

全国高等医药院校药学类规划教材

无机化学

Wu Ji Hua Xue

李惠芝 主编



中国医药科技出版社

全国高等医药院校药学类规划教材

无机化学

(供药学类专业用)

主 编 李惠芝

副主编 王国清

编 者 (按姓氏笔画为序)

王宝珍 (吉林大学新民校区基础医学院)

王国清 (沈阳药科大学制药工程学院)

毕小平 (山西医科大学药学院)

李江荣 (广东药学院)

李惠芝 (沈阳药科大学制药工程学院)

柳翠英 (山东大学药学院)

秦元满 (延边大学药学院)

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书是药学专业的一般基础课教材，主要介绍无机原理和元素性质两部分内容。

无机原理部分包括：物质结构（原子、分子结构、配合物结构）理论和化学平衡（酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡和配位平衡）理论；化学反应速率理论以及化学热力学的基础知识。

元素性质部分以元素周期律为主线，对主族元素做了比较详细的论述，副族元素则选择了与本专业关系密切的重要元素加以介绍。考虑到药专业的需要，在各族元素后还适当介绍了常用药物和离子鉴定知识。

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/李惠芝主编. —北京：中国医药科技出版社，2002.7

全国高等医药院校药理学类规划教材

ISBN 7-5067-2610-6

I. 无... II. 李... III. 无机化学—医学院校—教材 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 043097 号

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 100088
电话 010-62244206
网址 www.cspyp.cn www.mpsky.com.cn
规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$
印张 30
插页 1
字数 687
印数 16001—22000
版次 2002 年 8 月第 1 版
印次 2006 年 7 月第 4 次印刷
印刷 世界知识印刷厂
经销 全国各地新华书店
书号 ISBN 7-5067-2610-6/C·0284
定价 48.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国高等医药院校药理学类规划教材编委会

- 名誉主任委员** 吴阶平 蒋正华 卢嘉锡
- 名誉副主任委员** 邵明立 林蕙青
- 主任委员** 吴晓明 (中国药科大学)
- 副主任委员** 吴春福 (沈阳药科大学)
- 王温正 (中国医药科技出版社)
- 黄泰康 (国家食品药品监督管理局)
- 彭师奇 (首都医科大学药学院)
- 叶德泳 (复旦大学药学院)
- 张志荣 (四川大学华西药学院)
- 秘书长** 姚文兵 (中国药科大学)
- 朱家勇 (广东药学院)
- 委员** (按姓氏笔画排列)
- 丁安伟 (南京中医药大学中药学院)
- 丁红 (山西医科大学药学院)
- 刁国旺 (扬州大学化学化工学院)
- 马毅 (山东轻工业学院化学工程系)
- 元英进 (天津大学化工学院)
- 王广基 (中国药科大学)
- 王月欣 (河北工业大学制药工程系)
- 王地 (首都医科大学中医药学院)
- 王存文 (武汉工程大学)
- 王志坚 (西南师范大学生命科学学院)
- 王岳峰 (西南交通大学药学院)
- 王玮 (河南大学药学院)
- 王恩思 (吉林大学药学院)
- 王康才 (南京农业大学园艺学院)
- 韦玉先 (桂林医学院药学院)
- 冯怡 (上海中医药大学中药学院)
- 史录文 (北京大学医学部)
- 叶永忠 (河南农业大学农学院)
- 白钢 (南开大学生命科学学院)

乔延江 (北京中医药大学中药学院)
乔海灵 (郑州大学药学院)
全 易 (江苏工业学院化学工程系)
刘 文 (南开大学医学院)
刘巨源 (新乡医学院药理学系)
刘永琼 (武汉工程大学)
刘红宁 (江西中医学院)
刘 羽 (武汉工程大学)
刘克辛 (大连医科大学药学院)
刘利萍 (浙江绍兴文理学院化学系)
刘志华 (湖南怀化医学高等专科学校药理学系)
刘明生 (海南医学院药理学系)
刘杰书 (湖北民族学院医学院)
刘 珂 (山东省天然药物工程技术研究中心)
刘俊义 (北京大学药学院)
匡海学 (黑龙江中医药大学)
印晓星 (徐州医学院药理学系)
吉 民 (东南大学化学化工系)
孙秀云 (吉林化学学院制药与应用化学系)
曲有乐 (佳木斯大学药学院)
朱大岭 (哈尔滨医科大学药学院)
朱景申 (华中科技大学同济药学院)
朴虎日 (延边大学药学院)
毕开顺 (沈阳药科大学)
纪丽莲 (淮阴工学院生物工程与化学工程系)
齐香君 (陕西科技大学生命科学与工程学院)
吴 勇 (四川大学华西药学院)
吴继洲 (华中科技大学同济药学院)
吴基良 (咸宁学院)
吴清和 (广州中医药大学中药学院)
吴满平 (复旦大学药学院)
吴 翠 (徐州师范大学化学系)
张大方 (长春中医学院药学院)

