



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 无机及分析化学

(第二版)

浙江大学 编

主 编 贾之慎

副主编 张仕勇



高等教育出版社  
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 无机及分析化学

(第二版)

浙江大学 编

主 编 贾之慎

副主编 张仕勇

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在浙江大学编《无机及分析化学》(第一版)基础上修订而成的。此次修订遵循“通用性、适用性和先进性有机结合”的原则,在保持原课程体系基础上,对数学内容进行了重组、删除和补充。主要内容为化学反应的基本原理、物质结构的基本知识、溶液化学平衡及在定量分析中的应用、常用仪器分析简介、化学信息的网络检索等。为有利于教学,教材具有配套的多媒体光盘。

本书是一本近化类专业通用型的化学基础课教材,适用于生命科学、化工、材料、生物工程、环境科学、农学、医学、药学、轻工、食品、动物科学等专业。

## 图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学/贾之慎主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2008.6

ISBN 978-7-04-024234-8

I. 无… II. 贾… III. ①无机化学—高等学校—教材  
②分析化学—高等学校—教材 IV. O61 O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 059096 号

策划编辑 郭新华 责任编辑 付春江 封面设计 刘晓翔  
版式设计 王莹 责任校对 王超 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 煤炭工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16  
印 张 28  
字 数 680 000  
插 页 1

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landracom.com>  
<http://www.landracom.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2003年7月第1版  
2008年6月第2版  
印 次 2008年6月第1次印刷  
定 价 32.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24234-00

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：** (010)58581897/58581896/58581879

**反盗版举报传真：** (010)82086060

**E-mail：** dd@hep.com.cn

**通信地址：** 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：** 100120

**购书请拨打电话：** (010)58581118

## 第二版前言

《无机及分析化学》是一本近化类专业通用型的化学基础课教材,适用于生命科学、化工、材料、生物工程、环境科学、农学、医学、药学、轻工、食品、动物科学等专业,自2003年问世以来得到许多高校的关注和使用,并取得了良好的教学效果。2006年《无机及分析化学》第二版被列入了教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材,为了更好地修订教材,我们向全国30余所院校发出了修订意见征求表。2006年8月在杭州召开的全国无机及分析化学课程建设与教学研讨会上,我们又和来自全国40所院校的代表交流了无机及分析化学教材建设的经验与体会。浙江工业大学、南昌大学、南京林业大学、宁波大学、华中农业大学、重庆工商大学、西安科技大学、桂林工学院、嘉兴学院等院校教师对教材的修订提出了许多宝贵的建议和修改意见,在此表示衷心的感谢。

在总结了近年来课程改革和教材建设经验的基础上,《无机及分析化学》第二版根据通用性、适用性和先进性有机结合的原则进行修订。为优化课程内容结构,在保持原课程体系的基础上对教学内容进行一定的补充、删除和重组。第一章补充物质的聚集状态、理想气体状态方程、分压定律。第二章删除用燃烧焓求反应焓变的方法,补充简单反应级数反应的半衰期、浓度与速率常数的计算。第三章对分析方法的分类做了修改。第四章删除活度系数的计算,增强了质子平衡式的内容,增加酸碱电子理论简介。第五章删除了重量分析法。第六章删除了条件电极电势的计算。第七章删除了原子的组成、离子键强弱的库仑定律判断式、晶格能理论计算式、原子轨道和分子轨道的中心对称与反对称、键矩的概念;对核外电子的运动状态的内容进行了重组;增加了大 $\pi$ 键的内容。第八章增加了配位化合物的分类和异构现象。第九章紫外-可见分光光度法和第十章现代仪器分析法选介合并为仪器分析法选介。第十章元素化学增加了f区元素,介绍了元素化学的新进展。第十一章简化了共沉淀分离法,新增常用的生化沉淀分离法,简单介绍了盐析法和等电点沉淀分离法;薄层色谱分离法改为层析分离法,介绍了柱层析、纸层析和薄层层析三种方法。考虑到互联网上丰富的信息资源已成为人们获取信息的重要来源之一,增加了第十二章化学信息的网络检索。介绍了利用互联网搜索专业化学网站和化学数据的方法,为学生提供更便捷的检索化学文献的手段。附录中的部分数据也进行了更新。在修订过程中注意更新理论、概念、内容及方法,同时将化学现代科技成果恰当地融入到基础课的教学之中,用新的科技发展的内容去改造、替代和充实旧的教学内容。修改、补充了部分例题和习题,突出理论、规律的研究过程及其应用。将习题分为基本题和提高题,基本题表达了课程的基本要求,提高题则要求学生进一步应用化学知识,以适应不同学校和专业的需要。在无机化学部分的例题和习题中强调有效数字的运算法则,使全书统一。为便于教师开展多媒体教学和学生的主动性学习,本教材还提供《无机及分析化学》电子教案。该电子教案配合本教材,参考其他同类教材,用优秀的教本、简单的平台提供给教师一个教授的基本素材,并为教师留下可以各自充分发挥特色的空间。考虑到不同学校和专业的教学要求和学时有所不同,教材中的部分内容可作为选学,用\*表示。我们还将修订《无机及分析化学学习指导》,使其与《无机及分析化学》(第二版)相配套。

