



全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

仪器分析

(供药学、中药学、
制药工程及相关专业使用)

主编●容蓉 邓赞

中国医药科技出版社

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

仪器分析

(供药学、中药学、制药工程及相关专业使用)

主 编 容 蓉 邓 赟

副主编 吕青涛 邓海山

卞金辉 张玉萍

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材之一，依照教育部相关文件精神，根据本专业教学要求和课程特点，结合《中国药典》和相关执业考试，编写而成。全书共分十五章，内容涵盖了药典通则中关于药物结构分析与含量测定等所涉及的主要仪器分析方法，重点介绍各种光谱分析法和色谱分析法。

本书实用性强，主要供中医药院校药学类专业使用，也可作为考研、医药行业考试与培训的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

仪器分析/容蓉，邓赟主编. —北京：中国医药科技出版社，2014. 8

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5067 - 6776 - 7

I. ①仪… II. ①容… ②邓… III. ①仪器分析 - 中医学院 - 教材
IV. ①O657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 170761 号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 发行：010 - 62227427 邮购：010 - 62236938

网址 [www. cmstp. com](http://www.cmstp.com)

规格 787 × 1092mm ¹/₁₆

印张 19 ¹/₂

字数 403 千字

版次 2014 年 8 月第 1 版

印次 2014 年 8 月第 1 次印刷

印刷 航远印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 6776 - 7

定价 42.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

中国医药科技出版社全国高等医药教育 教材工作专家委员会

主任委员 邵明立

副主任委员 肖培根 陈冀胜 刘昌孝 李连达 周俊

委 员 (按姓氏笔画排序)

朱 华 (广西中医药大学)

刘 文 (贵阳中医学院)

许能贵 (广州中医药大学)

杨 明 (江西中医药大学)

李 钦 (河南大学药学院)

李金田 (甘肃中医学院)

张万年 (宁夏医科大学药学院)

周桂桐 (天津中医药大学)

段金廛 (南京中医药大学)

高树中 (山东中医药大学)

彭 成 (成都中医药大学)

彭代银 (安徽中医药大学)

曾 渝 (海南医学院)

秘 书 长 吴少楨

办 公 室 赵燕宜 浩云涛

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

编写委员会

主任委员 彭 成 (成都中医药大学)

副主任委员 朱 华 (广西中医药大学)

曾 渝 (海南医学院)

杨 明 (江西中医药大学)

彭代银 (安徽中医药大学)

刘 文 (贵阳中医学院)

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 建 (成都中医药大学)

王诗源 (山东中医药大学)

尹 华 (浙江中医药大学)

邓 赟 (成都中医药大学)

田景振 (山东中医药大学)

刘友平 (成都中医药大学)

刘幸平 (南京中医药大学)

池玉梅 (南京中医药大学)

许 军 (江西中医药大学)

严 琳 (河南大学药学院)

严铸云 (成都中医药大学)

杜 弢 (甘肃中医学院)

李小芳 (成都中医药大学)

李 钦 (河南大学药学院)

李 峰 (山东中医药大学)

杨怀霞 (河南中医学院)

杨武德 (贵阳中医学院)

吴启南 (南京中医药大学)

何 宁 (天津中医药大学)
张 梅 (成都中医药大学)
张 丽 (南京中医药大学)
张师愚 (天津中医药大学)
张永清 (山东中医药大学)
陆兔林 (南京中医药大学)
陈振江 (湖北中医药大学)
陈建伟 (南京中医药大学)
罗永明 (江西中医药大学)
周长征 (山东中医药大学)
周玖瑶 (广州中医药大学)
郑里翔 (江西中医药大学)
赵 骏 (天津中医药大学)
胡昌江 (成都中医药大学)
郭 力 (成都中医药大学)
郭庆梅 (山东中医药大学)
容 蓉 (山东中医药大学)
巢建国 (南京中医药大学)
康文艺 (河南大学药学院)
傅超美 (成都中医药大学)
彭 红 (江西中医药大学)
董小萍 (成都中医药大学)
蒋桂华 (成都中医药大学)
韩 丽 (成都中医药大学)
曾 南 (成都中医药大学)
裴 瑾 (成都中医药大学)

