



教育部高职高专规划教材

无机化学

(三年制)

● 胡伟光 主编

化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

无机化学

(三年制)

胡伟光 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

无机化学/胡伟光主编. —北京: 化学工业出版社,
2002.5
教育部高职高专规划教材. (三年制)
ISBN 7-5025-3652-3

I. 无… II. 胡… 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 (2002) 第 027298 号

教育部高职高专规划教材

无 机 化 学

(三 年 制)

胡伟光 主编

责任编辑: 陈有华

责任校对: 凌亚男

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 22½ 插页 1 字数 544 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3652-3/G·993

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

根据高等职业教育培养目标，教材编写努力体现以能力培养为主线，培养学生研究性学习的能力，突出理论与实践相结合。

该书内容包括：化学基本概念、原子结构、分子结构、元素周期律、化学反应速率和化学平衡、电解质溶液、电化学基础、重要元素的单质及化合物、配位化合物及滴定分析法。为适应教学要求，将四大平衡理论与滴定分析的内容相融合，直接体现了四大平衡理论知识的应用。为拓宽学生的知识面，精选了部分“阅读材料”。在每章后均有“本章小结”，以利学生巩固所学知识。

本书为高职化工工艺专业使用教材，也可供高职、高专其他专业开设无机化学课选用。

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的老师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题,然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

全国高等职业教育化工专业教材编审委员会

主 任：赵杰民

副 主 任：张鸿福 李顺汀 田 兴 黄永刚 任耀生

基础化学组：李居参 赵文廉 宋长生
苏 静 胡伟光 初玉霞 丁敬敏 王建梅 张法庆
徐少华

数理基础组：于宗保 王绍良 王爱广
金长义 陈 泓 朱芳鸣 高 松 刘玉梅 杨 凌
董振珂 李元文 丛文龙 傅 伟

化工基础组：唐小恒 周立雪 秦建华
王小宝 张柏钦 张洪流 邢鼎生 张国铭 徐建良
周 健

化工专业组：刘德铮 陈炳和 杨宗伟
王文选 文建光 田铁牛 李贵贤 梁凤凯 卞进发
杨西萍 舒均杰 郑广俭

人文社科组：曹克广 霍献育 徐沛林
刘明远 曾悟声 马 涛 侯文顺 曲富军 高玉萍
史高锋 赵治军

工程基础组：丁志平 刘景良 姜敏夫
魏振枢 律国辉 过维义 吴英绵 章建民 张 平
许 宁 贺召平

编 者 的 话

本教材是遵照全国高职化工类教材的要求,根据高职教育培养技术应用性人才的目标,并结合当前教学实际编写的。教材着重体现下列几点。

1. 教材在内容的选择上,本着理论知识适度,后续课程够用的原则,着眼于理论知识与生产、生活的密切结合,力求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。此外,也注意到各部分内容与高中化学的衔接。

2. 在无机化学的平衡体系中,融入了定量化学分析中的酸碱滴定法、配位滴定法、沉淀滴定法、氧化还原滴定法的内容,建立了新的课程体系,旨在使知识衔接更为紧密。突出应用的针对性,并为化学实验技术课程奠定理论基础。

3. 对元素化学部分,从“关联图”入手,构建知识框架,从而展开对物质性质、制备及应用的讨论。使得元素各物质间相互转化更明显,同时,删减了某些非重要元素和化合物的内容。此外,为开阔学生视野,激发学习兴趣,围绕元素化学内容编写了有关的阅读材料。

4. 根据学生的认知能力,将部分传统的验证性实验改为探究性实验,力求反映对学生探究性学习能力的培养。

5. 本教材采用了1988年国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)建议的元素周期表体系。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。

6. 认真贯彻使用1984年2月27日国务院发布的《中华人民共和国法定计量单位》及GB 3100~3102—1993《量和单位》规定的符号和单位。

本书第一、三、四、五、九章由胡伟光(辽宁石化职业技术学院)编写,第二、六、七、八和实验部分由周晓莉(郑州中州大学)编写,第十、十一、十二、十三、十四章由张桂珍(天津职业大学)编写。全书由胡伟光统稿,由赵文廉(兰州石化职业技术学院)主审。

本书的编写得到了化学工业出版社和全国高职化工教学指导委员会领导的支持和同行的帮助,在此谨向他们表示感谢。

高职教育正处于发展阶段,教材在体现高职教育的特色上,我们虽做了一些尝试和努力,但此项改革毕竟是一项较为复杂的工作。限于编者的水平,错误和不妥之处在所难免,恳请专家以及使用本书的师生提出宝贵意见。