本书绪论及第一、五、八、十二章由贾之慎(主编,浙江大学)编写,第二、七章由张仕勇(副主编,浙江大学)编写,第三、十一章由何巧红(浙江大学)编写,第四、六章由倪哲明(浙江工业大学)编写,第十章由宣贵达(浙江大学城市学院)编写,第九章由陈恒武(浙江大学)、宣贵达编写。

本教材在普通高等教育“十一五”国家级教材立项过程中得到高等教育出版社的支持和指导,在修订过程中得到了浙江大学“国家人才培养和基础课程教学基地”课程建设项目和浙江大学本科教学大类课程建设项目的资助,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中仍会有疏漏甚至错误之处,恳请读者和专家批评指正。

编者

2007年10月于浙江大学

# 第一版前言

在我国非化学专业化学基础课教学内容和课程体系的改革中,把无机化学和分析化学两门课程合并成无机及分析化学一门课程是一种有益的尝试。通过知识和理论体系的重组,达到了删繁就简、避免重复、减少学时的目的,经过近20年的改革实践,这一课程已逐步得到了认可,且适用于理、工、农、医等专业的各类无机及分析化学课程的教材先后问世。

近年来,我国高等教育的结构发生了巨大的变革。一些大学通过合并使专业、学科更为齐全,成为真正意义上的综合性大学;许多单科性学院也发展成了多科性的大学。同时,高等教育应该是宽口径的专业基础教育的新型高教理念已逐步深入人心。在这种形势下,一些基础课若仍按理、工、农、医分门别类采用不同的教材进行教学,既不利于巩固高等教育结构改革的成果,也不利于对学生的培养。因此适时地编写一些适用于不同专业的通用公共基础课教材,是21世纪初我国高等教育教学改革的一个重要内容。

在新浙江大学化学基础课的教学实践中,我们认识到编写非化学类理、工、农、医等相关专业本科生通用的无机及分析化学教材,符合当前综合性大学和多科性院校的化学基础课教学的需要。在化学系领导的指导和支持下,抽调了具有多年教学经验的教师成立了编写小组。编写者中有些曾主编或参编过工、农、医科的《无机及分析化学》教材。为了使教材具有更广泛的适用性,特邀请浙江工业大学的倪哲明老师参加本书的编写工作。经过多次的研讨,我们认为理、工、农、医有关专业对化学的要求是基本相同的,对人才的素质和能力的培养要求是一致的,通用教材的编写应以培养创新型人才为目标,贯彻本科教学素质、知识、能力并重和少而精的原则。本教材的编写指导思想得到了高等教育出版社的认可和支持。

本教材的主要目的是使非化学类专业的学生在学习无机及分析化学课程后,能掌握最基本的化学原理和定量化学分析的方法,并能用这些原理和方法来观察、思考和处理实际问题,为今后的专业学习、科学研究和生产实践打下基础。因此,本教材首先从宏观上介绍分散体系(稀溶液,胶体)的基本性质和化学反应的基本原理(能量变化,反应速率,反应方向,反应的平衡移动),进而从微观上介绍物质结构(原子,分子,晶体)的基本知识。然后简述定量化学分析的基础知识,论述溶液中各种类型的化学平衡以及在滴定分析中的应用,并对最常用的几种仪器分析法做了简介。最后介绍重要的元素和复杂物质的分离和富集。本教材突破原有无机及分析化学教材中无机化学、分析化学理论分段编排的体系,将无机化学中的化学平衡原理和定量(滴定)分析有机地结合,减少不必要的重复或脱节。各类滴定分析不单独设章后,特设定量分析基础一章,以加强分析化学中量的概念。同时增加了仪器分析的内容,以适应当前分析化学的发展趋势。另外,为了突出基础知识和基本理论的内在联系,本教材将原子结构和分子结构合并成物质结构一章;化学热力学、化学动力学和化学平衡合并成化学反应基本原理一章。合并相关章节后,突出了主题,减少了篇幅,能适应一个学期内完成本课程的学时需求。各专业对化学的要求侧重面有所不同,教师可以根据实际情况对教材进行适当的取舍,部分内容可安排学生自学。

