

普通本科院校化学专业规划教材

无机化学

主 编 王书民
主 审 胡满成 李仲谨



科学出版社

013066830

061
125

普通本科院校化学专业规划教材

无机化学

主编 王书民

主审 胡满成 李仲谨



科学出版社

北京



北航

C1674441

061
125

01308830

内 容 简 介

本书是根据教育部“化学类专业指导性专业规范”为地方高校应用型化学类专业人才培养而编写的。

全书共 28 章。化学原理部分包括物质的聚集状态、原子结构、化学键理论与分子结构、晶体的结构、化学热力学初步、化学反应动力学基础、酸碱和酸碱反应、氧化还原反应、配位化合物、化学平衡通论、酸碱解离平衡、沉淀-溶解平衡、配位平衡、氧化还原平衡和核化学 15 章；元素化学基础包括碱金属与碱土金属、硼族元素、碳族元素、氮族元素、氧族元素、卤素、氢和稀有气体、过渡元素概论、4~7 族重要元素及其化合物、8~10 族元素、11 族元素和 12 族元素、镧系元素和锕系元素 12 章。全面系统地阐述了化学原理和元素化学基础知识，适当反映学科发展和科技进步的最新成果，突出实用性，图文并茂，内容丰富。每章正文前有本章学习要求、背景问题和章图，正文中有例题和思考题，正文后有适量习题，利于教学。本书将配套学习指导、多媒体教学课件和教学参考书。

本书可作为地方高校化学及相关专业的无机化学教材，也可作为综合大学、高等师范院校化学及相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/王书民主编. —北京: 科学出版社, 2013

普通本科院校化学专业规划教材

ISBN 978-7-03-037587-2

I. ①无… II. ①王… III. ①无机化学-高等学校-教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 114223 号

责任编辑: 陈雅娴 / 责任校对: 刘小梅

责任印制: 阎磊 / 封面设计: 无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013 年 8 月第一次印刷 印张: 37 1/2 插页: 1

字数: 931 000

定价: 69.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

普通本科院校化学专业规划教材

编写委员会

主 编 周春生 张君才 王浩东

副主编 闵锁田 焦更生 杨晓慧 马亚军 杨得锁

编 委(按姓氏汉语拼音排序)

陈 强 范 广 付凯卿 葛红光 黄 怡

焦更生 刘步明 马亚军 闵锁田 王福民

王浩东 王书民 谢娟平 许 琼 晏志军

杨得锁 杨晓慧 张君才 周春生

《无机化学》编写委员会

主 编 王书民

副主编 王福民 晏志军 唐志华

编 委(按姓氏汉语拼音排序)

党民团 范 广 黄宏升 姜 敏 焦宝娟

李 敏 庞海霞 唐志华 王福民 王书民

王香爱 武立州 熊海涛 徐浩龙 许 琼

晏志军 张万锋 周春生

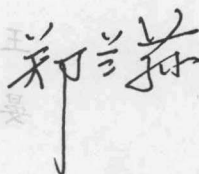
序

随着我国高等教育的迅速发展,我国化学类专业的数量也已跃升至世界第一,并呈现不同的层次、不同的类型和不同的规格,对专业教材也具有不同的需求。由陕西理工学院、宝鸡文理学院、咸阳师范学院、渭南师范学院、西安文理学院、榆林学院、商洛学院和安康学院八所陕西地方院校教师联合编写的《无机化学》教材,针对普通院校化学教学的需求,在一定程度上弥补了同类教材的空缺。

该教材以教育部高等学校化学类专业教学指导分委员会制定的“化学类专业指导性专业规范”(以下简称“专业规范”)为指导,着力体现化学学科的完整性和科学性。“专业规范”是国家对本科教学质量的最低要求,主要规定本科学生应该学习的基本理论、基本技能和基本应用,各种层次的高校化学类专业的本科教学,都必须满足这个最低要求。因此我高兴地注意到,该教材涵括了“专业规范”要求教授的各知识点,没有因为是针对普通院校而低于“专业规范”的要求。另一方面,“专业规范”上不封顶,鼓励不同层次的学校在这个最低要求基础上增加各自的要求,体现各校的办学定位和办学特色。这本教材也体现了教学指导委员会的这一指导精神,在达到“专业规范”要求的前提下,突出了培养应用型人才、为地方经济服务等特点,使教材贴近学科发展,贴近教学实际。

