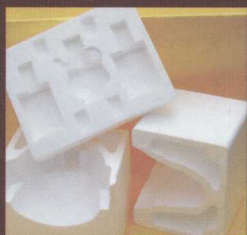
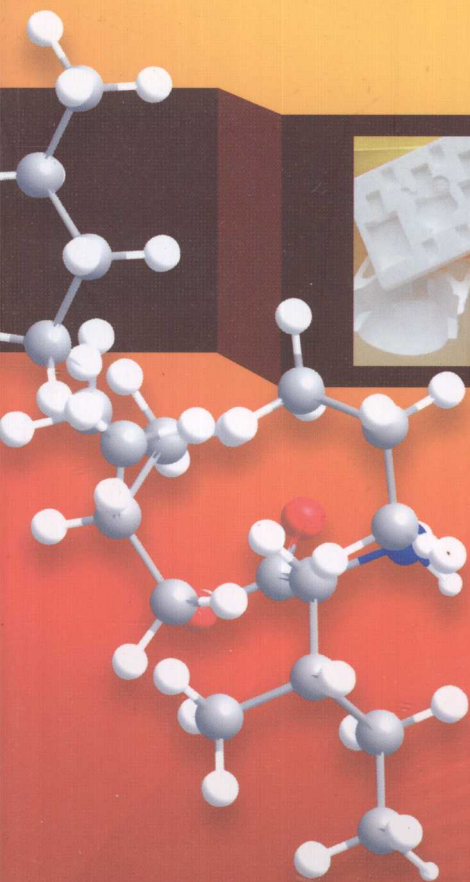


高等学校教材

大学化学

DAXUE HUAXUE



张炜 主编



化学工业出版社

高等学校教材

大学化学

张 炜 主编

朱 慧 胡碧茹 王孝杰 王春华 邹晓蓉 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材从物质的化学组成、化学结构和化学反应出发,紧密联系现代工程技术和现代高技术战争中所遇到的与化学相关的问题,深入浅出地介绍了最基本、最通用的化学基本原理、规律。全书共分 13 章,包括基础和应用两大部分。基础部分包括物质结构(物质的状态、原子结构和元素周期律、分子结构、晶体结构)和化学反应的基本规律(化学热力学、化学反应动力学、化学平衡、氧化还原反应和电化学)。应用部分包括化学与能源、化学与材料、化学与信息、化学与生命、化学与环境,突出了化学与军事武器装备的密切联系,重点介绍了军用能源、军用新材料、生化战剂、军事活动对环境的影响和军事人工环境。本书每章后附有习题,以供学生自我检测。

本书尤其适合于国防类专业的本科生,也可供其他近化学化工类专业的师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学/张炜主编. —北京:化学工业出版社,
2008.5
高等学校教材
ISBN 978-7-122-02844-0

I. 大… II. 张… III. 化学-高等学校-教材
IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 065736 号

责任编辑:宋林青

文字编辑:林 丹

责任校对:王素芹

装帧设计:史利平

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:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{1}{4}$ 彩插 1 字数 504 千字 2012 年 1 月北京第 1 版第 4 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: 36.00 元

版权所有 违者必究

前言

化学是在原子、分子或离子层次上研究物质的组成、结构和性质及其相互关系和变化规律的一门学科，是自然科学的重要组成部分。

在人类历史发展的长河中，化学始终处于先导和基础的地位。特别是在当今世界里，科学技术、生产实践、日常生活、军事高技术装备和军事活动，都与化学密切相关。现代文明的三大支柱——能源、材料和信息，无一不涉及化学问题。例如，能源的开发和利用，常以各类化学反应中释放出的能量和能量转换为基础；新材料的选择、研制和加工都需要应用化学和化工技术；信息的传递和处理离不开载体和介质，而载体和介质材料的性能很大程度上取决于其组成、结构和理化性质。生命过程的基础之一是生物化学反应，分子生物学是生命科学的重要分支之一，因此生命科学的研究离不开化学；生活中的衣、食、住、行等都与化学密切相关；军事高科技装备更是集先进的材料和化学等相关技术之大成，无论材料，还是动力，乃至伪装隐身能力和毁伤效应都依赖于化学技术，火炸药、推进剂、烟幕、油料、核生化战剂是军事应用化学的主要组成部分，先进的金属材料、非金属材料、复合材料、纳米材料和各种功能材料在军事装备中比比皆是。

