

中等职业学校规划教材

获中国石油和化学工业优秀教材奖一等奖

无机化学

第四版

党信 苏红伟 编



化学工业出版社

中等职业学校规划教材
获中国石油和化学工业优秀教材奖一等奖

无机化学

第四版

党信 苏红伟 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材内容起点是以初中化学为基础。在内容的深度和广度上不仅注意了无机化学本身固有的科学体系,更重要的是充分考虑到无机化学要为专业课服务、要为培养目标服务所必需具有的知识容量。全书共分十四章,一至八章主要介绍了物质结构、元素周期律、化学平衡、电解质溶液和氧化还原反应等的基本理论和基本计算;九至十四章主要介绍一些重要的元素及其化合物的性质及典型的化学反应规律。同时还编排了化学实验。

本教材还配有可供学生课后使用的无机化学练习册。

该书可供中等职业学校化工工艺、工业分析等专业使用,也可作为其他相关专业和职工培训及工人自学等用书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/党信,苏红伟编. —4版. —北京:化学工业出版社,2012.7
中等职业学校规划教材
ISBN 978-7-122-14530-7

I. 无… II. ①党…②苏… III. 无机化学-中等专业学校-教材 IV. O61

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第127871号

责任编辑:陈有华 蔡洪伟
责任校对:陈 静

文字编辑:林 媛
装帧设计:杨 北

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张17 彩插1 字数400千字 2012年9月北京第4版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 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:29.80元

版权所有 违者必究

前 言

本书自 1985 年出版以来，备受中等职业学校化工类专业广大师生和进行化工职业培训人员的厚爱与欢迎。在教学和培训过程中发挥了积极作用。该教材并被评为“中国石油和化学工业优秀教材奖一等奖”。

本书在内容的取舍方面充分考虑了中等职业教育化学工艺类专业培养目标所必需的无机化学基本知识、基本理论、基本运算和基本技能等，贯彻应用性、技能性人才培养的教育理念，适当降低了难度，删去了偏深的内容，更易于学生和培训人员学习和掌握。修订后的教材内容基本保持原教材的特色不变，仍保持了原教材的科学性、系统性和适用性等。

修订后的教材仍由教材课本和与教材课本配套的无机化学练习册两部分组成。教材部分由十四章内容、十个实验和附表组成。

本次教材的修订工作由党信、苏红伟负责。

本次在修订过程中得到了化学工业出版社和云南省化工高级技工学校陈建军副校长的支持和帮助，同时参考了现已出版的各类无机化学教材中的有关内容，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，欢迎广大师生批评指正。

编者

2012 年 5 月

第一版前言

无机化学是化工技工学校重要的基础课之一。本书是根据 1982 年 8 月在上海召开的全国化工技工学校教材编写会议确定的教学大纲而编写的。

本书是技工学校化工专业的统编教材。教材的内容与现行的初中化学教材相衔接，既注意了为后继专业课打好基础，又注意了为今后从事化工生产提供必要的理论知识。全书共分 15 章，1~8 章主要是系统介绍无机化学中的基本概念和基础理论；9~15 章主要是系统介绍重要的元素及其化合物，此外附有 8 个化学实验，总计需 140 学时。

本书保持了无机化学的科学体系，并根据技工学校教育特点，特别注意了理论联系实际，加强了知识转化为技能方面内容的选材，把教材内容的深度、广度与培养中级技术工人应具备的理论知识结合起来。为考虑各专业的要求不同，书中有些部分内容供选学用。

本书照顾了在职工人自学和培训的需要，在文字叙述上尽量做到由浅入深、循序渐进、通俗易懂、有利自学。

本书由广西柳州化工技工学校解惟鼎老师任主审。参加审阅的老师还有成都四川化工厂技工学校李杏英，上海高桥化工厂技工学校王代娣，抚顺市化工局技工学校孙秀俊，陕西兴平化工技工学校熊开元，吉林化工技工学校陈玉生，上海吴泾化工厂技工学校邵志慧、黄丁义。在编写过程中还得到吉林化工学院、吉林化学公司有关教师和工程技术人员的帮助，在此一并表示谢意。

