



爱慕课

www.imooc985.com



全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材

供药学类专业用

分析化学

□ 主编 高金波 吴红

在线学习版

教学资源 ⊙ 练习测试
互动教学 ⊙ 智能学习

中国医药科技出版社



全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材

分析化学

(供药学类专业用)

主 编 高金波 吴 红

副主编 敬永升 朱开梅 李云兰

编 者 (以姓氏笔画为序)

王海波 (辽宁中医药大学)

李云兰 (山西医科大学)

杨 铭 (佳木斯大学药学院)

张梦军 (第三军医大学)

姜 珍 (沈阳药科大学)

高金波 (佳木斯大学药学院)

白慧云 (长治医学院)

朱开梅 (桂林医学院)

吴 红 (第四军医大学)

哈及尼沙 (新疆医科大学)

高先娟 (齐鲁医药学院)

敬永升 (河南大学药学院)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本教材为全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材之一。本教材根据普通高等医学院本科药学专业培养目标,以及培养应用型药学人才的需求,注重理论与实际的密切结合,在系统介绍分析化学理论知识的同时,为增强教材可读性、实用性,增加了学习引导、实例分析、课堂互动和知识链接等模块。本教材涵盖化学分析和仪器分析两大部分(共二十一章),为了便于学生对基础知识的理解和掌握,教材编写遵循“承上启下,循序渐进”的原则。每章后均有习题(附有参考答案),便于学生自学和检验学生对理论知识的掌握程度。同时,为丰富教学资源,增强教学互动,更好的满足教学需要,本教材免费配套在线学习平台(含电子教材、教学课件、图片、视频和习题集),欢迎广大师生使用。

本教材主要供药学、制药工程、药物制剂、生物技术和中药学及化工、医学和环境等相关专业本科学术生教学使用,也可作为科研单位、医药企业等相关科研人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学 / 高金波, 吴红主编. —北京: 中国医药科技出版社, 2016. 1

全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5067-7905-0

I. ①分… II. ①高… ②吴… III. ①分析化学-医学院校-教材 IV. ①O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 007657 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

规格 787×1092mm $1/16$

印张 30 $\frac{1}{2}$

字数 691 千字

版次 2016 年 1 月第 1 版

印次 2016 年 1 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 978-7-5067-7905-0

定价 59.00 元

版权所有 盗版必究

举报电话: 010-62228771

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材

出版说明

全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材,是在深入贯彻教育部有关教育教学改革和我国医药卫生体制改革新精神,进一步落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要》(2010-2020年)的形势下,结合教育部的专业培养目标和全国医学院校培养应用型、创新型药学专门人才的教学实际,在教育部、国家卫生和计划生育委员会、国家食品药品监督管理总局的支持下,由中国医药科技出版社组织全国近100所高等医学院校约400位具有丰富教学经验和较高学术水平的专家教授悉心编撰而成。本套教材的编写,注重理论知识与实践应用相结合、药学与医学知识相结合,强化培养学生的实践能力和创新能力,满足行业发展的需要。

本套教材主要特点如下:

1. 强化理论与实践相结合,满足培养应用型人才需求

针对培养医药卫生行业应用型药学人才的需求,本套教材克服以往教材重理论轻实践、重化工轻医学的不足,在介绍理论知识的同时,注重引入与药品生产、质检、使用、流通等相关的“实例分析/案例解析”内容,以培养学生理论联系实际的应用能力和分析问题、解决问题的能力,并做到理论知识深入浅出、难度适宜。

2. 切合医学院校教学实际,突显教材内容的针对性和适应性

本套教材的编者分别来自全国近100所高等医学院校教学、科研、医疗一线实践经验丰富、学术水平较高的专家教授,在编写教材过程中,编者们始终坚持从全国各医学院校药学教学和人才培养需求以及药学专业就业岗位的实际要求出发,从而保证教材内容具有较强的针对性、适应性和权威性。

3. 紧跟学科发展、适应行业规范要求,具有先进性和行业特色

教材内容既紧跟学科发展,及时吸收新知识,又体现国家药品标准[《中国药典》(2015年版)]、药品管理相关法律法规及行业规范和2015年版《国家执业药师资格考试》(《大纲》、《指南》)的要求,同时做到专业课程教材内容与就业岗位的知识 and 能力要求相对接,满足药学教育教学适应医药卫生事业发展要求。

4. 创新编写模式,提升学习能力

在遵循“三基、五性、三特定”教材建设规律的基础上,在必设“实例分析/案例解析”

