



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)

仪器分析

供中药学类、药学类、制药工程等专业用

主 编 © 梁生旺 万 丽

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“十二五”规划教材
全国高等中医药院校规划教材（第九版）

仪器分析

（新世纪第三版）

（供中药学类、药学类、制药工程等专业用）

主 审 陈定一（北京中医药大学）

主 编 梁生旺（广东药学院）
方 丽（成都中医药大学）

副主编 （以姓氏笔画为序）
藏 华（北京中医药大学）

王新宏（上海中医药大学）

贡济宇（长春中医药大学）

范卓文（黑龙江中医药大学）

谢一辉（江西中医学院）

中国中医药出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

仪器分析/梁生旺, 万丽主编. —3 版. —北京: 中国中医药出版社, 2012. 7

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5132-0951-9

I. ①仪… II. ①梁… ②万… III. ①仪器分析-中医药院校-教材 IV. ①0657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012) 第 111424 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

北京市卫顺印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 24.5 字数 546 千字

2012 年 7 月第 3 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5132-0951-9

*

定价 34.00 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

书店网址 csln.net/qksd/

新浪官方微博 <http://e.weibo.com/cptcm>

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）

专家指导委员会

- 名誉主任委员** 王**国**强（卫生部副部长兼国家中医药管理局局长）
邓**铁**涛（广州中医药大学教授 国医大师）
- 主任委员** 李**大**宁（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 教授 中国工程院院士）
张**伯**礼（中国中医科学院院长 天津中医药大学校长 教授 中国工程院院士）
洪**净**（国家中医药管理局巡视员兼人事教育司副司长）
- 委 员**（以姓氏笔画为序）
王**华**（湖北中医药大学校长 教授）
王**键**（安徽中医学院院长 教授）
王**之**虹（长春中医药大学校长 教授）
王**北**婴（国家中医药管理局中医师资格认证中心主任）
王**亚**利（河北医科大学副校长 教授）
王**国**辰（全国中医药高等教育学会教材建设研究会秘书长 中国中医药出版社社长）
王**省**良（广州中医药大学校长 教授）
车**念**聪（首都医科大学中医药学院院长 教授）
石**学**敏（天津中医药大学教授 中国工程院院士）
匡**海**学（黑龙江中医药大学校长 教授）
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）
孙**秋**华（浙江中医药大学党委书记 教授）
严**世**芸（上海中医药大学教授）
李**大**鹏（中国工程院院士）
李**玛**琳（云南中医学院院长 教授）
李**连**达（中国中医科学院研究员 中国工程院院士）
李**金**田（甘肃中医学院院长 教授）
杨**关**林（辽宁中医药大学校长 教授）
吴**以**岭（中国工程院院士）

吴咸中 (天津中西医结合医院主任医师 中国工程院院士)
 吴勉华 (南京中医药大学校长 教授)
 肖培根 (中国医学科学院研究员 中国工程院院士)
 陈可冀 (中国中医科学院研究员 中国科学院院士)
 陈立典 (福建中医药大学校长 教授)
 范永升 (浙江中医药大学校长 教授)
 范昕建 (成都中医药大学校长 教授)
 欧阳兵 (山东中医药大学校长 教授)
 周 然 (山西中医学院院长 教授)
 周永学 (陕西中医学院院长 教授)
 周仲瑛 (南京中医药大学教授 国医大师)
 郑玉玲 (河南中医学院院长 教授)
 胡之璧 (上海中医药大学教授 中国工程院院士)
 耿 直 (新疆医科大学副校长 教授)
 高思华 (北京中医药大学校长 教授)
 唐 农 (广西中医药大学校长 教授)
 梁光义 (贵阳中医学院院长 教授)
 程莘农 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)
 傅克刚 (江西中医学院院长 教授)
 谢建群 (上海中医药大学常务副校长 教授)
 路志正 (中国中医科学院研究员 国医大师)
 廖端芳 (湖南中医药大学校长 教授)
 颜德馨 (上海铁路医院主任医师 国医大师)

秘 书 长

王 键 (安徽中医学院院长 教授)
 洪 净 (国家中医药管理局巡视员兼人事教育司副司长)
 王国辰 (全国中医药高等教育学会教材建设研究会秘书长
中国中医药出版社社长)

办 公 室 主 任

周 杰 (国家中医药管理局人事教育司教育处处长)
 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)

