



全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

分析化学

(供中药学、药学、制药技术、
→ 制药工程及相关专业使用)

主编●张 梅 池玉梅

中国医药科技出版社

014057475

全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

065-43
43

分析化学

(供中药学、药学、制药技术、制药工程及相关专业使用)

主 编 张 梅 池玉梅

副主编 李 锦 彭晓霞 吴 萍



065-43
43



北航

C1742225

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书系全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材之一。全书分为十章，包括绪论、定量分析的一般步骤、分析误差和数据处理、重量分析法、滴定分析概论、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、电位法及双指示电极电流滴定法。每章首尾处分别设置了“要点导航”和“重点小结”，章末附有思考题与习题及参考答案，方便复习与练习。

本书内容简明扼要，重点突出，理论联系实际，符合课程要求。可作为高等中医药院校中药学、药学、制药技术、制药工程类专业本科生分析化学课程教学使用，也适合化学、食品等其他相关专业学生分析化学课程教学使用，同时也可供相关科研单位或药品食品质量检验部门科研技术人员参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学/张梅，池玉梅主编. —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 - 6790 - 3

I. ①分… II. ①张… ②池… III. ①分析化学 - 中医学院 - 教材 IV. ①O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 170759 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 15

字数 308 千字

版次 2014 年 8 月第 1 版

印次 2014 年 8 月第 1 次印刷

印刷 三河市百盛印装有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978 - 7 - 5067 - 6790 - 3

定价 32.00 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)

段金廌 (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 贇 (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 张 梅 池玉梅

副主编 李 锦 彭晓霞 吴 萍

编 者 (以姓氏笔画为序)

任 波 (成都中医药大学)

池玉梅 (南京中医药大学)

李 锦 (天津中医药大学)

张 梅 (成都中医药大学)

吴 萍 (湖南中医药大学)

贺吉香 (山东中医药大学)

唐尹萍 (湖北中医药大学)

彭晓霞 (甘肃中医学院)

韩疏影 (南京中医药大学)

廖夫生 (江西中医药大学)

薛 璇 (安徽中医药大学)

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，为了更好地贯彻落实《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《实验室安全与管理》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 世纪复合型人才培养的需要。

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，更好地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

本教材编写依据中医药院校药学类本科分析化学教学需求,遵循“三基、五性、三特定”的基本原则,力求体现医药行业特点,适应高素质应用型、复合型、技术技能型人才培养需要。

全书共分十章,系统阐述了各种化学分析方法的基本原理、基础知识和基本应用。为了体现教材的适用性和完整性,本书将“定量分析的一般步骤”单独成章,系统介绍试样定量分析的全过程,强化学生对定量分析各环节特点及相互联系的整体把握;为突出行业特点,奠定学生学习药物分析等专业课的必要基础,在第一章中补充了“定性分析简介”,使学生对定性分析的基本理论和基本方法有所了解;为便于教学和学生自主学习,在每章开头设置了“要点导航”,按照掌握、熟悉和了解三个层次提出每章学习要求,章末设有“重点小结”,帮助学生梳理该章节主要内容,掌握重点和难点。

本教材由全国九所中医药院校长期从事分析化学教学工作的一线教师编写,各编委分章节独立编写,经主编、副主编初审及修改,由主编整理定稿。

本教材可供全国高等中医药院校中药学、药学、制药技术、制药工程类专业本科学生的分析化学课程教学使用,也适合化学、食品等其他相关专业学生的分析化学课程教学使用,同时可供相关专业教学和科研人员参阅。

本书编写分工如下:第一章张梅,第二章任波,第三章唐尹萍,第四章李锦,第五章薛璇,第六章池玉梅、韩疏影,第七章贺吉香,第八章吴萍,第九章彭晓霞,第十章廖夫生。

在本书编写过程中得到各编委所在院校和中国医药科技出版社的大力支持,在此表示最诚挚的感谢。同时,在编写过程中,编者参阅了相关书籍和资料,在此向作者表示深深的谢意。

限于编者水平和经验,书中可能存在疏漏和不足,恳请有关专家、同行和同学批评指正。

编者
2014年5月

第一章 绪论 / 1

第一节 分析化学的任务与作用	1
第二节 分析化学的方法分类	2
一、定性分析、定量分析、结构分析和形态分析	2
二、无机分析和有机分析	2
三、化学分析和仪器分析	2
四、常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析	3
五、例行分析和仲裁分析	3
第三节 定性分析简介	3
一、分析反应及反应条件	4
二、反应的灵敏度与选择性	5
三、空白试验和对照试验	6
第四节 分析化学的发展与趋势	6
第五节 分析化学文献	7
一、专著	7
二、丛书和手册	8
三、分析化学核心期刊	8
四、常用化学网络数据库	8