我个人也长期从事“无机化学”本科基础课的教学工作。这门课是化学专业学生学习的第一门专业课。与中学教学不同,在高校教学中,每位教师都力求体现个人的风格与特质,尽可能地结合科研与学科的进展,除了保证必需教授的知识点以外,往往并不是“照本宣科”地拘泥于教材的内容。因此,高校的教材不像中学的教科书,更多的是起着教学参考书的作用。同时,高校的教师和学生都不应当将任何一本教材当作“金科玉律”,学生在学习时应当学会批判性的思维方法,无论教材的内容或是教师的观点(当然也包括我个人的观点)都可能有不少疏漏和错误。因此,教师和学生(也包括教材的作者)都没有必要、也不应当要求选用的教材是完美无缺的,应当允许这些教材在保证基本概念正确的前提下,在教学的实践中不断改进和完善。我也同样希望这本教材的作者能在教材出版后注意汲取师生们的意见和建议,不断改善和提高。

我国的高等教育已经结束了数量增加的过程,更着眼于质量的提升。西部地区地方院校教学质量提升的空间可能更大。为此,教育部高等学校化学类专业教学指导分委员会在国家自然科学基金委员会的资助下,每年都举办“西部地区高校化学教师培训班”,得到了西部地区院校的大力支持和有关教师的积极参与。这本教材的编写,反映了西部地区地方院校化学教师对提高教学质量和对教材建设的重视,我衷心地期望他们能在今后的教学研究和教学改革中,取得新的成绩和做出新的贡献。



中国科学院院士

2013年6月14日

前 言

我国的高等教育已经从精英教育转向大众教育,不同类型的高等教育,社会对其毕业生的质量要求有着本质区别。精英教育旨在培养研究型、学科型人才,大众教育旨在培养不同层次、不同类型、不同规格的高素质应用型专门人才。实行人才分类培养,使不同类型的学校都能在合理的定位和专业特色下办出一流的高等教育。

教育部实行质量工程以来,一本教材和高职高专教材建设工作取得了很大成果,而二本教材建设相应严重滞后于教学要求,造成在教材选用时常存在“高不成、低不就”的困惑。

陕西高校林立,陕西理工学院、宝鸡文理学院、咸阳师范学院、渭南师范学院、西安文理学院、榆林学院、商洛学院和安康学院同属陕西地方院校(二本院校),都是在师范教育基础上发展起来的,其中后六所高校均是2002年后由专科升为本科的院校,八院校的生源均为二本边缘,因此八院校的教学具有很大的共同点,教学中面临着同样的困境,尤其是面临高等教育改革深化和竞争日益激烈的严峻考验。

2009年冬季,陕西八所地方本科院校化学与化学工程学院系的负责人共聚一堂(商洛会议),在科学出版社的支持下,就面临的共同问题进行研讨并取得了共识。

(1) 共同开发编写符合自身特点的教学资源具有紧迫性和必要性。在论证的基础上,八院校中的化学化工院系拟通过化学类专业建设协调组形式,加强交流,合作研究,共同参与,建设与时俱进的化学类本科专业课程体系,并组织编写出版系列化教材。

(2) 地方本科院校在改革发展中一定要坚持“四重”,即“重地方、重服务、重特色、重实践”。特殊的教育类型具有三大特点:①具有高等教育的功能和职能;②培养应用型人才;③为地方经济服务。这种特点反映在教材编写上,应同时突出基础知识、应用技能和专门知识。教材建设要与培养目标相一致。