随着各门学科相互渗透的日益增强，人们面临的问题往往需要运用多种学科的知识才能解决，因而对化学提出了更高的要求。在科学研究、工程实践、军事活动中，非化工类的工程技术人员也需要能运用化学的知识、化学的思维方法、化学的手段来思考和解决问题。因此，化学是非化工类学生的必修课程。

考虑到 21 世纪综合型军事人才培养中对化学素质的需求，本教材从物质的化学组成、化学结构和化学反应出发，紧密联系现代工程技术和现代高技术战争中所遇到的与化学相关的问题，如材料的选择和使用，人类生存环境、战场环境以及空间宇航员生活环境的污染与防护，新型能源的开发与利用，信息传递和处理，生命科学发展等，深入浅出地介绍有现实应用价值和有潜在应用价值的基础理论和基本知识，使学生在今后的实际工作中能有意识地运用化学观点去思考、认识和解决问题。

全书以物质结构基础和化学热力学基础为主线，并贯穿始终。共分 13 章，包括基础和应用两大部分。基础部分包括物质结构（物质的状态、原子结构和元素周期律、分子结构、晶体结构）和化学反应的基本规律（化学热力学、化学反应动力学、化学平衡、氧化还原反应和电化学）。应用部分包括：化学与能源、化学与材料、化学与信息、化学与生命、化学与环境。

本教材力图准确、简明地阐述最基本、最通用的高等教育层次的化学基本原理、规律，使学生理解化学学科的框架；注意追踪现代科技的发展和学科之间的联系，强调化学与其他学科之间的渗透和交融；追求概念论述的清晰明了和深入浅出，注重每个章节相关部分的衔接和必要的过渡，力求“来龙明，去脉清”；应用部分突出了化学与军事武器装备的密切联系，重点介绍了军用能源、军用新材料、生化战剂、军事活动对环境的影响和军事人工环境。本书每章之后均附有参考书目，以供学生自学及参考使用。

本教材由张伟任主编。绪论由朱慧编写，第1章由邹晓蓉编写，第2~4章由朱慧编写，第5章、第7~8章由胡碧茹编写，第6章由胡碧茹、王春华编写，第9~10章由张伟、朱慧编写，第11章由张伟、王春华编写，第12~13章由王孝杰编写。全书由张伟、朱慧统稿。

