



全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材



全国高等中医药院校规划教材（第十版）

分析化学（下）

（新世纪第四版）

（供中药学、药学、制药工程等专业用）

主 编 王淑美

全国百佳图书出版单位
中国中医药出版社

全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材

全国高等中医药院校规划教材

分析化学(下)

(新世纪第四版)

(供中药学、药学、制药工程等专业用)

主 编

王淑美(广东药科大学)

副主编(按姓氏笔画排序)

万 丽(成都中医药大学)

贡济宇(长春中医药大学)

黄建梅(北京中医药大学)

冯素香(河南中医药大学)

吴 萍(湖南中医药大学)

谢一辉(江西中医药大学)

编 者(按姓氏笔画排序)

王 瑞(山西中医学院)

王文静(云南中医学院)

尹 华(浙江中医药大学)

张 祎(天津中医药大学)

陈 丽(福建中医药大学)

周江煜(广西中医药大学)

徐文芬(贵阳中医学院)

曹雨诞(南京中医药大学)

崔红花(广东药科大学)

王 巍(辽宁中医药大学)

尤丽莎(上海中医药大学)

吕青涛(山东中医药大学)

张 玲(安徽中医药大学)

范卓文(黑龙江中医药大学)

贺少堂(陕西中医药大学)

黄荣增(湖北中医药大学)

崔力剑(河北中医学院)

彭晓霞(甘肃中医药大学)

中国中医药出版社

· 北 京 ·

常州大学图书馆
藏书

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学. 下/王淑美主编. —4 版. —北京: 中国中医药出版社, 2017. 1