第二章 定量分析的一般步骤 / 11

第一节 分析试样的采集与制备	11
一、气体试样的采集	11
二、液体试样的采集	12
三、固体试样的采集与制备	12
第二节 试样的分解	13
一、无机试样的分解	14
二、有机试样的分解	15
第三节 常用分离、富集方法	16
一、分离与富集定义	16
二、方法简介	16

第四节 测定方法的选择	19
一、测定的具体要求	19
二、试样组分的性质	20
三、试样组分的含量	20
四、共存组分的影响	20
五、实验室条件	20
第五节 分析结果的计算及评价	21

第三章 分析误差和数据处理 / 23

第一节 分析化学中的误差	23
一、系统误差和偶然误差	23
二、准确度与精密度	24
三、误差的传递	27
第二节 有效数字及其运算规则	29
一、有效数字	29
二、有效数字的修约规则	30
三、有效数字的运算规则	30
第三节 分析数据的统计处理	31
一、偶然误差的正态分布	31
二、 t 分布	33
三、平均值的置信区间	34
四、离群值的取舍	36
五、显著性检验	37
六、相关与回归	41
第四节 提高分析结果准确度的方法	42
一、选择合适的分析方法	42
二、减小测量误差	43
三、减小偶然误差的影响	43
四、检验并消除测量过程中的系统误差	43

第四章 重量分析法 / 48

第一节 概述	48
第二节 挥发重量法	48
一、挥发法的分类	49
二、挥发法的应用	49
第三节 萃取重量法	50
第四节 沉淀重量法	51

一、沉淀重量法的过程	51
二、沉淀的制备	51
三、沉淀的过滤、洗涤、干燥和灼烧	59
四、分析结果的计算	60
五、沉淀法的应用	63

第五章 滴定分析法概论 / 66

第一节 概述	66
一、滴定分析法的特点和分类	66
二、滴定分析对滴定反应的要求	67
三、滴定方式	67
第二节 基准物质与标准溶液	69
一、基准物质	69
二、标准溶液	69
第三节 滴定分析的计算	71
一、滴定分析的计算基础	71
二、滴定分析中的计算	71

第六章 酸碱滴定法 / 78

第一节 水溶液中的酸碱平衡	78
一、酸碱质子理论	78
二、水溶液中酸碱各型体的分布	81
三、酸碱水溶液中 $[H]^+$ 浓度的计算	83
第二节 酸碱指示剂	86
一、酸碱指示剂的变色原理	86
二、指示剂变色范围	87
三、影响指示剂变色范围的因素	88
四、混合酸碱指示剂	89
第三节 酸碱滴定曲线	90
一、强酸(碱)的滴定	90
二、一元弱酸(碱)的滴定	92
三、多元酸(碱)的滴定	95
四、滴定误差	97
第四节 酸碱滴定的应用	99
一、酸碱标准溶液的配制与标定	99
二、应用示例	100
第五节 非水酸碱滴定法	102

一、非水酸碱滴定基本原理	102
二、非水溶液中酸和碱的滴定	106

第七章 沉淀滴定法 / 113

第一节 概述	113
第二节 沉淀滴定原理	113
一、滴定曲线	113
二、分步滴定	116
第三节 银量法	116
一、铬酸钾指示剂法 (莫尔法)	116
二、铁铵矾指示剂法 (佛尔哈德法)	117
三、吸附指示剂法 (法扬司法)	119
第四节 标准溶液和基准物质	120
一、0.1 mol/L AgNO_3 标准溶液的配制与标定	120
二、0.1 mol/L NH_4SCN 标准溶液的配制与标定	120
第五节 应用示例	121
一、无机卤化物和有机氢卤酸盐的测定	121
二、有机卤化物的测定	121