(3) 教材编写要以教育部“化学类专业指导性专业规范”为指导,以满足化学、化工和应用化学专业人才培养方案的要求为目标,既能体现化学学科的完整性和科学性,又能满足不同学校三个专业的教学需要和不同层次学生学习的需要。新编教材力求既具有学科性,又突出实用性,积极着力于提高学生的学习兴趣和综合素质,培养学生的科学思维方法和创新能力,理论知识坚持必需、够用为度的原则,创建教材的新体系。

《无机化学》立体化教材是八院校共建立体化教材的第一部,包括主教材、电子教案、学生自学指导书和教师参考书。经过第二次商洛会议、渭南会议、咸阳会议和安康会议,认为教材新体系应坚持开放、创新、与时俱进的原则,编出有个性的教材,并确定了编写大纲和分工方案。其中,科学出版社有关人员到场并给予了具体指导。

对于化学、化工和应用化学专业来说,无机化学课程十分重要,起着专业课程的导论性作用,要把如何凸显基础扎实、知识面宽和科学思维活跃定为本课程创新改革的指导思想;要强化新教材的思想教育功能,发挥培育创新思维的功能,具有鲜明的时代气息。应该做到以利于学生后续课程的学习和为持续教育打下较为坚实的基础,能让学生愉快地走进化学、学习化学。

《无机化学》由八院校长期从事无机化学教学的一线教师共同编写。编写组熟悉国内外无

机化学教学的现状,充分研究了八院校长期以来无机化学教学中存在的问题,提出了实用、有效的解决方案,使教材贴近教学实际、贴近学科发展,力争使教材具有研究性、理性化和艺术化。这是地方院校合作共享、提升化学类专业教学质量的有力创举。

“无机化学立体化教材”与教学零距离是本套立体化教材编写理念和预期目标。我们力争使之成为第一部完全意义的地方高校应用型化学类专业人才培养教材。

本书共 28 章,全面系统地阐述了化学原理和元素化学基础知识,元素化学凸显元素共性和重要元素及其化合物的讲解,适当反映学科发展和科技进步的最新成果,突出实用性,图文并茂,内容丰富。

参加编写的教师有商洛学院王书民(第 5、6、24、25、26 章)、周春生(绪论);渭南师范学院王福民(第 18 章)、党民团(第 21 章)、王香爱(第 20 章)和徐浩龙(第 19 章);西安文理学院晏志军(第 3、22、23 章)、焦宝娟(第 4 章)和李敏(第 1 章);陕西理工学院唐志华(第 7、11 章)、姜敏(第 9、13 章)、庞海霞(第 12 章)、熊海涛(第 10 章)和许琼(第 8、14 章);咸阳师范学院范广(第 2 章、附录);安康学院黄宏升(第 16、17 章)、武立州(第 27 章)和张万锋(第 15 章)。全书由王书民担任主编,并由陕西师范大学胡满成和陕西科技大学李仲谨担任主审。

本书在编写过程中受到了国内多位教学名师的指点,他们的思想已经融入了本书的体系之中。因此,可以毫不夸张地说,本书是一线教师智慧的结晶,也是新一代一线教师的有力帮手。

本书在编写过程中受到了陕西省八所地方院校诸位领导的大力支持,获得了商洛学院教务处的教学立项和经费支持,同时得到了科学出版社的支持,在此表示深深的感谢。在编写过程中参考了部分教材和论文,已在文后参考文献中列出,在此对所有的作者表示深深的谢意。

特别感谢中国科学院院士、厦门大学郑兰荪教授在百忙中对陕西高等教育的关心和指导,并为本书作序。

编书的过程是艰辛的,心情是激动的。我们也是在改革的洪流中摸着石头过河。鉴于我们的水平有限,疏漏和不足之处在所难免,敬请广大教师和学生批评指正。

王书民(happywshm@126.com)

周春生(slzhoucs@126.com)