全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5132-3464-1

I. ①分… II. ①王… III. ①分析化学-中医药院校-教材 IV. ①065

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 130198 号

中国中医药出版社出版

北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 16 层

邮政编码 100013

传真 010 64405750

三河市潮河印业有限公司印刷

各地新华书店经销

开本 850×1168 1/16 印张 21 字数 523 千字

2017 年 1 月第 4 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5132-3464-1

定价 49.00 元

网址 www.cptcm.com

如有印装质量问题请与本社出版部调换

版权专有 侵权必究

社长热线 010 64405720

购书热线 010 64065415 010 64065413

微信服务号 zgzyycbs

书店网址 csln.net/qksd/

官方微博 <http://e.weibo.com/cptcm>

淘宝天猫网址 <http://zgzyycbs.tmall.com>

全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材

全国高等中医药院校规划教材（第十版）

专家指导委员会

名誉主任委员

王**国强**（国家卫生计生委副主任、国家中医药管理局局长）

主任委员

王**志勇**（国家中医药管理局副局长）

副主任委员

王**永炎**（中国中医科学院名誉院长、中国工程院院士）

张**伯礼**（教育部高等学校中医学类专业教学指导委员会主任委员、
中国中医科学院院长、天津中医药大学校长、中国工程院院士）

卢**国慧**（国家中医药管理局人事教育司司长）

委 员（以姓氏笔画为序）

马**存根**（山西中医学院院长）

王**键**（安徽中医药大学校长）

王**国辰**（中国中医药出版社社长）

王**省良**（广州中医药大学校长）

方**剑乔**（浙江中医药大学校长）

孔**祥骊**（河北中医学院院长）

石**学敏**（天津中医药大学教授、中国工程院院士）

匡**海学**（教育部高等学校中药学类专业教学指导委员会主任委员、
黑龙江中医药大学教授）

吕**文亮**（湖北中医药大学校长）

刘**振民**（全国中医药高等教育学会顾问、北京中医药大学教授）

安**冬青**（新疆医科大学副校长）

许二平（河南中医药大学校长）
孙忠人（黑龙江中医药大学校长）
严世芸（上海中医药大学教授）
李秀明（中国中医药出版社副社长）
李金田（甘肃中医药大学校长）
杨 柱（贵阳中医学院院长）
杨关林（辽宁中医药大学校长）
杨金生（国家中医药管理局中医师资格认证中心主任）
宋柏林（长春中医药大学校长）
张欣霞（国家中医药管理局人事教育司师承继教处处长）
陈可冀（中国中医科学院研究员、中国科学院院士、国医大师）
陈立典（福建中医药大学校长）
陈明人（江西中医药大学校长）
武继彪（山东中医药大学校长）
林超岱（中国中医药出版社副社长）
周永学（陕西中医药大学校长）
周仲瑛（南京中医药大学教授、国医大师）
周景玉（国家中医药管理局人事教育司综合协调处副处长）
胡 刚（南京中医药大学校长）
洪 净（全国中医药高等教育学会理事长）
秦裕辉（湖南中医药大学校长）
徐安龙（北京中医药大学校长）
徐建光（上海中医药大学校长）
唐 农（广西中医药大学校长）
梁繁荣（成都中医药大学校长）
路志正（中国中医科学院研究员、国医大师）
熊 磊（云南中医学院院长）

秘 书 长

王 键（安徽中医药大学校长）
卢国慧（国家中医药管理局人事教育司司长）
王国辰（中国中医药出版社社长）

办公室主任

周景玉（国家中医药管理局人事教育司综合协调处副处长）
林超岱（中国中医药出版社副社长）
李秀明（中国中医药出版社副社长）

编审专家组

组 长

王国强（国家卫生计生委副主任、国家中医药管理局局长）

副组长

张伯礼（中国工程院院士、天津中医药大学教授）

王志勇（国家中医药管理局副局长）

组 员

卢国慧（国家中医药管理局人事教育司司长）

严世芸（上海中医药大学教授）

吴勉华（南京中医药大学教授）

王之虹（长春中医药大学教授）

匡海学（黑龙江中医药大学教授）

王 键（安徽中医药大学教授）

刘红宁（江西中医药大学教授）

翟双庆（北京中医药大学教授）

胡鸿毅（上海中医药大学教授）

余曙光（成都中医药大学教授）

周桂桐（天津中医药大学教授）

石 岩（辽宁中医药大学教授）

黄必胜（湖北中医药大学教授）

前言

为落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》《关于医教协同深化临床医学人才培养改革的意见》，适应新形势下我国中医药行业高等教育教学改革和中医药人才培养的需要，国家中医药管理局教材建设工作委员会办公室（以下简称“教材办”）、中国中医药出版社在国家中医药管理局领导下，在全国中医药行业高等教育规划教材专家指导委员会指导下，总结全国中医药行业历版教材特别是新世纪以来全国高等中医药院校规划教材建设的经验，制定了“‘十三五’中医药教材改革工作方案”和“‘十三五’中医药行业本科规划教材建设工作总体方案”，全面组织和规划了全国中医药行业高等教育“十三五”规划教材。鉴于由全国中医药行业主管部门主持编写的全国高等中医药院校规划教材目前已出版九版，为体现其系统性和传承性，本套教材在中国中医药教育史上称为第十版。

本套教材规划过程中，教材办认真听取了教育部中医学、中药学等专业教学指导委员会相关专家的意见，结合中医药教育教学一线教师的反馈意见，加强顶层设计和组织管理，在新世纪以来三版优秀教材的基础上，进一步明确了“正本清源，突出中医药特色，弘扬中医药优势，优化知识结构，做好基础课程和专业核心课程衔接”的建设目标，旨在适应新时期中医药教育事业发展和教学手段变革的需要，彰显现代中医药教育理念，在继承中创新，在发展中提高，打造符合中医药教育教学规律的经典教材。

本套教材建设过程中，教材办还聘请中医学、中药学、针灸推拿学三个专业德高望重的专家组成编审专家组，请他们参与主编确定，列席编写会议和定稿会议，对编写过程中遇到的问题提出指导性意见，参加教材间内容统筹、审读稿件等。

本套教材具有以下特点：

1. 加强顶层设计，强化中医经典地位

针对中医药人才成长的规律，正本清源，突出中医思维方式，体现中医药学科的人文特色和“读经典，做临床”的实践特点，突出中医理论在中医药教育教学和实践工作中的核心地位，与执业中医（药）师资格考试、中医住院医师规范化培训等工作对接，更具有针对性和实践性。

2. 精选编写队伍，汇集权威专家智慧

主编遴选严格按照程序进行，经过院校推荐、国家中医药管理局教材建设专家指导委员会专家评审、编审专家组认可后确定，确保公开、公平、公正。编委优先吸纳教学名师、学科带头人和一线优秀教师，集中了全国范围内各高等中医药院校的权威专家，确保了编写队伍的水平，体现了中医药行业规划教材的整体优势。

