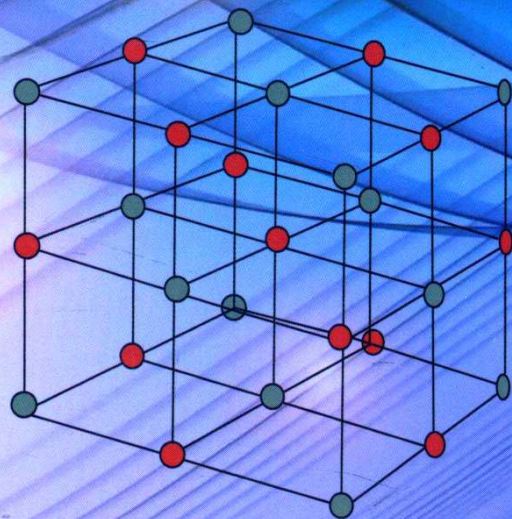
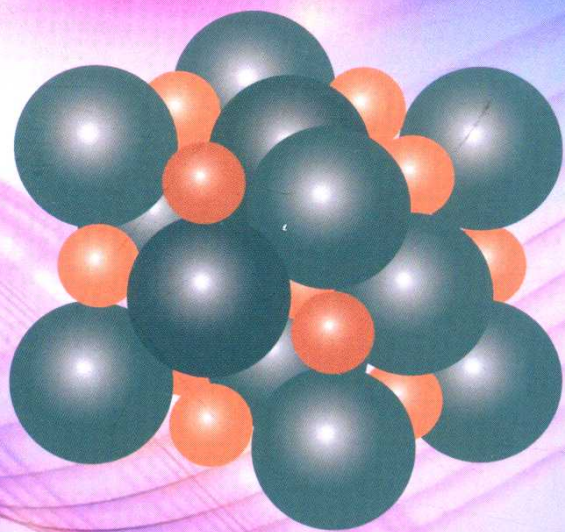


高 等 学 校 规 划 教 材

简明无机化学

吴文伟 主编



化学工业出版社

高 等 学 校 规 划 教 材

简明无机化学

吴文伟 主编

王 凡 廖 森 尹作栋 吴学航 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

《简明无机化学》是广西大学立项编写教材。全书分为上下两篇。上篇介绍无机化学的理论部分，包括化学热力学基础、化学动力学基础、化学平衡原理、水溶液化学（酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原反应、配位化合物）、物质结构基础（原子结构、化学键与分子结构、固体结构与性质）共十章；下篇介绍元素化学，包括氢、稀有气体，s 区元素，p 区元素（一），p 区元素（二），p 区元素（三），d 区元素（一），d 区元素（二），f 区元素共八章。各章配有学习目标、综合性思考题、复习思考题和习题供使用者参考。此外，部分章节配有阅读材料，拓展读者知识面。

《简明无机化学》可作为高等学校化学、化工、制药、材料、矿物资源、轻工及有关专业的无机化学课程教材，也可供相关科研、工程技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

简明无机化学/吴文伟主编. —北京：化学工业出版社，2019.9

高等学校规划教材

ISBN 978-7-122-34499-1

I. ①简… II. ①吴… 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 (2019) 第 089769 号

责任编辑：马泽林 杜进祥

装帧设计：韩 飞

责任校对：杜杏然

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：三河市双峰印刷装订有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 25½ 彩插 1 字数 614 千字 2019 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：59.00 元

版权所有 违者必究

前言

无机化学课程是化学、化工、制药、材料、轻工等专业的基础课程，也是必修课程，通常在本科一年级第一学期讲授。对于刚从高中阶段进入大学阶段的新生，其在思维方式、学习方法、生活节奏上都还不太适应大学生活，自我选用资料、获取知识的能力还不强，加之教师使用多媒体授课后课程内容多，授课速度快，如何学好无机化学课程，对每一位大一新生来说都是一种挑战。在实际教学中我们发现，处于这一阶段的学生，更加迫切需要一本利于自学，利于课堂听课与教师讲授和谐同步，利于思维方式和学习方法的调整以适应跳跃式的大学教学的无机化学教材。现阶段，学校教学强调以学生为本，课堂讲课以学生为主体，旨在师生和谐同步共进。本教材的编写正是基于这样的教学需求和教学理念，并力求在如下方面取得成效。