张丹参 (河北北方学院基础医学部)
张树杰 (安徽技术师范学院动物科学系)
张振中 (郑州大学药学院)
张晓丹 (哈尔滨商业大学药学院)
张崇禧 (吉林农业大学中药材学院)
李元建 (中南大学药学院)
李永吉 (黑龙江中医药大学药学院)
李青山 (山西医科大学药学院)
李春来 (莆田学院药学系)
李勤耕 (重庆医科大学药学系)
杨世民 (西安交通大学药学院)
杨宝峰 (哈尔滨医科大学)
杨得坡 (中山大学药学院)
沈永嘉 (华东理工大学化学与制药学院)
肖顺汉 (泸州医学院药学院)
辛 宁 (广西中医学院药学院)
邱祖民 (南昌大学化学工程系)
陈建伟 (南京中医药大学中药学院)
周孝瑞 (浙江科技学院生化系)
林 宁 (湖北中医学院药学院)
林 强 (北京联合大学生物化学工程学院)
欧珠罗布 (西藏大学医学院)
罗向红 (沈阳药科大学)
罗焕敏 (暨南大学药学院)
郁建平 (贵州大学化生学院)
郑国华 (湖北中医学院药学院)
郑葵阳 (徐州医学院药学系)
姚日生 (合肥工业大学化工学院)
姜远英 (第二军医大学药学院)
娄红祥 (山东大学药学院)
娄建石 (天津医科大学药学院)
胡永洲 (浙江大学药学院)
胡 刚 (南京医科大学药学院)

胡先明 (武汉大学药学院)
倪京满 (兰州医学院药学院)
唐春光 (锦州医学院药学院)
徐文方 (山东大学药学院)
徐晓媛 (中国药科大学)
柴逸峰 (第二军医大学药学院)
殷明 (上海交通大学药学院)
涂自良 (郟阳医学院药学系)
秦雪梅 (山西大学化学化工学院药学系)
贾天柱 (辽宁中医学院药学院)
郭华春 (云南农业大学农学与生物技术学院)
郭姣 (广东药学院)
钱子刚 (云南中医学院中药学院)
高允生 (泰山医学院药学院)
崔炯漠 (延边大学医学院)
曹德英 (河北医科大学药学院)
梁仁 (广东药学院)
傅强 (西安交通大学药学院)
曾苏 (浙江大学药学院)
程牛亮 (山西医科大学)
董小萍 (成都中医药大学药学院)
虞心红 (华东理工大学化学与制药工程学院制
药工程系)
裴妙荣 (山西中医学院中药系)
谭桂山 (中南大学药学院)
潘建春 (温州医学院药学院)
魏运洋 (南京理工大学化工学院)

全国高等医药院校药学类规划教材编写办公室

主 任 姚文兵 (中国药科大学)
副 主 任 罗向红 (沈阳药科大学)
郭 姣 (广东药学院)
王应泉 (中国医药科技出版社)

编写说明

经教育部和全国高等医学教育学会批准，全国高等医学教育学会药学教育研究会于2004年4月正式成立，全国高等医药院校药学类规划教材编委会归属于药学教育研究会。为适应我国高等医药教育的改革和发展、满足市场竞争和医药管理体制对药学教育的要求，教材编委会组织编写了“全国高等医药院校药学类规划教材”。

本系列教材是在充分向各医药院校调研、总结归纳当前药学教育迫切需要补充一些教学内容的基础上提出编写宗旨的。本系列教材的编写宗旨是：药学特色鲜明、具有前瞻性、能体现现代医药科技水平的高质量的药学教材。也希望通过教材的编写帮助各院校培养和推出一批优秀的中青年业务骨干，促进药学院校之间的校际间的业务交流。