办 公 室 副 主 任

王淑珍 (全国中医药高等教育学会教材建设研究会副秘书长
中国中医药出版社教材编辑部主任)
 裴 颢 (中国中医药出版社教材编辑部副主任)

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)

《仪器分析》编委会

主 审 陈定一 (北京中医药大学)

主 编 梁生旺 (广东药学院)

万 丽 (成都中医药大学)

副主编 (按姓氏笔画为序)

马长华 (北京中医药大学)

王新宏 (上海中医药大学)

贡济宇 (长春中医药大学)

范卓文 (黑龙江中医药大学)

谢一辉 (江西中医学院)

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 瑞 (山西中医学院)

王淑美 (广东药学院)

卞金辉 (成都中医药大学)

尹 华 (浙江中医药大学)

邓海山 (南京中医药大学)

冯素香 (河南中医学院)

吕青涛 (山东中医药大学)

李 锦 (天津中医药大学)

杨 敏 (湖北中医药大学)

吴 萍 (湖南中医药大学)

何翠微 (广西中医药大学)

张明昶 (贵阳中医学院)

陈 丽 (福建中医药大学)

陈晓霞 (辽宁中医药大学)

贺少堂 (陕西中医学院)

曹秀莲 (河北医科大学中医学院)

彭晓霞 (甘肃中医学院)

谢晓梅 (安徽中医学院)

蒋 亚 (西南交通大学)

前言

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材是为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》、《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》和《中医药事业发展“十二五”规划》，依据行业人才需求和全国各高等中医药院校教育教学改革新发展，在国家中医药管理局人事教育司的主持下，由国家中医药管理局教材办公室、全国中医药高等教育学会教材建设研究会在总结历版中医药行业教材特别是新世纪全国高等中医药院校规划教材建设经验的基础上，进行统一规划建设的。鉴于由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八版，为便于了解其历史沿革，同时体现其系统性和传承性，故本套教材又可称“全国高等中医药院校规划教材（第九版）”。

本套教材坚持以育人为本，重视发挥教材在人才培养中的基础性作用，充分展现我国中医药教育、医疗、保健、科研、产业、文化等方面取得的新成就，以期成为符合教育规律和人才成长规律的科学性、先进性、适用性的优秀教材。

本套教材具有以下主要特色：

1. 继续采用“政府指导，学会主办，院校联办，出版社协办”的运作机制

在规划、出版全国中医药行业高等教育“十五”、“十一五”规划教材时（原称“新世纪全国高等中医药院校规划教材”新一版、新二版，亦称第七版、第八版，均由中国中医药出版社出版），国家中医药管理局制定了“政府指导，学会主办，院校联办，出版社协办”的运作机制，经过两版教材的实践，证明该运作机制符合新时期教育部关于高等教育教材建设的精神，同时也是适应新形势下中医药人才培养需求的更高效的教材建设机制，符合中医药事业培养人才的需要。因此，本套教材仍然坚持这个运作机制并有所创新。

2. 整体规划，优化结构，强化特色

此次“十二五”教材建设工作对高等中医药教育3个层次多个专业的必修课程进行了全面规划。本套教材在“十五”、“十一五”优秀教材基础上，进一步优化教材结构，强化特色，重点建设主干基础课程、专业核心课程，加强实验实践类教材建设，推进数字化教材建设。本套教材数量上较第七版、第八版明显增加，专业门类上更加齐全，能完全满足教学需求。

3. 充分发挥高等中医药院校在教材建设中的主体作用

全国高等中医药院校既是教材使用单位，又是教材编写工作的承担单位。我们发出关于启动编写“全国中医药行业高等教育‘十二五’规划教材”的通知后，各院校积极响应，教学名师、优秀学科带头人、一线优秀教师积极参加申报，凡被选中参编的教师都以积极热情、严肃认真、高度负责的态度完成了本套教材的编写任务。

4. 公开招标，专家评议，健全主编遴选制度

本套教材坚持公开招标、公平竞争、公正遴选主编原则。国家中医药管理局教材办公室和全国中医药高等教育学会教材建设研究会制订了主编遴选评分标准,经过专家评审委员会严格评议,遴选出一批教学名师、高水平专家承担本套教材的主编,同时实行主编负责制,为教材质量提供了可靠保证。

