

全国食品药品职业教育教学指导委员会推荐教材



全国医药高等职业教育药学类规划教材

药用无机化学 第二版

YAOYONG WUJI
HUAXUE

主编 伍伟杰 王志江

中国医药科技出版社

全国医药高等职业教育药学类规划教材

药用无机化学

第二版

主编 伍伟杰 王志江

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是全国医药高等职业教育药学类规划教材之一,是依照教育部教育发展规划纲要等相关文件要求,根据《药用无机化学》教学大纲编写而成。

全书分为六大模块:结构模块(包括原子结构、分子结构);化学反应模块(包括化学反应速率、化学平衡和氧化还原反应);溶液模块(包括溶液、电解质溶液、胶体溶液与表面现象);元素模块(元素);化合物模块(配位化合物);实验模块。每章后均附有学习指导和习题。

本书供药学及其相关专业高职层次教学使用,也可作为医药行业培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

药用无机化学/伍伟杰,王志江主编.—2版.—北京:中国医药科技出版社,2013.2
全国医药高等职业教育药学类规划教材
ISBN 978-7-5067-5792-8

I. ①药… II. ①伍… ②王… III. ①医用化学-无机化学-高等职业教育-教材
IV. ①R313

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第317552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 787×1092mm¹/₁₆

印张 16¹/₂

字数 344千字

初版 2008年9月第1版

版次 2013年2月第2版

印次 2013年2月第2版第1次印刷

印刷 北京昌平百善印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-5792-8

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

全国医药高等职业教育药学类 规划教材建设委员会

主任委员 张耀华 (国家食品药品监督管理局)

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

马爱霞 (中国药科大学)

王 鹏 (黑龙江生物科技职业学院)

王吉东 (江苏省徐州医药高等职业学校)

王晓明 (楚雄医药高等专科学校)

王润霞 (安徽医学高等专科学校)

王潮临 (广西卫生职业技术学院)

艾继周 (重庆医药高等专科学校)

吕俊峰 (苏州卫生职业技术学院)

刘 斌 (天津医学高等专科学校)

严 振 (广东食品药品职业学院)

李玉华 (盐城卫生职业技术学院)

李华荣 (山西药科职业学院)

李爱玲 (山东药品食品职业学院)

李榆梅 (天津生物工程职业技术学院)

余建华 (安徽中医药高等专科学校)

沈其君 (浙江医药高等专科学校)

张橡楠 (河南医药技师学院)

周建军 (重庆三峡医药高等专科学校)

金鲁明 (山东中医药高等专科学校)

柴锡庆 (河北化工医药职业技术学院)

徐世义 (沈阳药科大学)

郭积燕 (北京卫生职业学院)

黄庶亮 (福建生物工程职业技术学院)

谭晓或 (湖南食品药品职业学院)

潘树枫 (辽宁卫生职业技术学院)

委 员 (按姓氏笔画排序)

于文国 (河北化工医药职业技术学院)

王 宁 (盐城卫生职业技术学院)

王云庆 (黑龙江农垦职业学院)

王舰平 (广东食品药品职业学院)

甘湘宁 (湖南食品药品职业学院)

吕 洁 (辽宁卫生职业技术学院)

刘玉凤 (杨凌职业技术学院)

刘红煜 (黑龙江生物科技职业学院)

李 飞 (沈阳药科大学)

李光勇 (河南医药技师学院)

李群力 (金华职业技术学院)

沈 力 (重庆三峡医药高等专科学校)

杨元娟 (重庆医药高等专科学校)

吴英绵 (石家庄职业技术学院)

宋海南 (安徽医学高等专科学校)

张 杰 (天津生物工程职业技术学院)

张 虹 (山西药科职业学院)

张钦德 (山东中医药高等专科学校)

武 昕 (北京卫生职业学院)

罗晓清 (苏州卫生职业技术学院)

罗跃娥 (天津医学高等专科学校)

周 平 (天津渤海职业技术学院)

