



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

现代化学基础

第二版

胡忠鲮 主编

金继红 张锦柱 李盛华 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

06
17312

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

现代化学基础

第二版

胡忠鯨 主编
金继红 张锦柱 李盛华 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目(CIP)数据

现代化学基础/胡忠鲮主编. —2版. —北京: 高等教育出版社, 2005. 6

ISBN 7-04-016636-4

I. 现... II. 胡... III. 化学-高等学校-教材
IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 027664 号

策划编辑 岳延陆 责任编辑 周传红 封面设计 张楠 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 王雨 责任印制 杨明

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landraco.com
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landraco.com.cn
印 刷	国防工业出版社印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2000 年 1 月第 1 版
印 张	43.75		2005 年 6 月第 2 版
字 数	820 000	印 次	2005 年 12 月第 2 次印刷
插 页	1	定 价	45.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16636-00

第二版修编说明

本书第一版是教育部“面向 21 世纪高等工科化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”(非化工类)的研究成果和首批教育部面向 21 世纪课程教材的继续提高和发展,是教育部“十五”规划教材。

随着科学技术突飞猛进的发展以及国内教学的不断改革,各学科间的相互渗透日益增强,对 21 世纪培养高素质人才的需要不断提高,同时国内非化工类原设“四大基础化学”或开设普化(或无机)和物理化学等化学多学时专业面临学时不断减少的形势下,“现代化学基础”作为一级学科的一门化学基础课程应运而生。为了抓紧教育改革的脉搏,弥补教材空缺,以及使学生具有较全面系统的化学学科理论知识我们编写了《现代化学基础》(第一版)一书。第一版自面市五年来,受到国内同行专家的高度评价和使用该教材的师生好评,其教学成果荣幸获得国家级二等奖。为了使该教材精益求精,更好地适应教学改革的发展和需要,我们在广泛征求广大教师和学生对该书第一版使用意见的基础上进行了认真的修订,力求使之成为更加优秀教材。

本书在修编过程中特别注意以下几点:

1. 保持一版教材特色,体系框架及结构更趋合理。本书以物质的聚集状态和物质结构为先导,以热力学、化学动力学、化学平衡为基础,着眼于阐明单质和化合物(有机、无机)结构和性质,联系工程和社会、生活有关的化学热点问题。本书先微观、后宏观,先理论、后应用,理论联系应用,应用中有理论。本版增加了物质的聚集状态,结构增加了超分子化学、配位场理论。对第一版教材中“水溶液中的离子平衡”和“分析测试技术”中的化学分析内容,相互结合,有机重组成酸碱平衡和酸碱滴定法、配位平衡和配位滴定法、沉淀解离平衡和重量分析法三章;在氧化还原和电化学一章增加氧化还原滴定法。将有机化合物一章分成有机化学基础和高分子化学基础两章。

2. 内容更加精炼,教学适用性更强,专业适用面更宽。本教材适用于高等工科非化工类多学时专业,如环境、生化、制药、资源、材料、冶金、铸造、爆炸技术、地质、矿产及石油、再生等专业。也可适用于化工类专业大一基础化学课程教材。该教材能在 130~250 学时(包括实验)内能完成专业教学所需的化学基

本理论和知识。通过精选内容,使教材的适用性更强。对不同专业和学时有些内容可适当增减。元素性质部分内容放在实验中,本书未作过多介绍。打“*”号内容为选学内容。

3. 先进性进一步提高。删去一些陈旧的、冗余的内容,增加现代化学新理论、知识和科技新成果,使先进性、科学性和系统性更强。

4. 教材内容深度更加适中,富于启发性,便于自学。突出利于教师教学,也很适合学生自学。特别对物质结构等抽象内容,尽量做到由浅入深,循环渐进。对理论首先提出问题,然后解决问题,得出结论和理论适用范围,培养学生逻辑思维和辩证唯物主义观点,及分析问题、解决问题的能力。对难理解的内容,尽量多举实例。

5. 理论联系实际,更具工科特色。本书以基本理论、基本知识、基本技能为主,并紧密联系专业工程实际和关注社会、生活等社会热点的化学问题,从而提高了教材学以致用的针对性和学生学习的兴趣,如热化学联系能源,化学平衡联系化学分析测试,单质联系金属和合金材料,无机化合物联系无机非金属材料,有机化学联系高分子材料和与生命有关的内容。

6. 本书最好在一年级第二学期开始授课,如需第一学期授课,最好在六周以后,以便与高等数学相衔接。

7. 本书严格贯彻国际单位制,以便与国际接轨,科学性增强。

8. 每章有内容概要,章末有思考题、习题,书末有附录、计算题参考答案、主要参考著作及文献和英汉对照索引。已出版配套实验教材,将出版配套自学指导书和电子课件等教材。

