

无机化学基础

华中师范大学

华南师范大学

湖北大学

湖南师范大学

广西师范大学

河南大学

无机化学教研室 编

石巨恩

刘谨懋

主编

陈伯涛

主审

华中师范大学出版社

无机化学基础

华中师范大学 华南师范大学 河南大学

湖南师范大学 广西师范大学 湖北大学

无机化学教研室 编

石巨恩 刘谨懋 主编

陈伯涛 主审

华中师范大学出版社

无机化学基础

华中师范大学 华南师范大学 河南大学
湖南师范大学 广西师范大学 湖北大学

无机化学教研室 编

石巨恩 刘谨懋 主编

陈伯涛 主审

*

华中师范大学出版社出版发行
(武昌桂子山)

新华书店湖北发行所经销

华中师范大学印刷厂印刷

*

开本850×1168 1/32 印张18.375 插页1 字数 471 千字
1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

ISBN 7-5622-0463-2/O·50

印数: 1—2500 定价: 4.20元

前 言

教学改革正在不断深入，课程结构改革势在必行。为了适应当前无机化学学科的发展和教学改革的需要，更好地贯彻“三个面向”的原则，华中师范大学、华南师范大学、广西师范大学、湖南师范大学、河南大学和湖北大学等校无机化学教研室的部分教师，于1985年4月共同研讨了高师无机化学教学改革问题。与会者一致认为：按现行高师化学系教学计划安排，学生在一年级学完无机化学后，基本上就不再学习这门学科。然而在一年级时，限于学生的知识水平，教学内容不可能有足够的深度和广度。如不改革这种教学安排，势必对无机化学教学质量的提高和学生毕业后的工作能力带来一定的影响。参照国内外高等院校化学系教学计划和我们的实际情况，大家认为在总学时基本上保持原有学时的前提下，将无机化学教学分为两阶段进行，即在一年级学习无机化学基础，三年级学习中级无机化学，是解决上述矛盾的一个有效措施。特别是学生在学习物理化学、结构化学以后，再学习中级无机化学，有利于无机化学知识的加深、加宽。同时在中级无机化学中还可以适当介绍无机化学中新的分支，以加深学生对无机化学发展的了解。

无机化学分成两阶段教学首先必须解决教材建设问题，为此成立了上述中南六校无机化学教材编写组，制订了《无机化学基础》、《无机化学基础实验》、《中级无机化学》和《中级无机化学实验》等四门课程的教学大纲和教材编写计划。1985年7月完成四门课程初稿后，曾先后在中南六校85级、86级学生中试用。1987年修改定稿。

这套书可作为高等师范院校化学系、师范专科学校化学系、

教育学院以及函授大学化学系学生的教材。它们可以配套使用，也可以单独使用。四门教材相互联系组成系列教材，但各门教材本身是自成体系的。

这套教材的出版得到六校化学系领导的大力支持，特别是华中师范大学教务处和化学系，在编写过程中给予具体指导和帮助，在此谨表示谢意。编写组诚恳地欢迎广大读者对本书提出宝贵意见。

中南六校无机化学编写组

1987年10月

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

中南六校无机化学编写组

编 者 的 话

根据中南六校无机化学编写组计划，我们编写了这本教材。

本教材编写的指导思想是：根据高等师范院校化学系的培养目标 and 学生的实际情况，在教学内容上要保证基础，力求做到少而精；从我国的实际出发，尽可能地反映本门学科的新进展和近代理论，以适应“三面向”的需要；加强理论联系实际，注重启发性，使之有益于开发智力和培养学生的创造能力；努力做到深入浅出、循序渐进。

无机化学基础教学的任务和目的是：

1. 在中学化学的基础上，初步掌握化学热力学、化学反应速率、化学平衡及近代物质结构理论的基本原理和有关计算；
2. 以元素周期系为基础，掌握重要元素及其化合物的性质、结构、制法和用途，为后续课程准备必要的无机化学知识；
3. 通过教学，帮助学生逐步树立辩证唯物主义和历史唯物主义观点，使学生在科学思维能力上得到训练和提高。

本书所用数据单位为SI单位。并采用 J.C.Stark and H.G. Wallace, Chemistry Data Book, 2nd.ed.in SI, John Murray, 1982. 一书中有关数据（部分表中数据引自其它手册，则在表下注明）。