由于水平有限，时间仓促，书中疏漏在所难免。因此，欢迎读者特别是使用本书的师生提出批评和修改意见。

编者

1985 年 1 月

第二版前言

原教材自 1985 年第一次印刷至今已印十多次，总印数达 35 万之多，在此对全国化工技工学校广大师生给予本教材的支持和厚爱表示谢意！

这次修订是以 1997 年原化学工业部颁发的全国化工技工学校教学计划和无机化学教学大纲的要求为依据，并结合第一版教材的使用情况进行的。其中删掉了原教材中偏深、偏难的内容，术语、单位采用了最新的国家标准，引入新知识，同时也对内容结构作了一定的调整，力争使修订后的教材内容更加具有科学性、先进性和适用性，进而服务于培养目标和满足教育改革的需要。修订后的教材仍由三部分组成，教材共十四章、实验十二项，并有附表。大约需 142 学时。

本教材配有“无机化学练习册”，其内容编排顺序与教材章节顺序相对应，题型有填空题、判断题、选择题、计算题及问答题等，并配有自测题，可直接作为作业本使用。

在修订过程中曾得到化学工业出版社、陕西兴平化工技工学校和吉林化工技工学校等大力支持和帮助，在此一并表示感谢！

由于本人水平有限，书中疏漏或不妥之处在所难免，竭诚希望广大师生予以批评指正。

编者

1999 年 1 月

第三版前言

《无机化学》自第一版、第二版出版以来，已有 20 多年，承蒙中等专业学校和各有关技工学校化工类专业广大师生的关爱和支持，使它已成为化工类专业重要的基础课教材之一。

从第二版教材使用情况看还有部分内容偏深、偏多，与目前中等专业学校和技工学校无机化学的教学实际有一定的差距，同时几年来又有些新知识、新概念应及时引入教材内容中，因此决定对第二版教材内容进行修订。修订后的教材内容除保留了原教材固有的特色外，仍保持了原教材固有的科学性、系统性和适用性等，同时也对教材内容的深度、广度作了适当的调整，力争教材内容少而精。

第三版与第二版相比，教材内容主要改动如下。

1. 根据法定计量单位规定量的名称，将电离理论改为解离理论，故电离度相应改为解离度。

2. 在采用 1988 年 IUPAC 建议使用的元素周期表（分为 18 个族）的同时也兼顾国内现行使用的元素周期表，在族的编号上沿用惯用的方法（用罗马数字表示族号，分别在数字右侧加 A、B 表示主族和副族，如 II A、V B 等），以利教与学。