本教材是在2000年开始使用的内印教材基础上修改、提炼而成的。经过多年内印教材的试用，相信新版的教材应该更加完善，为军校的化学教学提供一本有价值的教材。

在本教材的编写过程中，参考了许多已出版的教材和文献，并引用了书中的一些图表和数据，主要参考书列于每一章书后，在此向所有参考书的作者表示我们最诚挚的谢意。

感谢在教材的编写过程中给予帮助的老师 and 同学。

限于编者水平，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者和专家批评指正。

编者

2008年4月于长沙

目 录

绪论	1	参考文献	6
----------	---	------------	---

第一篇 物质结构

第 1 章 物质的状态	8	2.4 元素的性质与原子结构的关系	49
1.1 物质的聚集状态	8	2.4.1 原子半径	49
1.1.1 气体	8	2.4.2 电离能	51
1.1.2 液体	12	2.4.3 电子亲和能	52
1.1.3 固体	15	2.4.4 电负性	53
1.1.4 物质的第四、五态	16	2.4.5 元素的金属性和非金属性	54
1.2 物质的分散状态	18	习题	54
1.2.1 相和相变	18	参考文献	55
1.2.2 分散系统的分类	18	第 3 章 分子结构	56
1.2.3 溶液	19	3.1 离子键	56
1.2.4 气溶胶	24	3.1.1 离子键的形成及本质	56
习题	24	3.1.2 离子键的特征	57
参考文献	25	3.1.3 离子的性质	57
第 2 章 原子结构和元素周期律	27	3.2 共价键	59
2.1 原子核外电子运动的特点	27	3.2.1 现代价键理论	59
2.1.1 量子化特征	28	3.2.2 杂化轨道理论	64
2.1.2 波粒二象性	28	3.2.3 分子轨道理论	68
2.1.3 微观粒子运动规律的统计性 解释	29	3.3 配位键	73
2.1.4 海森堡测不准关系	29	3.3.1 配位键和配位化合物	73
2.2 单电子原子（离子）体系中电子运动的 描述	30	3.3.2 配合物的价键理论	75
2.2.1 波动方程——薛定谔方程	30	3.4 金属键	77
2.2.2 薛定谔方程的解	30	3.4.1 “自由电子”理论	77
2.2.3 四个量子数的物理意义	33	3.4.2 金属键的能带理论	77
2.2.4 原子轨道及其符号	34	3.5 分子间作用力和氢键	79
2.2.5 概率密度和电子云	35	3.5.1 分子的极性和偶极矩	79
2.2.6 波函数及电子云的图像	35	3.5.2 分子间作用力	80
2.3 多电子原子核外电子的运动状态	40	3.5.3 氢键	82
2.3.1 多电子原子原子轨道的能级	41	习题	83
2.3.2 多电子原子核外电子的分布	43	参考文献	84
2.3.3 原子的核外电子分布与元素 周期表	48	第 4 章 晶体结构	85
		4.1 晶体的微观点阵结构	85
		4.2 晶体的基本类型	86
		4.2.1 离子晶体	86

4.2.2 原子晶体	87	4.3.1 单质的晶体结构	91
4.2.3 分子晶体	87	4.3.2 单质的物理性质	92
4.2.4 金属晶体	88	4.4 晶体的缺陷	95
4.2.5 混合键型晶体	89	4.5 非化学计量化合物	95
4.3 单质的晶体结构及其物理性质的 周期性	91	习题	97
		参考文献	98

第二篇 化学反应的基本规律

第5章 化学热力学	100	6.3.1 浓度对反应速率的影响	132
5.1 基本概念	100	6.3.2 温度对反应速率的影响	133
5.1.1 系统与环境	100	6.3.3 催化剂对反应速率的影响	135
5.1.2 系统的性质和状态	101	6.4 化学反应速率理论	136
5.1.3 过程和途径	101	6.4.1 简单碰撞理论	136
5.1.4 状态函数	102	6.4.2 过渡状态理论	138
5.2 热力学第一定律	102	6.4.3 反应速率与活化能的关系	139
5.2.1 热力学能	102	习题	139
5.2.2 热和功	103	参考文献	141
5.2.3 热力学第一定律的数学表达式	105	第7章 化学平衡	142
5.3 焓与化学反应的热效应	106	7.1 化学反应的可逆性与化学平衡	142
5.3.1 焓	106	7.2 化学反应等温式和平衡常数	143
5.3.2 化学反应的热效应	107	7.2.1 经验平衡常数	143
5.3.3 盖斯定律	109	7.2.2 化学反应等温式和标准平衡 常数	144
5.3.4 化学反应热效应的计算	109	7.2.3 多重平衡原理	145
5.4 化学反应的方向	113	7.2.4 平衡常数的计算及应用	146
5.4.1 自发过程	114	7.3 影响化学平衡的因素及平衡的移动	147
5.4.2 热力学第二定律	115	7.3.1 浓度对化学平衡的影响	148
5.4.3 熵	115	7.3.2 压力对化学平衡的影响	148
5.4.4 化学反应的熵变	117	7.3.3 温度对化学平衡的影响	150
5.4.5 吉布斯函数和化学反应的方向	118	7.3.4 勒夏特列原理	150
习题	122	7.4 酸碱平衡	151
参考文献	124	7.4.1 酸碱理论的发展简介	151
第6章 化学反应动力学	125	7.4.2 酸碱质子理论	152
6.1 化学反应速率及其机理	125	7.4.3 酸碱质子平衡	153
6.1.1 化学反应速率的定义及其表示 方法	125	7.4.4 一元弱酸弱碱的解离平衡	154
6.1.2 反应速率的实验测定	126	7.4.5 酸碱解离平衡的移动	155
6.1.3 反应机理和反应分子数的概念	128	7.5 沉淀溶解平衡	157
6.2 化学反应速率方程	128	7.5.1 溶度积	158
6.2.1 基元反应速率方程	128	7.5.2 溶度积规则	158
6.2.2 复合反应速率方程	129	7.5.3 沉淀与溶解平衡	159
6.2.3 简单级数反应的速率方程的积分 形式	130	7.6 配位平衡	160
6.3 化学反应速率的影响因素	131	7.6.1 配离子的解离平衡	160
		7.6.2 配离子平衡的移动	160