5. 继续发挥执业医师和职称考试的标杆作用

自我国实行中医、中西医结合执业医师准入制度以及全国中医药行业职称考试制度以来,第七版、第八版中医药行业规划教材一直作为考试的蓝本教材,在各种考试中发挥了权威标杆作用。作为国家中医药管理局统一规划实施的第九版行业规划教材,将继续在行业的各种考试中发挥其标杆性作用。

6. 分批进行,注重质量

为保证教材质量,本套教材采取分批启动方式。第一批于2011年4月启动中医学、中药学、针灸推拿学、中西医临床医学、护理学、针刀医学6个本科专业112种规划教材。2012年下半年启动其他专业的教材建设工作。

7. 锤炼精品,改革创新

本套教材着力提高教材质量,努力锤炼精品,在继承与发扬、传统与现代、理论与实践的结合上体现了中医药教材的特色;学科定位准确,理论阐述系统,概念表述规范,结构设计更为合理;教材的科学性、继承性、先进性、启发性及教学适应性较前八版有不同程度提高。同时紧密结合学科专业发展和教育教学改革,更新内容,丰富形式,不断完善,将学科、行业的新知识、新技术、新成果写入教材,形成“十二五”期间反映时代特点、与时俱进的教材体系,确保优质教育资源进课堂,为提高中医药高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。同时,注重教材内容在传授知识的同时,传授获取知识和创造知识的方法。

综上所述,本套教材由国家中医药管理局宏观指导,全国中医药高等教育学会教材建设研究会倾力主办,全国各高等中医药院校高水平专家联合编写,中国中医药出版社积极协办,整个运作机制协调有序,环环紧扣,为整套教材质量的提高提供了保障机制,必将成为“十二五”期间全国高等中医药教育的主流教材,成为提高中医药高等教育教学质量和人才培养质量最权威的教材体系。

本套教材在继承的基础上进行了改革与创新,但在探索的过程中,难免有不足之处,敬请各教学单位、教学人员以及广大学生在使用中发现问题及时提出,以便在重印或再版时予以修正,使教材质量不断提升。

国家中医药管理局教材办公室
全国中医药高等教育学会教材建设研究会
中国中医药出版社

2012年6月

编写说明

《仪器分析》是全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材之一，是在新世纪全国高等中医药院校规划教材《分析化学》的基础上修订编写而成。根据目前我国高等医药教育的实际现状和需求，将原来的《分析化学》上、下册，分为《分析化学》和《仪器分析》两门教材。本教材由全国 24 所医药院校的教师共同编写，编者均为全国各医药院校中药专业长期从事分析化学教学工作的一线骨干教师。在编写过程中，召开了多次编写会议，对编写大纲进行了认真的集体讨论，分工编写，由副主编初审和修改，梁生旺主编和万丽主编复审、修改和定稿。

本教材可供全国高等院校中药类各专业及其他相关专业使用，还可供有关科研和药品检验部门的科技人员参阅。

本教材除保持上一版教材的特色外，对部分内容进行了调整和充实，进一步加强了基础，突出了特色，充分体现了仪器分析在药物分析中的进展和需求，使学生通过本课程的学习能掌握仪器分析方法的原理和在中药分析中的应用，为中药类专业后续课程的学习打下坚实的基础。

本教材在编写工作中得到了各位编写老师所在院校的大力支持，在此一并表示感谢。

书中存在的错误和不妥之处，恳请广大师生和读者提出宝贵意见，以便再版时修订提高。

《仪器分析》编委会
2012 年 6 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	3
二、电分析化学	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	6
第一节 电磁辐射的性质	6
一、波动性和微粒性	6
二、电磁波谱	7
三、电磁辐射与物质的作用	8
第二节 光学分析法及其分类	10
一、光谱法	10
二、非光谱法	13
第三节 光谱法仪器	13
一、辐射源	13
二、分光系统	14
三、试样容器	14
四、检测器	15
五、信号处理器和读出装置	15
第三章 紫外-可见分光光度法	16
第一节 基本原理	16
一、紫外-可见吸收光谱	16
二、Lambert-Beer 定律	20
第二节 光度法的误差	22
一、偏离 Beer 定律的因素	22