3. 对第八章物质结构和元素周期表及有关元素章节中的内容再次精选，使教材内容更加精练。

4. 为了有利教与学，按“了解”、“理解”、“掌握”和“应用”四个不同层次的要求，在每章开始增加了学习目标的内容。

修订后的教材仍由教材课本和与教材课本配套使用的无机化学练习册两部分组成。教材部分由十四章内容、十二个实验和附表组成，大约需 120 学时。

本次修订得到了化学工业出版社和吉林化工技工学校有关领导和老师的支持和帮助，也参考了现已出版的各类教材中的有关内容，在此一并表示衷心的感谢。

限于个人水平，书中难免有疏漏和欠妥之处，敬请广大师生批评指正。

编者

2006 年 1 月

目 录

绪论	1
一、化学的研究对象	1
二、化学在国民经济中的作用	1
三、无机化学课程的重要任务及学习方法	2
第一章 化学基本概念和基本计算	3
第一节 无机物及其相互关系	3
一、无机物的分类	3
二、无机物的命名	5
三、无机物化学反应的基本类型	6
四、无机物之间的转化关系	7
第二节 物质的量及其单位	8
一、物质的量及其单位	8
二、摩尔质量	8
三、物质的量的计算	9
第三节 气体摩尔体积	9
一、气体的摩尔体积及其计算	9
二、阿伏加德罗定律	10
第四节 有关化学方程式和热化学方程式的计算	11
一、根据化学方程式的计算	11
二、根据热化学方程式的计算	13
第二章 分压定律	15
第一节 理想气体状态方程式	15
一、理想气体状态方程式	15
二、摩尔气体常数	16
第二节 分压及分压定律	17
一、分体积及体积分数	17
二、分压及分压定律	18
三、分压定律的应用	19
第三章 溶液	21
第一节 溶液和胶体	21
一、分散系	21
二、胶体(选学内容)	22
第二节 物质的溶解	24
一、溶解平衡	24
二、溶解过程中能量的变化	24

第三节 溶解与结晶	25
一、溶解度	25
二、影响溶解度的因素	27
三、有关溶解度的计算	27
四、结晶在化工生产中的应用	28
第四节 溶液的组成	29
一、溶质质量分数	30
二、物质的量浓度及其计算	30
三、等物质的量反应规则	32
第四章 化学反应速率和化学平衡	34
第一节 化学反应速率	34
一、化学反应速率概念	34
二、化学反应速率的表示方法	34
第二节 影响化学反应速率的因素	35
一、浓度、压力对化学反应速率的影响	35
二、温度对化学反应速率的影响	37
三、催化剂对化学反应速率的影响	37
第三节 化学平衡	38
一、可逆反应与化学平衡	38
二、平衡常数 K_c 和 K_p	38
三、平衡常数的计算及其应用	40
第四节 化学平衡移动	42
一、浓度对化学平衡移动的影响	42
二、压力对化学平衡移动的影响	43
三、温度对化学平衡移动的影响	44
四、催化剂与化学平衡移动	44
五、勒夏特列原理	44
六、化学平衡原理在化工生产中的应用	45
第五章 电解质溶液	47
第一节 电解质的解离	47
一、电解质的强弱与解离度	47
二、弱电解质的解离平衡	49
三、同离子效应	52
第二节 离子互换反应和离子反应方程式	53
一、离子反应和离子反应方程式	53
二、离子互换反应进行的条件	54
第三节 水的解离和溶液的 pH	55
一、水的解离	55
二、溶液的酸碱性	55
三、溶液的 pH	56

四、酸碱指示剂	57
第四节 盐类的水解	58
一、盐类的水解	58
二、盐类水解的应用	59
第五节 缓冲溶液	60
一、缓冲溶液	60
二、缓冲作用的原理	61
第六章 沉淀反应	62
第一节 溶度积	62
一、溶度积常数 K_{sp}	62
二、溶解度与溶度积的换算	63
第二节 沉淀与溶解	64
一、溶度积规则	64
二、沉淀的生成	66
第三节 溶度积规则的应用	67
一、分步沉淀	67
二、沉淀的转化	67
第七章 氧化还原反应与电化学	69
第一节 氧化还原反应	69
一、氧化还原反应的本质	69
二、氧化剂与还原剂	70
第二节 氧化还原反应方程式的配平	71
一、配平原则	71
二、配平的主要步骤	71
第三节 原电池	72
一、原电池装置	72
二、原电池装置的表示方法	73
第四节 电极电势	74
一、电极电势的概念	74
二、电极电势的应用	75
第五节 电解	77
一、电解与电解装置	77
二、电解的应用	78
第六节 金属的电化学腐蚀与防腐	80
一、电化学腐蚀	81
二、金属的防腐蚀	82
第八章 物质结构和元素周期律	83
第一节 原子结构	83
一、电子的发现	83
二、原子的组成	83