3. 突出精品意识，完善学科知识体系

结合教学实践环节的反馈意见，精心组织编写队伍进行编写大纲和样稿的讨论，要求每门

教材立足专业需求，在保持内容稳定性、先进性、适用性的基础上，根据其在整个中医知识体系中的地位、学生知识结构和课程开设时间，突出本学科的教学重点，努力处理好继承与创新、理论与实践、基础与临床的关系。

4. 尝试形式创新，注重实践技能培养

为提升对学生实践技能的培养，配合高等中医药院校数字化教学的发展，更好地服务于中医药教学改革，本套教材在传承历版教材基本知识、基本理论、基本技能主体框架的基础上，将数字化作为重点建设目标，在中医药行业教育云平台的总体构架下，借助网络信息技术，为广大师生提供了丰富的教学资源和广阔的互动空间。

本套教材的建设，得到国家中医药管理局领导的指导与大力支持，凝聚了全国中医药行业高等教育工作者的集体智慧，体现了全国中医药行业齐心协力、求真务实的工作作风，代表了全国中医药行业为“十三五”期间中医药事业发展和人才培养所做的共同努力，谨向有关单位和个人致以衷心的感谢！希望本套教材的出版，能够对全国中医药行业高等教育教学的发展和中医药人才的培养产生积极的推动作用。

需要说明的是，尽管所有组织者与编写者竭尽心智，精益求精，本套教材仍有一定的提升空间，敬请各高等中医药院校广大师生提出宝贵意见和建议，以便今后修订和提高。

国家中医药管理局教材建设工作委员会办公室

中国中医药出版社

2016年6月

编写说明

分析化学是中药学、药学专业的一门主干专业基础课程。药品质量需要依据药品标准进行全面监督管理，而药品标准所用方法就是以药物为分析对象的分析技术，分析化学为药物分析提供了理论、方法和手段。因而，分析化学的理论和实验技能是中药学、药学、中药制药各专业必不可少的基础。中药学、药学、中药制药各专业的分析化学课程教学不仅要求学生系统掌握分析化学的基础理论和基本概念，使本科各专业的学生能系统掌握分析化学中各种分析方法的原理和方法，以理论与实际应用的结合为基础，使学生初步具有应用所学的分析方法解决实际问题的能力。还要求重点掌握药品检验及其质量控制常用的分析方法、实验仪器及其相关技术，了解中药、药学分析技术的发展热点，能较全面地提高学习能力和综合素质。

《分析化学》教材是在全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材、全国高等中医药院校规划教材（第九版）《化学分析》《仪器分析》基础上修订而成。为了便于教学，本次修订将化学分析、仪器分析两门课程合并，更名为《分析化学》（上）和《分析化学》（下）。《分析化学》（上）为化学分析部分，《分析化学》（下）为仪器分析部分。《分析化学》（下）主要包括光谱分析法概论、紫外-可见分光光度法、荧光分析法、红外分光光度法、原子光谱法、核磁共振波谱法、质谱法、波谱综合解析、色谱法概论、经典液相色谱法、气相色谱法、高效液相色谱法等内容。在教材内容编写中，以介绍各类分析方法的基本原理、仪器基本结构、分析方法的建立、分析方法在药物中的应用实例为主线，使学生能较全面的掌握仪器分析的基础知识和基本内容。在编写方法上，注重图文并茂、深入浅出地介绍基本原理，尽量回避繁琐的数学推导，强调实际应用，并触及学科前沿知识。

在教材编写过程中坚持三基（基本理论、基本知识和基本技能）、五性（思想性、科学性、启发性、先进性和适应性）的原则，增加仪器分析方法中前沿性、实用性的内容，同时要处理好分析化学课程内容的相对完整与其他课程间的融合与衔接。在教材的编写内容上，力求既结合实际，又面向未来，突出介绍的分析方法“实用、简便和先进”。

本教材在国家中医药管理局中医药教育教学改革研究项目的支持及中国中医药出版社资助下，首次增加了数字化内容，为广大教师、学生及读者提供了更为丰富的拓展内容。该项目（编号GJYJS16076）由王淑美负责，编委会全体成员共同参与。