咎雪峰 (楚雄医药高等专科学校)

袁 龙 (江苏省徐州医药高等职业学校)

黄丽平 (安徽中医药高等专科学校)

黄敏琪 (广西卫生职业技术学院)

崔山凤 (浙江医药高等专科学校)

解 玲 (山东药品食品职业学院)

缪存信 (福建生物工程职业技术学院)

秘 书 长 吴少祯 (中国医药科技出版社)

副 秘 书 长 郭瑞斌 (中国药科大学)

办 公 室 浩云涛 黄艳梅

本书编委会

主 编 伍伟杰 王志江

副主编 林 珍 王 宁

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 宁 (盐城卫生职业技术学院)

王志江 (山东中医药高等专科学校)

王 丽 (重庆医药高等专科学校)

孙荣梅 (中国药科大学高等职业技术学院)

伍伟杰 (广东食品药品职业学院)

林 珍 (山西药科职业学院)

崔 英 (广东食品药品职业学院)

曾平莉 (浙江医药高等专科学校)

出版说明

全国医药高等职业教育药学类规划教材自 2008 年出版以来,由于其行业特点鲜明、编排设计新颖独到、体现行业发展要求,深受广大教师和学生的欢迎。2012 年 2 月,为了适应我国经济社会和职业教育发展的实际需要,在调查和总结上轮教材质量和使用情况的基础上,在全国食品药品职业教育教学指导委员会指导下,由全国医药高等职业教育药学类规划教材建设委员会统一组织规划,启动了第二轮规划教材的编写修订工作。全国医药高等职业教育药学类规划教材建设委员会由国家食品药品监督管理局组织全国数十所医药类高职院校的院校长、教学分管领导和职业教育专家组建而成。

本套教材的主要编写依据是:①全国教育工作会议精神;②《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020 年)》相关精神;③《医药卫生中长期人才发展规划(2011-2020 年)》相关精神;④《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》的指导精神;⑤医药行业技能型人才的需求情况。加强教材建设是提高职业教育人才培养质量的关键环节,也是加快推进职业教育教学改革创新的重要抓手。本套教材建设遵循以服务为宗旨,以就业为导向,遵循技能型人才成长规律,在具体编写过程中注意把握以下特色:

1. 把握医药行业发展趋势,汇集了医药行业发展的最新成果、技术要点、操作规范、管理经验和法律法规,进行科学的结构设计和内容安排,符合高职高专教育课程改革要求。

2. 模块式结构教学体系,注重基本理论和基本知识的系统性,注重实践教学内容与理论知识的编排和衔接,便于不同地区教师根据实际教学需求组装教学,为任课老师创新教学模式提供方便,为学生拓展知识和技能创造条件。

3. 突出职业能力培养,教学内容的岗位针对性强,参考职业技能鉴定标准编写,实用性强,具有可操作性,有利于学生考取职业资格证书。

4. 创新教材结构和内容,体现工学结合的特点,应用最新科技成果提升教材的先进性和实用性。

本套教材可作为高职院校药学类专业及其相关专业的教学用书,也可供医药行业从业人员继续教育和培训使用。教材建设是一项长期而艰巨的系统工程,它还需要接受教学实践的检验。为此,恳请各院校专家、一线教师和学生及时提出宝贵意见,以便我们进一步的修订。

全国医药高等职业教育药学类规划教材建设委员会

2013 年 1 月

P 前言

reface

医药学类职业教育是我国医药教育和职业教育的重要组成部分。无机化学是医药学类教育的一门重要的专业基础课,《药用无机化学》是根据医药类专业学生学习专业课程及其他相关课程的需要,遵照全国医药高等职业教育药学类规划教材的基本编写要求,根据高职高专教育和高职高专院校的特点而编写。其目标是培养技能型、应用型、符合市场需要的专业技术人才。其任务是使学生获得无机化学的基本理论、基础知识和化学实验的基本操作技能,提高观察、分析、解决问题的能力,为专业课的学习和走向社会奠定基础。