我们认为作为公共基础课教材,应该具有科学性、完整性和系统性,同时应拓宽教材覆盖的

知识面。在教材的编排形式上应力求有所创新,强调概念准确,重在对知识的掌握,精简繁琐的数学推导,理论阐述简明扼要。同时注意教材的易读性,以便于学生自学。在例题和习题的选编上兼顾到理、工、农、医各专业的需要,内容尽量结合实际,增加学生的学习兴趣。在每章后都编有“化学视窗”,介绍一些诸如“离子溶液”、“绿色化学”等能反映化学科学的新进展以及和相关学科联系的内容,目的在于拓宽学生的视野,提高学习兴趣,并为课外阅读提供窗口。书中每章前有学习要求,章后有数量较多的思考题和习题,以加深读者对基本概念、原理的理解和灵活应用。部分习题附有答案。

为适应高等教育与国际接轨发展趋势,本教材中的绝大部分专业术语以中英文两种文字给出。部分“化学视窗”和习题也用英文编写。希望这种编写方式能为本课程的“双语教学”提供方便。

本教材贯彻中华人民共和国国家法定计量单位,采用国家标准(GB3102.8—93)所规定的符号和单位。

参加本书编写工作的有贾之慎(绪论、第一章、第五章、第八章)、张仕勇(第二章、第七章)、何巧红(第三章、第十二章)、倪哲明(第四章、第六章)、宣贵达(第九章、第十一章)、陈恒武(第十章)。全书由贾之慎主编,张仕勇收集整理了附录的数据。

本书承张孙玮审阅,提出了宝贵的修改意见,在此深表谢意。

限于编者水平,书中定会有诸多不尽如人意甚至错误之处,敬希读者和专家不吝指正。

编者

2002年6月于杭州



# 目 录

绪论 .....	1	2.2 热化学 .....	30
第一章 物质的聚集状态 .....	4	2.2.1 化学反应热效应 .....	30
1.1 分散系 .....	4	2.2.2 盖斯定律 .....	32
1.2* 气体 .....	5	2.2.3 反应焓变的计算 .....	33
1.2.1 理想气体状态方程 .....	5	2.3 化学反应的方向与限度 .....	37
1.2.2 分压定律 .....	6	2.3.1 化学反应的自发性 .....	37
1.3 溶液浓度的表示方法 .....	8	2.3.2 熵 .....	38
1.3.1 物质的量浓度 .....	8	2.3.3 化学反应方向的判据 .....	39
1.3.2 质量摩尔浓度 .....	8	2.3.4 标准摩尔生成吉布斯函数与标准 摩尔反应吉布斯函数变 .....	40
1.3.3 质量分数 .....	8	2.4 化学平衡 .....	42
1.3.4 几种溶液浓度之间的关系 .....	9	2.4.1 可逆反应与化学平衡 .....	42
1.4 稀溶液的通性 .....	10	2.4.2 平衡常数 .....	43
1.4.1 溶液蒸气压下降 .....	10	2.4.3 标准平衡常数与标准摩尔反应吉 布斯函数变 .....	46
1.4.2 溶液沸点的升高和凝固点降低 .....	11	2.4.4 影响化学平衡的因素——平衡移动 原理 .....	48
1.4.3 溶液的渗透压 .....	13	2.5 化学反应速率 .....	51
1.5 胶体溶液 .....	14	2.5.1 化学反应速率的概念 .....	52
1.5.1 分散度和表面吸附 .....	15	2.5.2 反应历程与基元反应 .....	53
1.5.2 胶团的结构 .....	15	2.5.3* 简单反应级数的反应 .....	56
1.5.3 胶体溶液的性质 .....	16	2.5.4 反应速率理论 .....	59
1.5.4 溶胶的稳定性和聚沉 .....	18	2.5.5 影响化学反应速率的因素 .....	61
1.6 高分子溶液和乳状液 .....	19	2.6 化学反应一般原理的应用 .....	65
1.6.1 高分子溶液 .....	19	思考题 .....	65
1.6.2 乳状液 .....	21	习题 .....	66
思考题 .....	22	第三章 定量分析基础 .....	71
习题 .....	22	3.1 分析化学的任务和作用 .....	71
第二章 化学反应的一般原理 .....	25	3.2 定量分析方法的分类 .....	72
2.1 基本概念 .....	25	3.2.1 化学分析方法 .....	72
2.1.1 化学反应进度 .....	25	3.2.2 仪器分析方法 .....	72
2.1.2 系统和环境 .....	27	3.3 定量分析的一般过程 .....	73
2.1.3 状态和状态函数 .....	28	3.3.1 定量分析的一般过程 .....	73
2.1.4 过程与途径 .....	28		
2.1.5 热和功 .....	29		
2.1.6 热力学能与热力学第一定律 .....	29		