本书在修编过程中受到高等教育出版社领导和编辑的关心和指导,并由高等教育出版社主持召开以中国科学院院士南开大学申泮文教授、天津大学杨宏秀教授、云南大学戴树栅教授等 20 多所著名理工科高等学校老中青专家参加的教材审稿及教学研讨会,提出很多宝贵的修改意见,对保证本教材质量起到关键作用。本教材由申泮文院士、杨宏秀教授主审。本教材在编著过程中受到了主编和参编的成都理工大学、昆明理工大学、中国地质大学、吉林大学、西南交通大学领导和教师的支持与帮助。本教材还得到了华东理工大学胡英院士、清华大学丁廷桢教授、高等教育出版社朱仁编审、岳延陆编审、浙江大学王明华教授、国防科技大学周世光教授等的关心、帮助和指导,在此表示衷心的感谢!

本书主编胡忠鲠(绪论、二、三、四、十四章),金继红副主编(五、六、七章),张锦柱副主编(九、十、十一、二十章),李盛华副主编(十二、十三章),童志平(一、八、十五、二十一章),张勇(十六、十七章),梁渠(十八、十九章)。胡显智参加了十六章、十七章部分修编工作,何明中参加了第五、六、七章部分修编工作。全书由胡忠鲠统稿和定稿。

本书虽经多年使用和修改,但由于改革力度加大,作者水平有限,错误和缺点在所难免,敬请专家读者不吝指正。

编者

2005年1月

第一版前言

本书是教育部“面向 21 世纪工科化学系列教学内容和课程体系改革的研究与实践”课题的研究成果。

随着科学技术的飞速发展,化学学科与其他学科的相互渗透、相互交叉日趋明显,化学在许多工程技术中的应用成效显著,化学的基础知识已经成为提高学生科学文化素质不可缺少的组成部分。在教学改革深入发展过程中,地学类专业的调整,高素质人才培养的需要以及化学类课程教学时数的减少,势必需要对原来的化学课程教学内容和课程体系进行改革。经过国土资源部(原地质矿产部)系统的部分院校几年的教学研究和实践,认为应对原来分设的几门化学课程的内容进行统一研究,应从地学类专业的教学实际出发,将原来分设的普通化学、物理化学课程结合在一起,并适当拓宽知识面,增加了有机和高分子化合物、分析测试技术、环境化学等内容,组成了新的教材体系,定名为《现代化学基础》。

本书在编写过程中注意以下几点:

1. 以中学化学基础为起点,以高等工科院校普通化学和物理化学课程的教学基本要求为依据。
2. 以现代物质结构理论为先导,以化学热力学理论和化学动力学为基础,贯穿化学平衡:酸碱平衡、配位平衡、氧化还原平衡、相平衡等内容,并注意联系化学在地质、矿产、冶金、石油、能源、材料、现代分析测试、环境等领域的应用。
3. 反映现代化学的基本概念、基础理论和科学技术进步的成就。
4. 内容的安排便于教师教学,也便于学生自学。
5. 根据少而精的原则精选教材内容,特别是对化学经典的内容力求简明。
6. 每章有内容概要,章末有小结、思考题、习题,书末有索引、附录、参考著作及文献。在章节号前有“*”号者为选修内容。

本书的编写得到高等工科院校普通化学课程教学指导组、高等教育出版社、国土资源部人事教育司以及成都理工大学、中国地质大学、长春科技大学等单位领导给予了大力支持、关心和指导。本书经清华大学丁廷桢教授审阅,提出了许多宝贵意见。西安交通大学何培之教授、浙江大学王明华教授、天津大学杨宏秀教授以及三校化学教师给予的关心和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书由胡忠鯁主编(绪论、第一、第二、第三、第十一章)、金继红副主编(第四、第五、第十六章)、李盛华副主编(第十、第十三、第十四章)、黄志琦(第十五、