1. 基本理论、基本概念、基本公式的叙述推导，力求简明扼要、通俗易懂，并配以相应的例题，以利于学生自学、理解、掌握及应用。

2. 每章均配以精要的学习目标，指导学生了解章节内容的重点和难点，明确要掌握的知识内容。

3. 部分章节中插入阅读材料，有利于学生的素质教育和启迪学生的创新思维。

4. 部分章节配有综合性思考题。综合性思考题包含了整章的主要内容，学生解答综合性思考题，将得到综合运用、理解及掌握所学知识的训练。

5. 每章配有足量的复习思考题和习题，可满足学生对相关章节内容的复习和思考，从而提高学生分析问题和解决问题的能力。

《简明无机化学》是广西大学立项编写教材。广西大学化学化工学院吴文伟、王凡、廖森、尹作栋、吴学航参与了本教材的编写工作，由吴文伟负责统编定稿。此外，罗芳光、周立亚、王清也参与了本教材的部分编写工作。南宁师范大学陈超球审核了全文并提出了许多宝贵意见。陈文及夏久阳参与了本书的资料收集等工作。本教材在编写过程中也得到广西大学教务处领导，广西大学化学化工学院领导和各位老师的支持与帮助，在此一并深表谢意。

由于编者水平有限，书中的疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者
2019年1月

元素周期表

族 周期	1 I A	2 II A											13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 VIII(O)	电子层
1	H 氢 1s ¹ 1.008																	He 氦 1s ² 4.002602(2)	K
2	Li 锂 2s ¹ 6.94	Be 铍 2s ² 9.0121831(5)											B 硼 2s ² 2p ¹ 10.81	C 碳 2s ² 2p ² 12.011	N 氮 2s ² 2p ³ 14.007	O 氧 2s ² 2p ⁴ 15.999	F 氟 2s ² 2p ⁵ 18.998403163(6)	Ne 氖 2s ² 2p ⁶ 20.1797(6)	L K
3	Na 钠 3s ¹ 22.98976928(2)	Mg 镁 3s ² 24.305											Al 铝 3s ² 3p ¹ 26.9815385(7)	Si 硅 3s ² 3p ² 28.085	P 磷 3s ² 3p ³ 30.973761998(5)	S 硫 3s ² 3p ⁴ 32.06	Cl 氯 3s ² 3p ⁵ 35.45	Ar 氩 3s ² 3p ⁶ 39.948(1)	M L K
4	K 钾 4s ¹ 39.0983(1)	Ca 钙 4s ² 40.078(4)	Sc 钪 3d ¹ 4s ² 44.955908(5)	Ti 钛 3d ² 4s ² 47.867(1)	V 钒 3d ³ 4s ² 50.9415(1)	Cr 铬 3d ⁵ 4s ¹ 51.9961(6)	Mn 锰 3d ⁵ 4s ² 54.938044(3)	Fe 铁 3d ⁶ 4s ² 55.845(2)	Co 钴 3d ⁷ 4s ² 58.933194(4)	Ni 镍 3d ⁸ 4s ² 58.6934(4)	Cu 铜 3d ¹⁰ 4s ¹ 63.546(3)	Zn 锌 3d ¹⁰ 4s ² 65.38(2)	Ga 镓 4s ² 4p ¹ 69.723(1)	Ge 锗 4s ² 4p ² 72.630(8)	As 砷 4s ² 4p ³ 74.921595(6)	Se 硒 4s ² 4p ⁴ 78.971(8)	Br 溴 4s ² 4p ⁵ 79.904	Kr 氪 4s ² 4p ⁶ 83.798(2)	N M L K