编 者

2002年1月

目 录

本书常用的符号意义和单位	1
第一章 物质的聚集状态	3
第一节 基本概念	3
一、系统、环境	3
二、相	3
第二节 物质的聚集状态	4
一、气体	4
二、液体	7
三、等离子体	8
第三节 化学反应中的能量关系	9
一、化学反应的热效应和反应进度	9
二、热化学方程式	10
三、盖斯定律	11
四、标准摩尔生成焓	12
阅读材料 展望我国 2010 年化学学科发展前景	13
本章小结	16
思考题	17
习题	17
第二章 化学反应速率和化学平衡	19
第一节 化学反应速率的表示方法	19
第二节 反应速率理论	20
一、碰撞理论	20
二、过渡状态理论	21
第三节 影响化学反应速率的因素	22
一、浓度对化学反应速率的影响	22
二、温度对化学反应速率的影响	24
三、催化剂对化学反应速率的影响	25
四、影响多相反应速率的因素	25
第四节 化学平衡	26
一、平衡的建立	26
二、平衡常数	26
三、平衡计算	29
第五节 化学平衡的移动	31
一、浓度对化学平衡的影响	31
二、压力对化学平衡的影响	31

三、温度对化学平衡的影响	33
四、催化剂与化学平衡	33
五、化学反应速率和化学平衡的综合应用	33
本章小结	34
思考题	35
习题	37
第三章 酸碱平衡和酸碱滴定法	39
第一节 酸碱理论	39
一、酸碱电离理论	39
二、酸碱质子理论	40
第二节 水的电离和溶液的 pH	43
一、水的电离平衡与水的离子积	43
二、溶液的酸碱性和 pH	44
第三节 酸碱平衡中有关浓度的计算	45
一、酸的浓度和酸度	45
二、酸碱强弱和酸碱电离常数	46
三、弱酸和弱碱的电离平衡计算	47
第四节 酸碱缓冲溶液	52
一、酸碱平衡的移动——同离子效应	52
二、缓冲溶液	52
第五节 滴定分析法概述	56
一、基本概念	56
二、标准溶液和基准物质	57
三、滴定分析中的计算	58
第六节 酸碱滴定法	61
一、酸碱指示剂	62
二、酸碱滴定曲线及指示剂选择	64
三、酸碱滴定法的应用	70
本章小结	74
思考题	76
习题	77
第四章 沉淀溶解平衡和沉淀滴定法	79
第一节 沉淀溶解平衡	79
一、溶度积常数	79
二、溶度积与溶解度的相互换算	80
第二节 溶度积规则及其应用	81
一、溶度积规则	81
二、溶度积规则的应用	81
三、分步沉淀和沉淀的转化	84
第三节 沉淀滴定法	86

一、莫尔法	86
二、佛尔哈德法	88
三、法扬司法	89
本章小结	90
思考题	91
习题	92
第五章 氧化还原平衡和氧化还原滴定法	94
第一节 氧化还原反应的基本概念	94
一、元素的氧化数	94
二、氧化剂和还原剂	95
第二节 氧化还原反应方程式的配平	96
一、氧化数法	96
二、离子-电子法	97
第三节 原电池和电极电势	98
一、原电池的组成	98
二、原电池的表示方法	99
三、电极电势	100
四、影响电极电势的因素	102
第四节 电极电势的应用	104
一、判断氧化剂和还原剂的相对强弱	104
二、判断氧化还原反应进行的方向	104
三、判断氧化还原反应进行的程度	105
四、元素标准电势图及其应用	106
第五节 氧化还原滴定法	108
一、条件电极电势	108
二、氧化还原指示剂	108
三、高锰酸钾法	110
四、重铬酸钾法	113
五、碘量法	114
阅读材料 化学电源	117
本章小结	118
思考题	119
习题	120
第六章 原子结构	122
第一节 原子的玻尔模型	123
一、氢原子光谱	123
二、量子论	123
三、玻尔模型	124
第二节 核外电子运动状态的近代描述	125
一、核外电子的运动特征	125

二、波函数与原子轨道	126
三、几率密度与电子云	127
四、四个量子数	128
第三节 原子中核外电子的分布	132
一、基态原子中电子分布原则	132
二、多电子原子体系轨道的能级	132
三、基态原子中核外电子的分布	135
四、核外电子分布与元素周期系	135
第四节 元素基本性质的周期性变化	142
一、有效核电荷数	142
二、原子半径的周期性变化	143
三、电离能	144
四、电子亲和能	146
五、元素的电负性	147
阅读材料 化学家鲍林	148
本章小结	149
思考题	150
习题	151
第七章 分子结构	154
第一节 离子键	154
一、离子键的形成	154
二、离子键的特点	155
三、离子的特征	156
四、晶格能	158
第二节 价键理论	158
一、共价键的形成	159
二、共价键的特点	160
三、共价键的类型	160
四、键参数	162
第三节 杂化轨道理论	163
一、杂化与杂化轨道	163
二、杂化轨道的成键能力	163
三、杂化轨道的数目及类型	164
四、杂化方式与分子的空间构型	166
第四节 分子间作用力	166
一、分子的极性及可极化性	167
二、分子间力	169
三、氢键	170
阅读材料 离域 π 键	171
本章小结	173

