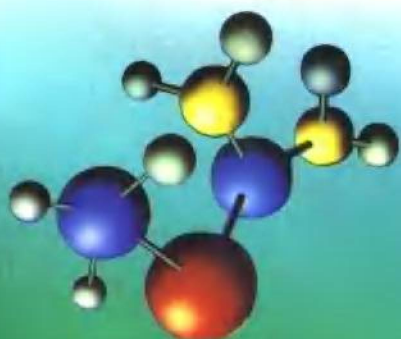


高等专科学校教材

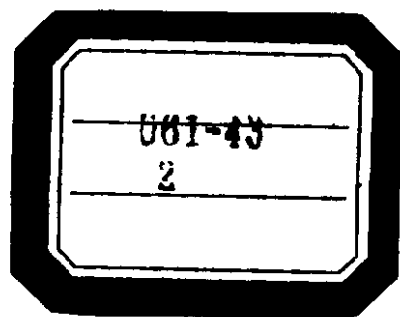
无机化学

古国榜 谷云骊 编



化学工业出版社

1743566

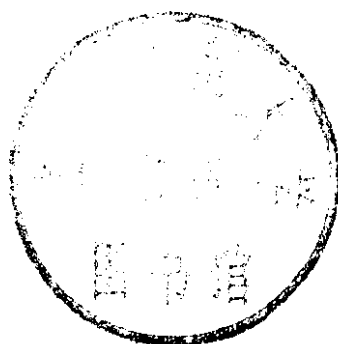


高等专科学校教材

无机化学

古国榜 谷云骊 编

51.027/15



化学工业出版社

·北京·



北师大图 B1354611

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/古国榜、谷云骊编. —北京:化学工业出版社,1998

ISBN 7-5025-1863-0

I. 无… II. ①古… ②谷… III. 无机化学 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 20559 号

高等专科学校教材

无机化学

古国榜 谷云骊 编

责任编辑:梁 虹

责任校对:陈 静

封面设计:宫 历

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市通县京华印刷厂印刷

北京市通县京华印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 12¼ 插页 1 字数 274 千字

1997 年 11 月第 1 版 1997 年 11 月北京第 1 次印刷

印 数:1—5000

ISBN 7-5025-1863-0/G · 489

定 价:20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

编 者 的 话

本书是根据《高等学校工程专科无机化学课程教学基本要求》编写的。编写时我们努力做到如下几点。

1. 以 1991 年修订的全日制中学高中化学教学大纲为起点,内容上避免与中学化学重复。

2. 认真贯彻使用《中华人民共和国法定计量单位》规定的符号和单位。

3. 注意理论与实际相结合,努力反映本课程的工程专科特点。

4. 在确保教学基本要求基础上,内容做到少而精,加大新知识新技术的信息量,反映近代无机化学在材料、能源、环保、生命、化工和冶金等方面的应用。

5. 考虑到本世纪 90 年代出版的一些国内外无机化学教材已采用 1988 年 IUPAC 建议的新的元素周期表,编者认为这是元素周期表的新发展。因此,本书也采用了这种新式元素周期表的体系,但为兼顾国内现行使用的元素周期表,在新的分族号上,用括号注明原族号。例如第 11 族,用第 11(ⅠB)族表示。括号内的罗马数字即为现行周期表的族号。

6. 介绍了几位在近代化学有卓越贡献的科学家、诺贝尔化学奖获得者。他们的共同之点是年青时就勤奋好学,努力求索,30 岁左右就发表成名之作。

全书包括化学原理和元素化学两大部分,共十七章。元素化学是无机化学的主要内容,本书按周期表的分区,依 *s*-区、*p*-区、*d*-区和 *f*-区的顺序编排内容。内容的取舍反映了工程专科的特色,以点带面。有关新的知识信息及应用大多渗透到其中。

本书的编写得到化学工业出版社和华南理工大学化工学院有关领导的支持和帮助;华南理工大学无机化学教研室同仁提供了不少素材;

