



21世纪 高职高专通用教材

无机化学

李跃中 主编

上海交通大学出版社

21 世纪高职高专通用教材

无机化学

主 编 李跃中

张正兢

副主编 伊 平

康西鹏

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书为适用于高职高专学生使用的通用教材,内容包括物质的聚集状态;化学反应速率与化学平衡,电解质溶液与电离平衡;氧化还原与原电池;原子结构;分子结构;晶体结构;配位化合物以及元素各论等。

本书可供高等职业院校和高等专科学校的化工、轻工、纺织、冶金等专业使用。也可供从事化工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/李跃中主编. —上海:上海交通大学出版社,2001

21 世纪高职高专通用教材

ISBN7-313-02746-X

I. 无... II. 李... III. 无机化学—高等学校: 技术学校—教材 IV. 061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)字 049068 号

无机化学

李跃中 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

立信会计常熟市印刷联营厂 全国新华书店经销

开本:890mm×1240mm 1/32 印张:12.5 插页:4 字数:358 千字

2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷

印数:1-3050

ISBN7-313-02746-X/O·141 定价:20.00 元

版权所有 侵权必究

序

发展高等职业技术教育，是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节；也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来，年青的高等职业教育以自己鲜明的特色，独树一帜，打破了高等教育界传统大学一统天下的局面，在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面，做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视，得到迅速发展。

我国改革开放不久，从 1980 年开始，在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985 年，中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出，要建立从初级到高级的职业教育体系，并与普通教育相沟通。1996 年《中华人民共和国职业教育法》的颁布，从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前，我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇：职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育；部分民办高校也在试办高等职业教育；一些本科院校也建立了高等职业技术学院，为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会 1997 年会议决定，设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位，并指出，上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征，这就要求我们在改革课程体系的基础上，认真研究和改革课程教学内容及教学方法，努力加强教材建设。但迄今为止，符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大

学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学校、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、山东商业职业技术学院、福州大学职业技术学院、青岛职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21 世纪高职高专通用教材》，将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出，这是一件值得庆贺的大好事，在此，我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大，花色品种甚多，是一项浩繁而艰巨的工程，除了高职院校和出版社的继续努力外，还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导，并设立高等职业教育教材基金，以资助教材编写工作，促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心，理论教学与实践训练并重，二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时，有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划，加以灵活运用，并随着教学改革的深入，进行必要的充实、修改，使之日臻完善。

阳春三月，莺歌燕舞，百花齐放，愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园，群芳争妍，为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献！

叶春生

前 言

无机化学是化工、轻工、冶金等相关专业学生进校后学习的第一门专业基础课程,它除了介绍无机元素及其化合物的知识外,还介绍诸如结构理论、反应理论、平衡理论等许多化学基础理论知识。通过学习既充实、提高了无机化学理论知识水平,又为后续课程的学习打下必要的基础。

根据高职、高专培养技术应用型人才的特点,本书尽量避免偏深、偏多、讲不清、用不上的理论内容的介绍。着力讲解在本课程及在分析化学、有机化学中必需的理论知识,同时把在物理化学中才使用、且在物理化学教学中又要重复的理论,留到后续课程中再介绍。适当加强无机化学的中心内容——元素化学的内容,注意突出在工业实践中有较广泛应用的元素及其化合物的介绍。

本书绪论、第1、第4章由淮南联合大学李跃中副教授编写,第2、第3章由镇江高等专科学校伊平编写,第5、第6、第7章由淮南工业学院康西鹏编写,第8章由淮南联合大学宋丽华编写,南京化工职业技术学院张正兢、曹国庆共同编写了第9章到第15章的内容。

本书在编写过程中,得到了作者所在单位的领导和同行的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,错误和不当之处在所难免,敬请广大读者和同行予以指正。

