



高等师范专科学校·中学教师培训教材

无机化学

(第二版) 上册

庞锡涛 主编

高等教育出版社

711 1502/126

高等师范专科学校·中学教师培训教材

无机化学

上册

(第二版)

庞锡涛 王振民

刘长让 周正民

修订

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书是在原教材(第一版)的基础上,根据1991年国家教委印发的中学教师进修高等师范专科《无机化学教学大纲》和1989年印发的二年制师范专科学校《无机化学教学大纲》修订的。全书在注意科学性和系统性的基础上,努力结合中学化学教学的实际,力求正确地阐述科学内容,叙述简明流畅。通俗易懂,便于自学。全书共22章,分上、下两册出版。上册为基础理论部分,下册为元素与化合物知识部分。

本书为中学教师培训,函授及师范专科学校化学专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学 上册/庞锡涛主编.—2版.—北京:高等教育出版社,1995

ISBN 7-04-005188-5

I.无… I.庞… II.无机化学 IV.061

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第01213号

高等教育出版社出版

新华书店总店北京发行所发行

北京市通县觅子店印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张13.625 插页1 字数350 000

1987年6月第1版

1995年5月第2版 1995年6月第1次印刷

印数0001— 732

定价 11.50元

第二版前言

本书（第一版，1987年）是国家教委委托高等教育出版社组织编写的卫星电视教育中学教师培训教材，也作为教育学院及各类函授、业余大学的教材及自学用书。从1987年出版以来，已印刷多次。1991年国家教委委托云南教育学院等校化学系编写了中学化学教师进修高等师范专科《无机化学教学大纲》。本书根据多年来的使用情况和新教学大纲的要求，在广泛听取了各方面意见的基础上进行修改的。同时，本书在编写过程中参考了国家教委师范教育司1989年制订的二年制师范专科学校《无机化学教育大纲》，因此本书还可作为高等师范专科学校化学专业《无机化学》教材。

全书共二十二章，分上、下两册出版。上册为基础理论部分，下册为元素部分。上册内容包括：化学的一些基本概念和定律，反应热效应和化学反应方向，化学反应速度，化学平衡，氢、水、溶液和胶体，电解质溶液和电离平衡，氧化还原反应，原子结构和元素周期律，化学键、分子结构和晶体，空气和稀有气体。下册内容包括：卤族元素，氧族元素，氮族元素，碳、硅、硼，非金属元素小结，碱金属和碱土金属，铝族、锆分族，配位化学，铜、锌族元素，过渡元素，铜系元素和铜系元素，无机化学进展。

本书第一版对化学热力学基础知识未独立成章，把具体内容分散到“化学基本概念和基本定律”及“化学平衡”两章中介绍。这样可起到难点分散，并结合实际，使学生易于接受。由于多年来在《无机化学》中已习惯将化学热力学基础知识独立成章，教师已较适应，因此本书将化学热力学基础知识编写为“反应热效应和化学反应方向”一章。在“无机化学进展”一章中，

对近代无机化学的发展作了扼要介绍，比本书第一版增加了部分内容，使学员对无机化学有一个较全面的了解。

本书由郑州大学庞锡涛主编，参加本书修订的有郑州大学庞锡涛（绪言及一，十一，十二，十三，十四，十五，十六章）、王振民（二，三，四，五，六，十章）、周正民（七，八，九章）、刘长让（十七，十八，十九，二十，二十一，二十二章）。全书各章经过多次讨论，最后由庞锡涛统一修改定稿。

本书第一版出版后，多年来一直得到国内广大读者的热情关怀与支持。在修改过程中，得到河南省教育学院朱伯仲老师及河南省教委卫星电视教育中心的热情帮助，为本书收集了许多宝贵的修改意见。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者提出宝贵的意见。

编 者

1994年3月

第一版前言

本书是国家教委委托高等教育出版社组织编写的卫星电视教育中学教师培训教材。编者于1985年11月接受编写任务后进行了广泛的社会调查，结合无机化学教学大纲（中学教师进修化学专业），讨论和制订了编写提纲，然后进行编写工作。初稿经广泛征求意见后，部分内容作了调整和修改。1986年6月在郑州大学召开了有六所高等院校及二所教师进修学院参加的审稿会，对本书的修订稿进行了审查。会后，编者根据审稿意见，最后修改定稿。

编写本书的主要目的是提高中学化学教师的业务水平，要求学员在无机化学课程方面达到高等师范专科相同课程的水平，以适应我国教育事业蓬勃发展的需要。本书在注意科学性和系统性的基础上，努力结合中学化学教学的实际。对于中学化学教学内容中已有的概念、理论和规律，既不是简单的重复，也不是完全省略，而是着重引导学员认识这些概念和理论的来源、发展、本质和彼此间的内在联系。使学员对这些概念、理论和规律得到更深刻、更全面的了解。对于中学化学中涉及的常见元素，则占用较多的篇幅进行介绍。与此同时，还注意基础理论的提高和新知识的学习。希望通过学习，使学员为以后从事中学化学课程的教学打下坚实的基础。