秘 书 长 王应泉
办 公 室 赵燕宜 浩云涛 何红梅 黄艳梅

本书编委会

主 编 容 蓉 邓 赟

副 主 编 吕青涛 邓海山 卞金辉 张玉萍

编 者 (按姓氏笔画排序)

卞金辉 (成都中医药大学)

邓海山 (南京中医药大学)

邓 赟 (成都中医药大学)

廖夫生 (江西中医药大学)

刘慧琼 (广东药学院)

吕青涛 (山东中医药大学)

容 蓉 (山东中医药大学)

吴 良 (海南医学院)

谢彩侠 (河南中医学院)

张春丽 (河南大学药学院)

张国英 (山东中医药大学)

张玉萍 (天津中医药大学)

秘 书 张 慧 (山东中医药大学)

出版说明

在国家大力推进医药卫生体制改革,健全公共安全体系,保障饮食用药安全的新形势下,为了更好的贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》和《国家药品安全“十二五”规划》,培养传承中医药文明,具备行业优势的复合型、创新型高等中医药院校药学类专业人才,在教育部、国家食品药品监督管理总局的领导下,中国医药科技出版社根据《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》,组织规划了全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材的建设。

为了做好本轮教材的建设工作,我社成立了“中国医药科技出版社高等医药教育教材工作专家委员会”,原卫生部副部长、国家食品药品监督管理局局长邵明立任主任委员,多位院士及专家任专家委员会委员。专家委员会根据前期全国范围调研的情况和各高等中医药院校的申报情况,结合国家最新药学标准要求,确定首轮建设科目,遴选各科主编,组建“全国普通高等中医药院校药学类‘十二五’规划教材编写委员会”,全面指导和组织教材的建设,确保教材编写质量。

本轮教材建设,吸取了目前高等中医药教育发展成果,体现了涉药类学科的新进展、新方法、新标准;旨在构建具有行业特色、符合医药高等教育人才培养要求的教材建设模式,形成“政府指导、院校联办、出版社协办”的教材编写机制,最终打造我国普通高等中医药院校药学类核心教材、精品教材。

全套教材具有以下主要特点。

一、教材顺应当前教育改革形势,突出行业特色

教育改革,关键是更新教育理念,核心是改革人才培养体制,目的是提高人才培养水平。教材建设是高校教育的基础建设,发挥着提高人才培养质量的基础性作用。教育部《关于普通高等院校“十二五”规划教材建设的几点意见》中提出:教材建设以服务人才培养为目标,以提高教材质量为核心,以创新教材建设的体制机制为突破口,以实施教材精品战略、加强教材分类指导、完善教材评价选用制度为着力点。鼓励编写、出版适应不同类型高等学校教学需要的不同风格和特色的教材。而药学类高等教育的人才培养,有鲜明的行业特点,符合应用型人才培养的条件。编写具有行业特色的规划教材,有利于培养高素质应用型、复合型、创新型人才,是高等医药院校教学改革的体现,是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》的体现。

二、教材编写树立精品意识，强化实践技能培养，体现中医药院校学科发展特色

本轮教材建设对课程体系进行科学设计，整体优化；根据新时期中医药教育改革现状，增加与高等中医药院校药学职业技能大赛配套的《中药传统技能》教材；结合药学应用型特点，同步编写与理论课配套的实验实训教材，独立建设《实验室安全管理》教材。实现了基础学科与专业学科紧密衔接，主干课程与相关课程合理配置的目标；编写过程注重突出中医药院校特色，适当融入中医药文化及知识，满足 21 世纪复合型人才的需要。

参与教材编写的专家都以科学严谨的治学精神和认真负责的工作态度，以建设有特色的、教师易用、学生易学、教学互动、真正引领教学实践和改革的精品教材为目标，严把编写各个环节，确保教材建设精品质量。