思考题	175
习题	176
第八章 晶体结构	177
第一节 晶体的基本概念	177
一、晶体与非晶体	177
二、晶体的内部结构	178
第二节 离子晶体	178
一、离子晶体的特征	178
二、常见的离子晶体结构	179
第三节 原子晶体和分子晶体	180
一、原子晶体	180
二、分子晶体	180
第四节 金属键及金属晶体	181
一、金属键	181
二、金属晶体的性质	181
第五节 混合型晶体	182
第六节 离子极化	183
一、离子极化作用和变形性	183
二、离子极化对化合物性质的影响	184
阅读材料 碳的第三种同素异形体——富勒烯	185
本章小结	186
思考题	187
习题	188
第九章 配位平衡和配位滴定法	190
第一节 配合物的组成和命名	190
一、配合物的定义	190
二、配合物的组成	191
三、配合物的命名	192
四、螯合物	192
第二节 配合物的价键理论	193
一、中心离子价轨道的杂化	193
二、配离子的空间构型	195
第三节 配合物在水溶液中的离解平衡	196
一、配合物的不稳定常数和稳定常数	196
二、配位平衡的移动	198
第四节 EDTA 及其配合物的特点	200
一、乙二胺四乙酸的离解平衡	200
二、EDTA 与金属离子的配位特点	201
第五节 影响配位平衡的主要因素	202
一、酸效应和酸效应系数	203

二、配位效应和配位效应系数·····	204
三、条件稳定常数·····	204
第六节 配位滴定的基本原理·····	205
一、配位滴定曲线·····	205
二、影响滴定突跃的因素·····	206
三、配位滴定的最高允许酸度·····	208
第七节 金属指示剂·····	210
一、金属指示剂的作用原理·····	210
二、常用金属指示剂·····	211
第八节 提高配位滴定选择性的方法·····	211
一、混合离子准确滴定的条件·····	212
二、消除干扰的主要途径·····	212
第九节 配位滴定方式及应用·····	214
一、直接滴定法·····	214
二、返滴定法·····	215
三、置换滴定法·····	216
四、间接滴定法·····	217
第十节 配位化合物的一些应用·····	217
一、在生物、医药等方面的应用·····	217
二、在电镀工业方面的应用·····	217
三、贵金属的湿法冶金·····	217
本章小结·····	218
思考题·····	219
习题·····	219
第十章 p 区元素 (一) ·····	221
第一节 p 区元素概述 ·····	221
第二节 卤素·····	221
一、卤素单质·····	222
二、卤化氢与氢卤酸·····	224
三、卤化物·····	226
四、氯的含氧酸及其盐·····	227
第三节 氧族元素·····	231
一、氧、臭氧、过氧化氢·····	231
二、硫的重要化合物·····	234
本章小结·····	243
思考题·····	244
习题·····	245
第十一章 p 区元素 (二) ·····	248
第一节 氮族元素·····	248
一、氮及其重要的化合物·····	248

二、磷及其重要化合物·····	255
三、砷、锑、铋重要的化合物·····	257
阅读材料 一氧化氮——从环境毒物到明星分子·····	260
第二节 碳族元素·····	261
一、碳的重要化合物·····	261
二、硅的重要化合物·····	263
三、锡、铅的重要化合物·····	264
第三节 硼族元素·····	267
一、硼的重要化合物·····	267
二、铝的重要化合物·····	269
阅读材料 纳米材料及其应用·····	269
本章小结·····	270
思考题·····	271
习题·····	273
第十二章 s 区元素 ·····	276
第一节 氧化物·····	277
一、正常氧化物·····	277
二、过氧化物·····	278
三、超氧化物·····	278
第二节 氢氧化物·····	279
第三节 重要的盐类·····	279
一、晶体类型·····	279
二、热稳定性·····	280
三、溶解度·····	280
本章小结·····	280
思考题·····	280
习题·····	281
第十三章 过渡元素 (一) d 区元素 ·····	282
第一节 过渡元素的通性·····	282
一、原子的电子层结构和原子半径·····	282
二、氧化数·····	284
三、单质的物理性质·····	284
四、单质的化学性质·····	284
五、水合离子的颜色·····	284
六、配位性·····	285
七、磁性及催化性·····	285
第二节 铬的重要化合物·····	285
一、铬化合物关联图·····	285
二、铬的电势图·····	285
三、铬的氧化物及其水合物·····	286