本书在编写过程中坚持以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导，努力贯彻爱国主义的思想；力求做到正确地阐述科学内容，注意从实际出发，精选内容，要求叙述简明流畅，通俗易懂，适于自学。本书除作为卫星电视教育中学师资培训教材外，还可作为教育学院、教师进修学院及各类函授、业余大学的教材或自学

用书。

全书共二十章，分上、下两册出版。上册为基础理论部分，下册为元素部分。上册内容包括：化学的基本概念和基本定律；氢、水、溶液和胶体；化学反应速度；化学平衡；电解质溶液与电离平衡；氧化还原反应和电化学；原子结构和周期律；化学键和分子结构；稀有气体共九章。下册十一章，其顺序为卤素、氧族元素、氮族元素、碳族元素、硼族元素、碱金属和碱土金属、配位化合物、铜族和锌族元素、过渡元素、镧系和锕系元素、无机化学展望。

本书对化学热力学及元素周期系总结未独立成章，而把具体内容分散在有关章节中介绍。这样可起到难点分散、结合实际的作用，使学生易于接受。在元素部分增加了环境化学的内容。在无机化学展望一章，对近代无机化学的发展作了扼要介绍，使学员对无机化学有一个较全面的了解。

本书由郑州大学庞锡涛主编。参加本书编写的有郑州大学庞锡涛（绪言及十一，十二，十三，十四章）、周正民（七，八，十章）、刘长让（十六，十七，二十章）、王振民（二，三，十八章），河南师范大学娄全龄（六，九章），河南大学马尚文（四，五，十九章）。本书第一章由庞锡涛和周正民合写；第十五章由庞锡涛和娄全龄合写。全书各章经过多次讨论，最后由庞锡涛统一修改定稿。

本书在编写过程中曾得到郑州市教师进修学院及其他有关单位的热情帮助。参加审稿会的有北京师范大学陈伯涛教授、河南师范大学卢锦梭教授、郑州大学车得基教授、山东曲阜师范大学王志衡教授、河南大学郭玉璠副教授、郑州市教育局教研室庞九源老师、郑州市教师进修学院李伯俊老师、河南省教育学院侯让坤老师、郑州市中州大学魏振枢老师等，他们对本书的修改提供了许多宝贵的意见。郑州大学杨海英等同志为本书的编写做了许多辅助性工作。在此一并表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者提出宝贵的意见。

编 者

1986年12月

目 录

绪言	1
第一章 化学的一些基本概念和定律	5
第一节 化学的一些基本概念	5
1-1 原子和分子	5
1-2 元素、核素和同位素	9
1-3 原子量、分子量和式量	12
第二节 国际单位制和摩尔	15
2-1 国际单位制	15
2-2 我国法定计量单位	17
2-3 物质的量及其单位——摩尔	17
2-4 摩尔质量	19
第三节 重要气体定律	21
3-1 理想气体状态方程式	21
3-2 混合气体的分压定律	24
3-3 气体扩散定律	27
3-4 气态物质分子量的测定	28
3-5 气体定律的偏差和修正	33
习题	34
第二章 反应热效应和化学反应方向	37
第一节 热力学中常用的术语	37
1-1 体系和环境	37
1-2 体系的性质	38
1-3 状态和状态函数	39
1-4 过程和途径	39
第二节 化学反应的热效应	40
2-1 能量守恒——热力学第一定律	40

2-2	热化学	43
2-3	几种常见的热效应	49
2-4	化学反应焓变的计算	52
第三节 化学反应的方向		57
3-1	自发过程	57
3-2	熵的初步概念	58
3-3	吉布斯自由能	62
习题		69
第三章 化学反应速度		72
第一节 化学反应速度		72
1-1	化学反应速度及其表示法	72
1-2	化学反应速度的实验测定	75
第二节 反应速度理论		76
2-1	碰撞理论	76
2-2	过渡状态理论	79
第三节 影响化学反应速度的因素		81
3-1	浓度对化学反应速度的影响	81
3-2	温度对化学反应速度的影响	88
3-3	催化剂对化学反应速度的影响	91
习题		94
第四章 化学平衡		96
第一节 化学平衡		96
1-1	可逆反应与不可逆反应	96
1-2	化学平衡的建立	97
1-3	平衡常数	98
1-4	有关化学平衡的计算	105
第二节 化学平衡的移动		108
2-1	浓度对化学平衡的影响	109
2-2	压力对化学平衡的影响	110
2-3	温度对化学平衡的影响	113
2-4	勒夏特利原理	115