本教材在编写过程中得到了各参编单位的大力支持，在此深表谢意。鉴于分析化学学科进展迅速，本教材在编写过程中，难免存在缺点和不当之处，敬请同行专家、使用本教材的师生和广大读者提出宝贵意见和建议，以便再版时修订提高。

《分析化学》（下）编委会

2016年10月

目 录

第一章 绪论	1		
第一节 仪器分析法的产生、发展及特点	1		
一、仪器分析法的产生和发展	1		
二、仪器分析法的特点	2		
第二节 仪器分析方法的类型	2		
一、光学分析法	2		
二、电分析化学法	3		
三、色谱法	3		
四、其他仪器分析方法	3		
第三节 仪器分析在医药领域中的应用	4		
第四节 学习仪器分析的方法	4		
第二章 光谱分析法概论	5		
第一节 电磁辐射的性质	5		
一、波动性和微粒性	5		
二、电磁波谱	6		
三、电磁辐射与物质的作用	7		
第二节 光学分析法及其分类	9		
一、光谱法	9		
二、非光谱法	11		
第三节 光谱法仪器	12		
一、辐射源	12		
二、分光系统	13		
三、试样容器	13		
四、检测器	13		
五、信号处理器和读出装置	14		
第三章 紫外-可见分光光度法	15		
第一节 基本原理	15		
一、紫外-可见吸收光谱	15		
二、Lambert-Beer 定律	19		
第二节 光度法的误差	21		
一、偏离 Beer 定律的因素	21		
二、测量误差及测量条件的选择	22		
第三节 显色反应及显色条件的选择	23		
一、显色反应	23		
二、显色条件的选择	23		
三、干扰的消除	24		
第四节 紫外-可见分光光度计	25		
一、主要部件	26		
二、分光光度计的类型	28		
第五节 定性定量分析方法	30		
一、定性方法	30		
二、单组分的定量方法	31		
三、多组分样品的定量方法简介	33		
第六节 紫外-可见吸收光谱与分子结构的关系	36		
一、有机化合物的紫外吸收光谱	36		
二、影响紫外吸收光谱的主要因素	38		
三、结构分析	40		
第四章 荧光分析法	44		
第一节 基本原理	44		
一、分子荧光的产生	44		
二、激发光谱与荧光光谱	46		
第二节 荧光与分子结构的关系	48		
一、荧光效率和荧光寿命	48		
二、荧光强度与分子结构的关系	48		
三、影响荧光强度的外界因素	50		
第三节 荧光分光光度计	52		
一、主要部件	52		
二、荧光分光光度计的校正	54		
第四节 定性定量	54		
一、定性分析	54		
二、定量分析	55		

第五节 应用	56	二、定量分析方法	107
一、无机化合物和有机化合物的荧光分析	56	三、应用与示例	110
二、荧光分析法在中药研究中的应用	57	第四节 原子发射光谱法	112
三、荧光分析新技术	58	一、基本原理	112
第五章 红外分光光度法	64	二、原子发射光谱仪器	113
第一节 基本原理	64	三、分析方法	114
一、振动-转动光谱	64	四、应用	115
二、振动形式	67	第五节 电感耦合等离子质谱法简介	115
三、基频峰与泛频峰	68	一、基本原理	115
四、特征峰与相关峰	68	二、分析方法与应用	117
五、吸收峰峰位	70	第七章 核磁共振波谱法	119
六、振动自由度和吸收峰峰数	71	第一节 基本原理	119
七、吸收峰强度	72	一、原子核的自旋与磁矩	119
第二节 影响谱带位置的因素	73	二、核磁矩的空间量子化与能级分裂	120
一、内部因素	73	三、核磁共振的产生	121
二、外部因素	75	四、饱和与弛豫	121
第三节 红外分光光度计	75	第二节 化学位移	122
一、光栅型红外分光光度计简介	76	一、化学位移的产生	122
二、傅里叶变换红外光谱仪简介	77	二、化学位移的表示方法	123
三、样品的制备	79	三、影响质子化学位移的因素	124
第四节 红外光谱与分子结构的关系	80	四、各类质子的化学位移	127
一、红外光谱的九个重要区段	80	五、质子化学位移的计算	127
二、典型光谱	80	第三节 自旋耦合与自旋系统	129
第五节 应用	88	一、自旋耦合与自旋裂分	129
一、定性分析	88	二、自旋系统	133
二、纯度检查	89	第四节 核磁共振波谱仪及实验方法	139
三、谱图解析	90	一、核磁共振波谱仪	139
第六章 原子光谱法	96	二、样品的制备	140
第一节 基本原理	96	三、实验方法	140
一、原子的吸收和发射	96	第五节 核磁共振氢谱的解析	143
二、原子的量子能级和能级图	97	一、核磁共振氢谱解析的一般程序	143
三、原子在各能级的分布	98	二、解析示例	144
四、原子吸收线的轮廓及其影响因素	100	第六节 核磁共振碳谱和二维核磁共振谱简介	146
五、原子吸收光谱的测量	101	一、核磁共振碳谱	146
第二节 原子吸收分光光度计	102	二、二维核磁共振谱简介	153
一、仪器的主要部件	102	第八章 质谱法	158
二、原子吸收分光光度计的类型	104	第一节 基本原理与仪器简介	158
第三节 原子吸收光谱法的实验方法	105	一、质谱仪的主要性能指标	163
一、干扰及其抑制	106		