第十七章)、何明中(第八、第九章)、徐昕(第六、第七章)、梁渠(第十二章)等也参加了编写工作。全书由胡忠鲠统稿。

由于编者水平有限,缺点错误在所难免,诚恳欢迎读者批评指正。

编者

1998年12月

目 录

绪论	1
第一章 物质的聚集状态	5
1.1 气体	5
1.1.1 理想气体状态方程式	5
1.1.2 混合理想气体的分压定律和分体积定律	6
1.1.3 实际气体——范德华方程	8
1.2 液体	10
1.2.1 液体的微观结构	10
1.2.2 液体的蒸气压与液体的沸点	11
1.2.3 液晶	12
1.3 溶液	12
1.3.1 溶液浓度的表示方法	13
1.3.2 拉乌尔定律	14
1.3.3 亨利定律	14
1.3.4 稀溶液的依数性	15
1.4 固体	19
1.4.1 固体的种类和性质	19
1.4.2 晶体的空间点阵结构	19
1.5 超临界状态	21
1.6 物质的其他形态	23
1.6.1 等离子体	23
1.6.2 超高密度态	23
1.6.3 玻色-爱因斯坦凝聚态与费密凝聚态	24
思考题	24
习题	25
第二章 原子结构和元素周期律	26
2.1 氢原子光谱和微观粒子运动的特性	26
2.1.1 氢原子光谱和玻尔理论	26
2.1.2 微观粒子运动的特性	30

2.2 氢原子核外电子运动状态的现代描述	32
2.2.1 波函数	32
2.2.2 微观粒子的运动方程——薛定谔方程	33
2.2.3 概率密度和电子云	37
2.2.4 波函数和电子云的图像	38
2.2.5 四个量子数的物理意义	41
2.3 多电子原子核外电子的运动状态	43
2.3.1 多电子原子轨道的能级	43
2.3.2 多电子原子核外电子的排布	48
2.3.3 元素的原子结构和周期系	51
2.3.4 原子的电子层结构与元素周期表的分区	53
2.3.5 原子的电子层结构和周期律	53
2.4 元素的性质与原子结构的关系	54
2.4.1 原子半径	54
2.4.2 元素的电离能	55
2.4.3 元素的电子亲和能	57
2.4.4 元素的电负性	58
2.4.5 元素的氧化数与原子结构的关系	58
思考题	59
习题	60
第三章 分子结构和晶体结构	62
3.1 离子键和离子晶体	62
3.1.1 离子键	62
3.1.2 影响离子键强度的因素	63
3.1.3 离子晶体	65
3.1.4 晶格能	67
3.2 共价键和原子晶体	69
3.2.1 现代价键理论	69
3.2.2 杂化轨道理论和分子的空间构型	73
3.2.3 分子轨道理论	78
3.2.4 原子晶体	83
3.2.5 键参数	84
3.3 金属键和金属晶体	86
3.3.1 “自由电子”理论	86
3.3.2 金属键的能带理论	87
3.3.3 金属晶体	89
3.4 分子间作用力、氢键和分子晶体	89

3.4.1 分子的极性和偶极矩	89
3.4.2 分子间作用力	90
3.4.3 氢键	92
3.4.4 分子晶体	94
3.4.5 超分子	95
3.5 混合键型晶体	96
3.5.1 链状结构晶体	96
3.5.2 层状结构晶体	97
3.6 簇合物和团簇——C₆₀	97
3.7 离子的极化	98
3.7.1 离子的极化作用和变形性	98
3.7.2 影响离子极化力和变形性的因素	99
3.7.3 离子极化对物质结构和性质的影响	100
思考题	101
习题	102
第四章 配位键和配位化合物	104
4.1 配位化合物的基本概念	104
4.1.1 配位键和配位化合物	104
4.1.2 配合物的组成	105
4.1.3 配合物的命名	107
4.1.4 配合物的类型	108
4.2 配合物的化学键理论	109
4.2.1 价键理论	109
4.2.2 晶体场理论	113
4.2.3 配位场理论	121
4.3 配位反应的应用	124
4.3.1 分析化学的离子检验与测定	124
4.3.2 物质的分离	124
4.3.3 难溶物的溶解	124
4.3.4 金属或合金的电镀	125
4.3.5 环境保护	125
4.3.6 配合物在生成矿物中的作用	125
思考题	125
习题	126
第五章 热力学第一定律与热化学	128
5.1 热力学概论	128

5.1.1 热力学研究的对象和内容	128
5.1.2 热力学基本概念	129
5.2 热力学第一定律	132
5.2.1 热力学能	133
5.2.2 热和功	134
5.2.3 可逆过程	136
5.2.4 热力学第一定律的数学表达式	138
5.3 焓	139
5.3.1 等容反应热	139
5.3.2 等压反应热与焓	139
5.4 热容	141
5.4.1 热容的定义	141
5.4.2 热容与温度的关系	142
5.4.3 理想气体的 C_p 与 C_v 的关系	142
5.5 热力学第一定律的一些应用	143
5.5.1 理想气体的热力学能和焓	143
5.5.2 理想气体的等值过程	144
5.5.3 绝热过程	145
5.5.4 相变过程	147
5.6 热化学概论	148
5.6.1 化学反应进度	148
5.6.2 等压反应热和等容反应热	150
5.6.3 标准状态	152
5.6.4 热化学方程式	153
5.6.5 盖斯定律	153
5.7 热化学基本数据与反应焓变的计算	155
5.7.1 标准摩尔生成焓	155
5.7.2 标准摩尔燃烧焓	156
5.7.3 离子的标准摩尔生成焓	157
5.8 热效应与温度的关系	157
5.9 能源	160
5.9.1 煤、石油、天然气	160
5.9.2 核能	163
5.9.3 氢能	165
5.9.4 太阳能	167
思考题	168
习题	169