3.3.2 分析结果的表示方法	74	4.4.2 缓冲溶液 pH 的计算	111
3.4 定量分析中的误差	74	4.4.3 缓冲容量	112
3.4.1 准确度和精密度的	74	4.4.4 重要缓冲溶液	112
3.4.2 定量分析误差产生的原因	76	4.5 弱酸(碱)溶液中各型体的分布	113
3.4.3 提高分析结果准确度的方法	77	4.5.1 一元弱酸(碱)溶液	113
3.5 分析结果的数据处理	78	4.5.2 多元弱酸溶液中各种型体的分布	114
3.5.1 平均偏差和标准偏差	78	4.6 酸碱滴定法	115
3.5.2 平均值的置信区间	79	4.6.1 酸碱滴定曲线	115
3.5.3 可疑数据的取舍	81	4.6.2 酸碱标准溶液的配制与标定	121
3.5.4 分析结果的数据处理与报告	82	4.6.3 酸碱滴定应用示例	122
3.6 有效数字及运算规则	83	思考题	123
3.6.1 有效数字	83	习题	124
3.6.2 有效数字的运算规则	83	<b>第五章 沉淀溶解平衡与沉淀滴定法</b>	127
3.7 滴定分析法概述	85	5.1 溶度积原理	127
3.7.1 滴定分析法的分类	85	5.1.1 溶度积常数	127
3.7.2 滴定分析法对化学反应的要求和滴定方式	86	5.1.2 溶度积和溶解度的相互换算	128
3.7.3 基准物质和标准溶液	87	5.1.3 溶度积原理	129
3.7.4 滴定分析中的计算	88	5.2 沉淀溶解平衡的移动	130
思考题	89	5.2.1 影响难溶电解质溶解度的因素	130
习题	90	5.2.2 沉淀的溶解	131
<b>第四章 酸碱平衡与酸碱滴定</b>	92	5.3 多种沉淀之间的平衡	133
4.1 电解质溶液	92	5.3.1 分步沉淀	133
4.1.1 强电解质与弱电解质	92	5.3.2 沉淀的转化	135
4.1.2 活度与活度系数	93	5.4 沉淀滴定法	135
4.2 酸碱理论	93	5.4.1 莫尔法	136
4.2.1 酸碱质子理论	94	5.4.2 佛尔哈德法	137
4.2.2 酸碱的相对强弱	95	5.4.3 法扬司法	138
4.2.3* 酸碱电子理论	99	思考题	139
4.3 溶液酸度的计算	100	习题	139
4.3.1 质子平衡式	100	<b>第六章 氧化还原平衡与氧化还原滴定法</b>	142
4.3.2 一元弱酸(碱)溶液酸度的计算	100	6.1 氧化还原反应的基本概念	142
4.3.3 多元弱酸(碱)溶液酸度的计算	102	6.1.1 氧化值	142
4.3.4 两性物质溶液酸度的计算	103	6.1.2 氧化与还原	143
4.3.5 酸碱平衡的移动	105	6.2 氧化还原反应方程式的配平	143
4.3.6 溶液酸度的测试	107	6.3 电极电势	144
4.4 缓冲溶液	110		
4.4.1 缓冲作用原理	110		