中山大学蔡少华教授仔细审阅了全书,并提出了许多宝贵的修改意见,为本书的质量提高作出了贡献;化工出版社梁虹为责任编辑,为本书的润色、加工作出了努力,在此谨向他们表示深切的谢意。

此外,本书编写过程中,曾参考了兄弟院校的教材,在此也深表谢意。

本书的绪言,第1、2、7、8、9、11、12、17章由古国榜编写,第3、4、5、6、10、13、14、15和16章由谷云骊编写。全书由古国榜统稿。

限于编者水平,难免有误和不妥之处,敬请同行和读者批评指正。

编者于广州
华南理工大学
1997年9月

内 容 提 要

本书以 1991 年修订的全日制中学高中化学教学大纲为起点,参照《高等学校工程专科无机化学课程教学基本要求》而编写。全书贯彻法定计量单位制,采用 IUPAC 建议的元素周期表的新版本。内容包括化学基本知识、原理和元素化学两大部分。在内容取舍上注意理论与实际结合;反映工程专科的特色,加大新知识的信息量;反映近代无机化学在材料、能源、环保、生命、化工、冶金等方面的渗透和应用。

本书可作为高等专科学校化工、轻工、冶金、纺织、环保、材料等专业的教材,也可供本科生参考。

目 录

本书常用的符号意义和单位	1
绪言	4
1 化学反应中常见的物质聚集状态	6
1.1 物质的“三态”——气态、液态和固态	6
1.2 理想气体状态方程式	7
1.3 分压定律	8
1.4 液体的蒸气压	10
1.5 溶液的蒸气压 拉乌尔定律	11
1.6 电解质在水溶液中的状况	13
习题	14
2 化学反应中物质的量和热量的变化	16
2.1 物质的量	16
2.2 反应进度	17
2.3 化学反应的焓变	19
2.3.1 系统、环境和相	19
2.3.2 化学反应热和焓变	20
习题	25
3 化学反应速率	26
3.1 化学反应速率的表示方法	26
3.2 反应速率理论概要	28
3.2.1 碰撞理论	28
3.2.2 过渡状态理论	29
3.3 影响反应速率的因素	29
3.3.1 浓度或分压对反应速率的影响	29
3.3.2 温度对反应速率的影响	31
3.3.3 催化剂对反应速率的影响	33
3.3.4 影响多相反应速率的因素	35

习题	36
4 化学平衡	38
4.1 可逆反应与化学平衡	38
4.2 平衡常数	40
4.2.1 实验平衡常数	40
4.2.2 标准平衡常数	42
4.3 多重平衡规则	43
4.4 有关化学平衡的计算	44
4.5 化学平衡的移动	47
4.5.1 浓度(或分压)变化对化学平衡的影响	48
4.5.2 系统总压力变化对化学平衡的影响	48
4.5.3 温度变化对化学平衡的影响	50
4.5.4 平衡移动的总规律——吕查德里原理	51
4.6 化学反应速率和化学平衡在工业中综合应用的举例	51
4.6.1 接触法制硫酸的生产中反应速率与化学平衡的问题	51
4.6.2 NH_3 氧化法生产 HNO_3 的反应速率问题	53
习题	55
5 酸碱反应	58
5.1 酸碱的解离理论和质子理论	58
5.1.1 酸碱的解离理论	58
5.1.2 酸碱质子理论	60
5.2 水溶液中酸或碱的解离平衡	63
5.2.1 水的离子积和溶液的 pH 值	63
5.2.2 一元弱酸、弱碱的解离平衡	65
5.2.3 多元弱酸的解离平衡	69
5.3 同离子效应和缓冲溶液	70
5.3.1 同离子效应	70
5.3.2 缓冲溶液	72
5.4 盐类的水解	74
5.4.1 弱酸强碱盐	75
5.4.2 弱碱强酸盐	76
5.4.3 弱酸弱碱盐	77
5.4.4 影响盐类水解的因素	77