二、质谱表示方法	163	六、分离度	212
第二节 离子的主要类型	164	七、色谱分离方程式	212
一、分子离子	164	第十一章 经典液相色谱法	216
二、同位素离子	165	第一节 吸附色谱法	216
三、亚稳离子	166	一、常用的吸附剂及其性质	216
四、碎片离子	167	二、基本原理	217
五、重排离子	167	三、色谱条件选择	219
六、多电荷离子	167	四、应用	220
第三节 离子的裂解	167	第二节 分配色谱法	220
一、裂解的表示方法	167	一、常用载体	220
二、裂解类型	168	二、基本原理	221
三、常见有机化合物的裂解方式和规律	170	三、色谱条件的选择	221
第四节 质谱解析	175	四、应用	221
一、分子离子峰的确定	175	第三节 离子交换柱色谱法	221
二、分子式的确定	176	一、离子交换树脂及其特性	222
三、质谱解析步骤及示例	177	二、基本原理	223
第九章 波谱综合解析	182	三、应用	225
第一节 综合解析方法	182	第四节 分子排阻柱色谱法	225
一、综合解析对分析试样的要求	182	一、常用的凝胶及其性质	225
二、综合解析中常用的波谱学方法	182	二、基本原理	227
第二节 综合解析程序	183	三、凝胶的选择	229
一、分子式的确定	183	四、应用	229
二、结构式的确定	184	第五节 聚酰胺色谱法	230
三、验证结构	184	一、聚酰胺的结构与性质	230
第三节 综合解析示例	184	二、基本原理	230
第十章 色谱法概论	200	三、应用	232
第一节 概述	200	第六节 经典液相色谱法的操作	232
一、色谱法的起源和发展	200	一、平面色谱	232
二、色谱法的分类	201	二、经典柱色谱	240
第二节 色谱过程及有关术语	202	第十二章 气相色谱法	245
一、色谱过程	202	第一节 气相色谱仪	245
二、有关术语	202	一、气相色谱仪的基本流程	245
第三节 色谱法基本理论	205	二、气相色谱仪的基本结构	246
一、分配系数和保留因子与保留时间的关系	205	第二节 色谱柱	247
二、保留因子与保留比的关系	206	一、固定相	247
三、色谱分离的前提条件	206	二、毛细管色谱柱	251
四、塔板理论	206	第三节 检测器	253
五、速率理论	209	一、热导检测器	253