6.3.1 原电池 .....	144	7.3 化学键理论 .....	205
6.3.2 电极电势 .....	146	7.3.1 离子键理论 .....	205
6.3.3 标准电极电势 .....	147	7.3.2 价键理论 .....	207
6.3.4 原电池电动势的理论计算 .....	149	7.3.3 分子轨道理论 .....	209
6.3.5 影响电极电势的因素——能斯特 方程式 .....	150	7.3.4 共价键的类型 .....	214
6.3.6 条件电极电势 .....	152	7.3.5 共价键参数 .....	215
6.4 电极电势的应用 .....	153	7.4 多原子分子的空间构型 .....	218
6.4.1 计算原电池的电动势 .....	153	7.4.1 价层电子对互斥理论 .....	218
6.4.2 判断氧化还原反应进行的方向 .....	154	7.4.2 杂化轨道理论 .....	221
6.4.3 确定氧化还原反应的平衡常数 .....	156	7.5 共价型物质的晶体 .....	224
6.4.4 计算 $K_{sp}^{\ominus}$ 或溶液的 pH .....	157	7.5.1 晶体的类型 .....	225
6.5 元素电势图及其应用 .....	158	7.5.2 金属晶体 .....	226
6.5.1 元素电势图 .....	158	7.5.3 分子晶体 .....	229
6.5.2 元素电势图的应用 .....	158	7.6 离子型晶体 .....	234
6.6 氧化还原反应速率及其影响因素 .....	160	7.6.1 离子的电子层结构 .....	234
6.6.1 氧化还原反应的复杂性 .....	160	7.6.2 离子晶体 .....	235
6.6.2 影响氧化还原反应速率的因素 .....	161	7.6.3 离子极化作用 .....	238
6.7 氧化还原滴定法 .....	162	7.7 多键型晶体 .....	241
6.7.1 氧化还原滴定曲线 .....	163	思考题 .....	242
6.7.2 氧化还原指示剂 .....	164	习题 .....	243
6.7.3 氧化还原滴定前的预处理 .....	166	<b>第八章 配位化合物与配位滴定</b> .....	247
6.8 常用氧化还原滴定方法 .....	167	8.1 配位化合物的组成和命名 .....	247
6.8.1 重铬酸钾法 .....	167	8.1.1 配位化合物的组成 .....	247
6.8.2 高锰酸钾法 .....	169	8.1.2 配位化合物的命名 .....	249
6.8.3 碘量法 .....	171	8.2 配位化合物的化学键理论 .....	250
6.8.4 氧化还原滴定结果的计算 .....	174	8.2.1 配位化合物的价键理论 .....	250
思考题 .....	176	8.2.2* 晶体场理论简介 .....	253
习题 .....	176	8.3* 配位化合物的类型和异构化 .....	258
<b>第七章 物质结构基础</b> .....	180	8.3.1 配位化合物的类型 .....	258
7.1 核外电子的运动状态 .....	180	8.3.2 配位化合物的异构现象 .....	261
7.1.1 微观粒子(电子)的运动特征 .....	180	8.4 配离子在溶液中的解离平衡 .....	262
7.1.2 核外电子运动状态描述 .....	185	8.4.1 配位平衡常数 .....	262
7.1.3 原子轨道和电子云的图像 .....	188	8.4.2 配位平衡的移动 .....	264
7.2 多电子原子结构 .....	192	8.5 配位滴定法 .....	267
7.2.1 核外电子排布规则 .....	192	8.5.1 配位滴定法的特点 .....	268
7.2.2 电子层结构与元素周期律 .....	195	8.5.2 乙二胺四乙酸在溶液中的解离 平衡 .....	268
7.2.3 原子性质的周期性 .....	197	8.5.3 乙二胺四乙酸与金属离子的配位	

平衡 .....	269	9.4.2 色谱分析法的原理 .....	316
8.5.4 配合物的条件平衡常数 .....	270	9.4.3 色谱定性和定量分析 .....	319
8.6 配位滴定曲线 .....	272	9.4.4 气相色谱仪及气相色谱法的 特点 .....	321
8.6.1 配位滴定曲线 .....	272	9.4.5 高效液相色谱仪及高效液相色谱 法的特点 .....	322
8.6.2 配位滴定所允许的最低 pH 和酸 效应曲线 .....	274	思考题 .....	324
8.7 金属指示剂 .....	275	习题 .....	324
8.7.1 金属指示剂的变色原理 .....	275	<b>第十章 元素化学</b> .....	327
8.7.2 常用的金属指示剂 .....	276	10.1 元素概述 .....	327
8.7.3 使用指示剂时存在的问题 .....	277	10.1.1 元素分布 .....	327
8.8 配位滴定的应用 .....	278	10.1.2 元素分类 .....	328
8.8.1 滴定方式和应用实例 .....	278	10.2 s 区元素 .....	329
8.8.2 提高配位滴定选择性的方法 .....	279	10.2.1 s 区元素的通性 .....	329
思考题 .....	280	10.2.2 重要化合物 .....	330
习题 .....	280	10.3 p 区元素 .....	333
<b>第九章 仪器分析法选介</b> .....	284	10.3.1 p 区元素的通性 .....	333
9.1 紫外-可见分光光度法 .....	284	10.3.2 重要元素及其化合物 .....	334
9.1.1 概述 .....	285	10.4 d 区元素 .....	344
9.1.2 光吸收的基本定律 .....	286	10.4.1 d 区元素的通性 .....	344
9.1.3 显色反应及其影响因素 .....	289	10.4.2 重要元素及其化合物 .....	345
9.1.4 紫外-可见分光光度计 .....	290	10.5 ds 区元素 .....	348
9.1.5 紫外-可见分光光度测定的方法 .....	292	10.5.1 ds 区元素的通性 .....	348
9.1.6 紫外-可见分光光度法的误差和 测量条件的选择 .....	293	10.5.2 重要化合物 .....	349
9.1.7 紫外-可见分光光度法应用实例 .....	294	10.6 f 区元素 .....	351
9.2 原子吸收分光光度法 .....	298	10.6.1 镧系元素概述 .....	351
9.2.1 概述 .....	298	10.6.2 镧系元素的重要化合物 .....	352
9.2.2 基本原理 .....	298	10.6.3 锆系元素概述 .....	354
9.2.3 原子吸收分光光度计 .....	299	10.6.4 钍和铀及其化合物 .....	356
9.2.4 定量分析方法 .....	302	思考题 .....	357
9.2.5 原子吸收法的特点和应用 .....	304	习题 .....	357
9.3 电势分析法 .....	304	<b>第十一章 复杂物质的分离与富集</b> .....	359
9.3.1 概述 .....	304	11.1 沉淀分离法 .....	359
9.3.2 离子选择性电极 .....	306	11.1.1 无机沉淀剂沉淀分离法 .....	359
9.3.3 直接电势法 .....	309	11.1.2 有机沉淀剂沉淀分离法 .....	360
9.3.4 电势滴定法 .....	313	11.1.3 共沉淀分离和富集 .....	360
9.4 色谱分析法 .....	315	11.1.4 常用的生化沉淀分离法 .....	361
9.4.1 概述 .....	315	11.2 液-液萃取分离法 .....	361