本教材由中南六校的无机教研室合编。参加本书编写工作的有华中师范大学石巨恩、刘谨懋、廖展如、祝心德，华南师范大学李士荃，广西师范大学彭德贤，湖南师范大学吴际初，河南大学李健美和湖北大学柳士忠。石巨恩教授、刘谨懋副教授任主编。理科教材编审委员会无机化学编审小组成员，北京师范大学化学系陈伯涛副教授为本书主审。书中插图是由华中师范大学物理系余汉香同志参考有关资料绘制的。

由于成书时间仓促和编者水平所限，书中有不少疏漏，诚恳希望读者批评指正。

编 者

1987年10月

目 录

绪言	1
第一章 化学基本概念和理想气体定律	5
第一节 某些化学基本概念	5
1-1 物质的组成	5
1-2 元素 核素 同位素 同量素	8
1-3 原子质量 相对原子质量 质量数	9
第二节 我国法定计量单位	12
2-1 我国法定计量单位的内容	12
2-2 SI 单位制的优越性	13
2-3 物质的量 摩尔	14
第三节 理想气体定律	16
3-1 气体状态方程	17
3-2 分压与分压定律	18
3-3 分体积与分体积定律	19
3-4 气体分压定律及气态方程的应用	19
习题	21
第二章 化学反应中的能量变化和反应方向	23
第一节 化学反应中的能量变化	24
1-1 化学反应热	25
1-2 热化学方程式	28
1-3 Hess定律	30
1-4 几种重要的反应热	31
第二节 化学反应的自发方向	36
2-1 熵的初步概念	36
2-2 自由能	38
2-3 自由能改变值与焓、熵改变值的关系	41
习题	44

第三章 化学平衡	49
第一节 化学平衡和平衡常数	49
1-1 可逆反应和化学平衡	49
1-2 化学平衡常数	50
1-3 平衡常数和摩尔反应自由能	56
第二节 化学平衡的移动	61
2-1 浓度对化学平衡的影响	61
2-2 压力对气体反应化学平衡的影响	63
2-3 温度对化学平衡的影响	64
2-4 催化剂与化学平衡	65
习题	66
第四章 化学反应速率	69
第一节 化学反应速率的表示方法	69
第二节 化学反应速率理论	72
第三节 影响化学反应速率的因素	75
3-1 浓度对反应速率的影响	75
3-2 温度对反应速率的影响	82
3-3 催化剂对反应速率的影响	85
习题	89
第五章 电解质溶液	91
第一节 电解质的电离	91
1-1 离解过程的热力学分析	92
1-2 一元弱酸和弱碱的电离	92
1-3 有关电离常数的计算	95
1-4 多元弱酸的电离	96
1-5 水的电离和 pH 值	99
1-6 强电解质溶液	103
第二节 同离子效应和缓冲溶液	104
2-1 同离子效应	104
2-2 缓冲溶液	105

第三节	盐类水解	109
3-1	盐类水解 水解常数	109
3-2	影响水解平衡移动的因素	117
第四节	酸碱理论	118
4-1	酸碱的电离理论	118
4-2	酸碱质子理论	119
第五节	沉淀-溶解平衡	123
5-1	难溶电解质的溶度积	123
5-2	影响沉淀生成的因素	128
5-3	分步沉淀	132
5-4	沉淀的溶解和转化	134
习题		137
第六章	氧化还原反应	140
第一节	氧化还原反应方程式的配平	140
1-1	氧化数	140
1-2	氧化还原反应的基本概念	141
1-3	应用氧化数法配平反应方程式	142
1-4	应用离子-电子法配平反应方程式	145
第二节	电极电势	147
2-1	原电池和电极电势	147
2-2	标准氢电极和标准电极电势	150
2-3	电池的电动势与摩尔反应自由能的关系	153
2-4	影响电极电势的因素	154
第三节	电极电势的应用	158
3-1	判断氧化还原反应进行的方向	158
3-2	判断氧化还原反应进行的程度	160
3-3	求溶度积常数	160
3-4	元素电势图	161
3-5	pH 电势图	163
习题		166
第七章	原子结构和元素周期系	170