二、测量误差及测量条件的选择	24
第三节 显色反应及显色条件的选择	25
一、显色反应	25
二、显色条件的选择	25
三、干扰的消除	26
第四节 紫外-可见分光光度计	27
一、主要部件	27
二、分光光度计的类型	30
第五节 定性与定量分析方法	32
一、定性方法	32
二、单组分的定量方法	34
三、多组分样品的定量方法简介	35
第六节 紫外-可见吸收光谱与分子结构的关系	39
一、有机化合物的紫外吸收光谱	39
二、影响紫外吸收光谱的主要因素	42
三、结构分析	45
第四章 红外分光光度法	48
第一节 概述	48
第二节 基本原理	48
一、振动-转动光谱	48
二、振动形式	51
三、振动自由度	52
四、基频峰与泛频峰	53
五、特征峰与相关峰	53
六、吸收峰峰位	55
七、吸收峰峰数	56
八、吸收峰强度	57
第三节 影响谱带位置的因素	58
一、内部因素	58
二、外部因素	60
第四节 红外分光光度计	60
一、光栅型红外分光光度计简介	61
二、傅里叶变换红外光谱仪简介	62
三、样品的制备	64
第五节 红外光谱与分子结构的关系	65
一、红外光谱的九个重要区段	65
二、典型光谱	65

第六节 应用	74
一、定性分析	75
二、纯度检查	75
三、谱图解析	75
第五章 荧光分析法	83
第一节 概述	83
第二节 基本原理	84
一、分子荧光的产生	84
二、激发光谱与荧光光谱	86
第三节 荧光与分子结构的关系	87
一、荧光效率和荧光寿命	87
二、荧光强度与分子结构的关系	87
三、影响荧光强度的外界因素	89
第四节 荧光分光光度计	92
一、主要部件	92
二、荧光计的校正	93
第五节 定性与定量	94
一、定性分析	94
二、定量分析	94
第六节 应用	96
一、无机化合物和有机化合物的荧光分析	96
二、荧光分析法在中药研究中的应用	96
三、荧光分析新技术	97
第六章 原子光谱法	105
第一节 概述	105
第二节 基本原理	106
一、原子的吸收和发射	106
二、原子的量子能级和能级图	106
三、原子在各能级的分布	108
三、原子吸收线的形状及其影响因素	109
四、原子吸收光谱的测量	110
第三节 原子吸收分光光度计	112
一、仪器的主要部件	112
二、原子分光光度计的类型	114
第四节 原子吸收光谱法的实验方法	115
一、干扰及其抑制	115
二、定量分析方法	117

三、应用与实例	121
第五节 原子发射光谱法	122
一、基本原理	123
二、原子发射光谱仪器	124
三、分析方法	126
四、电感耦合等离子质谱法 (ICP-MS)	126
第七章 核磁共振波谱法	129
第一节 概述	129
第二节 基本原理	129
一、原子核的自旋与磁矩	129
二、核磁矩的空间量子化与能级分裂	130
三、核磁共振的产生	131
四、饱和与弛豫	132
第三节 化学位移	132
一、化学位移的产生	132
二、化学位移的表示方法	133
三、影响质子化学位移的因素	134
四、各类质子的化学位移	138
五、质子化学位移的计算	138
第四节 自旋耦合与自旋系统	140
一、自旋耦合与自旋裂分	140
二、自旋系统	145
第五节 核磁共振波谱仪及实验方法	151
一、核磁共振波谱仪	151
二、样品的制备	153
三、实验方法	153
第六节 核磁共振氢谱的解析	156
一、核磁共振氢谱解析的一般程序	156
二、解析示例	156
第七节 核磁共振碳谱和二维核磁共振谱简介	159
一、核磁共振碳谱	159
二、二维核磁共振谱简介	166
第八章 质谱法	173
第一节 基本原理与仪器简介	173
一、质谱仪的主要性能指标	179
二、质谱表示方法	180
第二节 离子的主要类型	181
一、分子离子	181

