



全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材

无机化学

(供药学、中药学、制药工程、
化工类专业使用)

主编●杨怀霞 刘幸平

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

无机化学

(供药学、中药学、制药工程、化工类专业使用)

主 编 杨怀霞 刘幸平
副主编 吴培云 吴巧凤 王 萍
杨 婕 杨 春 卞金辉

中国医药科技出版社

内 容 简 介

本教材是全国普通高等中医药院校药学类“十二五”规划教材之一，由来自全国 20 多所院校的教师结合多年来的教学实践认真编写、审校完成。在内容选择上力争做到少而精，编排次序遵守循序渐进、先易后难的原则。本教材共分 11 章，具体内容包括：绪论、溶液、化学平衡、酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原反应、原子结构、分子结构与化学键、配位化合物、主族元素、副族元素等。每章前设置要点导航，章后设置重点小结、知识拓展、复习思考题和习题等学习模块，以便于学生学习掌握。本教材可供普通高等院校药学、中药学、制药工程、化工类专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学 / 杨怀霞, 刘幸平主编. —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 - 6792 - 7

I. ①无… II. ①杨… ②刘… III. ①无机化学 - 中医学院 - 教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 179874 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 $\frac{1}{16}$

印张 18 $\frac{3}{4}$

字数 397 千字

版次 2014 年 8 月第 1 版

印次 2014 年 9 月第 2 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 - 6792 - 7

定价 37.00 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 杨怀霞 刘幸平
- 副主编 吴培云 吴巧凤 王 萍 杨 婕 杨 春 卞金辉
- 编 者 (以姓氏笔画排序)
- 于智莘(长春中医药大学)
- 王 萍(湖北中医药大学)
- 卞金辉(成都中医药大学)
- 许向群(江西中医药大学)
- 刘幸平(南京中医药大学)
- 刘育辰(贵阳中医学院)
- 朱 鑫(河南中医学院)
- 杨 春(贵州理工学院)
- 杨 婕(江西中医药大学)
- 杨爱红(天津中医药大学)
- 杨怀霞(河南中医学院)
- 邹淑君(黑龙江中医药大学)
- 吴培云(安徽中医药大学)
- 吴巧凤(浙江中医药大学)
- 吴品昌(辽宁中医药大学)
- 孟祥茹(郑州大学)
- 张洪江(南京中医药大学翰林学院)
- 张浩波(甘肃中医学院)
- 林 舒(福建中医药大学)
- 庞维荣(山西中医学院)
- 罗 黎(山东中医药大学)
- 徐 飞(南京中医药大学)
- 黄 莺(湖南中医药大学)
- 黄宏妙(广西中医药大学)
- 黎勇坤(云南中医学院)

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

无机化学是高等院校药学类相关各专业学生进入大学的第一门专业基础课，课程内容与高中化学知识相衔接，具有承上启下作用。本课程教学对于学生专业知识体系的构建、自主学习意识的培养、综合素质的训练都有至关重要的作用。为了更好地适应全国高等中医药教育教学的改革和发展，参照全国高等中医药院校药学类各专业的培养目标，根据新时期新形势下的教学特点，组织来自全国 20 多所院校的一线教师进行了本教材的编写工作。本教材在编写过程中，始终贯彻执行教育部的“三基五性三特定”的基本原则。在充分调研各院校教学现状和借鉴国内外先进教学经验的基础上，全体编委结合多年来的教学实践认真编写、反复审阅，完成了《无机化学》、《无机化学实验》、《无机化学学习指导》教材的编写。