编 者

2001年5月

目 录

绪论	1
0.1 化学及其研究对象	1
0.2 无机化学简介	1
0.3 学习无机化学的方法	2
0.3.1 打好专业基础	2
0.3.2 理论和实验并重	2
0.3.3 理解和记忆相承	3
第1章 物质的聚集状态	4
1.1 气体	4
1.1.1 理想气体状态方程式	4
1.1.2 分压定律	5
1.2 液体	7
1.2.1 液体的蒸气压	7
1.2.2 液体的沸点	8
1.3 固体及其他存在形式	9
1.3.1 固体	9
1.3.2 液晶	10
1.3.3 等离子体	10
习题	11
第2章 化学反应速率与化学平衡	13
2.1 化学反应速率与机理	13
2.1.1 化学反应速率	13

2.1.2	化学反应活化能	14
2.1.3	化学反应机理	16
2.2	影响化学反应速率的因素	17
2.2.1	浓度对反应速率的影响	17
2.2.2	温度对反应速率的影响	19
2.2.3	催化剂对反应速率的影响	19
2.2.4	其他因素对反应速率的影响	20
2.2.5	反应速率的控制	21
2.3	化学平衡与反应程度	22
2.3.1	可逆反应	22
2.3.2	化学平衡	24
2.3.3	化学平衡常数	25
2.3.4	转化率与反应程度	27
2.4	影响化学平衡的因素	29
2.4.1	浓度对化学平衡的影响	29
2.4.2	压力对化学平衡的影响	31
2.4.3	温度对化学平衡的影响	32
2.4.4	催化剂与化学平衡的关系	33
2.4.5	平衡移动原理	33
2.4.6	反应速率与平衡理论的综合应用	34
习题		35
第3章	电解质溶液与电离平衡	40
3.1	酸碱理论	40
3.1.1	酸碱的电离理论	40
3.1.2	酸碱质子理论	41
3.2	溶液的酸碱性	43
3.2.1	水的电离	44
3.2.2	溶液的酸度	44
3.2.3	酸碱指示剂	45

3.3	弱酸和弱碱的电离平衡	47
3.3.1	一元弱酸和弱碱的电离平衡	47
3.3.2	多元弱酸的电离平衡	49
3.4	同离子效应和缓冲溶液	50
3.4.1	同离子效应	50
3.4.2	缓冲溶液	51
3.5	盐类水解	56
3.5.1	一元弱酸强碱盐	56
3.5.2	一元弱碱强酸盐	59
3.5.3	一元弱酸弱碱盐	61
3.5.4	强酸和强碱生成的盐	62
3.6	沉淀—溶解平衡	62
3.6.1	溶解度与溶度积常数	62
3.6.2	溶度积规则	63
3.6.3	沉淀的生成与溶解	64
3.6.4	分步沉淀	67
3.6.5	沉淀的溶解及转化	69
	习题	70
第4章	氧化还原与原电池	75
4.1	基本概念	75
4.1.1	氧化数	75
4.1.2	氧化和还原	77
4.1.3	氧化还原反应式的配平	78
4.2	电极电势	81
4.2.1	原电池	81
4.2.2	电极电势的产生	83
4.2.3	电极电势的测定	84
4.2.4	影响电极电势的因素	86
4.3	电极电势的应用	89

4.3.1	氧化还原反应进行的方向·····	89
4.3.2	氧化还原反应进行的次序·····	90
4.3.3	氧化还原反应的程度·····	92
4.3.4	元素标准电极电势图及其应用·····	94
4.4	化学电源简介·····	96
4.4.1	锌—锰干电池·····	96
4.4.2	铅蓄电池·····	96
习题	·····	98
第5章	原子结构 ·····	101
5.1	核外电子运动状态·····	101
5.1.1	玻尔原子模型·····	101
5.1.2	量子力学原子模型·····	102
5.2	核外电子的分布·····	109
5.2.1	基态原子中电子的分布原理·····	109
5.2.2	多电子原子轨道的能级·····	110
5.2.3	基态原子中电子的分布·····	112
5.2.4	简单基态阳离子的电子分布·····	116
5.2.5	元素周期系与核外电子分布的关系·····	117
5.3	元素性质的周期性·····	119
5.3.1	原子半径·····	119
5.3.2	电离能和电子亲合能·····	121
5.3.3	电负性(X)·····	123
5.3.4	元素的氧化值·····	123
5.3.5	元素的金属性与非金属性·····	124
习题	·····	125
第6章	分子结构 ·····	128
6.1	键参数·····	128
6.1.1	键能·····	128