二、同位素离子	181
三、亚稳离子	182
四、碎片离子	183
五、重排离子	183
六、多电荷离子	183
第三节 离子的裂解	184
一、裂解的表示方法	184
二、裂解类型	185
三、常见有机化合物的裂解方式和规律	187
第四节 质谱解析	193
一、分子离子峰的确定	193
二、分子式的确定	194
三、质谱解析步骤及示例	195
第九章 波谱综合解析	201
第一节 综合解析方法	201
一、综合解析对分析试样的要求	201
二、综合解析中常用的波谱学方法	201
第二节 综合解析程序	202
一、分子式的确定	202
二、结构式的确定	203
三、验证结构	203
第三节 综合解析示例	204
第十章 色谱法概论	221
第一节 概述	221
一、色谱法的起源和发展	221
二、色谱法的分类	222
第二节 色谱过程及有关术语	223
一、色谱过程	223
二、色谱流出曲线	224
三、基线	224
四、峰高	224
五、色谱峰区域宽度	224
六、拖尾因子	225
七、保留值	225
第三节 色谱法基本理论	226
一、分配系数和保留因子与保留时间的关系	226
二、保留因子与保留比 (R') 的关系	227
三、色谱分离的前提条件	228

四、塔板理论	228
五、速率理论	231
六、分离度	235
七、色谱分离方程式	235
第十一章 经典液相色谱法	239
第一节 吸附色谱法	239
一、常用的吸附剂及其性质	239
二、基本原理	240
三、色谱条件选择	242
四、操作形式及方法	244
五、应用	253
第二节 分配色谱法	254
一、常用载体	254
二、基本原理	254
三、色谱条件的选择	254
四、操作形式及方法	255
五、应用	257
第三节 离子交换柱色谱法	257
一、离子交换树脂及其特性	257
二、基本原理	259
三、操作方法	261
四、应用	262
第四节 分子排阻柱色谱法	263
一、常用的凝胶及其性质	263
二、基本原理	265
三、操作方法	266
四、应用	268
第五节 聚酰胺色谱法	268
一、聚酰胺的结构与性质	268
二、基本原理	269
三、操作形式与方法	271
四、应用	272
第十二章 气相色谱法	275
第一节 气相色谱仪	275
一、气相色谱仪的基本流程	275
二、气相色谱仪的基本结构	275
第二节 色谱柱	277
一、固定相	277

二、毛细管色谱柱	281
第三节 检测器	284
一、热导检测器	284
二、氢焰离子化检测器	285
三、其他检测器	286
四、检测器的性能指标	288
第四节 色谱条件的选择	289
一、色谱柱的选择	289
二、柱温的选择及程序升温	289
三、载气及流速的选择	290
四、进样量	291
五、气化温度和检测室温度	291
第五节 定性定量分析	291
一、定性分析	291
二、定量分析	292
第六节 气相色谱-质谱联用技术简介	297
一、气相色谱-质谱联用的特点	297
二、气相色谱-质谱联用仪的基本结构	297
三、气相色谱-质谱联用仪工作原理	298
四、数据的采集	298
五、应用	299
第十三章 高效液相色谱法	303
第一节 高效液相色谱仪	303
一、输液系统	304
二、进样和色谱分离系统	306
三、检测系统	308
四、数据记录与处理系统	311
第二节 高效液相色谱基本理论	311
一、柱内展宽	311
二、柱外展宽	313
第三节 高效液相色谱法的主要类型及其分离原理	314
一、吸附色谱法	314
二、分配色谱法	314
三、离子交换色谱法	314
四、分子排阻色谱法	315
五、离子色谱法	315
六、离子对色谱法	316
第四节 固定相和流动相	317
一、固定相	317

二、流动相	320
第五节 HPLC 分析条件的选择	324
第六节 定性与定量分析	325
一、定性分析	325
二、定量分析	326
三、应用示例	326
第七节 液相色谱-质谱联用技术简介	327
一、液相色谱-质谱联用的原理	328
二、液相色谱-质谱联用仪简介	328
三、分析条件的选择	330
四、应用示例	330
第八节 超高效液相色谱法简介	331
一、理论基础	331
二、实现超高效液相色谱的必要条件	332
三、应用前景	333
第十四章 高效毛细管电泳	335
第一节 基本原理	335
一、电泳和电泳淌度	335
二、电渗和电渗淌度	336
三、迁移速度	337
四、分离效率	338
第二节 毛细管电泳的分离模式	339
一、毛细管电泳的分类	339
二、毛细管区带电泳	340
三、胶束电动毛细管色谱	340
四、毛细管凝胶电泳	341
五、毛细管等电聚焦电泳	342
六、毛细管等速电泳	343
七、毛细管电色谱	343
八、非水毛细管电泳	343
第三节 毛细管电泳仪	344
一、主要部件	344
二、进样方式	346
第四节 分析操作条件的选择	347
一、缓冲溶液的选择	347