本教材编写的指导思想为:市场需求→岗位特点→技能需求→课程体系→课程内容→知识模块构建。

本教材主要体现以下特点:

1. 以认知规律为主线,将相关内容进行模块整合。全书分为六大模块:结构模块(包括原子结构、分子结构);化学反应模块(包括化学反应速率、化学平衡和氧化还原反应);溶液模块(包括溶液、电解质溶液、胶体溶液与表面现象);元素模块(元素);化合物模块(配位化合物);实验模块。

2. 突出“职业性”,理论知识适度,把握化学学科理论的深度与广度,力求理论知识与职业岗位、与生产实践、与社会需求接轨。

3. 注重“药用”二字,各章节内容都尽量选用与医药相关的案例、例题、习题或知识链接。

4. 以“必需”、“够用”为宗旨,教材内容充分考虑社会和岗位的需求,力求简明扼要。为了提高学习者的兴趣,教材尽量做到通俗易懂。

5. 实验项目的编写以就业为导向,以后续课程、工作岗位所需以及各种职业资格证书考核或技能鉴定标准要求相衔接。

由于编者水平有限,加上时间仓促,教材中难免有不足之处,恳请读者和同行给予批评指正。

编者
2012 年 10 月

绪论	(1)
第一节 化学研究的对象与内容	(1)
一、化学研究的对象	(1)
二、化学的分支学科	(1)
第二节 化学在社会发展中的地位和作用	(2)
第三节 药用无机化学的内容	(3)

结构模块 漫步于物质的微观世界

第一章 原子结构	(8)
第一节 原子的组成	(8)
一、原子核	(8)
二、核外电子	(9)
三、元素与同位素	(9)
第二节 原子核外电子的运动状态	(10)
一、电子云的概念	(10)
二、原子核外电子运动状态的描述	(11)
第三节 原子核外电子的排布规律	(13)
一、原子轨道的能级	(13)
二、原子核外电子的排布	(15)
第四节 电子层结构与元素周期律	(21)
一、周期与能级	(21)
二、族	(22)
三、区	(23)
第五节 原子结构与元素性质的关系	(24)
一、有效核电荷	(24)
二、电离能	(24)
三、电子亲和能	(25)
四、电负性	(26)
五、原子半径	(27)

第二章 分子结构	(33)
第一节 分子的极性	(33)
一、共价键的概念	(33)
二、共价键的形成	(34)
三、共价键的极性与分子的极性	(34)
第二节 共价键理论	(36)
一、现代共价键理论	(36)
二、杂化轨道理论	(39)
第三节 分子间作用力和氢键	(43)
一、分子间作用力	(43)
二、氢键	(45)

化学反应模块 探讨化学反应的基本规律

第三章 化学反应速率	(52)
第一节 化学反应速率方程式	(52)
一、化学反应速率的概念和表示方法	(52)
二、质量作用定律	(54)
第二节 简单级数反应	(55)
一、零级反应	(55)
二、一级反应	(56)
三、二级反应	(57)
四、简单级数反应速率方程小结	(57)
第三节 化学反应速率理论简介	(59)
一、碰撞理论	(59)
二、过渡态理论	(60)
三、活化能	(61)
第四节 影响化学反应速率的因素	(62)
一、浓度(压强)对化学反应速率的影响	(62)
二、温度对化学反应速率的影响	(63)
三、催化剂对化学反应速率的影响	(64)
四、酶催化作用	(65)
第四章 化学平衡	(70)
第一节 化学平衡	(70)
一、可逆反应与化学平衡	(70)
二、化学平衡常数	(71)
三、多重平衡规则	(72)
四、化学平衡的有关计算	(73)

