟编写。仪器分析技术实践指导由苏冬梅编写。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏，恳请专家和读者批评与指正。

编者

2015年9月

◎ 第一章 仪器分析概论

1

第一节 仪器分析的任务和作用	1
一、仪器分析的任务	1
二、仪器分析的作用	2
第二节 仪器分析特点和方法分类	2
一、仪器分析特点	2
二、仪器分析方法分类	4

◎ 第二章 电化学分析法

6

第一节 基本原理	7
一、原电池与电极电位	7
二、参比电极和指示电极	9
第二节 直接电位法	17
一、溶液 pH 值的测定	17
二、其他离子活度的测定	21
第三节 电位滴定法	24
一、基本原理和电位滴定仪	24
二、确定滴定终点的方法	25
三、应用与实例	26
第四节 永停滴定法	26
一、永停滴定仪及基本原理	27
二、永停滴定法类型及滴定终点的判断	28
三、应用与实例	29

◎ 第三章 光学分析法概论

33

第一节 电磁辐射与电磁波谱	33
一、电磁辐射	33
二、电磁波谱	34
第二节 光谱的产生	34

一、吸收光谱	35
二、发射光谱	36
第三节 光学分析法的分类	36
一、吸收光谱法	37
二、发射光谱法	37
三、拉曼光谱法	37

◎ 第四章 紫外-可见分光光度法

39

第一节 基本原理	40
一、溶液的颜色	40
二、透光率与吸光度	41
三、光的吸收定律	41
四、吸收系数	42
五、偏离光的吸收定律的因素	43
六、吸收光谱曲线	45
第二节 紫外-可见分光光度计	45
一、基本结构	45
二、操作步骤	48
三、主要性能指标	49
四、仪器类型	50
第三节 误差的来源和测量条件的选择	52
一、误差的来源	52
二、测量条件的选择	52
三、显色反应条件的选择	53
四、选择合适的参比溶液	54
第四节 应用与实例	54
一、定性分析与实例	54
二、纯度检查与实例	55
三、定量分析与实例	56

◎ 第五章 红外分光光度法

64

第一节 红外吸收光谱	64
一、红外吸收光谱的表示方法	64
二、红外吸收光谱的有关概念	65
三、红外吸收光谱与紫外吸收光谱的比较	65
四、红外分光光度法的用途	66
第二节 基本原理	66
一、分子振动的类型	66

二、红外吸收的条件	67
三、分子振动自由度与峰数	68
四、红外吸收峰的峰位及强度	69
五、特征区和指纹区	71
第三节 红外分光光度计	72
一、主要部件	73
二、试样的处理方法	74
三、操作步骤	75
第四节 应用与实例	76
一、鉴别与实例	76
二、结构分析与实例	76

◎ 第六章 荧光分析法

81

第一节 基本原理	82
一、荧光和磷光	82
二、荧光效率	83
三、影响荧光强度的因素	83
四、荧光强度与溶液浓度的关系	84
五、荧光光谱	85
第二节 荧光分光光度计	85
一、主要结构	85
二、操作步骤	86
三、仪器类型	87
第三节 定量分析方法与实例	87
一、对照品比较法与实例	87
二、标准曲线法与实例	88

◎ 第七章 原子吸收分光光度法

91

第一节 基本原理	92
一、气态基态原子的产生	92
二、原子吸收光谱的产生	93
三、原子吸收谱线的轮廓与谱线展宽	93
四、原子吸收法定量分析基础	95
第二节 原子吸收分光光度计	95
一、基本结构	95
二、操作步骤	99

三、主要性能指标	100
四、仪器类型	101
第三节 定量分析方法与实例	102
一、标准曲线法与实例	102
二、标准加入法与实例	103

◎ 第八章 色谱分析法概论

107

第一节 色谱分析法的分类	107
一、按两相所处的状态分类	108
二、按分离原理分类	108
三、按分离方法不同分类	109
第二节 色谱图及基本参数	110
一、色谱图	110
二、色谱基本参数	110
第三节 基本理论	113
一、塔板理论	113
二、速率理论	115
第四节 定性定量分析方法	116
一、定性分析方法	116
二、定量分析方法	116

◎ 第九章 液相色谱法

122

第一节 柱色谱法	122
一、吸附柱色谱法	122
二、分配柱色谱法	125
三、离子交换柱色谱法	126
四、分子排阻柱色谱法	127
第二节 纸色谱法	128
一、原理	128
二、操作方法	129
三、应用与实例	130
第三节 薄层色谱法	130
一、原理	130
二、操作方法	131
三、应用与实例	133

◎ 第十章 高效液相色谱法

136

第一节 高效液相色谱仪	137
-------------------	-----

一、基本组成	137
二、高效液相色谱法分类	140
三、高效液相色谱仪操作规程	141
第二节 应用实例	141
一、内标法实例	142
二、外标法实例	142

◎ 第十一章 气相色谱法

145

第一节 气相色谱仪	146
一、基本组成	146
二、操作条件的选择	147
三、气相色谱仪操作规程	148
第二节 应用实例	149
一、内标法实例	149
二、外标法实例	150

◎ 第十二章 质谱法

153

第一节 质谱仪	154
一、基本结构	154
二、操作步骤	159
三、主要性能指标	160
第二节 质谱图及主要离子类型	160
一、质谱图	160
二、主要离子类型	161
第三节 应用与实例	163
一、质谱图的解析	163
二、解析实例	163

◎ 第十三章 核磁共振波谱法

166

第一节 基本原理	167
一、原子核的自旋及磁性核	167
二、原子核产生核磁共振的条件	167
第二节 核磁共振波谱仪	168
一、基本结构	168
二、主要性能指标	169
三、操作步骤	169