5	Rb 铷 5s ¹ 85.4678(3)	Sr 锶 5s ² 87.62(1)	Y 钇 4d ¹ 5s ² 88.90584(2)	Zr 锆 4d ² 5s ² 91.224(2)	Nb 铌 4d ⁴ 5s ¹ 92.90637(2)	Mo 钼 4d ⁵ 5s ¹ 95.95(1)	Tc 锝 [*] 4d ⁵ 5s ² 97.90721(3) [*]	Ru 钌 [*] 4d ⁷ 5s ¹ 101.07(2)	Rh 铑 [*] 4d ⁸ 5s ¹ 102.90550(2)	Pd 钯 [*] 4d ¹⁰ 106.42(1)	Ag 银 4d ¹⁰ 5s ¹ 107.8682(2)	Cd 镉 4d ¹⁰ 5s ² 112.414(4)	In 铟 5s ² 5p ¹ 114.818(1)	Sn 锡 5s ² 5p ² 118.710(7)	Sb 锑 5s ² 5p ³ 121.760(1)	Te 碲 5s ² 5p ⁴ 127.60(3)	I 碘 5s ² 5p ⁵ 126.90447(3)	Xe 氙 5s ² 5p ⁶ 131.293(6)	O N M L K
6	Cs 铯 6s ¹ 132.90545196(6)	Ba 钡 6s ² 137.327(7)	La~Lu 镧系	Hf 铪 5d ² 6s ² 178.49(2)	Ta 钽 5d ³ 6s ² 180.94788(2)	W 钨 5d ⁴ 6s ² 183.84(1)	Re 铼 5d ⁵ 6s ² 186.207(1)	Os 锇 5d ⁶ 6s ² 190.23(3)	Ir 铱 5d ⁷ 6s ² 192.217(3)	Pt 铂 5d ⁹ 6s ¹ 195.084(9)	Au 金 5d ¹⁰ 6s ¹ 196.966569(5)	Hg 汞 5d ¹⁰ 6s ² 200.592(3)	Tl 铊 6s ² 6p ¹ 204.38	Pb 铅 6s ² 6p ² 207.2(1)	Bi 铋 6s ² 6p ³ 208.98040(1)	Po 钋 [*] 6s ² 6p ⁴ 208.98243(2) [*]	At 砹 [*] 6s ² 6p ⁵ 209.98715(5) [*]	Rn 氡 6s ² 6p ⁶ 222.01758(2) [*]	P O N M L K
7	Fr 钫 [*] 7s ¹ 223.01974(2) [*]	Ra 镭 [*] 7s ² 226.02541(2) [*]	Ac~Lr 锕系	Rf 𨭈 [*] 6d ² 7s ² 267.122(4) [*]	Db 𨨭 [*] 6d ³ 7s ² 270.131(4) [*]	Sg 𨨌 [*] 6d ⁴ 7s ² 269.129(3) [*]	Bh 𨨮 [*] 6d ⁵ 7s ² 270.133(2) [*]	Hs 𨨰 [*] 6d ⁶ 7s ² 270.134(2) [*]	Mt 𨨲 [*] 6d ⁷ 7s ² 278.156(5) [*]	Ds 𨨴 [*] 6d ⁹ 7s ² 281.165(4) [*]	Rg 𨨶 [*] 6d ¹⁰ 7s ² 281.166(6) [*]	Cn 𨨸 [*] 6d ¹⁰ 7s ² 285.177(4) [*]	Nh 𨨺 [*] 6d ¹⁰ 7s ² 286.182(5) [*]	Fl 𨨼 [*] 6d ¹⁰ 7s ² 289.190(4) [*]	Mc 𨨾 [*] 6d ¹⁰ 7s ² 289.194(6) [*]	Lv 𨨻 [*] 6d ¹⁰ 7s ² 293.204(4) [*]	Ts 𨨽 [*] 6d ¹⁰ 7s ² 293.208(6) [*]	Og 𨨿 [*] 6d ¹⁰ 7s ² 294.214(5) [*]	Q P O N M L K