习题	78
6 沉淀反应	81
6.1 难溶电解质沉淀的生成与溶解	81
6.1.1 溶度积	81
6.1.2 溶度积和溶解度的互相换算	83
6.1.3 溶度积规则	84
6.2 同离子效应和盐效应	85
6.2.1 同离子效应	85
6.2.2 盐效应	86
6.3 分步沉淀和沉淀的转化	87
6.3.1 分步沉淀	87
6.3.2 沉淀的转化	89
6.4 沉淀反应的应用	90
6.4.1 除去杂质 Fe^{3+} 离子	90
6.4.2 制备锰盐时除去 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 离子等杂质	92
习题	93
7 原子结构和元素周期表	95
7.1 原子结构模型	95
7.1.1 卢瑟福的原子模型	95
7.1.2 玻尔模型	96
7.2 微观粒子的波粒二象性	98
7.3 核外电子运动状态的近代描述	100
7.3.1 波函数——原子轨道	101
7.3.2 原子轨道的形状	102
7.3.3 电子云	103
7.3.4 四个量子数	105
7.4 原子中核外电子的排布	107
7.4.1 核外电子排布的规律	107
7.4.2 周期系中各元素原子的电子层结构	109
7.4.3 原子电子层结构与元素周期表的关系	114
7.5 原子结构与元素性质的关系	117
7.5.1 有效核电荷	118
7.5.2 原子半径	119

7.5.3	电离能	119
7.5.4	电子亲和能	122
7.5.5	电负性	123
7.5.6	元素的金属性和非金属性	125
7.5.7	原子价(氧化态)	125
习题		126
8	分子结构	128
8.1	共价键	128
8.1.1	价键理论	129
8.1.2	分子轨道理论简介	132
8.1.3	共价键的键参数	134
8.2	杂化轨道与分子的几何构型	136
8.2.1	sp 杂化轨道	137
8.2.2	sp^2 杂化轨道	138
8.2.3	sp^3 杂化轨道	138
8.2.4	不等性杂化	139
8.3	分子间力	142
8.3.1	分子的极性	143
8.3.2	范德华力	144
8.3.3	氢键	146
习题		148
9	晶体结构	150
9.1	晶体的基本知识	150
9.1.1	晶体的宏观特征	150
9.1.2	晶体的微观结构	151
9.1.3	晶体的基本类型	153
9.2	离子键和离子晶体	153
9.2.1	离子键的形成	153
9.2.2	离子晶体	154
9.3	原子晶体和分子晶体	158
9.3.1	原子晶体	158
9.3.2	分子晶体	159
9.4	金属键和金属晶体	159

9.5	晶体的缺陷和非整比化合物	160
9.5.1	晶体缺陷	160
9.5.2	非整比化合物	162
9.6	离子极化	163
9.6.1	离子极化的概念	163
9.6.2	离子极化对物质性质的影响	165
	习题	167
10	氧化还原反应 电化学基础	168
10.1	氧化还原反应	168
10.1.1	氧化态	168
10.1.2	氧化和还原 氧化剂和还原剂	170
10.1.3	氧化还原反应方程式的配平	171
10.2	原电池	174
10.2.1	原电池的概念	174
10.2.2	原电池的表示方法	175
10.2.3	原电池的电动势	176
10.3	电极电势	176
10.3.1	金属电极电势的产生	177
10.3.2	电极电势的确定	177
10.3.3	能斯特方程式	180
10.4	电极电势的应用	183
10.4.1	判断氧化剂和还原剂的相对强弱	183
10.4.2	判断氧化还原反应的方向	184
10.4.3	离子-电子法配平氧化还原反应的离子方程式	185
10.5	元素电势图及其应用	186
10.5.1	元素电势图的表示法	186
10.5.2	元素电势图的应用示例	186
	习题	187
11	s 区元素	190
11.1	氢	190
11.1.1	氢在周期表中的位置问题	190
11.1.2	氢的存在、性质和用途	190
11.1.3	氢气的工业生产	192