习题	161	8.4.3 标准电极电势表	170
参考文献	162	8.4.4 影响电极电势的因素	170
第 8 章 氧化还原反应和电化学	163	8.5 电极电势在化学上的应用	172
8.1 氧化还原反应	163	8.5.1 计算原电池的标准电动势 $E^\ominus$ 和 电动势 E	172
8.1.1 氧化还原反应的概念	163	8.5.2 判断氧化还原反应进行的方向	173
8.1.2 氧化还原反应的配平	163	8.5.3 比较氧化剂和还原剂的相对 强弱	174
8.2 原电池	164	8.5.4 判断氧化还原反应进行的程度	174
8.2.1 原电池的组成	164	8.6 电解	176
8.2.2 原电池的半反应式和电池符号	165	8.6.1 电解现象和电解池	176
8.2.3 电极类型	165	8.6.2 分解电压	176
8.2.4 可逆电池	166	8.6.3 极化和超电势	177
8.3 可逆电池热力学	167	8.6.4 电解池中两极电解产物	178
8.3.1 可逆电池电动势 E 与 $\Delta_r G_m$ 的 关系	167	8.6.5 电解的应用	179
8.3.2 电动势 E 与电池反应各组分浓度 间的关系——能斯特方程	167	8.7 金属的腐蚀和防护	179
8.3.3 电池反应的标准平衡常数 $K^\ominus$ 与 标准电动势 $E^\ominus$ 的关系	168	8.7.1 腐蚀的分类	179
8.4 电极电势	168	8.7.2 腐蚀的防护	180
8.4.1 电极电势的产生	168	习题	180
8.4.2 标准氢电极和标准电极电势	169	参考文献	181

第三篇 化学的现代应用

第 9 章 化学与能源	183	第 10 章 化学与材料	218
9.1 能源的分类	183	10.1 化学与材料的关系	218
9.2 能源的级别	185	10.1.1 元素、物质与材料	218
9.3 能量的利用	185	10.1.2 材料的发展及其对社会发展的 作用	218
9.4 能量的化学转化	186	10.1.3 材料中的化学	219
9.4.1 利用热化学反应的能量化学 转化	187	10.2 材料的组成、结构与材料性能	220
9.4.2 利用电化学反应的能量化学 转化	188	10.2.1 材料的分类	220
9.4.3 利用光化学反应的能量化学 转化	190	10.2.2 材料的组成、结构与性能的 关系	221
9.4.4 利用生物化学反应进行的能量 化学转化	192	10.3 金属材料	223
9.5 合成能源在军事方面的应用	192	10.3.1 金属元素及其性质	223
9.5.1 化学推进剂	192	10.3.2 金属的主要制备方法	224
9.5.2 炸药	200	10.3.3 合金的结构和类型	224
9.5.3 烟火药	206	10.3.4 金属及其合金材料	225
9.5.4 化学激光器	214	10.3.5 新型金属材料	228
习题	216	10.4 无机非金属材料	231
参考文献	217	10.4.1 非金属元素的电子结构和 性质	231
		10.4.2 非金属元素单质的主要制备	