习题	115
第五章 氢、水、溶液和胶体	119
第一节 氢	119
1-1 氢在周期表中的位置	119
1-2 氢的同位素	120
1-3 氢在自然界中的分布和制备	121
1-4 氢气的性质和用途	123
1-5 氢化物	125
第二节 水	126
2-1 水的组成和结构	127
2-2 水的物理性质	128
2-3 水的化学性质	131
2-4 水的状态图	132
2-5 水的污染及净化	134
第三节 溶液	136
3-1 分散体系	136
3-2 溶液的一般概念	137
3-3 溶液浓度的表示法及有关计算	144
3-4 稀溶液的依数性	149
第四节 胶体溶液	156
4-1 胶体的制备	157
4-2 胶体溶液的性质	158
4-3 胶体的结构	160
4-4 胶体的聚沉	161
4-5 高分子溶液对溶胶的保护作用和敏化作用	162
习题	163
第六章 电解质溶液和电离平衡	166
第一节 电解质溶液	166
1-1 强电解质和弱电解质	166
1-2 强电解质溶液	167
第二节 弱电解质的电离平衡	170

2-1 水的电离平衡·····	170
2-2 弱酸弱碱的电离平衡·····	176
第三节 缓冲溶液·····	188
3-1 缓冲溶液的概念和组成·····	188
3-2 缓冲溶液的缓冲原理·····	188
3-3 缓冲溶液pH值的计算·····	189
3-4 缓冲溶液的选择和配制·····	192
第四节 盐类的水解·····	193
4-1 盐类的水解·····	194
4-2 影响盐类水解的因素·····	201
第五节 沉淀-溶解平衡·····	203
5-1 溶度积常数·····	203
5-2 溶度积规则及其应用·····	206
第六节 酸碱理论·····	215
6-1 酸碱的电离理论·····	215
6-2 酸碱的质子理论·····	217
6-3 酸碱的电子理论·····	221
习题·····	222
第七章 氧化还原反应 ·····	226
第一节 氧化还原的基本概念·····	226
1-1 氧化数·····	226
1-2 氧化与还原·····	228
1-3 氧化还原电对·····	230
第二节 氧化还原反应方程式的配平·····	230
2-1 氧化数法·····	230
2-2 离子电子法·····	233
第三节 原电池与电极电势·····	236
3-1 原电池·····	236
3-2 电极电势·····	237
3-3 标准电极电势·····	238
3-4 电池电动势与自由能的关系·····	243

3-5 影响电极电势的因素	243
第四节 电极电势的应用	248
4-1 判断氧化剂和还原剂的相对强弱	248
4-2 判断氧化还原反应进行的方向和限度	249
4-3 元素电势图及其应用	251
4-4 电势-pH图	254
第五节 电解与化学电源	256
5-1 电解与电解定律	256
5-2 分解电压	258
5-3 化学电源	261
第六节 金属的腐蚀与防腐	263
6-1 金属的腐蚀	263
6-2 金属的防腐	265
习题	268
第八章 原子结构和元素周期律	272
第一节 原子的组成	272
1-1 电子的发现	273
1-2 原子核的发现	273
1-3 核电荷的确定——莫斯莱定律	275
1-4 原子的组成	276
第二节 核外电子运动的特点	276
2-1 能量量子化与波尔理论	277
2-2 电子运动的波粒二象性	282
第三节 核外电子运动状态的描述	284
3-1 薛定谔波动方程	284
3-2 四个量子数	285
3-3 波函数和原子轨道	289
3-4 几率密度和电子云	292
3-5 径向分布图	294
3-6 简短总结	297
第四节 核外电子的排布与元素周期表	298

4-1 原子轨道的能级.....	298
4-2 核外电子的排布.....	303
第五节 元素基本性质的周期性变化	314
5-1 原子半径.....	315
5-2 电离能.....	318
5-3 电子亲合能.....	320
5-4 元素的电负性.....	320
习题	324
第九章 化学键 分子结构和晶体.....	328
第一节 离子键与离子型晶体.....	329
1-1 离子键的形成.....	329
1-2 离子键的特点.....	331
1-3 离子的类型及电子层构型.....	333
1-4 离子的电荷与半径.....	334
1-5 常见的离子型晶体.....	337
1-6 晶格能.....	340
1-7 离子极化.....	342
第二节 共价键.....	345
2-1 价键理论.....	345
2-2 分子轨道理论.....	352
第三节 共价分子的空间结构.....	357
3-1 杂化轨道理论.....	358
3-2 价层电子对互斥理论.....	361
第四节 键参数和共价分子的性质	365
4-1 重要的共价键参数.....	366
4-2 共价分子的性质.....	368
第五节 共价分子间的作用力	370
5-1 范德华引力.....	371
5-2 氢键.....	372
5-3 分子晶体和原子晶体.....	373
第六节 金属键和金属型晶体	375