二、氢焰离子化检测器	255	第五节 定性定量分析	288
三、其他检测器	255	一、定性分析	288
四、检测器的性能指标	257	二、定量分析	288
第四节 色谱条件的选择	258	三、应用示例	288
一、色谱柱的选择	258	第六节 液相色谱-质谱联用技术简介	289
二、柱温的选择及程序升温	258	一、液相色谱-质谱联用的原理	290
三、载气及流速的选择	259	二、液相色谱-质谱联用仪简介	290
四、进样量	260	三、分析条件的选择	292
五、气化温度和检测室温度	260	四、应用示例	292
第五节 定性定量分析	260	第七节 超高效液相色谱法简介	293
一、定性分析	260	一、理论基础	293
二、定量分析	261	二、实现超高效液相色谱的必要条件	294
第六节 气相色谱-质谱联用技术简介	265	三、应用前景	294
一、气相色谱-质谱联用的特点	265	第八节 超临界流体色谱法	294
二、气相色谱-质谱联用仪的基本结构	265	一、基本原理	295
三、气相色谱-质谱联用仪工作原理	266	二、仪器	296
四、数据的采集与分析	266	三、流动相和固定相	297
五、应用	268	四、应用	298
第十三章 高效液相色谱法	270	附录一 主要基团的红外特征吸	
第一节 高效液相色谱仪	270	收峰	301
一、输液系统	271	附录二 甲基的化学位移	307
二、进样和色谱分离系统	273	附录三 亚甲基和次甲基的化学	
三、检测系统	275	位移	308
四、数据记录与处理系统	277	附录四 有机化合物¹³C 化学位移	309
第二节 高效液相色谱法的主要类型及其分离原理	277	附录五 常见的碎片离子	311
一、吸附色谱法	277	附录六 经常失去的碎片	314
二、液-液分配色谱法	278	参考书目	316
三、离子交换色谱法	278		
四、分子排阻色谱法	278		
五、离子色谱法	279		
六、离子对色谱法	279		
第三节 固定相和流动相	280		
一、固定相	280		
二、流动相	283		
第四节 高效液相色谱法分析条件的选择	287		

第一章 绪论

分析化学是研究获取物质的化学组成、含量、结构和形态等信息的方法及有关理论的一门科学，是建立在化学、物理学、数学、电子学、计算机科学技术等基础之上的一门边缘交叉学科。它具有悠久的历史，同时它的发展也十分迅速。尤其是近几十年，在分析方法和应用上都有较大的发展。分析化学的不断发展导致了其学科内涵和定义的发展变化，欧洲化学协会联合会定义分析化学为：分析化学是一个发展和应用各种方法、仪器和策略，以获得物质在特定时间和空间方面有关组成和性质信息的科学分支。一般把分析化学方法分为两大类，即化学分析法和仪器分析法。化学分析法是以物质的化学反应及其计量关系为基础的分析方法；分为重量分析法和滴定分析法，是分析化学的基础，又称为经典分析法；化学分析法主要用于常量组分（即被测组分的含量 $>1\%$ ）的分析。仪器分析法是指通过测量物质的某些物理或物理化学性质、参数及其变化来确定物质的组成、成分含量及化学结构的分析方法。从化学分析到仪器分析是一个逐步发展的过程。

第一节 仪器分析法的产生、发展及特点

一、仪器分析法的产生和发展

仪器分析法的产生和发展是分析化学的第二次变革，是分析化学与物理学、电子学等结合的产物。仪器分析法的产生与生产实践、科学技术发展和核心原理的发现及相关技术的产生等密切相关，仪器分析法所基于的很多现象在很早之前已为人知，但是，由于缺乏可靠的仪器，它们的应用被延迟。20世纪早期，由于工农业和科学技术等的迅速发展，对分析化学提出了新的更高的要求，推动了分析化学突破经典分析为主的局面，化学工作者开始探索经典方法以外的其他方法来解决分析问题，即分析物质的物理性质，如电位、光吸收与发射、荧光等，用于各类物质的定量分析，开创了仪器分析的新阶段，开始出现了仪器分析方法及较大型的分析仪器。

20世纪40~60年代，物理学、电子学、半导体及原子能工业的发展促进了仪器分析方法的发展，例如各种光源、棱镜和光栅、光电池和光电管、光谱技术、质谱技术等出现，先后建立了光谱法、质谱法等仪器分析方法。同时丰富了这些分析方法的理论体系。分析化学从以化学分析为主发展成以仪器分析为主的现代分析化学。

20世纪70年代以来，以计算机应用为主要标志的信息时代来临，给仪器分析带来了新的发展机遇。分析化学正处在第三次大变革中，随着分析仪器的研究、制造和发展，提高了分析