第一节 核外电子运动状态	170
1-1 电子运动的波粒二象性	170
1-2 Heisenberg 不确定原理	171
1-3 波函数和原子轨道	173
1-4 几率密度和电子云	175
1-5 波函数的空间图象	176
1-6 四个量子数	181
第二节 核外电子排布和元素周期系	183
2-1 屏蔽效应 钻穿效应 近似能级图	183
2-2 核外电子排布原则	188
2-3 原子的电子层结构与元素周期系	192
第三节 元素性质的周期性	194
3-1 电离能	194
3-2 元素的电子亲合能	197
3-3 元素的电负性	199
习题	201
第八章 分子结构和晶体结构	204
第一节 离子键和离子晶体	204
1-1 离子键理论	204
1-2 离子晶体	206
第二节 价键理论	218
2-1 现代价键理论	219
2-2 共价键的键型	223
2-3 配位键	224
2-4 键参数	225
2-5 杂化轨道理论	227
2-6 分子的物理性质	231
第三节 分子轨道理论简介	233
3-1 分子轨道理论基本要点	234
3-2 分子轨道的形成	234
3-3 同核双原子分子的分子轨道	237

3-4	异核双原子分子的分子轨道.....	242
3-5	键级.....	243
第四节	分子间的作用力和氢键	244
4-1	分子间的作用力(van der Waals 力).....	244
4-2	氢键.....	247
4-3	分子晶体和原子晶体.....	250
第五节	金属键和金属晶体	251
5-1	金属键.....	251
5-2	金属晶体.....	252
5-3	原子半径.....	253
第六节	离子极化	256
6-1	离子的极化作用.....	257
6-2	离子的变形性.....	257
6-3	离子的极化作用与物质的性质.....	258
习题		259
第九章	配位化合物	262
第一节	配位化合物的基本概念	262
1-1	配位化合物的定义.....	262
1-2	配合物的组成.....	263
1-3	配位数.....	266
1-4	配离子的电荷.....	267
1-5	配合物的命名.....	267
第二节	配合物中的价键理论	269
2-1	配位键.....	269
2-2	配位化合物的空间结构.....	271
2-3	内轨型和外轨型配合物.....	274
第三节	配合物在水溶液中的稳定性	276
3-1	配离子的不稳定常数和稳定常数.....	276
3-2	稳定常数的应用.....	279
习题		285
第十章	稀有气体	288

第一节 稀有气体的性质和用途	288
1-1 稀有气体的性质	288
1-2 稀有气体的用途	289
第二节 稀有气体化合物	290
2-1 氟化物	291
2-2 含氧化合物	292
第三节 价层电子对互斥理论	293
3-1 理论的要点	294
3-2 应用	294
第四节 稀有气体化合物的构型	299
习题	300
第十一章 碱金属和碱土金属	302
第一节 碱金属和碱土金属的通性	302
第二节 碱金属和碱土金属的单质	304
2-1 性质	304
2-2 存在与制备	309
2-3 Ellingham 图	310
第三节 碱金属和碱土金属的氧化物	313
3-1 普通氧化物	313
3-2 过氧化物	314
3-3 超氧化物	315
第四节 碱金属和碱土金属的氢氧化物	316
第五节 碱金属和碱土金属的氢化物	318
第六节 碱金属和碱土金属的盐类	320
6-1 盐类的某些性质	320
6-2 溶解度的热力学分析	321
6-3 几种重要的盐	323
习题	325
第十二章 卤素	327
第一节 卤素的通性	327

第二节	卤素的单质	329
2-1	物理性质	329
2-2	化学性质	331
2-3	制备	333
2-4	用途	336
第三节	卤化氢	336
3-1	卤化氢性质变化的规律性	336
3-2	氟化氢的特性	340
第四节	卤化物、卤素互化物、多卤化物	341
4-1	卤化物	341
4-2	卤素互化物	343
4-3	多卤化物	344
第五节	卤素含氧酸及其盐	345
5-1	次卤酸及其盐	345
5-2	卤酸及其盐	347
5-3	高卤酸及其盐	349
5-4	卤素含氧酸的规律性	350
第六节	拟卤素	352
6-1	拟卤素的一般性质	353
6-2	氰、氢氰酸及其盐	353
6-3	硫氰酸及其盐	354
习题		354
第十三章	氧族元素	357
第一节	臭氧和过氧化氢	359
1-1	臭氧	359
1-2	过氧化氢	361
第二节	硫及其化合物	363
2-1	硫的存在和同素异形体	363
2-2	硫化氢和金属硫化物	365
2-3	多硫化物	367