第六章 热力学第二定律与化学反应的方向和限度	171
6.1 过程的方向性 热力学第二定律	171
6.1.1 自发过程的不可逆性	171
6.1.2 热力学第二定律	172
6.1.3 热力学第二定律的统计解释	173
6.2 熵	175
6.2.1 熵	175
6.2.2 熵增原理	178
6.2.3 熵判据	178
6.3 熵变的计算	179
6.3.1 简单状态变化	179
6.3.2 相变化	182
6.3.3 化学变化	183
6.4 热力学第三定律和规定熵	183
6.4.1 热力学第三定律	183
6.4.2 规定熵和标准摩尔熵	184
6.4.3 标准摩尔反应熵	184
6.5 亥姆霍兹函数和吉布斯函数	186
6.5.1 亥姆霍兹函数 F	186
6.5.2 等温等容条件下变化方向的判据	187
6.5.3 吉布斯函数 G	188
6.5.4 等温等压条件下变化方向的判据	189
6.5.5 ΔG 的计算	190
6.6 标准摩尔吉布斯函数	192
6.6.1 标准摩尔生成吉布斯函数	192
6.6.2 $\Delta_r G_m^\ominus$ 的计算	192
6.6.3 化学反应方向的判据	193
6.7 热力学基本方程	196
6.7.1 热力学基本方程	197
6.7.2 温度与 ΔG 的关系——吉布斯-亥姆霍兹方程	198
6.7.3 压力与 ΔG 的关系	199
6.8 化学势	200
6.8.1 化学势的定义	200
6.8.2 化学势判据	202
6.8.3 理想气体的化学势	204
6.8.4 理想稀薄溶液的化学势	205
6.8.5 理想溶液的化学势	207
6.9 逸度和活度	207

6.9.1 实际气体的化学势、逸度	207
6.9.2 实际溶液的化学势、活度	209
思考题	210
习题	211
第七章 相平衡	214
7.1 相律	214
7.1.1 相数、独立组分数和自由度	214
7.1.2 相律	216
7.2 克拉贝龙-克劳修斯方程	217
7.2.1 克拉贝龙方程	217
7.2.2 克拉贝龙-克劳修斯方程	218
7.3 单组分系统的相平衡——水的相图	220
7.4 完全互溶双液系的气液平衡	223
7.4.1 双组分系统相律	223
7.4.2 完全互溶的双液系统	224
7.4.3 杠杆规则	228
7.4.4 精馏原理	229
7.5 部分互溶双液系的相平衡	230
7.6 二组分固液平衡相图	231
7.6.1 简单低共熔系统	232
7.6.2 热分析法绘制相图	233
7.6.3 二组分盐水系统	234
7.6.4 形成化合物的双组分系统	235
7.6.5 形成固体混合物的双组分系统	237
7.6.6 液相部分互溶、固相不互溶的双组分系统	239
7.7 三组分系统相平衡	239
7.7.1 三组分系统的组成表示法	239
7.7.2 部分互溶的三组分系统	240
7.7.3 三组分盐水系统相图	241
思考题	242
习题	242
第八章 化学反应平衡	246
8.1 化学平衡与标准平衡常数	246
8.1.1 化学反应等温式和标准平衡常数	246
8.1.2 用等温式判断化学反应的方向和限度	248
8.1.3 标准平衡常数的几种表示方法	250