化学获取信息的能力,扩大了获取信息的范围。其研究内容除物质的元素或化合物成分、结构信息外,还包括价态、形态、空间结构测定等;此外,还涉及表面分析,微区分析等。除实验室取样分析外,还发展到现场实时分析、过程在线、活体内原位分析等。纵观仪器分析的历史和现状,可以预测,它今后的应用会更广泛,发展会更迅速。仪器分析法的发展趋势有以下几个方面:①各种新材料和新技术将在分析仪器中得到更广泛应用,使分析仪器灵敏度、选择性和分析速度进一步提高,遥感、远程在线分析将进入仪器分析法领域,新型动态分析检测和无损伤探测技术将有新的发展。②分析仪器进一步向智能化、微型化发展。③联用仪器技术的发展将大大提高仪器分析获得并快速、高效处理化学、环境等复杂混合体系物质组成、结构、状态信息的能力,成为解决复杂体系分析,推动蛋白组学、基因组学、代谢组学等新兴学科发展的重要技术手段。

二、仪器分析法的特点

仪器分析法与化学分析法相比较,具有如下的特点:

(1) 检测灵敏度高,最低检出限低,试样用量少。适用于微量、半微量,甚至超微量组分的分析。由化学分析的毫升(mL)、毫克(mg)级降到微升(μL)、微克(μg)级,甚至到纳克(ng)级。

(2) 选择性好。仪器分析法的选择性比化学分析法好,所以它适用于复杂组分的试样分析,也可进行多组分的同时测定。

(3) 分析速度快。由于分析仪器智能化,分析操作自动化,能对试验结果自动记录,数据自动处理,使分析更为迅速。试样上机测定后,很短的时间即可得到分析结果。

(4) 应用范围广。仪器分析方法多,方法功能各不相同,使仪器分析不但可以用于定性和定量分析,也可用于结构、空间分布、微观分布等有关特征分析。还可进行微区分析、遥测分析,甚至在不损害试样的情况下进行分析等。

(5) 相对误差较大。化学分析一般相对误差小于0.3%,适用于常量和高含量组分分析。仪器分析的相对误差较高,为3%~5%。但对微量组分的测定,绝对误差小,适用于测定微量组分。

(6) 仪器复杂,价格贵。仪器分析使用精密仪器,结构复杂,价格贵,所以分析成本较高。

第二节 仪器分析方法的类型

到目前为止,仪器分析方法已经很多。其方法原理、仪器结构、操作、适用范围等各不相同,多数形成了相对独立的分支学科。但它们都是分析化学的测量和表征方法,表1-1列出了使用在仪器分析中的特征性质,基于这些特征性质的仪器分析一般分为如下几类。

一、光学分析法

光学分析法是根据物质发射的电磁辐射或物质与电磁辐射相互作用而建立起来的一类分析方法。可分为光谱法和非光谱法。光谱法是基于物质与辐射能作用时,测量由物质内部发生能

级之间的跃迁而产生的发射、吸收或散射辐射的光谱波长和强度进行分析的方法。非光谱法是基于物质与辐射相互作用时,测量辐射的某些性质,如散射、折射、干涉、衍射和偏振等变化的分析方法,它不涉及物质内部能级的跃迁,电磁辐射只改变传播方向、速度或某些物理性质。

二、电分析化学法

电分析化学法或电化学分析法是最早的仪器分析技术之一。它是根据物质在溶液中的电化学性质及其变化规律进行分析的方法。是通过测量电位、电流、电量及研究它们与其他化学参数间的相互作用关系得以实现分析的。

三、色谱法

色谱法是一种物理或物理化学分离分析方法。它利用被分离组分在固定相和流动相之间分配系数的不同,组分在两相间反复的分配,最终实现分离的分析方法,是分析复杂混合物的有力手段。主要有气相色谱法、液相色谱法(包括柱色谱法、薄层色谱法和高效液相色谱法等)、超临界流体色谱法和毛细管电泳法。

四、其他仪器分析方法

其他仪器分析方法主要包括质谱法、放射化学分析法、热分析法。质谱法是物质在离子源中被电离形成带电离子,在质量分析器中按离子质荷比(m/z)进行测定。放射化学分析法是利用放射性同位素及核辐射测量对元素进行微量和痕量分析的方法,常用的方法有两类:一类是放射性同位素作示踪剂的方法;另一类是活化分析法,是用适当能量的中子或其他带电粒子轰击样品,测量样品中产生的特征辐射的性质和强度的方法。热分析法是通过指定控温程序控制样品的加热过程,并检测加热过程中产生的各种物理、化学变化的方法,常见的有热重分析(TGA)、差热分析(DTA)、差示扫描量热分析(DSC)等。