★ 镧系	57 La 镧 5d ¹ 6s ² 138.90547(7)	58 Ce 铈 4f ¹ 5d ¹ 6s ² 140.116(1)	59 Pr 镨 4f ³ 6s ² 140.90766(2)	60 Nd 钕 4f ⁴ 6s ² 144.242(3)	61 Pm 钷 [*] 4f ⁵ 6s ² 144.91276(2) [*]	62 Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.36(2)	63 Eu 铕 4f ⁷ 6s ² 151.964(1)	64 Gd 钆 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 157.25(3)	65 Tb 铽 4f ⁹ 6s ² 158.92535(2)	66 Dy 镝 4f ¹⁰ 6s ² 162.500(1)	67 Ho 钬 4f ¹¹ 6s ² 164.93033(2)	68 Er 铒 4f ¹² 6s ² 167.259(3)	69 Tm 铥 4f ¹³ 6s ² 168.93422(2)	70 Yb 镱 4f ¹⁴ 6s ² 173.045(10)	71 Lu 镥 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 174.9668(1)
★ 锕系	89 Ac 锕 [*] 6d ¹ 7s ² 227.02775(2) [*]	90 Th 钍 6d ² 7s ² 232.0377(4)	91 Pa 镤 5f ² 6d ¹ 7s ² 231.03588(2)	92 U 铀 5f ³ 6d ¹ 7s ² 238.02891(3)	93 Np 镎 [*] 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² 237.04817(2) [*]	94 Pu 钚 [*] 5f ⁶ 7s ² 244.06421(4) [*]	95 Am 镅 [*] 5f ⁷ 7s ² 243.06138(2) [*]	96 Cm 锔 [*] 5f ⁷ 6d ¹ 7s ² 247.07353(3) [*]	97 Bk 锫 [*] 5f ⁹ 7s ² 247.07031(4) [*]	98 Cf 锿 [*] 5f ¹⁰ 7s ² 251.07959(3) [*]	99 Es 镄 [*] 5f ¹¹ 7s ² 252.0830(3) [*]	100 Fm 镆 [*] 5f ¹² 7s ² 257.09511(5) [*]	101 Md 钔 [*] 5f ¹³ 7s ² 258.09843(3) [*]	102 No 钆 [*] 5f ¹⁴ 7s ² 259.1010(7) [*]	103 Lr 铹 [*] 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² 262.110(2) [*]

目 录

上篇 原理·结构

第1章 化学热力学基础

2

1.1 基本概念和术语	2
1.1.1 体系和环境	2
1.1.2 状态和状态函数	3
1.1.3 热、功和热力学能	4
1.1.4 过程和途径	5
1.1.5 热化学方程式和反应进度	5
1.2 化学反应热和反应焓变	6
1.2.1 热力学第一定律	7
1.2.2 定容反应热	7
1.2.3 定压反应热与反应的焓变	8
1.2.4 Q_p 与 Q_v 的关系	8
1.2.5 热力学标准条件与标准摩尔生成焓	9
1.3 化学反应热的热力学计算	11
1.3.1 由标准摩尔生成焓计算反应热	11
1.3.2 由标准摩尔燃烧焓计算反应热	12
1.3.3 由盖斯定律计算反应热	13
1.3.4 由键焓 (能) 估算反应热	14
1.4 化学反应的方向	15
1.4.1 化学反应的自发性	15
1.4.2 熵、熵变及规律	16
1.4.3 吉布斯自由能变和化学反应的方向	17
1.4.4 标准吉布斯自由能变的计算	18
综合性思考题	21
复习思考题	21
习题	23

第2章 化学动力学基础

27

2.1 化学反应速率的基本概念	27
2.1.1 化学反应速率的表示方法	27

2.1.2 基元反应与反应机理	28
2.2 化学反应速率理论	29
2.2.1 分子碰撞理论简介	29
2.2.2 过渡状态理论简介	30
2.2.3 活化能与反应热的关系	31
2.3 浓度对化学反应速率的影响	32
2.3.1 速率方程与反应级数	32
2.3.2 质量作用定律	33
2.3.3 浓度与时间的定量关系	34
2.4 温度对反应速率的影响	35
2.4.1 阿伦尼乌斯公式	36
2.4.2 阿伦尼乌斯公式的应用	37
2.5 催化剂对反应速率的影响	37
2.5.1 催化剂的基本特征	37
2.5.2 均相催化和多相催化	38
2.5.3 酶催化	39
综合性思考题	39
复习思考题	40
习题	41