方法	231
10.4.3 陶瓷材料	232
10.5 高分子材料	236
10.5.1 高分子化合物合成的典型 方法	236
10.5.2 高分子化合物的结构与特性	237
10.5.3 合成高分子材料	241
10.6 复合材料	247
10.6.1 复合材料的组分及功能	247
10.6.2 重要复合材料及应用	249
10.7 军用新材料	250
10.7.1 军用新材料的分类、地位和 发展趋势	250
10.7.2 军用结构材料	251
10.7.3 军用功能材料	254
习题	254
参考文献	255
第 11 章 化学与信息	256
11.1 信息材料	256
11.1.1 信息处理材料	256
11.1.2 信息传递材料	265
11.1.3 信息显示材料	268
11.2 基于生物的信息处理技术	269
11.2.1 概述	269
11.2.2 用于信息处理的分子器件	270
11.2.3 基于生物分子的计算技术	272
习题	275

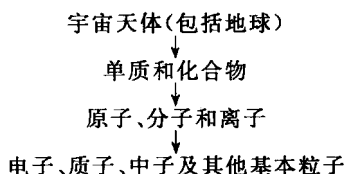
参考文献	275
第 12 章 化学与生命	277
12.1 生命的化学本质	277
12.1.1 生命科学与化学的关系	277
12.1.2 构成生命的基本物质	277
12.1.3 生命活动的基本规律	284
12.2 生化战剂	286
12.2.1 化学战剂	286
12.2.2 生物战剂	291
习题	294
参考文献	294
第 13 章 化学与环境	295
13.1 环境与人类的关系	295
13.1.1 人与环境的辩证关系	295
13.1.2 影响全球的环境热点问题	296
13.1.3 环境保护与可持续发展战略	299
13.2 军事活动对环境的影响	299
13.2.1 常规武器装备对环境的影响	300
13.2.2 核生化武器装备对环境的 影响	301
13.3 军事人工环境	303
13.3.1 潜艇内的空气再生	303
13.3.2 载人航天飞行的环境控制和生命 保障技术	305
习题	307
参考文献	307
附录	308

绪 论

1. 化学研究的对象、内容和目的

世界是由物质组成的，物质处于永恒的运动之中。自然科学就是以客观存在的物质世界作为考察对象，以它的基本属性——运动作为研究的内容。

人们把客观存在的物质划分为实物和场（如电磁场、引力场等）两种基本形态。化学研究的对象主要是实物，也就是具有静止质量的物质。就物质的构造而言，可分为下列几个层次：



在这些层次中，仅有个别粒子，如光子等属于场这种物质形态，而包括其余基本粒子在内的所有层次的物质皆为实物。作为基础学科的化学来说，其研究内容则是中间两个层次。

物质运动包含许多形式：机械运动、物理运动、化学运动、生物运动和社会运动。化学研究的内容主要是物质的化学运动，即物质的化学变化。

化学变化的过程实际上是分子、原子或离子因核外电子运动状态的改变而发生分解和化合的过程，这种变化常会伴有一些物理变化（如光、热、电、颜色、物态等）发生。因此在研究物质化学变化的同时，也必须注意研究相关的变化。

物质发生了化学变化之后，其组成也发生了变化。除了核反应之外，一般的化学变化不会涉及新元素的生成，即不涉及原子核的改变。

研究物质的化学变化，首先是研究物质本身的组成、结构以及它们的性质，其次是研究变化发生的一些外界条件，最终还要对变化本身的规律进行研究，即反应能否发生，程度如何，有哪些影响因素等。