表 1-1 仪器分析方法分类

方法分类	主要分析方法	特征性质
光谱法	原子发射光谱法, 原子荧光光谱法, 分子荧光光谱法, 分子磷光光谱法, 化学发光法	辐射的发射
	紫外-可见吸收光谱法, 原子吸收光谱法, 红外光谱法, 核磁共振波谱法	辐射的吸收
	比浊法, 拉曼光谱法	辐射的散射
非光谱法	折射法, 干涉法	辐射的折射
	X 射线衍射法, 电子衍射法	辐射的衍射
	偏振法	辐射的旋转
电分析化学法	电位法	电极电位
	极谱法, 伏安法	电流
	库仑法	电量
色谱法	气相色谱法, 液相色谱法, 薄层色谱法, 超临界流体色谱法, 毛细管电泳法	两相间的分配
	热重分析, 差热分析	热性质
其他方法	质谱法	质荷比
	放射化学分析法	放射性

第三节 仪器分析在医药领域中的应用

仪器分析在药物生产、质量控制、新药研究等方面都有广泛的应用。在新药研究中,涉及制备工艺、质量标准、药物稳定性研究等工作,都要以仪器分析为手段,对其进行分析和检测。在药物提取工艺研究中,要用仪器分析对其进行优选,确定最佳工艺条件;在质量标准研究中,药物的鉴别、检查、含量测定等项目都要采用仪器分析的方法来进行研究,制定质量控制标准;在进行药物的稳定性和药代动力学实验中,也离不开仪器分析的方法。

近年来,国际上对中药日益重视,但中药化学成分复杂,与西药相比,中药材及其制剂的质量控制更为复杂。近年来,药学工作者采用高效液相色谱、液相色谱-质谱联用、气相色谱-质谱联用等仪器分析的方法进行质量控制的研究,取得了可喜的成绩。

医学检验是医学的一个重要分支。为了便于疾病的诊断、治疗,需要获得相关的信息,仪器分析中的自动分析技术,由于分析速度快,能在短时间内为临床诊断提供大量的信息,已成为临床检验的重要部分,例如采用专用性分析仪器超声诊断仪、动态心电图仪、人体核磁共振成像仪、酶联免疫分析仪等用于医学检验,为疾病的诊断和治疗提供了方便。

仪器分析在食品分析方面也有着广泛的应用。在食品安全、食品生产、贮藏等过程中的质量控制和污染问题,食品添加剂的检测等方面都离不开仪器分析。目前出现了滥用添加剂事件,滥用添加剂已成为食品安全的隐患,危害十分严重。仪器分析快速、准确的检测方法为我们检测这些有毒、有害物质提供了强有力的技术支持。

第四节 学习仪器分析的方法

仪器分析是中药类各专业非常重要的专业基础课之一,在医药领域中应用广泛。因此,学好仪器分析就为中药类各专业的中药化学、中药鉴定学、中药炮制学、中药药剂学、中药分析等专业课程的学习打好了基础。

本教材学习的仪器分析涉及定性、定量和结构分析的内容,学习时要掌握各类分析方法的基本原理,学会光谱与色谱分析中的定性、定量分析方法,掌握有机化合物结构与其质谱、光谱之间的关系,学会结构分析的基本方法。仪器分析还是一门实践性很强的学科,因此,实验教学是仪器分析教学的重要环节,学生必须十分重视实验课的学习,做到实验课前预习;在实验中,严格执行实验操作规程,仔细观察实验现象,认真作好实验记录;实验后,要认真撰写实验报告,分析实验中存在的问题。培养严谨的科学态度,踏实细致的工作作风,实事求是的科学道德和初步从事科学研究的技能。

仪器分析发展快,要学好仪器分析,在课后要多看参考文献,如丛书、手册、教材、期刊、论文等。应从多种途径查阅有关的文献资料,关注仪器分析的发展趋势,了解仪器分析的新方法、新技术在药学领域中的应用,对仪器分析产生浓厚的兴趣,只有这样才能学好仪器分析课程。

NOTE