6-1 金属键.....	375
6-2 金属晶体.....	378
习题	380
第十章 空气和稀有气体	384
第一节 空气	384
1-1 空气的组成.....	384
1-2 空气的液化和分馏.....	385
1-3 空气的污染及其净化.....	388
第二节 稀有气体.....	391
2-1 稀有气体的发现简史.....	391
2-2 稀有气体的性质和用途.....	393
2-3 稀有气体的存在和分离.....	395
2-4 稀有气体的化合物.....	396
习题	399
部分习题答案	400
附录一 酸碱的电离常数	405
附录二 难溶化合物的溶度积常数	407
附录三 标准电极电势	408
附录四 一些物质的热力学性质.....	415
元素周期表	

绪 言

化学是研究物质变化的科学。物质分为实物和场。有静质量的称为实物，如空气、水、石油、矿石、煤等；没有静质量的称为场，如电磁场、引力场等。化学研究的对象一般是实物。

物质变化的形式是多种多样的。有的在变化过程中没有生成新的物质，这类变化称为物理变化。例如水结成冰、硫升华、汽油气化等，它们的存在形态虽然发生了变化，但分子的组成基本不变。有的在变化过程中生成了新的物质，这类变化称为化学变化。例如炭燃烧、铁生锈、碳酸钙加热分解等，它们的分子组成已发生了根本变化。物质的变化和物质的性质是密切相联的。不经过化学变化就能表现出来的一些性质，叫做物理性质，例如颜色、状态、气味、熔点、沸点、溶解度、硬度等。只在发生化学变化时才能表现出来的一些性质，叫做化学性质，例如炭能燃烧、铁能生锈、碳酸钙加热能分解等。化学主要研究物质的化学变化，或者说主要研究物质的化学性质。但由于物质在发生化学变化时常常伴随着发生物理变化和能量的变化，因此，化学除主要研究物质的化学性质外，还常同时研究物质的物理性质及其在反应过程中的能量变化。

研究物质的性质，必须研究物质的组成和结构，因为物质的性质，归根到底是由它的组成和结构决定的。而且物质的用途，又决定于它的性质。我们可以通过化学变化来改变物质的组成和结构，使其变为具有新颖性能的化合物。因此研究物质的性质与组成、结构的关系，研究和掌握化学变化的规律性是十分重要的。只有这样，才能有计划、有目的地开展科学研究，提高科学研究能力，开发新产品，发展生产力。

化学是一门研究领域十分广泛，又与人类的物质生活密切相关的科学。从单质到化合物，从简单的双原子化合物到结构异常复杂的高分子聚合物，都是化学的研究对象。矿石的冶炼，煤、石油的综合利用，粮食的深度加工，环境的保护等，都与化学直接有关。利用化学的成就，还可以人工合成许多新产品。总之，从人类的日常生活到现代科学技术的发展，都离不开化学。当前世界范围内面临的一些重大社会问题，如粮食供应、环境污染、医药保健及能源供应等，均需化学工作者为此作出巨大的努力。现在，化学作为一门科学，不但已建立了严密的理论体系，而且积累了丰富的实践经验。学习和掌握丰富的化学知识，对我国实现四个现代化有着十分重要的意义。

化学已是一门具有高深理论和实践知识极为丰富的科学，它经历了漫长的发展过程。化学的发展史，可分为三个阶段，即古代化学、近代化学和现代化学。古代化学是从人类使用火到17世纪中期。主要是实用化学，例如制造陶瓷器、冶炼金属、织物染色和酿酒等。这一时期积累了丰富的化学实践知识。近代化学开始于17世纪后期，由于一些实验仪器的应用，使研究工作从定性发展到定量。先后提出了化学中的一些基本概念和基本定律，如原子-分子学说、质量不灭定律、定组成定律、氧化理论、气体定律、化合价理论等，直到19世纪提出元素周期律。这一时期，化学在生产中的应用，也得到了进一步发展。现代化学开始于19世纪末，由于使用物理学科的新技术和新理论，揭开了原子和原子核内部的秘密。本世纪30年代初，根据量子力学建立了现代化学键理论。在它们的影响下，使化学发展到一个新的阶段。近年来，新型物理仪器在化学研究中的大量应用，使化学学科得到更加迅速的发展。今天，化学正处于向更高层次发展的历史时期。我国对古代化学曾作出过重大贡献。近代化学发展过程中，由于历史的原因，我国长期处于落后状态。现代化学发展过程中，我们起步较晚，但已作出一定的贡献。目前，我们正面临着赶超世