四、铬(Ⅲ)盐·····	287
五、铬(Ⅵ)盐·····	287
六、含铬废水的处理·····	288
第三节 锰的重要化合物·····	288
一、锰化合物关联图·····	288
二、锰的电势图·····	289
三、锰(Ⅱ)化合物·····	289
四、锰(Ⅳ)化合物·····	290
五、锰(Ⅵ)化合物·····	290
六、锰(Ⅶ)化合物·····	290
第四节 铁、钴、镍的重要化合物·····	291
一、铁、钴、镍化合物关联图·····	291
二、铁、钴、镍的氧化物和氢氧化物·····	292
三、铁、钴、镍的盐·····	293
四、铁、钴、镍的配合物·····	295
本章小结·····	296
思考题·····	297
习题·····	298
第十四章 过渡元素(二) ds 区元素 ·····	301
第一节 ds 区元素的通性 ·····	301
第二节 铜族元素重要的化合物·····	301
一、铜的化合物·····	301
二、银的化合物·····	305
第三节 锌族元素重要化合物·····	306
一、锌和镉的化合物·····	307
二、汞的化合物·····	308
三、Hg(Ⅰ)与Hg(Ⅱ)的相互转化 ·····	311
四、含镉及含汞废水的处理·····	311
阅读材料 绿色化学·····	312
本章小结·····	313
思考题·····	313
习题·····	314
第十五章 实验部分 ·····	316
实验一 化学反应速率·····	316
实验二 电解质溶液·····	318
实验三 氧化还原反应·····	320
实验四 配位化合物的形成和性质·····	321
实验五 高锰酸钾的还原产物及原电池·····	322
实验六 一些离子的鉴定·····	323
实验七 一些常见离子的分离·····	324

实验八 综合实验.....	324
附录.....	325
表 1 酸、碱的离解常数	325
表 2 溶度积常数 (298.15K)	326
表 3 标准电极电势 (298.15K)	327
表 4 一些物质的摩尔质量	330
表 5 某些物质的商品名或俗名	333
表 6 一些物质的标准摩尔生成焓 (298.15K)	335
主要参考书目.....	340

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	$R = 8.314 \text{Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{K} \cdot \text{mol})$ $8.314 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$
T	热力学温度, 绝对温度	K
M	摩尔质量	g/mol
p_{B}	物质 B 的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 的摩尔分数	无量纲
w_{B}	物质 B 的质量分数	无量纲
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
c_{B}	物质 B 的物质的量浓度	mol/L
$c^{\ominus}$	溶液标准浓度	1mol/L
ξ	反应进度	mol
Q	反应热	kJ/mol
Q_{V}	恒容反应热	kJ/mol
Q_{p}	恒压反应热	kJ/mol
$\Delta_{\text{r}} H_{\text{m}}^{\ominus}$	标准摩尔反应焓变	kJ/mol
$\Delta_{\text{f}} H_{\text{m}}^{\ominus}$	标准摩尔物质生成焓	kJ/mol
v	恒容反应速率	$\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$
t	时间	s, min, h
ν_{B}	物质 B 的化学计量系数	
E_{a}	活化能	kJ/mol
k	反应速率常数	单位视反应速率表达式而定
A	指前因子或频率因子	
K	实验平衡常数或经验平衡常数	视其表达式而定
K_{c}	浓度平衡常数	视其表达式而定
K_{p}	压力平衡常数	视其表达式而定
$K^{\ominus}$	(热力学)平衡常数或标准平衡常数	无量纲
Q_{c}	反应浓度商	视其表达式而定
Q_{p}	反应压力商	视其表达式而定
$K_{\text{w}}^{\ominus}$	水的离子积	无量纲
pH	$\text{pH} = -\lg c'(\text{H}^+)$	无量纲
pOH	$\text{pOH} = -\lg c'(\text{OH}^-)$	无量纲
$K_{\text{a}}^{\ominus}$	酸的离解(平衡)常数	无量纲
$K_{\text{b}}^{\ominus}$	碱的离解(平衡)常数	无量纲
α	电离度	无量纲
$K_{\text{sp}}^{\ominus}$	溶度积(常数)	无量纲
Q_{i}	离子积	无量纲
E	能量	J, eV
ν	频率	s^{-1}