物质的化学变化与物质的化学性质有关，而物质的化学性质又与物质的组成和结构密切相关，所以物质的组成、结构和性质必然成为化学研究的内容。由于化学变化与外界条件有关，因此研究化学变化的同时要研究变化发生的外界条件。

综上所述，化学是一门在原子、分子或离子层次上研究物质的组成、结构和性质及其相互联系和变化规律的自然科学。简而言之，化学是研究物质变化的科学。

研究化学的目的是要通过认识物质化学变化的规律，了解天然资源的形成，以便有效地开采和利用廉价而丰富的天然资源，提取加工有用的原料或用以制备各种人工合成产品，以最大限度地满足人类日益增长的物质生活和精神生活的需要。

2. 化学变化的特征

① 化学变化是质变 化学变化是新物质生成的变化，在变化过程中伴随着旧化学键的断裂和新化学键的形成，是化学键的重新组合。例如： H_2 和 O_2 生成水的反应，过程中伴

随 H—H 键和 O=O 键的断裂而形成 H—O 键,生成新的物质 H_2O ,这就是化学变化。水、氢气、氧气是 3 种性质完全不同的物质,因此化学变化是质变。

② 化学变化服从质量守恒定律 化学变化是原子核外电子的运动状态发生的变化,在此过程中原子核不发生任何变动,变化过程中只有旧物质的消失和新物质的生成,没有元素的消失和生成。化学反应过程中各元素的原子数和核外电子的总数没有变化,所以化学变化前后各元素的物质的量不变,服从质量守恒定律,并且参与反应的各种物质之间有确定的计量关系。反应物之间、反应物与生成物之间,以及生成物之间的定量关系都是可以定量计算的。

③ 化学变化伴随着能量变化 由于各种化学键的键能不同,因此当化学键发生改组时,必然伴随着能量的变化,伴随系统与环境的能量交换。旧化学键的破坏需要吸收能量,而新化学键的形成则将放出能量。在一个化学变化的历程中,如果放出的能量大于吸收的能量,则将有能量向环境释放。反之,如果放出的能量低于吸收的能量,则需要从环境中吸收能量,才能维持化学变化的顺利进行。

在基础化学课程内,将遇到大量类型不同的化学变化,但这些化学变化无一例外地都具有上述三个方面的基本特征。因此,了解并掌握这些特征,将有助于加深对各种化学变化实质的理解。

3. 化学学科的分支

化学的研究范围极其广泛,按其研究对象和研究目的不同,化学已逐渐形成了分析化学、无机化学、有机化学和物理化学等分支学科。

分析化学是研究物质的化学组成和化学结构的分析方法及其理论的一门科学。按其分析方法可以分为化学分析和仪器分析。分析化学分支形成最早,自 19 世纪初,原子量的准确测定,促进了分析化学的发展,这对原子量数据的积累和周期律的发现都有很重要的作用。1841 年贝采利乌斯(J. J. Berzelius)的《化学教程》、1846 年弗莱森(C. R. Fresenius)的《定量分析教程》和 1855 年莫尔(E. Mohr)的《化学分析滴定法教程》等专著相继出版,其中介绍的仪器设备、分离和测定方法,已初具今日化学分析的端倪。随着电子技术的发展,借助于光学性质和电学性质的光度分析法以及测定物质内部结构的 X 射线衍射法、红外光谱法、紫外光谱法、核磁共振法等近代的仪器分析方法,可以快速灵敏地对物质的组成和含量进行检测。如对运动员的兴奋剂监测,尿样中某些药物浓度即使低到 $10^{-13} \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,也难躲避分析学家们的锐利眼睛。目前分析化学不再只限于测定物质的组成和含量,而要对物质的状态(氧化-还原态、各种结合态、结晶态)、结构(一维、二维、三维空间分布)、微区、薄层和表面的组成与结构以及化学行为和生物活性等作出瞬时追踪,进行无损和在线监测等分析及过程控制,甚至要求直接观察到原子和分子的形态和排列。

