



全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材



爱慕课
www.imooc985.com

供药学类专业用

无机化学

□ 主编 刘 君 张爱平

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



061
258
全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材

无机化学

(供药学类专业用)

主 编 刘 君 张爱平

副主编 阎 芳 刘丽艳

赵先英 海力茜·陶尔大洪

编 者 (以姓氏笔画为序)

孔令栋(济宁医学院)

刘丽艳(承德医学院)

李祥子(皖南医学院)

张爱平(山西医科大学)

赵 平(广东药学院)

海力茜·陶尔大洪(新疆医科大学)

黄双路(福建医科大学)

刘 君(济宁医学院)

杨金香(长治医学院)

张晓青(湖南中医药大学)

陈 惠(第四军医大学)

赵先英(第三军医大学)

阎 芳(潍坊医学院)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本教材是全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材之一。全书内容包括溶液理论、化学热力学基础、化学反应速率、物质结构、四大化学平衡、元素化学部分等相关内容。本教材在编写过程中,注重与中学知识及后续课程的衔接,力求深入浅出、循序渐进;概念严谨、简明易懂。通过设置学习导引、案例解析、课堂互动、知识链接、知识拓展、本章小结等模块,可进一步强化重点、化解难点,有利于培养学生理论联系实际的能力。本教材同时配有“爱慕课”在线学习平台(包括:电子教材、课程教学大纲、教学指南、课程视频、课件、题库、图片等),使教材内容立体化、生动化,便教易学。

本教材可供全国普通高等医学院校药学类专业以及相关专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学 / 刘君, 张爱平主编. —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 - 7904 - 3

I. ①无… II. ①刘… ②张… III. ①无机化学—医学院校—教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 315698 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 $\frac{1}{16}$

彩插 1

印张 22 $\frac{1}{8}$

字数 509 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 - 7904 - 3

定价 45.00 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

PREFACE

为了全面贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》，根据教育部的专业培养目标和医药卫生行业用人需求，面向全国高等医学院校本科药学类专业教学和应用型、创新型药学专门人才培养要求，紧密结合全国卫生类（药学）专业技术资格考试、国家执业药师资格考试的有关新精神，全面推进医药学教育的专业课程体系及教材体系的改革和创新，探索医药学教育教材建设新模式。在广泛调研和充分论证的基础上，中国医药科技出版社组织全国近100所院校数百名教学经验丰富的专家教授编写“全国普通高等医学院校药学类专业‘十三五’规划教材”。

本教材是全国普通高等医学院校药学类专业“十三五”规划教材之一，是根据“培养应用型人才，适应行业发展，遵循教材规律，创新编写模式，提升学生能力，体现专业特色，建设学习平台，丰富教学资源”等建设总体思路、原则与要求，结合现代医药教育发展形势，借鉴国际先进经验，更好地满足我国高等医学院校药学类专业应用型人才需要，为满足培养更多从事药品生产、流通、检验和药学服务等高级专门人才的需要而编写的。

无机化学是药学类专业的第一门专业基础课，担负着为后续课程夯实基础的重任。全书内容包括溶液理论、化学热力学基础、化学反应速率、物质结构、四大化学平衡、元素化学部分等相关内容。为了遵循新时期高等医药学教育教学规律，更好地体现医学院校药学教育的特点，按照“需用为准，够用为度”的编写思路，在教材编写中注重“三基”（基本理论、基本知识、基本技能）“五性”（思想性、科学性、先进性、启发性、适用性）“三特定”（特定的对象、特定的要求、特定的限制），同时还力求具有以下特色：

1. 注重理论知识与实践案例相结合，突出学生实践能力和创新能力的培养，从内容和形式上创新教材的编写。通过设置“学习导引”，适当地引入“案例解析”“课堂互动”“知识链接”“知识拓展”“练习题”等编写模块；书后附练习题参考答案。同时本教材配套有中国医药科技出版社“爱慕课”在线学习平台，可达到教师好教、学生好用的使用效果。

2. 教材处理与中学知识及后续课程关系得当，章节编排顺序合理。在注重本教材各知识点科学严谨的同时，为了避免课程间不必要的重复及使教材难易度适中，对教材内容进行了精心编排和取舍。

3. 注重教材的可读性，注重药学与医学知识相结合。编写中，尽可能引入与医药相关的案例。如临床上的诊断用药“硫酸钡”、治疗胃酸的“氢氧化铝”、抗癌药“顺铂”等，以及涉及的一些无机药物鉴定的知识，做到与 2015 年版《中华人民共和国药典》相符。