11.2.1 萃取分离的基本原理 .....	361	12.3 Internet 上的化学信息资源 .....	380
11.2.2 重要的萃取体系 .....	364	12.3.1 科技文献的检索 .....	380
11.3 离子交换分离法 .....	364	12.3.2 专利信息 .....	382
11.3.1 离子交换树脂的种类和性质 .....	365	12.3.3 化学信息数据库 .....	383
11.3.2 离子交换亲和力 .....	366	12.3.4 图书馆网站 .....	384
11.3.3 离子交换分离操作过程 .....	367	<b>附录</b> .....	386
11.3.4 离子交换分离法的应用 .....	367	附录 I 本书采用的法定计量单位 .....	386
11.4 层析分离法 .....	368	附录 II 基本物理常量和本书使用的一些常用量的符号与名称 .....	387
11.4.1 柱层析法 .....	369	附录 III 一些常见单质、离子及化合物的热力学函数 .....	388
11.4.2 纸层析法 .....	369	附录 IV 一些弱电解质的解离常数(25 °C) .....	400
11.4.3 薄层层析法 .....	370	附录 V 一些配位化合物的稳定常数与金属离子的螯合效应系数 .....	403
11.5 新的分离和富集方法简介 .....	371	附录 VI 溶度积常数(18~25 °C) .....	408
11.5.1 超临界萃取分离法 .....	371	附录 VII 标准电极电势(298.15 K) .....	410
11.5.2 膜分离 .....	373	附录 VIII 条件电极电势 .....	414
思考题 .....	375	<b>主要参考书目</b> .....	417
习题 .....	375	<b>习题参考答案</b> .....	418
<b>第十二章 化学信息的网络检索</b> .....	377	<b>希腊字母表</b> .....	421
12.1 Internet 信息资源搜索引擎 .....	377	<b>索引</b> .....	422
12.2 专业化学网站 .....	378		
12.2.1 国内专业化学网站 .....	378		
12.2.2 国外主要的化学专业网站 .....	379		
12.2.3 和化学学科相关的网站 .....	379		

## 结 论

化学是在原子、分子水平上研究物质的组成、结构和性能以及相互转化的学科。作为自然科学中的一门基础学科,化学是促进当代科学技术进步和人类物质文明飞速发展的基础和动力。化学是一门中心、实用、创造性的科学,化学也是一门古老而又生机勃勃的科学。

人类从懂得用火开始,就从野蛮进入了文明。燃烧是人类最早利用的化学反应,燃烧不仅改善了人类的饮食条件,而且也改善了人类的生活条件,人们利用燃烧反应制作了陶器、冶炼了青铜等金属。古代的炼丹家更是在寻求长生不老之药的过程之中使用了燃烧、煅烧、蒸馏、升华等化学基本操作。造纸、染色、酿造、火药等使人类生活质量提高的生产技术的发明无一不是经历无数化学反应的结果。因此,化学从一开始就和人类的生活密切相关。当然,在古代,化学表现出的是一种经验性、零散性和实用性的技术,化学尚没有成为一门科学。

17世纪中叶以后,随着生产的迅速发展,积累了有关物质变化的知识。同时,数学、物理学、天文学等相关学科的发展促进了化学的发展。1661年玻意耳(Boyle R)首次指出“化学的对象和任务就是寻找和认识物质的组成和性质”,他明确地把化学作为一门认识自然的科学,而不是一种以实用为目的的技艺。恩格斯对此给予了高度的评价,指出:“是玻意耳把化学确立为科学”。

18世纪末,化学实验室开始有了较精密的天平,使化学科学从对物质变化的简单定性研究进入到准确的定量研究。随后相继发现了质量守恒定律、定组成定律、倍比定律等定律,为化学新理论的诞生打下了基础。19世纪初,为了说明这些定律的内在联系,道尔顿(Dalton J)和阿伏加德罗(Avogadro A)分别创立了原子论和原子-分子论,从此进入了近代化学的发展时期。19世纪下半叶,物理学的热力学理论被引入化学,从宏观角度解决了化学平衡的问题。随着工业化的进程,出现了生产酸、碱、合成氨、染料以及其他有机化合物的大工厂,化学工业的发展更促使了化学科学的深入发展。化学开始形成了无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四大基础化学学科。