2013 年春于商洛

目 录

序

前言

第 0 章 绪论	1
0.1 化学是研究物质变化的科学	1
0.1.1 化学的一般定义	1
0.1.2 化学的新发展和新地位	2
0.2 研究化学的目的	5
0.2.1 化学是人们了解世界、创造社会的基础	5
0.2.2 化学是人类进步的关键	5
0.3 无机化学学科的现状、发展和特点	8
0.3.1 无机化学的研究范围	8
0.3.2 无机化学学科的现状和发展趋势简介	8
0.3.3 现代无机化学发展的特点	15
0.4 学习无机化学的方法	15
0.4.1 重视化学理论的指导作用	15
0.4.2 重视化学史的学习	16
0.4.3 重视学习中思维方法的训练	18
0.4.4 重视化学实验的训练	18
0.4.5 重视做好化学习题	19
习题	19
第 1 章 物质的聚集状态	20
1.1 气体	21
1.1.1 理想气体状态方程	21
1.1.2 实际气体状态方程	22
1.1.3 分压定律和分体积定律	23
1.1.4 气体扩散定律	25
1.1.5 气体分子运动论	26
1.1.6 气体的液化	27
1.2 溶液和液体	29
1.2.1 液体状态	29
1.2.2 溶液浓度的表示方法	31
1.2.3 溶液的依数性	33
1.3 固体	38
1.3.1 晶体	38
1.3.2 非晶体	40

习题	40
第2章 原子结构	41
2.1 原子结构理论发展简介	41
2.1.1 原子结构模型	41
2.1.2 氢原子光谱	42
2.1.3 玻尔理论	43
2.2 氢原子的量子力学模型	45
2.2.1 光的波粒二象性	45
2.2.2 电子的波粒二象性	46
2.3 核外电子运动状态的描述	47
2.3.1 薛定谔方程	47
2.3.2 四个量子数	50
2.4 核外电子的排布	51
2.4.1 多电子原子的能级	51
2.4.2 核外电子的排布规则	55
2.4.3 电子排布	56
2.5 元素周期律	56
2.5.1 原子的电子组态与元素分区	56
2.5.2 原子的电子组态与元素周期的关系	57
2.6 元素基本性质的周期	58
2.6.1 原子半径	58
2.6.2 电离能	60
2.6.3 电子亲和能	61
2.6.4 元素的电负性	62
习题	63
第3章 化学键理论与分子结构	65
3.1 离子键理论	66
3.1.1 离子键及其特点	66
3.1.2 离子的特征	68
3.1.3 离子极化	70
3.2 共价键	72
3.2.1 现代价键理论	72
3.2.2 价键理论	73
3.2.3 价层电子对互斥理论	76
3.2.4 杂化轨道理论	79
3.2.5 分子轨道理论	81
3.3 金属键理论	86
3.4 键参数和共价分子的性质	88
3.4.1 键参数	88
3.4.2 键的极性与分子的极性	89

3.5 分子间作用力和氢键	90
3.5.1 分子间作用力——范德华力	90
3.5.2 氢键	92
习题	94
第4章 晶体的结构	96
4.1 晶体的微观结构特征	97
4.1.1 几个基本概念	97
4.1.2 晶系和空间点阵排列形式	100
4.2 晶体的基本类型	102
4.2.1 原子晶体	103
4.2.2 分子晶体	103
4.2.3 离子晶体	104
4.2.4 金属晶体	106
4.3 晶体缺陷简介	109
习题	110
第5章 化学热力学初步	112
5.1 化学热力学的基本概念	113
5.1.1 系统与环境	113
5.1.2 热力学温度和热力学标准压力	114
5.1.3 状态和状态函数	114
5.1.4 过程与途径	115
5.1.5 热力学能、热和功	115
5.2 热力学第一定律	117
5.2.1 热力学第一定律	117
5.2.2 化学反应的热效应与焐变	118
5.2.3 化学反应热效应的计算	119
5.3 化学反应的方向	125
5.3.1 反应的自发性	125
5.3.2 熵的初步概念	127
5.3.3 吉布斯自由能	131
5.3.4 温度对化学反应自发性的影响——吉布斯-亥姆霍兹公式	133
5.3.5 化学反应的等温式	135
习题	136
第6章 化学反应动力学基础	138
6.1 化学反应速率及其表示方法	139
6.1.1 平均速率	139
6.1.2 瞬时速率	140
6.2 反应速率理论简介	140
6.2.1 碰撞理论	140
6.2.2 过渡状态理论	142