本教材充分考虑到目前中医药院校的学生基础和学习现状，在内容选择上注意避免过难、过宽、过繁的现象，力争做到少而精，编排次序由浅入深，逐步深化，紧密衔接，突出重点，在保证其科学性、系统性、合理性的同时，又注重内容的新颖性、适用性和精炼性；照顾到重点难点内容的实用性、可读性；同时充分注意学生自我拓展知识能力的培养和自主学习意识的训练。本教材共分 11 章，在内容安排上先平衡理论、再结构理论、后元素化学，遵守循序渐进、先易后难的原则，使学者易学、教者好教；为便于学生学习本书，每章设置了要点导航、重点小结、知识拓展、复习思考题、习题等学习模块。对于一些重点内容中的学习难点，用“*”号加以标注，以便于学生学习和掌握。

本教材具体编写分工是：绪论(杨婕)、溶液(黎勇坤、徐飞)、化学平衡(张浩波、罗黎)、酸碱平衡(吴培云、林舒)、沉淀溶解平衡(于智莘、朱鑫)、氧化还原反应(黄莺、吴品昌)、原子结构(刘幸平、许向群)、分子结构与化学键(杨春、庞维荣)、配位化合物(吴巧凤、黄宏妙)、主族元素(王萍、杨爱红)、副族元素(杨怀霞、卞金辉)、附录(刘育辰、邹淑君)等。另外刘幸平、吴培云、许向群、邹淑君、张洪江等老

师参加了审稿工作。各位编委为本教材的编写倾注了大量心血，在本书的成稿过程中得到参编院校领导和各位同行的大力支持，在此表示衷心的感谢！本书在编写中参考了一些优秀教材，在此也向有关作者表示衷心的感谢！

本教材可供高等医药院校药学、中药学、制药工程、化工类专业学生使用，也可供自学考试应试人员，从事无机化学、基础化学教学的教师参考。

鉴于编者学识水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，恳请各位同行和读者提出宝贵意见，以便再版时修订提高！

编 者

2014 年 4 月 20 日

第一章 绪 论 / 1

第一节 化学研究的对象	1
一、化学是研究物质变化的科学	1
二、化学的主要分支学科	2
三、化学是中心的、实用的、创造性的科学	2
第二节 无机化学的发展历史	3
一、古代化学的起源	3
二、近代化学的形成	4
三、现代无机化学的建立	4
第三节 无机化学与药学	5
一、无机化学和药学的关系	6
二、无机化学与中药学的关系	6
第四节 无机化学的内容与学习方法	7
一、本课程的主要内容	7
二、本课程的学习方法	8

第二章 溶 液 / 10

第一节 溶液浓度的表示法	10
一、物质的量浓度	11
二、质量摩尔浓度	11
三、摩尔分数	12
四、质量浓度	12
五、质量分数	12
六、体积分数	12
第二节 非电解质稀溶液的依数性	14
一、蒸气压下降	14
二、沸点升高	15
三、凝固点降低	17

四、渗透压	19
第三章 化学平衡 / 25	
第一节 化学反应的可逆性	25
一、可逆反应	25
二、化学平衡	26
三、标准平衡常数	26
四、化学平衡的计算	28
第二节 化学平衡的移动	31
一、浓度对化学平衡的影响	31
二、压力对化学平衡的影响	32
三、温度对化学平衡的影响	34
第四章 酸碱平衡 / 39	
第一节 酸碱理论的发展	39
一、酸碱电离理论	39
二、酸碱质子论	40
三、酸碱电子理论	42
第二节 强电解质溶液	43
一、强电解质溶液理论	44
二、离子强度	44
三、活度与活度系数	45
第三节 弱电解质的解离平衡	46
一、水的质子自递平衡和溶液的 pH	46
二、一元弱酸(碱)的质子传递平衡	47
三、多元弱酸(碱)的质子传递平衡	51
四、两性物质的质子传递平衡	53
五、酸碱质子传递平衡的移动	55
第四节 缓冲溶液	57
一、缓冲溶液的组成及作用原理	57
二、缓冲溶液 pH 的近似计算	58
三、缓冲溶液的选择与配制	61
四、缓冲溶液在医学上的应用	62
第五章 沉淀溶解平衡 / 67	
第一节 溶度积原理	67