第二节 影响化学平衡的因素	(75)
一、浓度对化学平衡的影响	(75)
二、压强对化学平衡的影响	(75)
三、温度对化学平衡的影响	(76)
第五章 氧化还原反应	(81)
第一节 氧化还原反应	(81)
一、氧化数(氧化值)的概念	(81)
二、氧化还原反应的基本概念	(82)
三、氧化还原反应的实质	(83)
第二节 原电池以及电极电势	(84)
一、原电池	(84)
二、电极电势	(86)
三、能斯特方程式	(89)
第三节 电极电势的应用	(90)
一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱	(90)
二、判断氧化还原反应进行的方向	(90)
三、确定氧化还原反应进行的程度	(91)

溶液模块 揭开溶液的面纱

第六章 溶液	(96)
第一节 分散体系	(96)
第二节 溶液的组成及浓度的表示方法	(97)
一、溶液组成的表示方法	(97)
二、溶液组成表示方法之间的换算	(100)
第三节 稀溶液的依数性	(100)
一、溶液的蒸气压下降	(101)
二、溶液的沸点升高	(102)
三、溶液的凝固点降低	(104)
四、溶液的渗透压	(105)
第七章 电解质溶液	(113)
第一节 酸碱理论	(113)
一、经典的酸碱理论	(113)
二、酸碱质子理论	(114)
第二节 水溶液的酸碱性	(116)
一、水的质子自递平衡和 pH 值	(116)
二、溶液的酸碱平衡	(117)
三、弱电解质溶液 pH 值的计算	(121)

第三节 缓冲溶液	(122)
一、缓冲溶液的概念、组成及作用原理	(122)
二、缓冲溶液 pH 值的计算	(123)
三、缓冲溶液的选择和配制	(124)
四、缓冲溶液在医药、食品、化妆品等领域中的应用	(125)
第四节 沉淀 - 溶解平衡	(126)
一、沉淀 - 溶解平衡	(126)
二、难溶强电解质的溶度积	(126)
三、溶度积规则	(128)
四、沉淀的生成和溶解的条件	(128)
五、分步沉淀	(130)
第八章 胶体溶液和表面现象	(134)
第一节 溶胶	(134)
一、胶团的结构	(135)
二、溶胶的性质	(135)
三、溶胶的稳定性和聚沉	(137)
第二节 高分子化合物溶液	(138)
一、高分子化合物的概念	(138)
二、高分子化合物溶液的特征	(138)
三、高分子化合物对溶胶的保护作用和敏化作用	(140)
第三节 表面现象	(141)
一、表面张力与表面能	(141)
二、表面吸附	(142)
三、表面活性剂	(143)

元素模块 寻找生理因子

第九章 元素	(150)
第一节 生物元素	(150)
一、生物金属元素的存在形式	(151)
二、生物元素的生理功能	(151)
第二节 食品元素	(153)
一、主要的矿物质元素	(153)
二、主要的营养元素	(155)
三、主要的有害重金属元素	(157)
第三节 化妆品元素	(158)
一、美容元素	(159)
二、有毒有害元素	(160)

第四节 重要离子的鉴定	(161)
-------------------	-------

化合物模块 揭示复杂化合物的奥秘

第十章 配位化合物	(166)
第一节 配合物的组成与命名	(166)
一、配合物的组成	(168)
二、配合物的命名	(169)
第二节 配合物的分类	(171)
一、简单配合物	(171)
二、螯合物	(171)
第三节 配位平衡	(172)
一、配位平衡常数	(172)
二、配位平衡的移动	(174)
第四节 配合物在医药、食品、化妆品等领域中的应用	(176)
一、在医药领域中的应用	(176)
二、在食品领域中的应用	(178)
三、在化妆品领域中的应用	(180)