模块的同时，还引入“学习导引”“知识链接”“知识拓展”“练习题”（“思考题”）等编写模块，以增强教材内容的指导性、可读性和趣味性，培养学生学习的自觉性和主动性，提升学生学习能力。

5. 搭建在线学习平台，丰富教学资源、促进信息化教学

本套教材在编写出版纸质教材的同时，均免费为师生搭建与纸质教材相配套的“爱慕课”在线学习平台（含数字教材、教学课件、图片、视频、动画及练习题等），使教学资源更加丰富和多样化、立体化，更好地满足在线教学信息发布、师生答疑互动及学生在线测试等教学需求，提升教学管理水平，促进学生自主学习，为提高教育教学水平和质量提供支撑。

本套教材共计 29 门理论课程的主干教材和 9 门配套的实验指导教材，将于 2016 年 1 月由中国医药科技出版社出版发行。主要供全国普通高等医学院校药学类专业教学使用，也可供医药行业从业人员学习参考。

编写出版本套高质量的教材，得到了全国知名药学专家的精心指导，以及各有关院校领导和编者的大力支持，在此一并表示衷心感谢。希望本套教材的出版，将会受到广大师生的欢迎，对促进我国普通高等医学院校药学类专业教育教学改革和药学类专业人才培养作出积极贡献。希望广大师生在教学中积极使用本套教材，并提出宝贵意见，以便修订完善，共同打造精品教材。

中国医药科技出版社
2016 年 1 月

全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材

书 目

序号	教材名称	主编	ISBN
1	高等数学	艾国平 李宗学	978 - 7 - 5067 - 7894 - 7
2	物理学	章新友 白翠珍	978 - 7 - 5067 - 7902 - 9
3	物理化学	高 静 马丽英	978 - 7 - 5067 - 7903 - 6
4	无机化学	刘 君 张爱平	978 - 7 - 5067 - 7904 - 3
5	分析化学	高金波 吴 红	978 - 7 - 5067 - 7905 - 0
6	仪器分析	吕玉光	978 - 7 - 5067 - 7890 - 9
7	有机化学	赵正保 项光亚	978 - 7 - 5067 - 7906 - 7
8	人体解剖生理学	李富德 梅仁彪	978 - 7 - 5067 - 7895 - 4
9	微生物学与免疫学	张雄鹰	978 - 7 - 5067 - 7897 - 8
10	临床医学概论	高明奇 尹忠诚	978 - 7 - 5067 - 7898 - 5
11	生物化学	杨 红 郑晓珂	978 - 7 - 5067 - 7899 - 2
12	药理学	魏敏杰 周 红	978 - 7 - 5067 - 7900 - 5
13	临床药物治疗学	曹 霞 陈美娟	978 - 7 - 5067 - 7901 - 2
14	临床药理学	印晓星 张庆柱	978 - 7 - 5067 - 7889 - 3
15	药物毒理学	宋丽华	978 - 7 - 5067 - 7891 - 6
16	天然药物化学	阮汉利 张 宇	978 - 7 - 5067 - 7908 - 1
17	药物化学	孟繁浩 李柱来	978 - 7 - 5067 - 7907 - 4
18	药物分析	张振秋 马 宁	978 - 7 - 5067 - 7896 - 1
19	药用植物学	董诚明 王丽红	978 - 7 - 5067 - 7860 - 2
20	生药学	张东方 税丕先	978 - 7 - 5067 - 7861 - 9
21	药剂学	孟胜男 胡容峰	978 - 7 - 5067 - 7881 - 7
22	生物药剂学与药物动力学	张淑秋 王建新	978 - 7 - 5067 - 7882 - 4
23	药物制剂设备	王 沛	978 - 7 - 5067 - 7893 - 0
24	中医药学概要	周 晔 张金莲	978 - 7 - 5067 - 7883 - 1
25	药事管理学	田 侃 吕雄文	978 - 7 - 5067 - 7884 - 8
26	药物设计学	姜凤超	978 - 7 - 5067 - 7885 - 5
27	生物技术制药	冯美卿	978 - 7 - 5067 - 7886 - 2
28	波谱解析技术的应用	冯卫生	978 - 7 - 5067 - 7887 - 9
29	药学服务实务	许杜娟	978 - 7 - 5067 - 7888 - 6