一、溶度积常数	67
二、溶度积与溶解度	68
三、溶度积规则	70
第二节 沉淀的生成与溶解	71
一、沉淀的生成	71
二、沉淀的溶解	72
三、分步沉淀	74
四、沉淀的转化	74
五、同离子效应与盐效应	75
六、沉淀反应的某些应用	76
 第六章 氧化还原反应 / 82	
第一节 氧化还原反应	82
一、氧化还原反应的基本概念	82
二、氧化值	83
三、氧化还原反应的配平	84
第二节 电极电势	86
一、原电池	86
二、电极电势	89
第三节 电极电势的影响因素	92
一、能斯特方程式	92
二、浓度对电极电势的影响	92
第四节 电极电势的应用	95
一、判断氧化剂和还原剂的相对强弱	95
二、判断氧化还原反应进行的方向	96
三、判断氧化还原反应进行的程度	97
四、测定物理常数	98
五、元素电势图及其应用	99
 第七章 原子结构 / 104	
第一节 原子的结构	104
一、原子的组成	104
二、相对原子质量	105
第二节 核外电子运动的特征	105
一、核外电子运动的特殊性	106
二、玻尔理论	107

第三节 氢原子结构的量子力学模型	110
一、薛定谔方程	110
二、四个量子数	110
三、波函数的图像表示	112
第四节 多电子原子的结构	117
一、多电子原子的原子轨道能级	117
二、基态原子的电子层结构	120
第五节 元素周期表	122
一、元素的周期	122
二、元素的族	122
三、元素的区	123
第六节 元素性质的周期性	124
一、原子半径	124
二、电离能	126
三、电子亲和能	127
四、元素的电负性	128
 第八章 分子结构与化学键 / 132	
第一节 共价键	132
一、经典价键理论	133
二、现代价键理论	133
三、杂化轨道理论	136
四、价层电子对互斥理论	140
五、分子轨道理论	142
六、键参数	147
第二节 分子的极性与磁性	148
一、键的极性	148
二、分子的极性	149
第三节 分子间作用力和氢键	150
一、范德华力	150
二、氢键	152
第四节 离子键	154
一、离子键的形成	154
二、离子键的特点	155
三、离子的特征	156
四、离子极化理论	157

第九章 配位化合物 / 164

第一节 配合物的基本概念	165
一、配合物的定义和组成	165
二、配合物的命名	168
三、配合物的类型	170
四、配合物的异构现象	171
第二节 配合物的化学键理论	172
一、价键理论	172
二、晶体场理论	176
第三节 配位平衡的移动	185
一、配合物的稳定常数	185
二、软硬酸碱理论与配合物的稳定性	187
三、配位平衡的移动	191
第四节 配位化合物的应用	197
一、在分析化学中的应用	197
二、在医药中的应用	197

第十章 主族元素 / 202

第一节 s 区元素	203
一、氢	203
二、碱金属和碱土金属	205
第二节 p 区元素	212
一、卤族元素	212
二、氧族元素	220
三、氮族元素	227
四、碳族元素	233
五、硼族元素	237

第十一章 副族元素 / 243

第一节 过渡元素的通性	244
一、原子结构特征与基本性质	244
二、多变氧化态	245
三、易形成配合物	246
四、化合物的颜色特征	246
第二节 d 区元素	247
一、铬及其重要化合物	247
二、锰及其重要化合物	251
三、铁及其重要化合物	253
第三节 ds 区元素	257

一、铜及其化合物	258
二、银及其化合物	261
三、锌及其化合物	262
四、汞及其化合物	264

附录 I 271

一、国际单位制的基本单位(SI)	271
二、常用无机酸、碱的解离常数(298K)	271
三、难溶化合物的溶度积(291 ~ 298K)	273
四、标准电极电位表(291 ~ 298K)	274
五、配合物的稳定常数(293 ~ 298K, $I = 0$)	279