本教材在编写过程中参考、借鉴了部分著作、教材及相关资料，在此向有关作者表示感谢。同时，在编写过程中得到各编者及所在单位的支持与帮助，在此谨向他们致以诚挚的敬意。

限于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请各位不吝指正。

编 者
2015 年 10 月

目录

CONTENTS

第一章 溶液	1
第一节 溶解	1
一、溶解	1
二、溶解度	2
第二节 溶液的组成标度	2
一、质量浓度和质量摩尔浓度	2
二、物质的量浓度	3
三、摩尔分数、质量分数和体积分数	3
四、比例浓度	4
第三节 难挥发非电解质稀溶液的依数性	4
一、溶液的蒸气压下降	5
二、溶液的沸点升高和凝固点降低	7
三、溶液的渗透压	10
四、渗透压在医药学中的应用	13
第四节 电解质溶液	15
一、电解质稀溶液的依数性	16
二、电解质和解离度	17
三、强电解质溶液理论简介	17
四、离子的活度和活度因子	18
第二章 化学热力学基础	25
第一节 化学反应中的质量关系	25
一、气体的计量	25
二、化学计量和非计量化合物	26
第二节 热力学第一定律	26

一、热力学常用术语和基本概念	26
二、热力学第一定律	29
第三节 化学反应的热效应	33
一、化学反应热	33
二、热化学方程式	36
三、Hess 定律	37
四、标准摩尔生成焓及其应用	37
五、标准摩尔燃烧焓	39
第四节 化学反应的方向性	39
一、化学反应的自发变化	39
二、混乱度与熵	41
三、Gibbs 函数与化学反应的方向	43
第五节 化学平衡	46
一、化学反应的可逆性与化学平衡	46
二、平衡常数	47
三、化学平衡的移动	49
第三章 化学反应速率	54
第一节 化学反应速率及其表示方法	54
第二节 反应机制与反应速率理论简介	56
一、基元反应和复杂反应	56
二、有效碰撞理论与活化能	57
三、过渡状态理论与活化能	58
第三节 浓度对化学反应速率的影响	59
一、化学反应速率方程式	59
二、反应级数与反应分子数	61
三、具有简单级数反应的特征	62
第四节 温度对化学反应速率的影响	65
一、van't Hoff 规则	65
二、Arrhenius 方程式	65
第五节 催化剂对化学反应速率的影响	67
一、催化剂与催化作用	67
二、催化作用理论	68
三、生物催化剂——酶	70

第四章 酸碱平衡	74
第一节 酸碱理论	75
一、酸碱质子理论	75
二、酸碱电子理论	78
第二节 酸碱平衡	79
一、水的质子自递平衡	79
二、弱酸（弱碱）与水之间的质子传递平衡	80
第三节 缓冲溶液	90
一、缓冲溶液的组成和缓冲作用机制	90
二、缓冲溶液 pH 的近似计算公式	91
三、缓冲容量及其影响因素	93
四、缓冲溶液的配制	96
五、缓冲溶液在医药学中的应用	97
第五章 沉淀溶解平衡	101
第一节 难溶强电解质的沉淀溶解平衡	101
一、溶度积常数	101
二、溶度积与溶解度的关系	102
三、溶度积规则	103
第二节 沉淀溶解平衡的移动	104
一、沉淀的生成与转化	104
二、沉淀的溶解	107
第三节 沉淀溶解平衡在医药学中的应用	108
一、在医学上的应用	108
二、在药物生产上的应用	109
三、在药物质量控制上的应用	109
第六章 氧化还原与电极电势	112
第一节 氧化还原基本概念及其反应方程式的配平	112
一、基本概念	112
二、氧化还原反应方程式的配平	115
第二节 原电池与电极电势	115
一、原电池	115
二、电极电势	118
三、影响电极电势的因素	122

第三节 电极电势的应用	127
一、判断氧化剂和还原剂的相对强弱	127
二、判断氧化还原反应进行的方向	127
三、判断氧化还原反应进行的限度	128
四、电势法测定溶液 pH	129
五、元素标准电极电势图及其应用	131
 第七章 原子结构和元素周期律	137
第一节 氢原子结构模型	137
一、氢原子结构的 N. Bohr 模型	138
二、氢原子结构的量子力学模型	140
第二节 多电子原子的结构	149
一、多电子原子轨道的能级	149
二、原子的电子组态	151
第三节 原子的电子组态与元素周期表	152
一、原子的电子组态与元素周期表	152
二、元素性质的周期性变化规律	155
 第八章 化学键与分子结构	162
第一节 离子键	162
一、离子键的形成	162
二、离子的特征	163
三、离子极化	165
第二节 共价键	167
一、现代价键理论	167
二、价层电子对互斥理论	174
三、分子轨道理论	178
第三节 分子间作用力	182
一、分子的极性	182
二、分子间作用力	184
 第九章 配位化合物	190
第一节 配位化合物的基本概念	190
一、配合物及其组成	190