实验模块

第十一章 化学实验须知	(186)
一、实验目的	(186)
二、实验要求	(186)
三、实验守则	(186)
四、常见事故处理	(187)
五、常用仪器简介	(188)
第十二章 实验内容	(192)
实训一 药用 NaCl 的制备与质量检验	(192)
实训二 化学反应速率和化学平衡	(198)
实训三 溶液的配制和滴定操作练习	(200)
实训四 凝固点降低法测定葡萄糖的摩尔质量	(209)
实训五 缓冲溶液的配制及缓冲作用	(212)
实训六 醋酸银溶度积的测定	(214)
实训七 氧化还原反应	(217)
实训八 钙、铁、锌、铬、铅、汞、镉、铜元素的离子鉴定	(219)
实训九 配位化合物的组成和性质	(221)

附录	(224)
附录 1 常见化合物的相对分子质量	(224)
附录 2 相对原子质量表	(227)
附录 3 元素周期表	(229)
附录 4 弱酸和弱碱的电离常数	(230)
附录 5 难溶化合物的溶度积常数 (18 ~ 25℃)	(232)
附录 6 常见配 (络) 离子的稳定常数 $K_{\text{稳}}$	(233)
附录 7 标准电极电位表 (298.15K)	(234)
附录 8 标准缓冲液的 pH	(241)
参考答案	(242)

绪 论

学习目标

◎知识目标

1. 了解化学研究的对象和研究的内容。
2. 认识化学在社会发展中的地位和作用。
3. 熟悉本学科六大基本组成模块的内容。

◎技能目标

1. 能知道化学在本专业研究的对象和研究的内容。
2. 能清晰知道化学在社会发展中特别是本专业中的地位 and 作用。
3. 能知道本教材的基本内容和教学目标。

第一节 化学研究的对象与内容

一、化学研究的对象

化学是自然科学中的一门重要学科，是一门研究物质的组成、结构、性质、应用及其变化规律的基础学科，也是药学类及相关专业不可缺少的基础学科。

从古老的制陶、金属的冶炼、造纸的发明、火药的使用，到现代人类的衣食住行、环境的保护与改善、药品的开发与使用、食品的生产与加工、化妆品的研发与使用、能源的开发与利用、新型材料的研究与应用，以及工农业生产、国防建设等，无不与化学工业的发展密切相关。

二、化学的分支学科

化学的研究范围十分广泛，根据研究的对象和研究的目的不同，一般将化学分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学和高分子化学等分支学科。

1. 无机化学

无机化学研究的是除碳氢化合物及其衍生物以外的所有元素及其化合物的组成、结构、性质、制备及应用技术。它是化学最早发展起来的一门学科，是所有化学分支学科的基础，也是药学、食品、化妆品等专业的重要基础学科。

知识链接

现代无机化学的发展

19 世纪 60 年代元素周期律的发展,奠定了现代无机化学的基础。20 世纪 40 年代以来,原子能工业、半导体材料工业的崛起,使无机化学迈进了一个新台阶。从 20 世纪 70 年代以来,随着宇航、能源、催化、生化等领域的出现和发展,无机化学无论在理论还是实践方面又有了许多新的突破。当今无机材料化学、生物无机化学、有机金属化学已经成为无机化学中最活跃的一些领域,而物理无机化学、无机高分子化学、地球化学、宇宙化学、稀有元素化学等新型边缘学科也都生机勃勃。

无机化学作为药学、食品、化妆品等专业的一门基础学科,它是以原子、离子、原子团、分子为研究对象,通过研究它们的性质、结构,并在此基础上有效地考虑各种药物、化妆品的合成、开发与应用,以及食品的生产、保存与安全,更加合理、最大限度地利用无机化学的知识,服务于人类。

2. 有机化学

有机化学研究的对象是碳氢化合物及其衍生物。有机化学的种类繁多,高达几千万甚至上亿种,世界上每年合成的新化合物中,有机化合物就占了 70% 以上。人类赖以生存的大量食物和必需品绝大部分都是有机化合物。有机化学包括元素有机、金属有机、天然有机、有机合成、有机催化、有机方向和有机立体化学等分支学科。

3. 分析化学

分析化学研究的是物质化学组成的定性鉴定、定量测定、物理性能的测试、化学结构的测定及有关理论。分析化学包括化学分析(容量分析)和仪器分析。分析化学是人类认识自然、探讨宇宙变化规律的“眼睛”。