6.3 影响化学反应速率的因素	143
6.3.1 浓度对化学反应速率的影响	143
6.3.2 温度对化学反应速率的影响	146
6.3.3 催化剂对化学反应速率的影响	147
习题	149
第7章 酸碱和酸碱反应	152
7.1 酸碱电离理论	153
7.2 酸碱溶剂理论简介	153
7.3 酸碱质子理论	154
7.3.1 酸碱的定义	154
7.3.2 酸碱的共轭关系	155
7.3.3 酸和碱的反应	156
7.3.4 酸碱的强弱和反应的方向	156
7.3.5 酸碱性强弱与分子结构的关系	159
7.3.6 超酸	163
7.4 酸碱电子理论	163
7.4.1 酸碱电子理论	163
7.4.2 软硬酸碱理论	165
7.5 化学中酸碱理论的发展与创新	167
习题	167
第8章 氧化还原反应	169
8.1 氧化还原的基本概念	169
8.1.1 氧化值	169
8.1.2 氧化还原电对	171
8.1.3 氧化还原方程式的配平	171
8.2 原电池	173
8.2.1 原电池的原理	173
8.2.2 电极反应与电池反应	174
8.2.3 原电池的表示方法	175
8.3 电解和电镀	175
8.3.1 原电池和电解池	176
8.3.2 电解定律	178
8.4 化学电源简介	178
8.4.1 酸性锌锰电池	179
8.4.2 碱性锌锰电池	179
8.4.3 镍镉电池	180
8.4.4 镍氢电池	180
8.4.5 锂电池和锂离子电池	180
8.4.6 铅蓄电池	181
8.4.7 燃料电池	182

习题	184
第9章 配位化合物	186
9.1 配位化合物	186
9.1.1 配位化合物的定义	187
9.1.2 配位化合物的组成	187
9.1.3 配位化合物的类型	189
9.1.4 配位化合物的命名	190
9.2 配位化合物的异构现象与立体结构	191
9.2.1 结构异构	192
9.2.2 几何异构	192
9.2.3 对映异构	194
9.3 配位化合物的化学键理论	194
9.3.1 配位化合物的价键理论	195
9.3.2 晶体场理论	199
9.4 配位化合物的结构变形——姜-泰勒效应	208
9.5 配位化合物的重要性	210
9.5.1 配位化合物在无机化学、分析化学方面的应用	210
9.5.2 配位催化	212
9.5.3 生物化学中的配位化合物	212
习题	213
第10章 化学平衡通论	215
10.1 可逆反应与化学平衡状态	215
10.1.1 可逆反应与化学平衡	215
10.1.2 化学平衡的基本特征	216
10.1.3 化学平衡常数	217
10.2 化学反应进行的方向	219
10.2.1 标准平衡常数	219
10.2.2 化学反应方向的判断	222
10.2.3 化学反应等温式	223
10.2.4 标准平衡常数 $K^\ominus$ 与 $\Delta_r G_m^\ominus$ 的关系	223
10.3 化学平衡的移动	225
10.3.1 浓度对标准平衡常数的影响	225
10.3.2 压力对标准平衡常数的影响	227
10.3.3 温度对标准平衡常数的影响	229
10.3.4 从热力学和动力学等方面来选择合理的生产条件	230
习题	232
第11章 酸碱解离平衡	234
11.1 强电解质溶液	234
11.1.1 离子氛与离子强度	235
11.1.2 活度与活度系数	236