11.1.4	氢能源	193
11.2	<i>s</i> 区元素通论	194
11.2.1	元素的原子结构和主要性质	194
11.2.2	单质的主要性质	196
11.3	碱金属和碱土金属的盐类	198
11.3.1	通性	198
11.3.2	碳酸钠和过碳酸钠	199
11.3.3	碳酸钙	201
11.3.4	硫酸钠	202
11.3.5	硬水及其软化	202
	习题	204
12	<i>p</i> 区元素	206
12.1	<i>p</i> 区元素通论	206
12.2	硼、碳、硅单质	207
12.2.1	硼单质	207
12.2.2	碳单质	208
12.2.3	硅单质	209
12.3	硼、碳、硅的重要化合物	210
12.3.1	硼烷和硅烷	210
12.3.2	卤化物	211
12.3.3	氧化物	212
12.3.4	含氧酸及其盐	214
12.4	新型无机材料——无机纤维和高温结构陶瓷	217
12.4.1	无机纤维	217
12.4.2	高温结构陶瓷	219
12.5	铝、锡、铅概述	219
12.6	铝、锡、铅的重要化合物	220
12.6.1	氧化物及其氢氧化物	220
12.6.2	氯化物	221
12.6.3	硫化物	222
12.7	氮族元素	223
12.7.1	概述	223
12.7.2	氮气	224

12.7.3	氨及铵盐	224
12.7.4	氮的氧化物	226
12.7.5	硝酸及其盐	226
12.7.6	亚硝酸及其盐	228
12.8	磷及其化合物	229
12.8.1	磷单质	229
12.8.2	磷的氧化物	230
12.8.3	磷的含氧酸	230
12.8.4	磷酸盐及多聚磷酸盐	232
12.8.5	磷的氯化物	233
12.9	砷、锑、铋	233
12.9.1	概述	233
12.9.2	氢化物	234
12.9.3	氧化物及其水合物	235
12.9.4	氯化物	236
12.9.5	硫化物	236
12.10	半导体材料	237
12.11	氧和硫	238
12.11.1	氧的单质	238
12.11.2	过氧化氢	239
12.11.3	硫单质	241
12.11.4	硫化氢和金属硫化物	242
12.11.5	多硫化物	244
12.11.6	二氧化硫、亚硫酸及其盐	244
12.11.7	硫酸及其盐	246
12.11.8	过硫酸及其盐	247
12.11.9	硫代硫酸钠	247
12.11.10	连二亚硫酸钠	248
12.12	卤素	249
12.12.1	概述	249
12.12.2	卤素单质	250
12.12.3	卤化氢和卤化物	252
12.12.4	卤素的氧化物	254

12.12.5 卤素含氧酸及其盐	255
12.13 拟卤素	258
12.14 稀有气体	259
12.15 大气污染及其防治	261
习题	265
13 配位化合物	269
13.1 配位化合物的基本概念	269
13.1.1 配合物的组成	269
13.1.2 配合物的命名	273
13.2 配位化合物中的化学键	274
13.2.1 中心离子价轨道的杂化	275
13.2.2 配合物的空间构型	276
13.2.3 内轨型和外轨型配合物	277
13.3 配位反应	279
13.3.1 配合物的不稳定常数和稳定常数	279
13.3.2 应用配合物不稳定常数的计算	281
13.3.3 配位反应	284
13.3.4 配位反应的应用	285
习题	287
14 d 区元素(一)	290
14.1 d 区元素通论	291
14.1.1 原子的电子层构型和原子半径	291
14.1.2 氧化态	293
14.1.3 单质的物理性质	293
14.1.4 单质的化学性质	294
14.1.5 氧化物及其水合物的酸碱性	295
14.1.6 配合物形成体	296
14.1.7 水合离子的颜色	296
14.1.8 催化性能	296
14.2 铬	297
14.2.1 金属铬	297
14.2.2 铬(Ⅲ)的化合物	298
14.2.3 铬(VI)的化合物	299