4. 物理化学

物理化学研究的是物质的化学性质与物理性质间本质联系的普遍规律。其主要内容包括化学热力学、化学动力学和结构化学几个方面。化学热力学研究化学反应发生的方向和限度。化学动力学研究化学反应的速率和机制。结构化学研究原子、分子水平的微观结构以及这种结构与物质宏观性质之间的内在联系。

5. 高分子化学

高分子化学研究的是高分子化合物的结构、性能、合成方法、反应历程、制备和应用等。与人类生活密切相关的高分子化合物主要有蛋白质、淀粉、核酸以及塑料、橡胶、纤维三大合成材料。

第二节 化学在社会发展中的地位和作用

化学在社会发展中占据着重要的地位并发挥着积极的作用。

“民以食为天”,食品是人类从事一切活动的能量来源,食品在人体内转化为各种

所需的能量过程，就是发生化学反应的过程。

化学是解决食物短缺问题的主要科学之一，它将在分子层次阐明和研究食物过程（如光合作用、动植物生长）的机制，以及食品的化学组成、结构、理化性质、营养和安全，研发高效安全的肥料和农药、食品添加剂、保鲜剂等。从而改善食品的品质，为人类提供安全、营养的食物，为人类的生存提供坚实的保障。

能源是人类生存的重要物质。化学在能源和资源方面的合理开发以及高效利用中起着关键作用。随着世界人口的不断膨胀，人类赖以生存的能源如石油、天然气、煤矿等不可再生的物质变得越来越稀缺。化学将在解决能源这一与人类生存息息相关方面大显身手，研究高效洁净的转化技术和控制低品位燃料的化学反应，开发高效、洁净、经济、安全的新能源，以满足人类的需要。

健康是人类生存质量的重要标志。维护健康状态的手段靠防治。化学可以从分子水平了解病理过程，提出行之有效的检测方法，给出预防途径；人们通过化学手段对“三废”进行治理，为人类创造一个安全的生活环境；化学学科理论和实验技术的高度发展，人们已经可以从分子水平角度去认识药物作用机制，以至调节、控制药物作用机理，不断创造与研究具有良好疗效的各种新药、特药，进而延伸到保健品、化妆品的研制以及健康食品的开发、应用。可以预见，化学在人类攻克各种疾病、美容与保健，提高生存质量与长寿等诸多领域中将发挥重要作用。

化妆品的使用是人类生活水平提高的表现。化妆品包括基础化妆品、美容化妆品和特殊用途化妆品三大部分。化妆品与化学科学紧密关联，化妆品的研制、开发、使用等等，离不开化学科学的应用，如无机化学、有机化学、分析化学、界面化学、胶体化学、生物化学、物理化学、染料化学等等。

国防是人民安居乐业的保障，而化学是国防现代化的重要支撑。导弹的研制、隐形飞机的建造、航天飞船的发射、宇宙通信站的建立、月球和火星等星球的探索等所需要的特殊性能的化学产品，如隐形材料、耐高温耐辐射材料、高能电池、高能燃料、特殊合金等都是化学的产物。

第三节 药用无机化学的内容

药用无机化学是一门为高职高专药学及相关专业开设的基础课程，重点介绍无机化学的基本理论、实验方法和各项基本技能以及相关应用。本课程的教学目的是给予学生高素质的化学通才教育，使学生能全面掌握相关的无机化学基本理论以及化学操作技能，培养学生对与化学有关的实际问题的分析能力和解决能力。

为了适应不同的院校以及不同专业的需求，本教材以模块的形式编写，主要由结构模块、化学反应模块、溶液模块、元素模块、化合物模块及实验模块组成。不同的院校、不同的专业、不同的学者可根据实际需要进行组合或者选用。

1. 结构模块

结构模块引领人们漫步于物质的微观世界，它包括原子结构和分子结构两章的内