第3章 化学平衡原理

44

3.1 化学平衡系统	44
3.1.1 实验平衡常数	44
3.1.2 标准平衡常数	45
3.1.3 多重平衡规则	46
3.1.4 反应商 Q	47
3.2 化学平衡与吉布斯自由能变	47
3.2.1 化学等温方程与反应商判据	47
3.2.2 范特霍夫方程	49
3.3 化学平衡的移动	50
3.3.1 浓度对化学平衡移动的影响	50
3.3.2 压力对化学平衡移动的影响	51
3.3.3 温度对化学平衡移动的影响	52
3.4 化学平衡的计算	53
3.4.1 气体定律	53
3.4.2 平衡组成的计算	54
综合性思考题	57
复习思考题	57
习题	58

4.1 酸碱质子理论	62
4.1.1 酸碱的定义与共轭酸碱对	62
4.1.2 酸碱反应	63
4.1.3 共轭酸碱对 $K_a^\ominus$ 与 $K_b^\ominus$ 的关系	63
4.2 弱电解质的解离平衡	64
4.2.1 一元弱酸弱碱的解离平衡	64
4.2.2 多元弱电解质的解离平衡	67
4.2.3 盐溶液中的解离平衡	68
4.2.4 酸碱平衡移动	72
4.3 缓冲溶液	74
4.3.1 缓冲作用原理	74
4.3.2 缓冲溶液 pH 值的计算	75
4.3.3 缓冲容量及缓冲范围	76
4.3.4 缓冲对的选择及缓冲溶液的配制	78
4.3.5 缓冲溶液的生物学意义	78
4.4 溶液的浓度	79
4.4.1 摩尔浓度	79
4.4.2 质量摩尔浓度	79
4.4.3 摩尔分数	79
4.5 强电解质溶液	80
阅读材料 人血液的 pH 值	81
综合性思考题	82
复习思考题	83
习题	83

5.1 溶度积原理	86
5.1.1 溶度积常数	86
5.1.2 溶度积与溶解度	87
5.1.3 溶度积常数与自由能变	88
5.2 沉淀的生成与溶解	88
5.2.1 溶度积规则	88
5.2.2 沉淀的生成	89
5.2.3 分步沉淀	91
5.2.4 沉淀的溶解	92
5.2.5 沉淀的转化	96
综合性思考题	96
复习思考题	97
习题	97

6.1 氧化还原反应方程式的配平	101
6.1.1 氧化数	101
6.1.2 离子-电子法配平反应方程式	102
6.2 原电池与电极电势	104
6.2.1 原电池构造	104
6.2.2 电解与法拉第定律	105
6.2.3 电极电势的产生与测定	106
6.3 影响电极电势的因素	109
6.3.1 能斯特方程	109
6.3.2 浓度对电极电势的影响	109
6.3.3 酸度对电极电势的影响	110
6.3.4 生成沉淀对电极电势的影响	110
6.3.5 生成配合物对电极电势的影响	112
6.4 电极电势的应用	112
6.4.1 判断原电池正负极和书写原电池符号	112
6.4.2 比较氧化剂和还原剂的相对强弱	113
6.4.3 选择合适的氧化剂和还原剂	113
6.4.4 判断氧化还原反应的方向	114
6.4.5 判断氧化还原反应进行的程度	115
6.4.6 计算难溶电解质的溶度积	115
6.4.7 元素电势图及其应用	116
阅读材料 化学电源实例	118
综合性思考题	121
复习思考题	122
习题	122