三、坚持“三基五性三特定”的原则，与行业法规标准、执业标准有机结合

本套教材建设将应用型、复合型高等中医药院校药学类人才必需的基本知识、基本理论、基本技能作为教材建设的主体框架，将体现高等中医药教育教学所需的思想性、科学性、先进性、启发性、适用性作为教材建设灵魂，在教材内容上设立“要点导航、重点小结”模块对其加以明确；使“三基五性三特定”有机融合，相互渗透，贯穿教材编写始终。并且，设立“知识拓展、药师考点”等模块，和执业药师资格考试、新版《药品生产质量管理规范》（GMP）、《药品经营管理质量规范》（GSP）紧密衔接，避免理论与实践脱节，教学与实际工作脱节。

四、创新教材呈现形式，促进高等中医药院校药学教育学习资源数字化

本轮教材建设注重数字多媒体技术，相关教材陆续建设课程网络资源，藉此实现教材富媒体化，促进高等中医药院校药学教育学习资源数字化，帮助院校及任课教师在 MOOCs 时代进行的教学改革，提高学生学习效果。前期建设中配有课件的科目可到中国医药科技出版社官网（www.cmstp.com）下载。

本套教材编写得到了教育部、国家食品药品监督管理总局和中国医药科技出版社全国高等医药教育教材工作专家委员会的相关领导、专家的大力支持和指导；得到了全国高等医药院校、部分医药企业、科研机构专家和教师的支持和积极参与，谨此，表示衷心的感谢！希望以教材建设为核心，为高等医药院校搭建长期的教学交流平台，对医药人才培养和教育教学改革产生积极的推动作用。同时精品教材的建设工作漫长而艰巨，希望各院校师生在教学过程中，及时提出宝贵的意见和建议，以便不断修订完善，更好的为药学教育事业发展和保障人民用药安全服务！

中国医药科技出版社

2014 年 7 月

仪器分析是分析化学的重要组成部分，具有独立的知识体系。《仪器分析》课程是药学、中药学相关专业的专业基础课程，旨在使学生通过学习，掌握药学研究中常用的各类仪器分析方法的基本原理、分析仪器的组成和特点，熟悉各类仪器分析方法的应用及分析过程，为后期的专业课程学习和实际应用打好基础。

本教材属全国高等中医药院校药学类“十二五”规划教材，可供药学及中药学相关专业开设《仪器分析》课程使用。围绕药学类人才的培养要求，教材编写过程中遵照“全、新、准、精、特”编写理念，注意突出医药行业特色，与《中国药典》紧密结合，内容涵盖了药典通则中关于药物结构分析与含量测定等所涉及的主要仪器分析方法，重点介绍各种光谱分析法和色谱分析法。教材编委均为在仪器分析教学一线工作的骨干教师，根据多年的教学经验和体会，对教材的重点和难点进行了梳理，做到重点突出、层次分明、语言简炼、深入浅出。为帮助学生更好地学习掌握《仪器分析》的基本理论、基础知识和基本技能，在每章之前设立了“要点导航”，课后设有“思考题与习题”，以满足教师教学和学生学习的需要。

本教材经编委集体讨论、分工编写、主编整理而成。第一、十三章由容蓉编写，第二、十章由谢彩侠编写，第三章由张春丽编写，第四章由吴良编写，第五章由邓海山编写，第六章由刘慧琼编写，第七章由廖夫生编写，第八、九章由邓赟编写，第十一章由卞金辉编写，第十二章由张玉萍编写，第十四章由吕青涛编写，第十五章由张国英编写。其中色谱部分由容蓉负责统稿审校，光谱部分由邓赟负责统稿审校。吕青涛和邓海山协助对部分章节的内容进行了审校。同时，教材编写过程中得到各位编委所在学校的大力支持，在此一并深表谢意！

受时间与水平所限，教材编写中难免有不妥之处，欢迎批评指正，以利于今后修改完善。

编者
2014年5月

第一章 绪论 / 1

第一节 仪器分析分类与特点	1
一、仪器分析的分类	1
二、仪器分析法的特点	2
第二节 仪器分析的标准方法及其验证	3
一、仪器分析方法的标准化	3
二、分析方法验证的内容、方法和要求	3
第三节 仪器分析的发展和应用	5