参加本系列教材的编写单位有：中国药科大学、沈阳药科大学、北京大学药学院、广东药学院、四川大学华西药学院、山西医科大学、华中科技大学同济药学院、复旦大学药学院、西安交通大学药学院、山东大学药学院、浙江大学药学院、北京中医药大学等几十所药学院校。

教材的编写尚存在一些不足，请各院校师生提出指正。

全国高等医药院校药学类
规划教材编写办公室
2004年4月16日

前 言

为了适应培养跨世纪人才的需要,在2001年5月沈阳召开的全国高等医药院校药学类教材编写会议上,确定出版药学及相关专业教材65种,本教材以邓小平同志提出的教育要“面向现代化、面向世界、面向未来”为指导,按照药学专业培养目标及规定的学制、学时确定编写内容;强调“三基”(基本内容、基本理论与基本技能)和“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性与适用性);同时注意到与中学教材和后续课程的衔接,避免起步过高和重复过多。

全书编写力争做到深入浅出,启发式;要求文字流畅,定义准确,概念清楚;采用国家统一公布的法定计量单位,名词术语与后续课保持一致。

全书由李惠芝主编,王国清为副主编。参加编写工作的有李江荣(第一、二章),毕小平(第三、四章),王国清(第五、七章),柳翠英(第六、八章),李惠芝(第九、十章),秦元满(第十一章),王宝珍(第十二、十三章)。在编写中得到了沈阳药科大学教务处的大力支持,在此表示感谢。

由于编写时间仓促,水平有限,书写错误与不当之处,恳请读者批评指正。

编 者
2002年1月

目录

第一章 化学热力学基础	(1)
第一节 热力学基本概念	(1)
一、体系和环境	(1)
二、状态和状态函数	(2)
三、过程和途径	(3)
第二节 热力学第一定律	(3)
一、热和功	(3)
二、热力学能	(4)
三、热力学第一定律	(4)
第三节 热化学	(5)
一、化学反应的热效应	(5)
二、盖斯定律	(9)
三、生成热	(11)
四、燃烧热	(13)
五、从键能估算反应热	(15)
第四节 化学反应的方向性	(15)
一、自发过程	(15)
二、熵与熵变	(16)
三、吉布斯自由能	(19)
习题	(23)
第二章 化学反应的速率	(28)
第一节 化学反应速率的定义及其表示方法	(28)
第二节 反应速率理论简介	(30)
一、碰撞理论	(30)
二、过渡状态理论	(32)
第三节 影响化学反应速率的因素	(34)
一、浓度对化学反应速率的影响	(34)
二、温度对化学反应速率的影响	(39)
三、催化剂对化学反应速率的影响	(42)
习题	(45)

第三章 化学平衡	(48)
第一节 化学反应的可逆性和化学平衡	(48)
一、化学反应的可逆性	(48)
二、化学平衡	(49)
第二节 平衡常数	(50)
一、经验平衡常数	(50)
二、标准平衡常数和吉布斯自由能改变	(55)
三、多重平衡及其应用	(59)
第三节 化学平衡的移动	(60)
一、浓度对化学平衡的影响	(60)
二、压力对化学平衡的影响	(62)
三、温度对化学平衡的影响	(64)
四、选择合理生产条件的一般原则	(65)
习题	(66)
第四章 溶液	(69)
第一节 稀溶液的依数性	(70)
一、溶液的蒸汽压下降	(70)
二、溶液的沸点升高	(73)
三、溶液的凝固点下降	(75)
四、溶液的渗透压	(78)
第二节 电解质溶液	(82)
一、电解质溶液的特殊性	(82)
二、电离度和强弱电解质	(83)
三、强电解质溶液理论	(86)
习题	(90)
第五章 溶液的酸碱性	(92)
第一节 酸碱理论	(92)
一、酸碱质子理论	(92)
二、酸碱的电子理论简介	(96)
第二节 弱酸弱碱的质子传递平衡	(97)
一、一元弱酸、弱碱的质子传递平衡	(97)
二、多元弱酸、弱碱的质子传递平衡	(101)
三、两性物质的质子传递平衡	(104)
第三节 酸碱质子传递平衡的移动	(107)
一、同离子效应	(107)
二、盐效应	(109)
第四节 缓冲溶液	(110)
一、缓冲溶液的定义	(110)