二、配合物的命名	193
三、配合物的类型	194
四、配合物的异构现象	195
第二节 配合物的化学键理论	198
一、配合物的价键理论	199
二、晶体场理论	202
第三节 配合物的解离平衡	206
一、配合物的平衡常数	206
二、软硬酸碱规则	208
三、配位平衡的移动	209
第四节 配合物在医药学上的应用	211
一、生物配合物	211
二、配合物药物	213
第十章 s 区元素	217
第一节 s 区元素通性	218
第二节 s 区元素的单质	219
一、物理性质	219
二、化学性质	220
三、碱金属和碱土金属单质的制备	222
第三节 s 区元素的化合物	223
一、氧化物	223
二、氢氧化物	225
三、碱金属和碱土金属盐的性质	226
四、焰色反应	228
五、对角线规则	229
六、常见离子鉴定	230
第四节 s 区元素的生物学效应及常见的药物	231
一、生物学效应	231
二、常见药物	232
第十一章 d 区和 ds 区元素	237
第一节 d 区和 ds 区元素的通性	238
一、原子半径	238
二、单质的物理性质	239

三、单质的化学性质	240
第二节 d 区和 ds 区的重要元素及其化合物	242
一、铬和锰	242
二、铁、钴、镍	248
三、铜和银	253
四、锌、镉、汞	258
第三节 d 区和 ds 区元素的生物学效应和常用药物	262
一、生物学效应	262
二、常用药物	265
第十二章 p 区元素	269
第一节 卤素	269
一、卤素元素的通性	269
二、卤素单质及其化合物	270
第二节 氧族元素	279
一、氧族元素的通性	279
二、氧及其化合物	279
三、硫及其化合物	282
四、氧族元素的离子鉴定	287
第三节 氮族元素	288
一、氮族元素的通性	288
二、氮及其化合物	289
三、磷及其化合物	293
四、砷、锑、铋的重要化合物	297
五、氮族元素的离子鉴定	298
第四节 碳族和硼族元素	299
一、碳族元素的通性	299
二、硼族元素的通性	300
三、碳及其化合物	300
四、硅及其化合物	302
五、硼及其化合物	303
第五节 p 区元素的生物学效应及相应药物	305
一、卤素的生物学效应及相应药物	305
二、氧族元素的生物学效应及相应药物	306
三、氮、磷元素的生物学效应及相应药物	306
四、碳、硅、硼元素的生物学效应及相应药物	306

附录	309
附录一 一些基本物理常数	309
附录二 有关计量单位	310
附录三 一些物质的基本热力学数据 (298.15K)	312
附录四 平衡常数	315
附录五 缓冲溶液	320
附录六 标准电极电势表	321
附录七 一些金属配合物的稳定常数	323
附录八 希腊字母表	326
部分练习题参考答案	327
主要参考文献	337

第一章 溶 液

学习导引

1. 掌握 溶液组成标度的各种表示方法及其相互之间的换算；稀溶液四个依数性的概念及其相关计算。
2. 熟悉 溶解度的定义及相似相溶原理；强电解质溶液理论。
3. 了解 稀溶液依数性在医药中的应用。

溶液 (solution) 是一种或几种物质分散在另一种物质中所形成的均匀稳定的分散体系。其中被分散的物质称为溶质 (solute)，容纳溶质的物质称为溶剂 (solvent)。水是最常见的溶剂，如不特别指明，通常所说的溶液均指水溶液。临床上很多药物常需要配制成溶液使用，血液、细胞液等体液都是溶液，人体的新陈代谢、食物的消化和吸收、药物在体内的吸收和代谢等均在水溶液中进行。因此，溶液与人类的生命活动息息相关，掌握有关溶液特别是水溶液的知识是十分重要的。

本章将介绍常用的溶液* 组成标度，重点讨论难挥发非电解质稀溶液的依数性及其在医药中的应用，并介绍强电解质溶液理论的有关知识。

第一节 溶 解

一、溶解

溶解 (dissolve) 是一种物质 (溶质) 均匀地分散在另一种物质 (溶剂) 中的过程。溶质溶解于溶剂形成溶液时，往往伴随能量和体积的变化，有时还有颜色的变化。例如，浓硫酸、固体氢氧化钠溶于水后形成的相应溶液温度会升高，硝酸钾、硝酸铵溶解于水后形成的相应溶液温度会降低；乙醇与水等体积混合后，液体总体积减小，水和乙酸等体积混合后，液体的总体积增大；将白色无水硫酸铜粉末溶于水后会形成蓝色溶液。由此可以表明，溶解过程不是简单的机械混合，而是一种特殊的物理化学过程。

即溶质在溶剂中的溶解实际上包括两个过程：一是溶质质点通过扩散分散在溶剂中，需要克服原来质点间的吸引，是吸热的物理过程；二是溶剂分子与溶质分子间发生溶剂化作用，

* 此概念在国家标准 GB 3102.8—93 中称为液体混合物，本书仍按惯例称之为溶液。