20世纪是化学取得巨大成就的世纪,化学的研究对象从微观世界到宏观世界,从人类社会到宇宙空间不断地发展。无论在化学的理论、研究方法、实验技术以及应用等方面都发生了巨大的变化。原来的四大基础化学学科已容纳不下新的发展,从而衍生出新的学科分支,例如生物化学、分子生物学、环境化学、材料化学、药物化学、地球化学和化学生物学等。现代科学中能源、环境、材料、生物、信息技术等跨世纪学科无一例外地与化学密切相关,化学已成为促进社会及科学发展的基础学科之一。

化学向其他学科的渗透和交融的趋势在21世纪将更加明显。更多的化学工作者会投身到研究生命、材料的工作中去;研究生命、材料的工作者也将更多的应用化学的原理和手段来从事各自的研究。化学的发展已经、并还将带动和促进其他相关学科的发展,同时其他学科的发展和技术的进步也会反过来推动化学学科的不断前进。物理科学的发展使得化学家不但能够描述慢过程,亦能用激光、分子束和脉冲等技术跟踪超快过程。这些进步将有助于化学家在更深层次揭

示物质的性质及物质变化的规律。数学的非线性理论和混沌理论对化学多元复杂体系的研究产生深刻的影响。随着计算机技术的发展,化学与数学方法、计算机技术的结合,形成了化学计量学,实现了计算机模拟化学过程。应用量子力学方法处理分子结构与性能的关系,有可能按照预定性能要求设计新型分子。应用数学方法和计算机确定新型分子的合成路线,使分子设计摆脱纯经验的摸索,为材料科学开辟了新的方向。近代生物学已把生命当作化学过程来认识,化学家和生物学家正在携手合作从分子水平研究生命科学。随着生物工程研究的进展,化学家将更多地和生物学家一起利用细胞来进行物质的合成,同时将更多地应用仿生技术来研制模拟酶催化剂。

化学作为一门中心的、实用的和创造性的科学,它与社会的多方面的需求有关,也有人称“化学是一门使人类生活得更美好的学科”。因此化学的基础和应用研究与国民经济各部门的紧密结合将产生巨大的生产力,并影响到每个人的生活。化学将在研制高效肥料和高效农药、特别是与环境友好的生物肥料和生物农药,以及开发新型农业生产资料等方面发挥巨大作用。化学将在发展新能源和资源的合理开发和高效安全利用中起关键作用。在研制大规模、大功率的光电转换材料,推广太阳能的开发利用等方面发挥特别的作用。这些将改变人类能源消费的方式,同时提高人类生态环境的质量。化学也将在电子信息材料、生物医用材料、新型能源材料、生态环境材料和航空航天材料及复合材料的研究中发挥重大的作用。在发展量子计算机、生物计算机、分子器件和生物芯片等新技术中化学都将作出自己的贡献。化学将在克服疾病和提高人们的生存质量等方面进一步发挥重大的作用。在攻克高死亡率和高致残的心脑血管病、肿瘤、糖尿病以及艾滋病的进程中,化学家将和医学工作者一起不断创造和研究包括基因疗法在内的新药物和新方法。化学研究也将使人们从分子水平了解病理过程,提出预警生物标志物的检测方法。化学研究也将在揭示中药的有效成分、揭示多组分药物的协同作用机理方面发挥巨大作用,从而加速中医药走向世界。

总之,化学是与国民经济各部门、人民生活各个方面、科学技术各领域都有密切联系的基础学科。它不仅是化学工作者的必备专业知识,而且是理、工、农、医各相关学科专业人士所必须掌握的专业基础知识。为培养基础扎实、知识面宽、能力强、具有创新精神的高级人才,较为系统地学习化学基本原理、掌握必须的化学基本技能,了解它们在现代科学各个领域的应用是十分必要的。同时,化学是一门充满活力和创造性的学科,通过化学课程的学习,不但能使学生掌握一定的化学专业知识,而且能培养学生的创新思维能力和辩证唯物主义观点。化学是一门以实验为基础的科学,化学实验是人们认识物质化学性质,揭示化学变化规律和检验化学理论的基本手段。学生在实验室模拟各种实验条件,细致地对实验现象进行观察比较,并从中得出有用的结论。因此,通过化学实验可以培养学生的动手能力、认真细致的工作习惯、分析和解决实际问题的思想方法和工作方法。