第八章 配位滴定法 / 125

第一节 概述	125
一、配位滴定法	125
二、配位滴定中常用配位剂	125
第二节 EDTA 的性质及其配合物	126
一、EDTA 在水溶液中的离解平衡	126
二、金属 - EDTA 配合物的分析特性	127
第三节 配合物在溶液中的离解平衡	128
一、EDTA 与金属离子形成配合物的稳定性	128
二、影响 EDTA 配合物稳定性的因素	130
第四节 配位滴定的基本原理	135
一、滴定曲线	135
二、影响滴定突跃大小的因素	137
三、配位滴定中酸度的控制	138
第五节 金属离子指示剂	140
一、金属指示剂的作用原理及应具备的条件	140
二、金属指示剂的选择	141
三、指示剂的封闭、僵化及变质现象	141

四、常用金属指示剂	142
第六节 提高配位滴定的选择性	143
一、消除干扰离子影响的条件	144
二、提高配位滴定选择性的措施	145
第七节 配位滴定方式及其应用	148
一、配位滴定方式	148
二、标准溶液和基准物质	150
三、应用示例	151
 第九章 氧化还原滴定法 / 156	
第一节 概述	156
第二节 氧化还原平衡	156
一、条件电极电位及影响因素	156
二、氧化还原反应进行的程度	160
三、氧化还原反应的速度	161
第三节 氧化还原滴定	162
一、滴定曲线	162
二、指示剂的选择	165
第四节 常用氧化还原滴定法	167
一、碘量法	167
二、高锰酸钾法	170
三、重铬酸钾法	171
四、其他氧化还原滴定法简介	172
第五节 氧化还原滴定计算	174
 第十章 电位分析法与双指示电极电流滴定法 / 180	
第一节 概述	180
第二节 电位分析法基本原理	181
一、化学电池	181
二、液接电位	181
第三节 参比电极与指示电极	182
一、参比电极	182
二、指示电极	184
三、复合电极	186
第四节 直接电位法	186
一、氢离子活度的测定	186
二、其他阴、阳离子活（浓）度的测定	190

三、直接电位法的测量误差	193
第五节 电位滴定法	193
一、原理及装置	193
二、终点确定方法	194
三、应用	196
第六节 双指示电极电流滴定法	196
一、原理及装置	196
二、终点确定方法	197
三、应用示例	198

附录 / 202

第一章 绪 论

要点导航

本章学习分析化学的任务、分类、主要研究内容及所涉及领域等内容。要求：

1. 掌握分析化学的定义、任务及分类方法。
2. 熟悉定性分析一般方法。
3. 了解分析化学发展进程。

第一节 分析化学的任务与作用

分析化学 (analytical chemistry) 是研究获取物质的组成、含量、结构和形态等化学信息的分析方法及相关理论的一门科学。欧洲化学联合会分析化学部定义分析化学为：“发展和应用各种方法、仪器和策略获取有关物质在空间和时间方面的组成和性质的信息的一门科学”。分析化学以化学基本理论和实验技术为基础，广泛吸收融合物理学、生物学、数学、计算机学、统计学、信息学等学科知识，为科学与技术发展提供其所必需的物质信息数据源。

分析化学的主要任务是通过各种方法与手段，获取图像、数据等相关信息用于鉴定物质体系的化学组成、测定其中有关成分的含量和确定体系中物质的结构与形态。主要内容包括定性分析 (qualitative analysis)、定量分析 (quantitative analysis)、结构分析 (structural analysis) 和形态分析 (speices analysis)。

作为化学学科的重要分支，分析化学不仅对化学学科本身的发展起着重要作用，而且在国民经济、科学技术、医药卫生、学校教育等各方面均起着举足轻重的作用。

在化学学科发展中，元素的发现、各种化学基本定律（质量守恒定律、定比定律等）的确立；相对原子质量的测定；元素周期律的建立及元素特征光谱线的发现等各种化学现象的揭示，都与分析化学的卓越贡献密不可分。“人类有科技就有化学，化学从分析化学开始”。

在国民经济建设中，从资源勘探，天然气、油田、矿藏的储量确定；煤矿、钢铁基地的选址；工业生产中原材料选择，中间体、成品和有关物质的检验；农业生产中土壤成分检定、农作物营养诊断、农产品与加工食品质量检验；建筑业中各类建筑与装饰材料的品质、机械强度和建筑物质量评判；以及在商业流通领域中所有商品的质量监控等等，都需要分析化学提供相关数据和信息，分析化学在国民经济建设中起着