第二章 光谱分析法概论 / 7

第一节 电磁辐射及其与物质的相互作用	7
一、电磁辐射与电磁波谱	7
二、电磁辐射与物质的相互作用	8
第二节 光学分析法的分类	9
一、非光谱法	9
二、光谱法	9
第三节 光谱分析仪器	10
一、辐射源	10
二、分光系统	10
三、试样容器	12
四、检测器	12
五、信号处理器和显示装置	12

第三章 紫外-可见分光光度法 / 13

第一节 基本原理	13
一、紫外-可见吸收光谱	13
二、紫外-可见吸收光谱的有关概念	16
三、吸收带及其与分子结构的关系	17
四、某些常见有机化合物的吸收光谱	17

五、影响紫外吸收光谱的主要因素	19
第二节 Lambert - Beer 定律	22
一、Lambert - Beer 定律	22
二、吸光度的加合性	23
三、偏离 Beer 定律的因素	23
四、测量条件的选择	25
第三节 显色反应及其显色条件选择	26
一、显色反应的类型	27
二、显色条件的选择	27
第四节 紫外 - 可见分光光度计	28
一、主要部件	29
二、分光光度计类型	31
第五节 定性与定量分析	33
一、定性分析	33
二、纯度检查	34
三、单组分定量分析方法	35
四、多组分定量分析方法	35
五、结构分析	38

第四章 分子荧光分光光度法 / 41

第一节 基本原理	41
一、分子荧光的产生	41
二、激发光谱和荧光光谱	44
第二节 荧光强度的影响因素	45
一、荧光效率和荧光寿命	45
二、荧光强度与分子结构的关系	46
三、影响荧光强度的外部因素	47
四、荧光强度与溶液浓度的关系	50
第三节 荧光光谱仪	51
一、荧光光谱仪的类型	51
二、仪器的主要部件	51
第四节 定性和定量分析方法	52
一、定性分析	52
二、定量分析	52
第五节 荧光法的应用和新技术简介	53
一、荧光分析法在药物分析中的应用	53
二、荧光新技术	54

第五章 原子吸收分光光度法 / 57

第一节 基本原理	57
一、原子吸收线的产生	57
二、原子的各能级分布	58
三、原子吸收线的宽度	59
四、原子吸收光谱的测量	60
第二节 原子吸收分光光度计	61
一、主要部件组成	61
二、仪器的结构和类型	65
第三节 原子吸收光谱的测定	65
一、干扰及其抑制	65
二、实验条件的选择	68
三、定量分析方法	69
四、分析方法与仪器性能的评价	70
第四节 电感耦合等离子体质谱法简介	71
一、基本原理	71
二、仪器组成	72
三、分析方法	73
第五节 应用与示例	73
一、明胶空心胶囊中铬含量的测定	74
二、铅、镉、砷、汞、铜测定法	74

第六章 红外分光光度法 / 76

第一节 基本原理	76
一、振动能级和振动光谱	77
二、基频峰与泛频峰	79
三、振动类型与振动自由度	79
四、特征区、指纹区与相关峰	80
五、吸收峰的峰数	81
六、吸收峰的强度	81
第二节 影响谱带位置的因素	82
一、内部因素	82
二、外部因素	84
第三节 红外光谱与分子结构的关系	85
一、红外光谱的九个重要区段	85
二、有机化合物的典型光谱	85
第四节 红外分光光度计及制样	94

一、傅立叶变换红外光谱仪简介	95
二、样品的制备	96
第五节 应用与示例	97
一、定性分析	97
二、谱图解析	98

第七章 核磁共振氢谱 / 103

第一节 基本原理	103
一、原子核的磁性	103
二、自旋角动量和核磁矩	104
三、磁化矢量和弛豫	105
四、核磁共振条件	106
第二节 化学位移	106
一、化学位移的产生	106
二、化学位移标准物质和化学位移的表示	107
三、影响化学位移的因素	107
四、不同类型质子的化学位移	109
第三节 峰面积与氢核数目	111
一、峰面积	111
二、氢核数目	112
第四节 自旋耦合与自旋系统	112
一、自旋-自旋耦合	112
二、核的等价性与自旋耦合系统	116
第五节 核磁共振波谱仪及实验方法	121
一、核磁共振仪	121
二、实验方法	122
第六节 核磁共振氢谱的解析	122
一、核磁共振氢谱解析的一般程序	122
二、解析示例	123