14.2.4	含铬废水的处理	301
14.3	锰	302
14.3.1	金属锰	302
14.3.2	锰的氧化物及氢氧化物	302
14.3.3	锰(Ⅱ)的化合物	303
14.3.4	锰(Ⅳ)的化合物	304
14.3.5	锰(Ⅵ)的化合物	305
14.3.6	锰(Ⅶ)的化合物	305
14.4	铁 钴 镍	306
14.4.1	铁、钴、镍的单质	306
14.4.2	铁、钴、镍的氧化物和氢氧化物	307
14.4.3	铁、钴、镍的盐	308
14.4.4	铁、钴、镍的配合物	311
14.5	金属的腐蚀与防腐	314
14.5.1	金属的腐蚀	314
14.5.2	金属的防腐	316
	习题	316
15	<i>d</i> 区元素(二)	319
15.1	铜族和锌族元素通论	319
15.1.1	铜族元素通论	319
15.1.2	锌族元素通论	320
15.2	铜 银 金	321
15.2.1	单质的性质	321
15.2.2	铜的主要化合物	323
15.2.3	银的主要化合物	327
15.3	锌 镉 汞	330
15.3.1	单质的性质	330
15.3.2	锌的主要化合物	332
15.3.3	汞的主要化合物	333
15.4	微量元素与人体健康	336
	习题	338
16	<i>f</i> 区元素	340
16.1	镧系元素的通性	340

16.1.1	价电子层结构	340
16.1.2	氧化态	341
16.1.3	离子的颜色	342
16.1.4	磁性	342
16.1.5	化学活泼性	342
16.1.6	镧系元素的相似性	343
16.2	稀土元素的重要化合物	343
16.2.1	氧化物和氢氧化物	343
16.2.2	盐类	344
16.3	稀土元素的提取和分离	345
16.3.1	稀土元素的提取	345
16.3.2	稀土元素的分离	346
16.4	稀土元素的应用	347
16.4.1	在冶金工业中的应用	347
16.4.2	在催化剂方面的应用	347
16.4.3	在玻璃、陶瓷工业中的应用	348
16.4.4	在新材料方面的应用	348
16.5	镧系元素的通性	348
16.6	原子核反应	350
	习题	351
17	无机化工与环境	352
17.1	无机化工的门类	352
17.2	无机化工“三废”对环境的污染	353
17.3	“三废”污染的一般防治方法	354
17.3.1	采用新技术、改革旧工艺	354
17.3.2	综合利用	355
17.3.3	“三废”的处理	355
	习题	357
附录 I	本书所用的有关单位	358
附录 II	一些物质的标准摩尔生成焓	361
附录 III	标准电极电势	368
	元素周期表	375

本书常用的符号意义和单位

符号	意义	单位
p	压力	Pa
V	体积	m^3, L
n_{B}	物质 B 的物质的量	mol
R	摩尔气体常数, 本书取	$8.314 \text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ $8.314 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
T	热力学温度, 绝对温度	K
M	摩尔质量	$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
p_{B}	物质 B 气体在混合气中的分压	Pa
$p_{\text{总}}$	系统的总压力	Pa
x_{B}	物质 B 的物质的量分数	无单位
φ_{B}	物质 B 的体积分数	无单位
w_{B}	物质 B 的质量分数	无单位
V_{B}	混合气体中气体 B 的分体积	L
$V_{\text{总}}$	混合气体总体积	L
p_{A}^*	纯溶剂的蒸气压	Pa
Δt_{b}	溶液的沸点上升	$^{\circ}\text{C}$
Δt_{f}	溶液的凝固点下降	$^{\circ}\text{C}$
m_{B}	物质 B 的质量摩尔浓度	$\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$
c_{B}	物质 B 的物质的量浓度	$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$
$m^{\ominus}$	溶质标准质量摩尔浓度	$1 \text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$
$C^{\ominus}$	溶质标准浓度	$1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$
$a_{\text{m} \cdot \text{B}}$	活度(以质量摩尔浓度为基础)	$a_{\text{m} \cdot \text{B}} = r_{\text{B}} \cdot m_{\text{B}} / m^{\ominus}$
$a_{\text{c} \cdot \text{B}}$	活度(以物质的量浓度为基础)	$a_{\text{c} \cdot \text{B}} = y_{\text{B}} \cdot c_{\text{B}} / c^{\ominus}$
$\gamma_{\text{B}}, \gamma_{\text{B}}$	活度系数	
ξ	反应进度	mol
Q	反应热	$\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$