11.2	弱酸、弱碱的解离平衡	237
11.2.1	水的离子积与溶液的 pH	237
11.2.2	一元弱酸、弱碱的解离平衡	238
11.2.3	酸碱指示剂	244
11.2.4	缓冲溶液	246
11.3	盐类水解	248
	习题	252
第 12 章	沉淀-溶解平衡	253
12.1	溶度积规则	253
12.1.1	溶度积常数	253
12.1.2	溶度积与溶解度的相互换算	255
12.1.3	溶度积规则及其应用	256
12.2	分步沉淀	259
12.3	沉淀的转化	261
12.4	沉淀的溶解	262
12.4.1	生成弱电解质使沉淀溶解	262
12.4.2	通过氧化还原反应使沉淀溶解	263
12.4.3	通过配位反应使沉淀溶解	263
	习题	264
第 13 章	配位平衡	266
13.1	配位平衡常数	266
13.1.1	稳定常数和不稳定常数	267
13.1.2	配离子的逐级稳定常数	268
13.2	影响配位化合物在水溶液中稳定性的因素	270
13.2.1	中心原子的结构和性质的影响	270
13.2.2	配体性质的影响	271
13.3	配位平衡移动	273
13.3.1	配离子之间的转化	273
13.3.2	酸碱解离平衡对配位平衡的影响	274
13.3.3	沉淀-溶解平衡对配位平衡的影响	274
13.3.4	氧化还原平衡对配位平衡的影响	275
	习题	276
第 14 章	氧化还原平衡	277
14.1	电极电势	277
14.1.1	电极电势的产生——双电层理论	277
14.1.2	标准氢电极和甘汞电极	278
14.1.3	标准电极电势表	280
14.2	标准电极电势的应用	282
14.2.1	标准状态下氧化还原反应方向的判断	282
14.2.2	标准状态下氧化剂和还原剂的选择	284

14.2.3	标准电池电动势与氧化还原反应的标准平衡常数	284
14.3	元素电势图及其应用	285
14.3.1	元素电势图	285
14.3.2	元素电势图的应用	285
14.4	能斯特方程及其应用	287
14.4.1	能斯特方程	287
14.4.2	能斯特方程的应用	288
14.4.3	电势-pH图及其应用	294
14.4.4	弗洛斯特图及其应用	296
	习题	298
第15章	碱金属与碱土金属	300
15.1	碱金属、碱土金属的通性	300
15.1.1	物理性质	302
15.1.2	化学性质	302
15.1.3	金属单质的制备	305
15.2	含氧化合物	306
15.2.1	氧化物	306
15.2.2	氢氧化物	309
15.3	盐类	310
15.3.1	晶体类型	310
15.3.2	盐的溶解性	311
15.3.3	复盐	312
15.3.4	含氧酸盐的热稳定性	312
15.3.5	重要的盐简介	312
15.3.6	硬水及其软化	314
15.4	锂、铍的特殊性与对角线规则	315
15.4.1	锂和铍的特殊性	315
15.4.2	对角线规则	315
	习题	316
第16章	硼族元素	318
16.1	硼族元素概述	318
16.2	硼单质及其化合物	320
16.2.1	单质硼	320
16.2.2	硼的氢化物	321
16.2.3	硼的含氧化合物	323
16.2.4	硼的卤化物	328
16.3	铝单质及其化合物	329
16.3.1	铝单质	329
16.3.2	铝的含氧化合物	331
16.3.3	铝的三卤化物	331