无机及分析化学包含了无机化学和定量分析的基本内容。本书首先从宏观上介绍物质的聚集状态(气体、稀溶液,胶体)的基本性质和化学反应的基本原理(能量变化,反应速率,反应方向,反应的平衡移动),然后阐述在科学研究中定量分析的原理,溶液中的化学平衡以及在滴定分析中的应用,进而从微观上介绍物质结构(原子,分子,晶体)的基本知识,介绍常用的仪器分析的方法。最后介绍重要的元素和复杂物质的分离和富集。

学生通过无机及分析化学课程的学习,应了解化学变化的基本规律,学会从化学反应产生的

能量、反应的方向、反应的速率、反应进行的程度等方面来分析化学反应的条件,从而优化化学反应的条件;学会用原子分子结构的观点解释元素及其化合物的性质;正确处理各类化学平衡(酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡、配位平衡)的移动及平衡之间的转换;学会用定量分析的方法来测定物质的量,从而解决生产、科研中的实际问题;了解常用分析仪器的原理,为进一步学习各门有关的专业课程打下基础。

学生学习无机及分析化学这门课程有许多的理由,有些学生是因为他们已经发现并认识到化学在现代科学和社会中的作用;有些,也许是勉强的,因为化学是他所学专业必须要学的。不管你的学习目的是什么,我们的主要目的是帮助你学好这门课程,提供你学习其他课程所需的背景材料和化学知识。我们也希望通过本课程的学习能发展你对化学的兴趣。你将理解化学在许多的科学领域中和日常生活中是多么的重要。没有一个人能忽视化学,因为许多当代社会关注的热点问题,如环境污染、能源、健康、医药和营养等诸多问题都需要用化学的知识来理解和解决。

在开始学习之前,不妨用几分钟时间粗略地看一下本书的目录,大致了解课程的内容。教师讲授的顺序可能会与书中不同,有些章节可能完全不讲授,这是允许的。在听课之前,应该提前阅读所要讲授的内容,这将使你在老师讲述之前就知道了那些重要的概念和术语。课后,你必须更加仔细地阅读相应的章节,以保证能够理解所有的问题。如果你有疑问,你可以和同学讨论,也可以和教师讨论。要仔细研究书中的例题,它能帮助你了解各种类型的解题方法。在学完一章后,你可以根据学习要求和思考题来检查自己有没有掌握本章的主要内容。如果你在书中遇到一些曾经学过的概念和术语,但一时又有些模糊,你可以使用书后的索引。另外,掌握一些概念和术语的英文,对扩大你的词汇量有好处。也许,你应该把书后的附录粗略地翻阅一下,以便对它们有所了解。

本课程的教学不只是传授基础和前沿的知识,更要传授获取知识的思想和方法。通过课程的学习培养自己的创新意识和科学品质,使自己具有潜在的发展能力和基础,即继续学习的能力、表达和应用知识的能力、发展和创造知识的能力。



# 第一章 物质的聚集状态

## (Collective State of Matter)

### 学习要求

1. 了解分散系的分类及主要特征。
2. 掌握理想气体状态方程式和气体分压定理。
3. 掌握稀溶液的通性及其应用。
4. 熟悉胶体的基本概念、结构及其性质等。
5. 了解高分子溶液、表面活性物质、乳状液的基本概念和特征。

在通常的温度和压力条件下,物质的聚集状态有气体(gas),液体(liquid)和固体(solid),这三种聚集状态各有其特点,且在一定条件下可以相互转化。在特殊的条件下,物质还可以等离子状态存在。当物质处于不同的聚集状态时,其物理性质和化学性质是不同的。物质聚集状态的变化虽然是物理变化,但常与化学反应相伴而发生,所以了解和掌握有关物质的聚集状态的知识对解决各种化学问题是十分重要的。

本章将讨论气体、液体和溶液的基本性质和变化规律,晶体的分类和性质将在第七章中介绍。

### 1.1 分散系

物质除了以气态、液态和固态的形式单独存在以外,还常常以一种(或多种)物质分散于另一种物质中的形式存在,这种形式称之为分散系(disperse system)。例如,黏土微粒分散在水中成为泥浆;乙醇分子分散在水中成为乙醇水溶液;奶油分散在水中成为牛奶等。在分散系中,被分散了的物质称为分散相(disperse phase),而容纳分散相的物质称为分散介质(disperse medium)。分散相处于分割成粒子的不连续状态,而分散介质则处于连续的状态。在分散系内,分散相和分散介质可以是固体、液体或气体。按分散相和分散介质的聚集状态分类,分散系可分为九种,见表1-1。由于大部分的化学反应和生物体内的各种生理、生化反应都是在液体介质中进行的,因此,本章主要讨论分散介质是液体的液态分散系的一些基本性质。按分散粒子的大小,常把液态分散系分为三类:粗分散系、胶体分散系、低分子或离子分散系,见表1-2。虽然这三类分散系的性质有明显差异,但是划分它们的界线是相对的,因此分散系之间性质和状态的差异也是逐步过渡的。