注：29 门主干教材均配套有中国医药科技出版社“爱慕课”在线学习平台。

全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材

配套教材书目

序号	教材名称	主编	ISBN
1	物理化学实验指导	高 静 马丽英	978-7-5067-8006-3
2	分析化学实验指导	高金波 吴 红	978-7-5067-7933-3
3	生物化学实验指导	杨 红	978-7-5067-7929-6
4	药理学实验指导	周 红 魏敏杰	978-7-5067-7931-9
5	药物化学实验指导	李柱来 孟繁浩	978-7-5067-7928-9
6	药物分析实验指导	张振秋 马 宁	978-7-5067-7927-2
7	仪器分析实验指导	余邦良	978-7-5067-7932-6
8	生药学实验指导	张东方 税丕先	978-7-5067-7930-2
9	药剂学实验指导	孟胜男 胡容峰	978-7-5067-7934-0

前言

P R E F A C E

《分析化学》作为高等医学院校药学类专业规划教材，主要针对药学类各专业的学生，使其掌握分析化学基础知识，培养学生化学分析与仪器分析的应用能力，从而提高学生运用分析化学的知识解决药学研究领域实际问题的能力，以更好地服务于药品生产、检验、经营与管理与临床合理用药。

教材编写在努力强化“三基五性”，确保课程理论系统与完整性的同时，注重理论知识与实践应用相结合，强化学生职业能力和创新能力的培养。在介绍理论知识的同时注重适当引入案例，并设置“学习导引”“实例分析”“课堂互动”“知识链接”和“知识拓展”等编写模块；力求前期课程教材为后续课程教材服务，即基础课教材内容为专业基础课教材内容服务，专业基础课教材内容为专业课教材内容服务，专业课教材内容与就业岗位的知识和能力要求相对接；并按照相关教材内容与国家药品标准《中国药典》（2015年版）及全国卫生（药学）专业技术资格考试、国家执业药师资格考试相对接”的目的、定位、特色和原则，尽量精练语言、结合专业、突出重点。

本教材涵盖化学分析和仪器分析两大部分，“化学分析部分”保持了经典化学分析方法的实用性和完整性，“仪器分析部分”适当增加了案例、图、表和实际应用。将教材中的重点、难点等核心内容进行提炼浓缩，使复杂问题简单化，抽象问题直观化，便于学生尽快了解和掌握分析化学的基本理论、基本方法和基本技能。中国医药科技出版“爱慕课”在线学习平台，丰富了教学资源、增强教学互动，更好的满足教学需要，免费配套相应的学习内容（包含电子教材、教学课件、图片、视频和习题集），欢迎广大师生使用。

参加本书编写工作的有：高金波（第一章）、吴红（第十五章）、敬永升（第十七章和第十八章）、李云兰（第十九章和第二十章）、朱开梅（第六章和第九章）、姜

珍（第十四章）、杨铭（第二章和第三章）、王海波（第四章和第五章）、张梦军（第七章、第八章和二十一章）、高先娟（第十章和十一章）、哈及尼沙（第十二章和第十六章）、白慧云（第十三章）等。第一章至第十三章由高金波负责统稿审定，第十四章至第二十一章由吴红负责统稿审定。在编写中得到了全体编者及其所属院校领导全方位支持，各位编者将自己多年来的教学经验与体会凝聚在编写过程中，付出了大量的心血，在此一并感谢。

由于编者的水平与经验有限，教材中的错误之处还恳请广大读者能给予批评指正。

编者

2015 年 10 月

目录

CONTENTS

第一章 绪论	1
第一节 分析化学的任务与作用	1
第二节 分析化学的分类	2
第三节 分析过程和步骤	4
第四节 分析化学的发展趋势	5
第五节 分析化学的学习方法	6
一、了解分析化学课程的整体特点	6
二、适应现代的学习环境	7
三、充分利用网络资源, 体验自主学习的乐趣	8
第二章 误差与分析数据处理	9
第一节 测量值的准确度和精密度	9
一、误差的分类与表示方法	9
二、偏差与偏差的表示方法	12
三、准确度和精密度	14
四、误差的传递	15
第二节 提高分析结果准确度的方法	17
一、选择合适的分析方法	17
二、减小测量误差	18
三、消除测量中系统误差的方法	18
四、减小偶然误差的方法	18
第三节 有效数字及其运算规则	19
一、有效数字	19
二、有效数字的修约规则	20