三、同位素	84
第二节 核外电子的运动状态	85
一、电子云	85
二、核外电子的运动状态	86
第三节 核外电子的排布	87
一、能量最低原理	87
二、泡利不相容原理	87
三、洪德规则	88
第四节 原子结构与元素周期表	89
一、元素周期律和元素周期表	89
二、元素的性质和原子结构的关系	92
第五节 分子结构	94
一、化学键	94
二、化学键的分类	94
第六节 分子的极性	97
一、键的极性	97
二、分子的极性	97
第七节 晶体	98
一、离子晶体	98
二、原子晶体	98
三、分子晶体	98
四、金属晶体	99
五、层状晶体	99
第八节 配合物的基本概念	100
一、配合物	100
二、配合物的结构和命名	101
三、配合物的应用	102
第九章 卤素	103
第一节 卤素及其通性	103
一、卤素元素	103
二、卤素的性质	103
第二节 氯及其化合物	104
一、氯气的主要性质	105
二、氯化氢和盐酸	106
三、氯的含氧化合物	107
第三节 氟、溴、碘及其化合物	108
一、氟、溴、碘的氢化物及其盐	109
二、溴、碘的含氧化合物	109
三、氟、溴和碘及其化合物的应用	110
第十章 碱金属与碱土金属	111

第一节 碱金属及其通性	111
一、碱金属	111
二、碱金属的通性	111
第二节 钾、钠及其化合物	112
一、钾、钠的氧化物	112
二、钾、钠的氢氧化物	113
三、钾、钠的氢化物	114
第三节 碱土金属及其通性	114
一、碱土金属	114
二、碱土金属的通性	114
三、几种重要的盐	116
第四节 镁、钙及其化合物	117
一、镁及其化合物	117
二、钙及其化合物	117
第五节 硬水及其软化	119
一、暂时硬水的软化方法	119
二、永久硬水的软化	120
第十一章 氧族元素	121
第一节 氧族元素及其通性	121
一、氧族元素	121
二、氧族元素的通性	121
第二节 氧及其化合物	122
一、氧的同素异形体	122
二、过氧化氢	122
第三节 硫及其化合物	123
一、硫	123
二、硫化氢	123
三、二氧化硫与亚硫酸	124
四、三氧化硫	125
第四节 硫酸及其盐	125
一、硫酸	125
二、硫酸盐	127
三、硫代硫酸及其盐	127
第十二章 氮族元素	128
第一节 氮族元素及其通性	128
一、氮族元素	128
二、氮族元素的通性	128
第二节 氮及其化合物	129
一、氮	129
二、氮的化合物	129

第三节 硝酸及其硝酸盐	130
一、硝酸	130
二、硝酸盐	131
第四节 磷、磷酸及其磷酸盐	132
一、磷	132
二、磷酸及其盐	133
第十三章 碳族元素	135
第一节 碳族元素及其通性	135
一、碳族元素	135
二、碳族元素的通性	135
第二节 碳及其化合物	136
一、碳	136
二、碳的重要化合物	136
第三节 硅、锗、锡、铅及其化合物	138
一、硅及其化合物	138
二、锗、锡、铅	140
第十四章 几种常见的金属元素及其化合物	142
第一节 金属的通性	142
一、金属的物理性质	142
二、金属的化学性质	143
三、合金	143
第二节 铝及其化合物	144
一、金属铝	144
二、铝的重要化合物	145
第三节 铜族及其化合物	145
一、铜及其化合物	146
二、银及其化合物	147
第四节 锌族及其化合物	148
一、锌及其化合物	148
二、汞及其化合物	149
第五节 钒、铬、锰及其化合物	150
一、钒	150
二、铬、锰及其化合物	151
第六节 钢铁	152
一、铁	152
二、钢	152
实验部分	154
实验须知与常用仪器	154
实验一 玻璃仪器的洗涤和煤气灯等的使用	158
实验二 玻璃管操作和塞子钻孔	160