7.1 配合物的基本概念	126
7.1.1 配合物的定义	126
7.1.2 配合物的组成	127
7.1.3 配合物的化学式及命名	128
7.2 配位平衡	129
7.2.1 配位平衡常数	129
7.2.2 配位平衡与酸碱平衡	131
7.2.3 配位平衡与沉淀溶解平衡	132
7.2.4 配位平衡与氧化还原平衡	134
7.2.5 配位平衡间的相互转化	136
7.3 配合物的分类	136
7.3.1 简单配合物	136

7.3.2 螯合物	137
7.3.3 特殊配合物	138
综合性思考题	139
复习思考题	139
习题	140

第8章 原子结构

141

8.1 原子结构理论的发展	141
8.2 量子力学原子模型	143
8.2.1 核外电子运动的特征	143
8.2.2 核外电子运动状态的描述	144
8.2.3 量子数、原子轨道和电子运动状态	148
8.3 原子核外电子排布与元素周期律	151
8.3.1 基态原子中电子排布原理	151
8.3.2 多电子原子的电子排布	152
8.3.3 原子的电子层结构与元素周期律	156
8.4 元素性质的周期性	157
8.4.1 原子半径	157
8.4.2 电离能 (I)	159
8.4.3 电子亲和能 (A)	160
8.4.4 电负性 (χ)	161
阅读材料 中子星知多少?	162
复习思考题	162
习题	163

第9章 化学键与分子结构

165

9.1 离子键理论	165
9.1.1 离子键的理论要点	165
9.1.2 离子键的强度	166
9.2 价键理论 (VB 法)	167
9.2.1 共价键理论的发展	167
9.2.2 价键理论要点	167
9.2.3 共价键的类型	168
9.2.4 共价键的强度	170
9.3 杂化轨道理论	171
9.3.1 杂化轨道理论的建立	171
9.3.2 杂化轨道类型与分子空间构型的关系	171
9.4 配合物中的化学键理论	175
9.4.1 价键理论的要点	175
9.4.2 配合物的几何构型	176
9.5 分子轨道理论	179

9.5.1 分子轨道理论要点	180
9.5.2 分子轨道能级及应用	181
9.6 分子间力和氢键	184
9.6.1 分子的极性和变形性	184
9.6.2 分子间力	186
9.6.3 分子间力对物质物理性质的影响	188
9.6.4 氢键	189
阅读材料 富勒烯	190
复习思考题	191
习题	192

第10章 固体结构与性质

194

10.1 晶体及内部结构	194
10.1.1 晶体结构的特征	194
10.1.2 晶体的内部结构	196
10.1.3 单晶体、多晶体和非晶体	198
10.1.4 晶体类型	200
10.2 金属晶体	200
10.2.1 金属晶体的结构	200
10.2.2 金属键理论	202
10.3 离子晶体	204
10.3.1 常见的晶体类型	204
10.3.2 半径比规则	205
10.3.3 晶格能	207
10.3.4 离子极化	209
10.4 分子晶体和原子晶体	211
10.4.1 分子晶体	211
10.4.2 原子晶体	211
10.4.3 层状晶体	212
阅读材料 红宝石与蓝宝石	213
复习思考题	214
习题	214

下篇 元素化学

第11章 氢、稀有气体

217

11.1 氢	217
11.1.1 氢的自然资源	217
11.1.2 氢的成键特征	218
11.1.3 氢的结构性质和用途	218

11.1.4	氢的制备	221
11.1.5	氢化物	222
11.1.6	氢能源	223
11.2	稀有气体	224
11.2.1	稀有气体的发现	224
11.2.2	稀有气体的性质和用途	225
11.2.3	稀有气体化合物	227
	复习思考题	228
	习题	228

第12章 s区元素

230

12.1	s区元素概述	230
12.1.1	s区元素的存在	230
12.1.2	s区元素的通性	230
12.2	s区元素的单质及其化合物	232
12.2.1	单质的特性	232
12.2.2	氢化物	232
12.2.3	氧化物	233
12.2.4	氢氧化物	234
12.2.5	重要盐类及其性质	234
12.2.6	K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} 的鉴定	235
12.3	锂、铍的特殊性及s区元素的对角线关系	236
12.3.1	锂的特殊性	236
12.3.2	铍的特殊性	236
12.3.3	对角线关系	236
12.3.4	对角线规则	237
	复习思考题	237
	习题	237