第三节 核磁共振氢谱	169
一、屏蔽效应	169
二、化学位移	170
三、积分线与氢的个数	171
四、自旋偶合和自旋分裂	171
第四节 应用与实例	171
一、核磁共振氢谱的解析	171
二、解析实例	172

○ 仪器分析技术实践指导

174

实践 1 盐酸普鲁卡因注射液 pH 值的检查	174
实践 2 奥美拉唑的含量测定	175
实践 3 盐酸普鲁卡因的含量测定	177
实践 4 水溶液中微量氯离子浓度的测定	179
实践 5 高锰酸钾吸收光谱曲线的绘制及含量测定	182
实践 6 维生素 B ₁ 的性状测定	184
实践 7 维生素 B ₂ 中感光黄素的检查	185
实践 8 维生素 B ₁₂ 注射液的鉴别和含量测定	186
实践 9 阿司匹林的鉴别	188
实践 10 硫酸奎宁的含量测定	191
实践 11 口服补液盐散 (II) 总钾的含量测定	194
实践 12 几种混合离子的柱色谱	197
实践 13 牛磺酸有关物质的检查	198
实践 14 阿莫西林残留溶剂的检查	200
实践 15 甲硝唑注射液的检验	202

○ 附录

207

附录 1 元素的相对原子质量	207
附录 2 标准电极电位表 (298.15K)	208
附录 3 常用标准 pH 缓冲溶液的配制 (25℃)	210

○ 仪器分析技术习题参考答案

211

○ 参考文献

216

第一章

仪器分析概论

重点知识

仪器分析及其任务；仪器分析特点；仪器分析分类。

20 世纪 40 年代以后，既由于生产和科学技术发展的需要，又由于物理学、电子学及半导体、原子能工业的发展，分析化学发生了革命性的变革，从传统的化学分析发展为仪器分析。20 世纪 70 年代以后，随着生命科学、材料科学、环境科学、能源科学和医疗卫生等领域的发展，由于生物学、信息科学和计算机技术的引入，使仪器分析进入了一个崭新的境界，向着更高的灵敏度和准确度方向发展，向着更好的选择性和分离手段方向发展，向着更完善可信的形态分析和更小的样品量要求方向发展，向着原位、活体内和实时分析方向发展，向着分析仪器自动化、数字化、智能化及仿生化方向发展。总之，现代科学技术的飞速发展，相邻学科之间的相互渗透，使仪器分析正在成为在化学、生物学、物理学、数学、计算机科学、精密仪器制造科学等学科基础上的多学科交叉结合的学科。

第一节 仪器分析的任务和作用

一、仪器分析的任务

仪器分析 (instrumental analysis) 是利用物质的物理或物理化学性质采用特殊仪器进行分析的方法，属于分析科学，是多学科、多技术的交叉与综合的科学，是化学学科的重要组成部分，是研究物质化学组成重要的分析技术。



知识拓展

技 术

仪器分析发展变革中，理论的建立起着指导作用，要转化为方法，需要特定的仪器、设备和试剂，而制作和使用仪器或设备，正是通常所说的技术。即仪器分析理论

和方法的相互作用，需要中介和桥梁，这就是技术。例如，早在 17 世纪的牛顿时期，就已初步形成光谱学原理，到 18 世纪已经发展成熟，利用光谱线特征进行物质鉴定的思想也早已有人提出，但是，直到 19 世纪中期，才实现了光谱分析。其原因在于，直到这时，才应用光谱学原理制作出了可用于分析的光谱仪。因此，技术是实现和实施方法的保证，仪器分析方法尤其如此，本教材重点突出仪器使用和应用的分析技术。

仪器分析依据物质的物理性质或物理化学性质，利用物理学、化学、数学等的原理和方法，运用分析仪器技术（硬件）和分析测试技术（软件），完成鉴定物质的化学组成、测定物质中各组分的相对含量以及确定物质的化学结构三项任务。

二、仪器分析的作用

仪器分析是在处理和实际问题中发挥重要作用的分析技术，具有其他技术不可替代的作用。它不仅对化学学科的发展起着重要作用，而且在国民经济建设、科学研究及医药卫生事业的发展中也发挥着重要的作用。

在国民经济建设中，各行各业利用仪器分析技术进行样品的分析。例如，在地质勘探中，矿样的分析；在工业生产中，从原料的分析，半成品和成品的检验，到新产品的研制，工艺技术的改进和革新；在农业生产中，土壤成分、化肥、农药及农作物生长的研究和分析等，都需用仪器分析工作者提供的分析结果进行工作。因此，各个领域均需要仪器分析的知识和技术，仪器分析技术测试是科技与生产的眼睛，是衡量一个国家经济与科技发展的标志。

科学研究领域更需要仪器分析的方法和技术，无论是化学学科本身的发展，还是其他学科的发展，均需要仪器分析技术的支持。同样，其他学科的发展也促进了仪器分析技术的发展。

在医药卫生事业中，药品检验、新药研究，临床医学检验、临床生化检验，食品卫生检验、食品营养成分分析、食品添加剂分析及有毒成分分析，环境保护中，对水质和大气的监测，“三废”（废水、废气、废渣）的处理和综合利用都需要运用仪器分析的知识和技术。

仪器分析技术是药学和医学检验技术专业学生的专业必修课。通过学习本课程，使学习者掌握仪器分析的基本理论、基本知识和基本技能，逐步树立正确的“量”的概念，培养和形成良好的职业素质和服务态度，为学习专业课程和职业技能奠定良好的基础。

第二节 仪器分析特点和方法分类

一、仪器分析特点

仪器分析随着科学技术的迅猛发展而快速发展，应用日益广泛，它具有如下特点。

1. 测定灵敏度和精密度高

灵敏度是指被测组分浓度或含量改变一个单位所引起的测量信号的变化。若考虑分