实验三	粗食盐的精制·····	163
实验四	影响化学反应速率的因素·····	164
实验五	离子反应和盐类的水解·····	165
实验六	铜-锌原电池 ·····	167
实验七	卤素及其化合物的性质·····	167
实验八	硫化合物的性质·····	169
实验九	硝酸盐的性质·····	170
实验十	高锰酸钾的氧化性·····	170
附表	·····	172
附表一	国际单位制 (SI) 基本单位·····	172
附表二	用于构成十进倍数和分数单位的词头·····	172
附表三	国际相对原子质量表·····	172
附表四	强酸、强碱、氨溶液的质量分数与密度 (ρ) 和物质的量浓度 (c) 的关系·····	173
附表五	弱酸及氨水的解离常数·····	174
附表六	溶度积常数·····	175
附表七	标准电极电势 (298.15K) ·····	176
附表八	无机化合物的俗名·····	178
参考文献	·····	179
元素周期表		

绪 论

一、化学的研究对象

我们人类生活的世界，虽然是由千变万化的形形色色的物质组成，大到太阳系，小到看不见的分子、原子和电子，但是它们都有一个共同的特征，就是所有的物质都在运动。根据这些运动形态的不同，大致把物质的运动分为物理的、化学的、机械的、生物的和社会的五种。这些不同形态的运动既有区别又有联系。这些不同的运动形式，都有不同的学科进行研究。

人们为了研究各种运动形态的规律和特点，相继出现了各种自然科学，化学就是其中之一，它同其他自然科学，如数学、物理学一样，都有着明确的研究对象。化学主要是研究物质的化学变化规律的一门自然科学。由于物质的化学性质与物质的组成、结构有关，为了更深入、更广泛地掌握化学变化的规律，化学还必须要研究物质的组成、结构、性质、变化以及它们之间的内在联系。具体地说，从物质的结构层次看，化学是研究由分子分割到原子这个层次的运动规律的。因此，化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的一门基础自然科学。其涉及的内容十分广泛，已成为门类繁多的一门科学。到目前为止可分为以下几门分支学科。

无机化学：它是以物质结构和元素周期律为理论，研究除碳氢化合物以外的一切元素及其化合物的一门学科。

有机化学：它是专门研究碳氢化合物的一门学科。

分析化学：它是研究物质的化学组成、结构、分析方法、测定手段及其原理的一门学科。

物理化学：它是应用物理学中的基本原理和方法去研究化学的一门学科。

随着科学的发展和各个学科之间的互相渗透，又出现了化学与其他自然科学交叉的交叉科学和应用科学。例如，生物化学、地球化学、农业化学、工业化学、环境化学、高分子化学、放射化学等。

由于化学的发展往往都是从无机物研究开始，所以无机化学已成为其他化学发展的基础。无机化学本身的发展又使自身产生了许多分支科学，如稀有元素化学、配位化学、同位素化学等。随着自然科学的不断发展，无机化学又与其他科学交叉渗透形成了生物无机化学、固体无机化学等，这为无机化学的发展又开辟了新的途径。当前无机化学和其他化学分支一样，正在从定性向定量，从描述性科学向推理性科学进展，从宏观向微观深入，相信一个比较完整的、理论的定量论和微观化的无机化学新体系必将迅速发展起来。

二、化学在国民经济中的作用

化学与国民经济中各行各业都有着广泛的联系。例如，为了发展现代化的国防、现代化的工业，需要各种特殊性能的耐高温、耐辐射、耐磨损的结构材料，敏感、记录光导纤维，液晶高分子等信息工程材料，以及超导体、离子交换树脂和交换膜等功能材料等；为了发展现代化的交通运输事业，需要大量的优质燃料；为了发展现代化的农业，需要有廉价的化肥和各种高效低毒的农药；为了提高人民生活，又需要各种物美价廉的合成材料和治疗各种疾

病的药物等。

特别是 20 世纪末以来，在人类面临的能源有效利用、粮食、环境、人口与资源的五大问题中，材料、能源、信息成为现代文明社会的三大支柱，其中材料又是能源和信息工业技术的物质基础等。所有这些关系到人类能否与自然和谐发展，我国能否早日富强，早日使我国进入创新型国家行列，人民生活能否早日全面实现“小康”。