第13章 p区元素(一)

239

13.1	p区元素概述	240
13.1.1	p区的组成元素	240
13.1.2	价电子结构特征	240
13.1.3	氧化态及惰性电子对效应	241
13.1.4	电负性变化规律	241
13.1.5	半径变化规律	241
13.1.6	元素性质变化的反常性、异样性、相似性、二次周期性	242
13.2	硼族元素(ⅢA)	244
13.2.1	硼族元素的通性	244
13.2.2	硼及其重要化合物	245
13.2.3	铝及其重要化合物	253

13.3 碳族元素	257
13.3.1 碳族元素的通性	257
13.3.2 碳及其重要化合物	258
13.3.3 硅及其重要化合物	262
13.3.4 锡、铅及其重要化合物	266
阅读材料 化学新知识——新型碳、硅、锡材料	271
复习思考题	272
习题	272

第14章 p区元素(二)

275

14.1 氮族元素的通性	275
14.2 氮及其重要化合物	276
14.2.1 氮气的制备及其特性	276
14.2.2 氨和铵盐	277
14.2.3 氮的氧化物、含氧酸及其盐	279
14.3 磷及其重要化合物	284
14.3.1 磷的同素异形体	284
14.3.2 磷的氢化物	284
14.3.3 磷的氧化物、含氧酸及其盐	285
14.3.4 磷的卤化物	289
14.4 砷、锑、铋及其重要化合物	290
14.4.1 砷、锑、铋的单质	290
14.4.2 砷、锑、铋的氢化物	290
14.4.3 砷、锑、铋的氧化物、氢氧化物及含氧酸	291
14.4.4 砷、锑、铋的盐类	292
复习思考题	293
习题	293

第15章 p区元素(三)

295

15.1 氧族元素	295
15.1.1 氧族元素的通性	295
15.1.2 氧及其化合物	297
15.1.3 硫及其化合物	300
15.2 卤素	310
15.2.1 卤素元素的通性	310
15.2.2 卤素单质	311
15.2.3 卤化氢和氢卤酸	314
15.2.4 卤化物	316
15.2.5 卤素含氧酸及其盐	317
15.2.6 拟卤素	320
阅读材料 单质氟的制备	321

复习思考题	322
习题	322

第16章 d区元素 (一)

325

16.1 d区元素的通性	325
16.1.1 d区元素原子的价电子结构	325
16.1.2 d区元素的原子半径	325
16.1.3 d区元素的氧化态	325
16.1.4 d区元素的物理性质	326
16.1.5 d区元素的化学性质	326
16.1.6 d区元素的离子颜色	327
16.2 钛及其重要化合物	327
16.2.1 钛的性质和用途	327
16.2.2 钛的重要化合物	328
16.3 钒及其重要化合物	329
16.3.1 五氧化二钒	329
16.3.2 钒酸及其盐	329
16.4 铬、钼、钨及其重要化合物	330
16.4.1 铬、钼、钨的性质和用途	330
16.4.2 铬的重要化合物	330
16.4.3 钼和钨的重要化合物	333
16.5 锰及其重要化合物	333
16.5.1 锰的性质和用途	333
16.5.2 锰的重要化合物	333
16.6 铁、钴、镍及其重要化合物	335
16.6.1 铁、钴、镍的性质和用途	335
16.6.2 铁、钴、镍的氧化物和氢氧化物	336
16.6.3 铁、钴、镍的盐类	336
16.6.4 铁、钴、镍的配合物	337
阅读材料 具有抗癌活性的金属茂配合物	339
复习思考题	340
习题	340

第17章 d区元素 (二)