第八章 核磁共振碳谱和二维核磁共振谱 / 127

第一节 碳谱的特点及常见类型	127
一、碳谱的基本特点	127
二、常见的碳谱类型	128
第二节 碳谱的化学位移	131
一、影响碳谱化学位移的因素	131
二、各类化合物 ¹³ C的化学位移	133
第三节 核磁共振碳谱解析的一般程序	137

一、利用 ^{13}C -NMR 谱进行结构分析的一般步骤	137
二、解析示例	137
第四节 二维核磁共振谱简介	139
一、二维核磁共振谱类型	139
二、常用二维核磁共振谱解析简介	139
第九章 质谱法 / 144	
第一节 基本原理与仪器简介	144
一、基本原理	144
二、质谱仪的主要部件	144
三、质谱仪的主要性能指标	148
四、质谱的表示方式	149
第二节 离子的主要类型	150
一、分子离子	150
二、同位素离子	151
三、碎片离子	152
四、亚稳离子	152
第三节 离子的裂解类型	152
一、共价键断裂方式	152
二、离子的裂解类型	153
三、常见有机化合物裂解规律	155
第四节 质谱解析	159
一、分子离子峰的确定	159
二、分子式的确定	160
三、质谱解析步骤及示例	161
第十章 波谱综合解析 / 165	
第一节 综合解析方法	165
一、综合解析对分析试样的要求	165
二、综合解析中常用的波谱学方法	165
第二节 综合解析的一般程序	166
一、分子式的确定	166
二、结构式的确定	167
三、结构的验证	167
第三节 综合解析示例	167

第十一章 色谱法概论 / 178

第一节 概述	178
一、色谱法历史	178
二、色谱法的相关名词	179
三、色谱法分类	179
第二节 色谱分离过程简介	180
第三节 色谱分析中的重要参数	180
一、色谱流出曲线	180
二、色谱分析中的一些重要参数	183
第四节 分配等温线	184
一、三种分配等温线	185
二、样品上样量对保留值的影响	185
三、减小非线性等温线产生的色谱峰拖尾和前伸	185
第五节 色谱法基本理论	186
一、塔板理论	186
二、速率理论	189
三、分离度 (R_s)	192
四、色谱分离方程式	192

第十二章 经典液相色谱 / 196

第一节 吸附色谱法	196
一、基本原理	196
二、常用吸附剂及其性质	197
三、流动相 (洗脱剂)	198
四、色谱条件的选择	198
五、经典吸附柱色谱操作	199
六、应用	200
第二节 分配色谱法	200
一、基本原理	200
二、固定相	201
三、色谱条件的选择	201
四、分配柱色谱操作	202
五、应用	202
第三节 离子交换色谱法	202
一、离子交换平衡	203
二、离子交换树脂	203
三、操作方法	204

四、应用	205
第四节 分子排阻色谱法	205
一、基本原理	205
二、凝胶的分类	207
三、实验操作	207
四、应用	208
第五节 聚酰胺色谱法	208
一、基本原理	209
二、应用	210
第六节 平面色谱法	210
一、平面色谱概述	210
二、平面色谱基本原理	211
三、薄层色谱	212
四、纸色谱法	215
 第十三章 气相色谱法 / 217	
第一节 基本原理	217
一、气相色谱法基本原理及特点	217
二、气相色谱仪的基本流程及结构	218
第二节 进样口及进样方式	219
一、分流/不分流进样口	219
二、填充柱进样口	220
三、其他类型进样口	220
四、进样方式	221
第三节 色谱柱	221
一、填充柱	221
二、毛细管色谱柱	224
第四节 检测器	225
一、检测器的分类与要求	225
二、热导检测器	227
三、氢焰离子化检测器	228
四、电子捕获检测器	229
五、火焰光度检测器	229
六、氮磷检测器	230
第五节 色谱分离条件的选择	230
一、气相色谱速率理论	230
二、操作条件的选择	232
第六节 定性与定量分析	234