三、有效数字的运算规则	21
第四节 有限量测量数据的统计处理	22
一、偶然误差的正态分布	22
二、有限次测量中偶然误差的 t 分布	23
三、平均值的精密度和置信区间	24
四、可疑数据的取舍	25
五、分析化学中常用的显著性检验	28
第五节 相关分析和回归分析	32
一、相关分析	32
二、回归分析	32
第三章 滴定分析法概论	36
第一节 滴定分析法和滴定方式	36
一、滴定分析法及其特点	36
二、滴定分析法的分类	37
三、滴定分析法对滴定反应的要求	38
四、滴定方式	38
第二节 标准溶液及其配制方法	39
一、标准溶液浓度的表示	39
二、标准溶液的配制	40
第三节 滴定分析中的计算	43
一、滴定分析计算的依据与基本公式	43
二、计算示例	44
第四章 酸碱滴定法	48
第一节 酸碱平衡与氢离子浓度的计算	48
一、酸碱平衡的理论基础	48
二、溶液中酸碱组分的分布	51
三、酸碱溶液中氢离子浓度的计算	54
第二节 酸碱指示剂	58
一、酸碱指示剂的变色原理和变色范围	58
二、常用的酸碱指示剂	60
三、影响酸碱指示剂变色范围的因素	60
四、混合酸碱指示剂	61
第三节 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	62

一、强酸（强碱）的滴定	62
二、一元弱酸（碱）的滴定	65
三、多元酸、混合酸和多元碱的滴定	67
四、酸碱滴定的终点误差	69
第四节 酸碱滴定的标准溶液配制和标定	71
一、酸标准溶液的配制与标定	71
二、碱标准溶液的配制与标定	72
第五节 酸碱滴定法应用示例	72
一、药用氢氧化钠的滴定	72
二、铵盐和有机氮测定	73
三、硼酸的测定	73
第六节 非水溶液中的酸碱滴定	74
一、非水酸碱滴定的原理	74
二、非水溶液中酸和碱的滴定	77
第五章 配位滴定法	81
第一节 EDTA 的性质与配位特点	82
第二节 配位平衡	83
一、EDTA 配合物的稳定常数	83
二、配位反应的副反应系数	84
三、EDTA 配合物的条件稳定常数 K'_{MY}	87
第三节 EDTA 配位滴定的基本原理	88
一、EDTA 配位滴定曲线	88
二、金属指示剂	90
三、EDTA 标准溶液配制和标定	93
第四节 配位滴定的条件选择	94
一、配位滴定的终点误差	94
二、配位滴定中酸度的控制和选择	94
三、提高多种离子配位滴定的选择性	96
第五节 配位滴定方式及应用示例	98
一、直接滴定法	98
二、返滴定法	99
三、置换滴定	99
四、间接滴定	100

第六章 氧化还原滴定法	102
第一节 氧化还原平衡	103
一、条件电位及其影响因素	103
二、条件平衡常数	105
三、影响氧化还原反应速度的因素	107
第二节 氧化还原滴定的滴定曲线和指示剂	108
一、氧化还原滴定曲线	108
二、氧化还原滴定中的指示剂	110
三、滴定前的试样预处理	111
第三节 高锰酸钾法	112
一、高锰酸钾法原理	112
二、高锰酸钾标准溶液的配制与标定	113
三、应用与示例	113
第四节 碘量法	114
一、碘量法原理与分类	114
二、碘量法中的指示剂	116
三、碘量法标准溶液	117
四、应用与示例	118
第五节 其他氧化还原滴定法	119
一、亚硝酸钠法	119
二、铈量法	121
三、溴酸钾法和溴量法	122
四、重铬酸钾法	122
第七章 沉淀滴定法	124
第一节 银量法的基本原理	124
一、滴定曲线	124
二、分步滴定	126
第二节 银量法	126
一、铬酸钾指示剂法	126
二、铁铵矾指示剂法	128
三、吸附指示剂法	129
第三节 银量法中的基准物质和标准溶液	130
一、基准物质	130
二、标准溶液	130

第四节 应用示例	131
一、无机卤化物和有机氢卤酸盐的测定	131
二、有机卤化物的测定	132
 第八章 重量分析法	135
第一节 沉淀重量分析法	135
一、沉淀形式和称量形式及其要求	136
二、沉淀的形态和沉淀的形成	136
三、沉淀的完全程度及其影响因素	137
四、沉淀纯度的影响因素	141
五、沉淀条件的选择	142
六、沉淀的滤过和干燥	143
七、称量形式和结果计算	143
第二节 挥发重量分析法	144
一、挥发重量法的分类	144
二、挥发重量法的应用	144
第三节 萃取重量法	146
一、萃取理论	146
二、应用示例	147
 第九章 电位分析法和永停滴定法	149
第一节 电化学分析概述	149
第二节 电位分析法的基本原理	150
一、原电池与电解池	150
二、指示电极和参比电极	151
三、相接电位和液接电位	153
四、可逆电极和可逆电池	154
五、电位分析的测量方法	155
第三节 直接电位分析法	155
一、溶液 pH 的测定	156
二、其他离子浓度的测定	160
第四节 电位滴定法	164
一、仪器装置和方法原理	164
二、滴定终点的确定方法	165
三、应用与示例	166