6.1.2	键长	129
6.1.3	键角	129
6.2	离子键	130
6.2.1	离子键的形成	130
6.2.2	离子键的特征	131
6.2.3	离子键的结构特征	131
6.3	共价键	133
6.3.1	价键理论	134
6.3.2	共价键的类型	136
6.3.3	配位共价键	137
6.4	杂化轨道理论	138
6.4.1	杂化轨道理论要点	139
6.4.2	杂化类型与分子几何构型	140
6.5	分子间力和氢键	142
6.5.1	分子的极性和变形性	143
6.5.2	分子间力	145
6.5.3	氢键	147
	习题	149

第 7 章 晶体结构..... 151

7.1	晶体及其内部结构	151
7.1.1	晶体的特征和性质	151
7.1.2	晶体的内部结构	152
7.1.3	单晶体和多晶体	153
7.2	离子晶体	154
7.2.1	离子晶体的特征和性质	154
7.2.2	离子晶体中最简单的结构类型	154
7.2.3	离子晶体的稳定性	156
7.3	原子晶体	158
7.4	分子晶体	158

7.5	金属晶体	159
7.6	混合型晶体	159
7.7	离子极化	160
7.7.1	离子的电子构型	160
7.7.2	离子极化的概念	161
7.8	离子极化对物质结构和性质的影响	163
7.8.1	离子极化对键型的影响	163
7.8.2	离子极化对晶体构型的影响	164
7.8.3	离子极化对溶解度的影响	164
7.8.4	离子极化作用对化合物颜色的影响	164
7.8.5	离子极化作用对晶体熔点的影响	165
	习题	165
第8章	配位化合物	166
8.1	配位化合物的定义、组成和命名	166
8.1.1	配位化合物的定义	166
8.1.2	配位化合物的组成	167
8.1.3	配位化合物的命名	169
8.2	配位化合物的结构	170
8.2.1	配位化合物的价键理论	170
8.2.2	配离子的空间构型	173
8.2.3	螯合物	174
8.3	配位化合物在水溶液中的状况	176
8.3.1	配位平衡及平衡常数	177
8.3.2	配离子稳定常数的应用	178
8.3.3	配位平衡的移动及其应用	179
8.4	配位化合物的应用	186
8.4.1	在分析化学方面	186
8.4.2	在电镀工业方面	186
8.4.3	在生物、医药等方面	187

习题.....	187
第 9 章 s 区元素——氢、碱金属和碱土金属	190
9.1 s 元素概述	190
9.2 氢	190
9.2.1 氢的存在	190
9.2.2 氢的性质	191
9.2.3 氢的制备	191
9.2.4 氢的用途	192
9.3 碱金属	193
9.3.1 碱金属元素概述	193
9.3.2 碱金属单质	194
9.3.3 碱金属的氧化物和氢氧化物	196
9.3.4 碱金属的盐类	199
9.4 碱土金属	204
9.4.1 碱土金属元素概述	204
9.4.2 碱土金属的盐类	206
习题.....	210
第 10 章 p 区金属元素——铝、锡、铅、砷、锑、铋	212
10.1 p 区金属概述	212
10.2 铝	214
10.2.1 金属铝	214
10.2.2 铝的氧化物和氢氧化物	217
10.2.3 铝盐	220
10.3 锡和铅	223
10.3.1 锡和铅的单质	223
10.3.2 锡和铅的化合物	225
10.4 砷、锑、铋	228
10.4.1 砷、锑、铋的单质	228