2-4	硫的含氧化合物	368
第三节	硒和碲	377
3-1	单质	377
3-2	硒化氢和碲化氢	377
3-3	二氧化硒、二氧化碲、亚硒酸、亚碲酸	378
3-4	硒酸和碲酸	378
	习题	379
第十四章	氮族元素	382
第一节	氮的存在、性质和结构	383
1-1	氮的存在和性质	383
1-2	氮分子的结构	383
第二节	氮的化合物	384
2-1	氨和铵盐	384
2-2	氨的衍生物	388
2-3	氮的氧化物	389
2-4	氮的含氧酸及其盐	390
2-5	氮的标准电极电势图	394
第三节	磷及其化合物	395
3-1	单质	395
3-2	磷的氢化物和卤化物	397
3-3	磷的氧化物	399
3-4	磷的含氧酸及其盐	401
第四节	砷、锑、铋	406
4-1	单质的存在、性质和用途	406
4-2	砷、锑、铋的氢化物	407
4-3	砷、锑、铋的氧化物及其水合物	408
4-4	砷、锑、铋的卤化物、硫化物和硫代酸盐	410
第五节	惰性电子对效应	411
	习题	413
第十五章	碳族元素	415

第一节 碳	416
1-1 碳的同素异形体	416
1-2 一氧化碳与二氧化碳	417
1-3 碳酸与碳酸盐	420
1-4 碳化物	422
第二节 硅	423
2-1 硅的存在、制备、性质和用途	423
2-2 硅烷和硅的卤化物	424
2-3 二氧化硅	426
2-4 硅酸和硅酸盐	427
第三节 锗、锡、铅	432
3-1 单质的存在、冶炼、性质和用途	432
3-2 锡、铅的化合物	434
3-3 酸性铅蓄电池	440
第四节 环境污染与三废处理	441
4-1 环境污染对人体健康的影响	441
4-2 三废治理	443
习题	444
第十六章 硼族元素	447
第一节 硼	447
1-1 硼的制备	448
1-2 硼的结构和性质	448
1-3 硼烷	450
1-4 硼的卤化物	453
1-5 硼的含氧化合物	453
1-6 对角线规则	454
第二节 无机含氧酸小结	459
2-1 无机含氧酸的分类	459
2-2 无机含氧酸及其酸根的结构类型	459
2-3 含氧酸的强度	462
第三节 铝	464

3-1	铝的性质和用途	464
3-2	铝的冶炼	465
3-3	氧化铝和氢氧化铝	466
3-4	铝盐和铝酸盐	467
3-5	铝的卤化物和矾	468
第四节	镓、铟、铊	470
4-1	单质的性质	470
4-2	镓、铟、铊的氢氧化物和氧化物	470
4-3	镓、铟、铊的卤化物	471
	习题	471
第十七章	铜族和锌族元素	474
第一节	铜族和锌族元素的单质	476
1-1	铜族元素的单质	476
1-2	锌族元素的单质	480
第二节	铜族和锌族元素的氧化物、氢氧化物	483
2-1	铜族元素的氧化物、氢氧化物	483
2-2	锌族元素的氧化物、氢氧化物	485
第三节	铜族和锌族元素的重要盐类	486
3-1	铜族元素的盐类	486
3-2	锌族元素的盐类	489
第四节	铜族和锌族元素的配合物	491
4-1	铜族元素的配合物	491
4-2	锌族元素的配合物	493
第五节	镉和汞的毒性及含 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 废水的处理	494
	习题	495
第十八章	过渡元素	498
第一节	过渡元素通论	498
1-1	过渡元素的一些基本性质	499
1-2	过渡元素的一般性质	501
1-3	过渡元素化合物的一般性质	503

第二节	钛和钒	505
2-1	钛	505
2-2	钒	507
第三节	铬、钼、钨	509
3-1	单质的性质和用途	510
3-2	铬、钼、钨的化合物	511
第四节	锰	518
4-1	单质锰的性质	518
4-2	锰的自由能 - 氧化态图	519
4-3	锰的化合物	522
第五节	铁、钴、镍	525
5-1	单质的性质和用途	526
5-2	铁的化合物	527
5-3	钴和镍的化合物	534
第六节	铂系元素简介	536
6-1	铂系元素概述	536
6-2	铂和钯的化合物	537
习题		542
附录一	中华人民共和国法定计量单位	544
附录二	物理常数及转换因子	548
附录三	元素的原子量表	549
附录四	不同温度下水的蒸气压	551
附录五	标准电极电势表(298K)	552
附录六	热力学数据	557
习题参考答案		565
参考资料		569
化学元素周期表		571