第五节 永停滴定法	167
一、滴定装置和原理	167
二、三种类型的滴定及其终点确定	168
第十章 光谱分析法概论	171
第一节 电磁辐射及其与物质的相互作用	172
一、电磁辐射和电磁波谱	172
二、电磁辐射与物质的相互作用	174
第二节 光谱分析法的分类和原理	175
一、原子光谱法和分子光谱法	175
二、吸收光谱法和发射光谱法	176
第三节 光谱分析法的发展概况	177
第十一章 紫外-可见分光光度法	179
第一节 紫外-可见分光光度法的基本原理	180
一、吸收光谱的产生	180
二、有机化合物的电子跃迁类型	181
三、紫外-可见吸收光谱的常用概念	183
四、吸收带及其与分子结构的关系	184
五、朗伯-比尔定律	187
六、偏离朗伯-比尔定律的因素	189
七、测量误差与分析条件的选择	190
第二节 紫外-可见分光光度计	191
一、分光光度计的主要部件	191
二、分光光度计的光学性能	193
第三节 紫外-可见分光光度分析方法	193
一、定性鉴别	194
二、纯度检查	194
三、单组分的定量分析方法	195
四、多组分的定量分析方法	197
第十二章 荧光分析法	203
第一节 荧光分析法的基本原理	204
一、分子荧光的产生	204
二、荧光的激发光谱和发射光谱	206

三、荧光与分子结构的关系	207
四、影响荧光强度的外部因素	210
第二节 荧光定量分析方法	212
一、荧光强度与物质浓度的关系	212
二、荧光定量分析方法	213
第三节 荧光分光光度计	214
第四节 荧光分析新技术简介	217
一、时间分辨荧光分析法	217
二、荧光偏振免疫分析法	217
第十三章 红外吸收光谱法	220
第一节 红外吸收光谱法的基本原理	221
一、分子振动能级和振动光谱	222
二、分子的振动形式	223
三、红外吸收光谱产生的条件	225
四、红外吸收峰的位置	227
五、特征峰与相关峰	231
第二节 有机化合物的典型红外光谱	233
一、脂肪烃类化合物	233
二、芳香烃类化合物	234
三、醇、酚与醚类化合物	235
四、羰基类化合物	237
五、含氮有机化合物	240
第三节 红外光谱仪	242
一、光栅红外光谱仪	242
二、傅里叶变换红外光谱仪	243
三、红外光谱仪的性能	244
第四节 红外吸收光谱分析	245
一、试样的制备	245
二、红外吸收光谱解析	246
第十四章 核磁共振波谱法	253
第一节 核磁共振波谱法的基本原理	255
一、原子核的自旋	255
二、原子核的自旋能级和共振吸收	256

三、自旋驰豫	258
第二节 核磁共振仪	259
一、连续波核磁共振仪	259
二、脉冲傅立叶变换核磁共振仪	259
三、溶剂和试样测定	260
第三节 化学位移	261
一、屏蔽效应	261
二、化学位移的表示	261
三、化学位移的影响因素	262
四、几类质子的化学位移	265
第四节 偶合常数	267
一、自旋偶合和自旋分裂	267
二、偶合常数	269
三、自旋系统	271
第五节 核磁共振氢谱的解析	273
一、峰面积和氢核数目的关系	273
二、核磁共振氢谱的解析方法	274
第六节 核磁共振碳谱和相关谱简介	276
一、核磁共振碳谱	276
二、相关谱	280
第十五章 质谱法	284
第一节 质谱法的基本原理	285
一、质谱法的基本原理	285
二、质谱的表示方法	285
第二节 质谱仪及其工作原理	286
一、高真空系统和样品导入系统	286
二、离子源	287
三、质量分析器	290
四、离子检测器	292
五、质谱仪的主要性能指标	292
第三节 质谱裂解类型及其主要离子	293
一、阳离子的裂解类型	293
二、质谱中主要离子类型	295
第四节 质谱分析法	298