343

17.1 铜、锌族元素的通性	343
17.2 铜、锌族元素单质的性质和用途	344
17.2.1 铜族元素单质的性质和用途	344
17.2.2 锌族元素单质的性质和用途	345
17.3 铜和银的重要化合物	346
17.3.1 氧化物和氢氧化物	346
17.3.2 盐类	347

17.3.3 配合物	349
17.3.4 Cu (I) 和 Cu (II) 的相互转化	351
17.4 锌族元素的重要化合物	352
17.4.1 氧化物和氢氧化物	352
17.4.2 盐类	353
17.4.3 配合物	355
17.4.4 Hg (I) 和 Hg (II) 的相互转化	356
阅读材料 汞的危害机理	356
复习思考题	357
习题	357

第18章 f区元素

360

18.1 镧系元素	360
18.1.1 稀土元素通性	360
18.1.2 镧系元素通性	361
18.1.3 镧系元素的重要化合物	364
18.2 铀系元素	369
18.2.1 铀系元素的通性	369
18.2.2 钍和铀的重要化合物	371
18.3 核化学简介	373
18.3.1 核结构	373
18.3.2 核反应	377
18.3.3 核能的利用	378
阅读材料 钍基熔盐堆核能系统——把钍变废为宝转化成为核燃料	381
复习思考题	382
习题	382

附录

383

附录 A 基本物理常数表	383
附录 B 单位换算	383
附录 C 弱酸、弱碱的解离常数 (298.15K)	384
附录 D 难溶化合物的溶度积常数 (291~298K)	384
附录 E 一些物质的标准摩尔生成焓、标准生成自由能和标准熵 (298.15K, 100kPa)	386
附录 F 水合离子的标准生成焓、标准生成自由能和标准熵	389
附录 G 标准电极电势 (298.15K)	390
附录 H 常见配离子的稳定常数 (298.15K)	392

参考文献

394

上 篇

原理 · 结构

化学热力学基础



学习目标

- (1) 了解体系、状态函数等基本概念，理解状态函数的特征。
- (2) 了解热力学第一定律，理解由热力学第一定律导出定容反应热、定压反应热和反应焓变的思维程序和计算公式。
- (3) 理解盖斯定律的含义、掌握由盖斯定律计算反应焓变的计算程序和方法。
- (4) 熟记由标准摩尔生成焓变计算反应焓变的计算公式及其应用。
- (5) 了解自发过程的特征及遵循的规律。
- (6) 了解混乱度和熵的概念，掌握反应熵变的计算及变化规律。
- (7) 了解吉布斯自由能的定义及吉布斯-亥姆霍兹方程。
- (8) 掌握吉布斯自由能判据公式并熟练地应用判据公式判断反应方向。
- (9) 掌握标准吉布斯自由能变的计算。

热力学是研究自然界各种形式的能量之间相互转换的规律，以及能量转换对物质的影响的一门科学。把热力学的基本原理用来研究化学变化和物理变化过程中能量转换规律的科学叫作化学热力学。

化学热力学研究的内容主要包括以下两个方面：

(1) 化学和物理变化中的能量关系。以热力学第一定律为基础，计算化学和物理变化中的热效应，常称热化学。

(2) 化学反应和物理变化进行的方向和限度。以热力学第二定律为基础，通过它判断化学、物理过程的方向；引用热力学数据计算反应的平衡常数，确定过程进行的限度。

化学热力学研究的对象是宏观的由大量质点组成的体系，因此其结论具有统计意义，不适用于个别原子、分子；热力学的研究不涉及速率问题。所以化学热力学只能告诉我们在一定条件下反应能否进行和反应进行的限度，而不能告诉我们反应如何进行以及反应进行的速率有多大。在化学学科领域里，化学热力学、化学动力学、物质结构理论和平衡理论组成了近代化学的四大基本理论。

本章首先介绍化学变化中的能量关系，解决化学和物理变化过程中的能量求算；接着介绍化学反应的方向，应用吉布斯自由能判据公式判断反应的方向。

1.1 基本概念和术语

1.1.1 体系和环境

用热力学的方法研究问题时，首先要确定研究对象的范围和界限。为了便于研究，常