16.4	镓、铟和铊	332
16.5	惰性电子对效应	333
	习题	335
第17章	碳族元素	336
17.1	碳族元素的通性	336
17.2	碳族元素的单质及其化合物	338
17.2.1	碳的单质	338
17.2.2	氧化物	340
17.2.3	含氧酸及其盐	342
17.3	硅单质及其化合物	344
17.3.1	单质硅	344
17.3.2	硅的含氧化合物	345
17.3.3	硅烷	349
17.3.4	硅的卤化物	349
17.4	锗、锡、铅	350
17.4.1	单质	350
17.4.2	重要化合物	352
	习题	355
第18章	氮族元素	356
18.1	氮族元素的通性	357
18.2	氮及其化合物	358
18.2.1	单质的制备、性质和用途	358
18.2.2	氧化物	359
18.2.3	氮的氢化物	361
18.2.4	含氧酸及其盐	364
18.2.5	氮的卤化物	369
18.3	磷及其化合物	370
18.3.1	磷单质	370
18.3.2	磷的氢化物	373
18.3.3	氧化物	373
18.3.4	含氧酸及其盐	374
18.3.5	卤化物	378
18.4	砷、锑、铋	379
18.4.1	单质	379
18.4.2	重要化合物	380
	习题	385
第19章	氧族元素	387
19.1	氧族元素的基本性质	387
19.1.1	氧族概述	387
19.1.2	氧族元素的一般性质	389

19.1.3	氧的特殊性	390
19.2	臭氧和过氧化氢	391
19.2.1	臭氧	391
19.2.2	过氧化氢	393
19.3	硫及其化合物	396
19.3.1	单质硫	396
19.3.2	硫的价键特征	398
19.3.3	含硫的化合物的性质	399
19.3.4	硫的含氧化合物	401
	习题	408
第 20 章	卤素	410
20.1	卤素的通性	410
20.2	卤素单质及其化合物	412
20.2.1	卤素单质的性质、制备及用途	412
20.2.2	卤化氢和氢卤酸	418
20.2.3	卤化物、卤素互化物、多卤化物	421
20.2.4	氧化物、含氧酸及其盐	426
20.2.5	含氧酸的氧化性和热稳定性的变化规律	432
20.2.6	含氧酸的酸性强弱变化规律	433
	习题	434
第 21 章	氢和稀有气体	435
21.1	氢	436
21.1.1	氢的存在	436
21.1.2	氢的成键特征	436
21.1.3	氢的性质和应用	437
21.1.4	氢的制备	438
21.1.5	氢化物	439
21.1.6	氢能源	441
21.2	稀有气体	442
21.2.1	稀有气体的发现	442
21.2.2	稀有气体的性质和用途	443
21.2.3	稀有气体的存在和分离	444
21.2.4	稀有气体化合物	445
21.2.5	稀有气体化合物的结构	448
	习题	449
第 22 章	过渡元素概论	451
22.1	过渡元素的概念	452
22.2	过渡元素的通性	452
22.2.1	原子半径	453
22.2.2	过渡元素的物理性质	453

22.3 过渡元素的化学性质	456
22.3.1 过渡金属单质的化学活泼性	456
22.3.2 过渡元素的氧化态及其稳定性	456
22.4 无机颜料和化合物的颜色	460
22.4.1 无机颜料	460
22.4.2 过渡元素的离子的颜色	460
22.5 过渡元素的磁性	461
22.6 过渡元素配位化合物	462
22.7 过渡金属与工业催化	463
习题	463
第 23 章 4~7 族重要元素及其化合物	465
23.1 钛分族	465
23.1.1 钛及其重要化合物	465
23.1.2 锆和铪	469
23.2 钒分族	469
23.2.1 钒及其重要化合物	469
23.2.2 铌和钽	472
23.3 铬分族	473
23.3.1 铬及其重要化合物	473
23.3.2 钼和钨	478
23.4 锰分族	479
23.4.1 锰元素及其重要的化合物	479
23.4.2 锝和铼	483
习题	484
第 24 章 8~10 族元素	486
24.1 铁系元素资源	486
24.1.1 铁系元素概述	486
24.1.2 铁系元素的重要化合物	488
24.2 铂系元素	499
24.2.1 铂系元素概述	499
24.2.2 铂系元素的重要化合物	501
习题	502
第 25 章 11 族元素和 12 族元素	504
25.1 铜族元素	504
25.1.1 单质	506
25.1.2 铜的化合物	507
25.1.3 银的重要化合物	512
25.1.4 金的重要化合物	514
25.2 锌族元素	514
25.2.1 单质	516