三、无机化学课程的重要任务及学习方法

无机化学仅仅是门类繁多的化学之中的一个分支，但它却是学习其他化学学科的向导和基础；是化工类专业中的一门重要的基础课。

无机化学课程的重要任务是通过讲授，使学生对无机化学中的物质结构、化学平衡、电解质溶液、氧化还原等重要理论和某些重要的元素及化合物的性质、典型的重要化学反应规律和化学计算等能正确地理解和应用；并通过实验，不仅使学生能对已学过的某些知识得到验证，而且更重要的是使学生能熟悉和掌握一些化学中最基本的实验操作技能，所有这些任务的实现，都是为学校能高质量地实现培养目标服务的。

既然无机化学如此重要，那么我们应如何学好这门课程呢？学好这门课程的关键要有一个好的学习方法，如学习元素及其化合物的性质时，必须要用所学到的有关物质结构理论、元素周期律的知识去分析、推理、归纳、概括它们的性质，从而不仅可以系统地掌握元素及其化合物的性质，而且还能触类旁通，达到举一反三的学习效果。在做实验时，必须听从教师的指导，按教师要求预习实验内容，做出实验方案，设计出进行实验的操作方法和步骤，记好实验现象，写好实验报告。这样做不仅能加深和巩固所学到的理论知识，而且还能更好地培养自己分析问题和解决问题的能力。

第一章 化学基本概念和基本计算

学习目标



1. 了解无机物分类、命名及无机物反应基本类型和无机物互相转化反应发生的必要条件。
2. 了解物质的量的定义及其单位，掌握使用摩尔时必须注意的几点规定，能应用摩尔质量、气体摩尔体积、阿伏加德罗定律等基本概念进行有关物质的量计算。
3. 能应用收率、利用率概念进行化学方程式的计算。
4. 了解热化学方程式的正确书写规定，以及简单的热化学方程式的计算。

在生产和科学实验中，我们不仅需要了解各种物质之间如何发生化学反应，而且还需要对参加化学反应的各种物质进行必要的定量计算。例如，根据化学方程式可以从已知原料的消耗量计算出理论的产品量，也可以从计划生产的产品量计算出所需要的各种原料量。如果再把计算出的数据与生产实际得到的产品数量或原料的消耗量进行对比，就能发现该产品的生产工艺过程是否完全合理，进而为改进工艺过程、加强生产管理、不断提高生产的经济效益提供可靠的技术数据。因此，学好化学计算非常重要。而对化学基本概念的正确理解，不仅是正确地进行化学计算的基础，而且也是学好化学课的有力向导。

第一节 无机物及其相互关系

一、无机物的分类

我们在进行生产和科学实验时，总是离不开各种无机物，而每一种无机物的分子都具有各自的性质和组成，同时各种物质之间也往往有某些相似的性质，这种相似的性质叫物质的通性。

根据物质的性质和组成的不同，一般把无机物分为单质和化合物两大类。单质又分为金属、非金属和惰性气体；化合物分为氧化物、碱、酸和盐等。

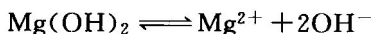
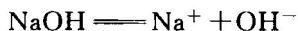
1. 单质

凡由同种元素的原子组成的分子叫单质。气体单质的分子，除惰性气体是单原子分子以外，一般都是双原子分子。固体单质的分子比较复杂，因此经常用一个原子来代表一个分子。例如氧气 (O_2)、氦气 (He)、硫 (S)、铁 (Fe) 等。

2. 化合物

凡由不同种元素的原子组成的分子叫化合物。例如二氧化碳 (CO_2)、氯化氢 (HCl)、碳酸钠 (Na_2CO_3)、氢氧化镁 [$Mg(OH)_2$] 等。

(1) 碱 凡在水溶液中解离时，生成的阴离子只是氢氧根离子的化合物叫碱。例如：



通过碱的解离方程式，可以看出碱在水溶液中显出的碱性实质是氢氧根离子的性质，与解离时生成的阳离子无关。