二、缓冲作用原理	(111)
三、缓冲溶液 pH 值的计算	(112)
四、缓冲溶液的选择和配制	(115)
第五节 酸碱指示剂	(117)
习题	(119)
第六章 沉淀溶解平衡	(123)
第一节 溶度积原理	(123)
一、溶度积	(123)
二、溶度积与溶解度的关系	(125)
三、溶度积规则	(127)
第二节 难溶电解质的沉淀和溶解	(127)
一、沉淀的生成	(127)
二、同离子效应和盐效应	(129)
三、沉淀的溶解	(131)
四、酸度对沉淀反应的影响	(133)
五、分步沉淀	(136)
六、沉淀转化	(137)
第三节 沉淀反应的某些应用	(138)
一、在药物生产上的应用	(138)
二、在药物质量控制上的应用	(139)
习题	(140)
第七章 氧化 - 还原	(143)
第一节 基本概念和氧化还原方程式的配平	(143)
一、基本概念	(143)
二、氧化还原方程式的配平	(145)
第二节 电极电势和电池电动势	(149)
一、原电池	(150)
二、电极电势	(152)
三、氧化还原反应的方向与限度	(157)
四、影响电极电势的因素	(161)
五、电极电势的应用	(167)
第三节 电势图及其应用	(170)
一、元素电势图	(170)
二、电势 - pH 图	(172)
习题	(175)
第八章 原子结构和元素周期系	(179)
第一节 原子结构理论的发展简史	(179)
第二节 核外电子的运动状态	(180)

一、氢原子光谱和玻尔理论	(180)
二、微观粒子的波粒二象性	(184)
三、核外电子运动状态描述	(185)
四、波函数的有关图形表示	(189)
第三节 核外电子排布与元素周期系	(194)
一、多电子原子的能级	(194)
二、核外电子排布原理	(197)
三、原子结构和元素周期系的关系	(200)
第四节 元素的性质和原子结构的关系	(202)
一、原子半径	(203)
二、电离能	(205)
三、电子亲合能	(206)
四、电负性	(207)
习题	(209)
第九章 分子结构	(211)
第一节 离子键	(211)
一、离子键的形成	(211)
二、离子的特征	(212)
三、离子晶体	(214)
第二节 共价键	(219)
一、价键理论	(219)
二、共价键的类型	(221)
三、杂化轨道理论	(221)
四、价层电子对互斥理论	(226)
五、分子轨道理论	(229)
六、键参数	(239)
第三节 分子间作用力	(241)
一、分子的极性	(241)
二、分子间作用力	(243)
三、氢键	(245)
第四节 离子极化	(248)
一、离子极化的概念	(248)
二、离子极化的主要规律	(248)
三、离子极化对物质结构和性质的影响	(249)
第五节 原子晶体和分子晶体	(251)
一、原子晶体	(251)
二、分子晶体	(252)
习题	(253)

第十章 配位化合物	(256)
第一节 配位化合物的基本概念	(256)
一、什么是配位化合物	(256)
二、配合物的组成	(257)
三、配合物的命名	(259)
第二节 配合物的化学键理论	(260)
一、价键理论	(260)
二、晶体场理论	(265)
第三节 配合物的稳定性	(274)
一、配合物的稳定常数	(274)
二、影响配合物稳定性的因素	(277)
三、配位平衡的移动	(282)
第四节 螯合物	(288)
第五节 配合物的应用	(290)
一、在无机化学方面的应用	(290)
二、在分析化学方面的应用	(291)
三、在生物医药方面的应用	(292)
习题	(294)
第十一章 p 区元素	(297)
第一节 卤素	(297)
一、卤素的通性	(297)
二、卤素单质的性质	(300)
三、卤化氢和卤化物	(303)
四、卤素的含氧酸及其盐	(308)
五、类卤化合物	(313)
六、常见卤素离子的鉴定和常用药物	(316)
第二节 氧族元素	(318)
一、氧族元素的通性	(318)
二、过氧化氢	(320)
三、硫及其重要化合物	(322)
四、硫的含氧化合物	(326)
五、离子鉴定和常用药物	(332)
第三节 氮族元素	(334)
一、氮族元素的通性	(334)
二、单质氮	(336)
三、氮的氢化物	(337)
四、氮的含氧酸及其盐	(341)
五、磷与磷的含氧化合物	(344)