8.1.4 K^{\ominus} 表达式书写中注意的若干问题	251
8.2 化学反应平衡的移动及其影响因素	252
8.2.1 浓度对化学平衡移动的影响	252
8.2.2 压力对化学平衡移动的影响	253
8.2.3 温度对化学平衡移动的影响	254
8.2.4 平衡移动原理——吕·查德里原理	256
8.3 化学反应平衡常数及有关计算	256
8.3.1 标准平衡常数的计算	257
8.3.2 平衡组成和平衡转化率的计算	257
思考题	259
习题	260
第九章 酸碱平衡和酸碱滴定法	262
9.1 酸碱质子理论	262
9.1.1 质子酸、质子碱的定义	262
9.1.2 共轭酸碱概念及其相对强弱	263
9.1.3 酸碱反应的实质和酸碱反应的方向	263
9.2 酸碱质子平衡	264
9.2.1 酸碱反应标准平衡常数	264
9.2.2 酸碱质子条件式	265
9.2.3 酸度对弱酸、弱碱溶液型体分布的影响	267
9.3 酸碱溶液 pH 计算	270
9.3.1 一元弱酸弱碱溶液 pH 计算	271
9.3.2 二元弱酸弱碱溶液 pH 计算	271
9.3.3 两性物溶液 pH 计算	272
9.3.4 混合酸碱溶液 pH 计算	273
9.4 缓冲溶液及其 pH 计算	274
9.4.1 同离子效应和缓冲溶液	274
9.4.2 缓冲溶液的 pH 计算	274
9.4.3 缓冲溶液的选择和配制	275
9.5 分析化学概述	276
9.5.1 分析化学的任务及作用	276
9.5.2 分析化学的分类	276
9.5.3 分析中的误差	277
9.6 定量分析的一般步骤	279
9.6.1 试样的采集和制备	280
9.6.2 试样的分解	280
9.6.3 定量分析中常用的分离方法	282

9.7 酸碱滴定法	283
9.7.1 滴定分析概述	283
9.7.2 酸碱指示剂	285
9.7.3 酸碱滴定曲线及指示剂的选择	287
9.7.4 酸碱滴定的终点误差	289
9.7.5 酸碱滴定法的应用	292
思考题	293
习题	293
第十章 配位平衡和配位滴定法	295
10.1 配离子的解离平衡	295
10.1.1 配离子的标准稳定常数和有关离子浓度的计算	295
10.1.2 影响配离子平衡移动的因素	297
10.2 配位滴定法	298
10.2.1 条件稳定常数	299
10.2.2 金属指示剂	302
10.2.3 配位滴定曲线	304
10.2.4 共存离子的影响	305
10.2.5 终点误差	307
10.2.6 配位滴定的方式和应用	307
思考题	308
习题	308
第十一章 沉淀解离平衡和重量分析法	310
11.1 难溶电解质的沉淀解离平衡	310
11.1.1 沉淀解离平衡和标准溶度积常数	310
11.1.2 沉淀的生成和溶解	312
11.1.3 分步沉淀和沉淀次序	312
11.1.4 沉淀的转化	313
11.2 重量分析法	313
11.2.1 沉淀重量法的分析过程	314
11.2.2 沉淀的形成和沉淀的纯度	314
11.2.3 沉淀条件的选择	315
11.2.4 重量分析测定实例	316
思考题	317
习题	317
第十二章 电解质溶液	319

12.1 电解质溶液的导电机理和法拉第定律	319
12.1.1 电解质溶液的导电机理	319
12.1.2 法拉第定律	320
12.1.3 离子的电迁移率与离子的迁移数	321
12.2 电解质溶液的导电	322
12.2.1 电导、电导率、摩尔电导率	322
12.2.2 电导的测定	322
12.2.3 摩尔电导率与浓度的关系	323
12.2.4 离子独立运动定律和离子的摩尔电导率	324
12.2.5 电导测定的应用	325
12.3 强电解质溶液的活度、活度系数和离子强度	327
12.3.1 电解质溶液的活度和活度系数	327
12.3.2 离子强度	328
思考题	330
习题	330
第十三章 氧化还原反应和电化学	332
13.1 氧化还原反应	332
13.1.1 氧化还原反应的概念	332
13.1.2 氧化还原反应方程式的配平	333
13.2 原电池和电动势	335
13.2.1 原电池	335
13.2.2 电极类型	336
13.2.3 可逆电池	337
13.2.4 电池电动势的实验测定	338
13.3 可逆电池热力学	339
13.3.1 可逆电池电动势与吉布斯函数变的关系	339
13.3.2 电动势 E 与参与电池反应的各组分活度间的关系——能斯特方程	340
13.3.3 $\Delta_r S_m$ 和 $\Delta_r H_m$ 与电动势的关系	341
13.4 电动势产生的原理	341
13.4.1 金属与溶液界面电势差	342
13.4.2 接触电势差	342
13.4.3 液体接界电势差	343
13.5 电极电势和标准电极电势	343
13.5.1 电极电势	343
13.5.2 标准氢电极	344
13.5.3 参比电极	345
13.5.4 标准电极电势及其测定	345