10.4.2 砷、锑、铋的化合物·····	229
[阅读材料]半导体材料·····	232
习题·····	234
第 11 章 p 区非金属——卤素、稀有气体 ·····	236
11.1 卤素·····	236
11.1.1 卤素单质·····	237
11.1.2 卤化氢和卤化物·····	242
11.1.3 卤素的含氧酸及其盐·····	248
11.2 拟卤素·····	254
11.2.1 概述·····	254
11.2.2 氰的几种重要化合物·····	255
11.3 稀有气体·····	256
习题·····	258
第 12 章 p 区非金属——氧、硫、氮、磷、砷、碳、硅 ·····	261
12.1 氧族元素概述·····	261
12.1.1 氧·····	261
12.1.2 臭氧·····	263
12.1.3 过氧化氢·····	264
12.2 硫及其化合物·····	267
12.2.1 硫单质·····	267
12.2.2 硫的氧化物、含氧酸及其盐·····	269
12.2.3 过硫酸及其盐·····	274
12.2.4 硫代硫酸钠·····	275
12.2.5 硫化氢和金属硫化物·····	276
12.3 氮及其化合物·····	280
12.3.1 氮气·····	280
12.3.2 氨及铵盐·····	280
12.3.3 硝酸及其盐·····	282

12.3.4	亚硝酸及其盐	286
12.4	磷及其化合物	287
12.4.1	磷单质	287
12.4.2	磷的氧化物	288
12.4.3	磷的含氧酸及其盐	289
12.4.4	磷的氯化物	291
12.5	硼、碳、硅及其化合物	292
12.5.1	硼及其化合物	292
12.5.2	碳及其化合物	295
12.5.3	硅及其化合物	298
	习题	300
第 13 章	<i>d</i> 区元素(1)——铜族元素和锌族元素	303
13.1	<i>d</i> 区元素概论	304
13.1.1	原子的电子层结构和原子半径	304
13.1.2	氧化态	305
13.1.3	单质的物理性质	306
13.1.4	单质的化学性质	307
13.1.5	水合离子的颜色	307
13.1.6	氧化物及其水合物的酸碱性	308
13.1.7	配位性	308
13.1.8	催化性能	309
13.2	铜族和锌族元素通论	309
13.2.1	铜族元素通论	309
13.2.2	锌族元素通论	310
13.3	铜、银、金	311
13.3.1	单质的性质	311
13.3.2	铜的主要化合物	313
13.3.3	银的主要化合物	317
13.4	锌、镉、汞	320

13.4.1	单质的性质·····	320
13.4.2	锌的主要化合物·····	322
13.4.3	汞的主要化合物·····	323
习题	·····	326
第 14 章	<i>d</i> 区元素(2)——铬、锰、铁、钴、镍 ·····	328
14.1	铬及其化合物·····	328
14.1.1	金属铬·····	328
14.1.2	铬(Ⅲ)化合物·····	329
14.1.3	铬(VI)的化合物·····	330
14.1.4	含铬废水的处理·····	332
14.2	锰及其化合物·····	333
14.2.1	金属锰·····	333
14.2.2	锰(Ⅱ)化合物·····	334
14.2.3	锰(Ⅳ)化合物·····	336
14.2.4	锰(VI)化合物·····	337
14.3	铁、钴、镍·····	338
14.3.1	铁、钴、镍的单质·····	338
14.3.2	铁系元素的氧化物和氢氧化物·····	340
14.3.3	钴、镍的盐·····	342
14.3.4	铁、钴、镍的配位化合物·····	345
习题	·····	348
第 15 章	<i>f</i> 区元素 ·····	351
15.1	<i>f</i> 区元素概论·····	351
15.2	镧系元素·····	351
15.2.1	镧系元素概述·····	351
15.2.2	稀土元素简介·····	353
15.3	锕系元素简介·····	355

附录..... 357

1. 酸、碱的电离常数 357

2. 溶度积常数 359

3. 标准电极电势 361

4. 配离子的稳定常数 366

5. 原子半径 r 367

6. 元素的电负性 X 369

7. 元素的第一电离能 I_1 371

8. 主族元素的第一电子亲和能 E_{ea_1} 373

9. Goldschmidt 离子半径和 Pauling 离子半径 374

10. 元素在地壳中的丰度(克/吨) 375

11. 某些物质的商品名或俗名 376

12. 主要的化学矿物 378

元素周期表