六、砷、锑、铋的化合物	(349)
七、离子鉴定和常用药物	(352)
第四节 碳族和硼族元素	(354)
一、碳族和硼族元素的通性	(355)
二、碳及其重要化合物	(358)
三、硅、硼的含氧化合物	(361)
四、铝、锡、铅	(367)
五、离子鉴定和常用药物	(374)
习题	(377)
第十二章 s 区元素	(381)
第一节 碱金属和碱土金属的通性	(381)
第二节 单质	(383)
一、物理性质	(383)
二、化学性质	(384)
第三节 重要化合物	(386)
一、氧化物	(386)
二、氢氧化物	(387)
三、重要盐类	(390)
第四节 硬水及其软化	(392)
第五节 离子鉴定和常用药物	(393)
一、离子鉴定	(393)
二、常用药物	(394)
习题	(395)
第十三章 d 区和 ds 区元素	(397)
第一节 d 区和 ds 区元素的通性	(398)
一、d 区和 ds 区元素的原子结构特征	(398)
二、d 区和 ds 区元素的基本性质变化特征	(398)
三、d 区和 ds 区元素的原子半径	(399)
四、单质的物理性质	(400)
五、单质的化学性质	(401)
六、氧化数	(402)
七、氧化物和氢氧化物的酸碱性	(402)
八、水合离子的颜色	(403)
九、过渡元素的配合性	(403)
第二节 铬与锰	(403)
一、铬、锰单质的性质	(404)
二、铬的重要化合物	(405)
三、锰的重要化合物	(409)

四、离子鉴定和常用药物	(412)
第三节 铁、钴、镍、铂系	(413)
一、铁系元素的通性	(413)
二、铁的重要化合物	(414)
三、钴、镍的重要化合物	(417)
四、铂系元素简介	(419)
五、常用药物	(421)
第四节 铜和银	(421)
一、通性	(421)
二、单质	(422)
三、铜的重要化合物	(423)
四、银的重要化合物	(426)
五、离子鉴定	(427)
第五节 锌和汞	(427)
一、通性	(427)
二、单质	(428)
三、锌的重要化合物	(429)
四、汞的重要化合物	(430)
五、常用药物	(433)
习题	(434)
附录	(437)
一、国际单位制(SI)基本单位	(437)
二、我国选定的非国际单位制单位	(437)
三、基本物理常数	(438)
四、单位换算	(438)
五、常用酸碱的相对密度、质量分数、质量浓度和物质的量浓度	(439)
六、无机酸(碱)在水中的酸(碱)度常数	(440)
七、一些难溶化合物的溶度积(18~25℃)	(441)
八、一些物质的热力学性质	(442)
九、标准电极电势(298K)	(445)
十、金属配合物的稳定常数表	(451)
十一、元素周期表	(459)

第一章

化学热力学基础

热力学是在研究提高热机效率的实践中发展起来的，19世纪建立起来的热力学第一、第二两个定律奠定了热力学的基础，使热力学成为研究热能和机械能以及其它形式的能量之间的转化规律的一门科学。20世纪初建立的热力学第三定律使得热力学臻于完善。

用热力学的理论和方法研究化学，则产生了化学热力学。化学热力学可以解决化学反应中能量变化问题，同时可以解决化学反应进行的方向和进行的限度等问题。这些问题正是化学工作者极其关注的问题。

化学热力学在讨论物质的变化时，着眼于宏观性质的变化，不需涉及物质的微观结构，即可得到许多有用的结论。运用化学热力学方法研究化学问题时，只需知道研究对象的起始状态和最终状态，而无需知道变化过程的机制，即可对许多过程的一般规律加以探讨。这是化学热力学最成功的一面。应用化学热力学讨论变化过程，没有时间概念，因此不能解决变化进行的速度及其它和时间有关的问题。这又使得化学热力学的应用有一定的局限性。

化学热力学涉及的内容既广又深，在无机化学中只介绍化学热力学的最基本的概念、理论、方法和应用。

第一节 热力学基本概念

一、体系和环境

热力学中称研究的对象为体系，称体系以外的部分为环境。例如，我们要研究杯中的水，则水是体系；水面以上的空气，盛水的杯子，乃至放杯子的桌子等都是环境。又如，某容器中充满空气，我们要研究其中的氧气，则氧气是体系，其它气体如氮气、二氧化碳及水蒸汽等均为环境，容器也是环境，容器以外的一切都可以认为是环境。但我们所说的环境，经常指那些和体系之间有密切关系的部分。

体系和环境之间会有物质和能量的交换，按照这种交换的不同情况，可将体系分为以下三类：

1. 敞开体系 如果在体系和环境之间，既有物质交换，又有能量交换，则这种体