无机化学是一门研究无机物(一般指除了碳以外的化学元素及其化合物)的合成、结构、性质、制备及其相关理论和应用的科学。无机化学的形成常以 1870 年前后门捷列夫(D. I. Mendeleev)和迈尔(J. L. Meyer)发现周期律和公布周期表为标志。他们把当时已知的 63 种元素及其化合物的零散知识归纳成一个统一整体。一个多世纪以来,化学研究的成果还在不断地丰富和发展周期律,周期律的发现是科学史上的一个勋业。现代无机化学在合成新材料、超导体、配合物催化剂、稀土元素化学、核化学、生物无机化学等领域发挥着越来越重要的作用。

有机化学是一门研究碳和碳氢化合物及其衍生物的组成、结构、性质、合成及其相关理论和应用的科学。有机化学是最大的化学分支学科，也可以说有机化学就是“碳的化学”。有机化学的结构理论和有机化合物的分类，也形成于 19 世纪下半叶。如 1861 年凯库勒 (F. A. Kekulé) 提出碳的四价概念及 1874 年范特霍夫 (J. H. van't Hoff) 和勒贝尔 (J. A. Le Bel) 的四面体学说，至今仍是有机化学最基本的概念之一。世界有机化学权威杂志就是用 Tetrahedron (四面体) 命名的。医药、农药、染料、化妆品等无不与有机化学有关。20 世纪以来，世界上每年大约合成近百种新化合物，其中 70% 以上是有机化合物。有机化学正朝着高选择性合成、天然复杂有机物的合成与分离、有机金属化合物的研究开发等领域不断推进。

在有机物中有些小分子，如乙烯 (C_2H_4)、丙烯 (C_3H_6)、丁二烯 (C_4H_6)，在一定温度、压力和催化剂的条件下可以聚合成为分子量为几万、几十万的高分子材料，这就是塑料、合成纤维、合成橡胶等，它们已经走进千家万户、各行各业。目前高分子材料的年产量已超过 1 亿吨。若按使用材料的主要种类来划分时代，人类经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代，目前正在迈向高分子时代。现在往往把高分子列为另一个化学分支学科，有的高等学校设立高分子系，有的学校设立高分子研究所，有力地加强了人才培养，并促进了该分支学科的发展。

物理化学是从化学变化与物理变化的联系入手，研究化学反应的方向和限度 (化学热力学)、化学反应的速率和机理 (化学动力学) 以及物质的微观结构与宏观性质间的关系 (结构化学) 等问题的一门科学，它是化学学科的理论核心。1887 年奥斯特瓦尔德 (W. Ostwald) 和范特霍夫合作创办了物理化学杂志，标志着这个分支学科的形成。随着电子技术、计算机、微波技术等的发展，化学研究如虎添翼，空间分辨率现已达 $10^{-10} m$ ，这是原子半径的数量级，时间分辨率已达飞秒级 ($1fs = 10^{-15} s$)，这和原子世界中电子运动速度差不多。肉眼看不见的原子，借助于仪器的延伸已经成为看得见、摸得着的实物，微观世界的原子和分子不再那么神秘莫测了。

在研究各类物质的性质和变化规律的过程中，化学逐渐发展成为若干分支学科，但在探索和处理具体课题时，这些分支学科又相互联系、相互渗透。无机物或有机物的合成总是研究 (或生产) 的起点，在进行合成的过程中必定要靠分析化学的测定结果来指示合成工作中原料、中间体、产物的组成和结构，这一切当然都离不开物理化学的理论指导。

化学学科在其发展过程中还与其他学科交叉结合形成多种边缘学科，如生物化学、环境化学、农业化学、医药化学、材料化学、地球化学、放射化学、激光化学、计算化学、星际化学等。

4. 化学在国民经济发展中的作用和地位

化学是自然科学中的基础学科之一。化学与人类的现代文明有着十分密切的关系。化学过去在改变人类的物质文明和精神文明的面貌中曾起过重要的、不可替代的作用，在今后迎接新世纪的机遇和挑战中也将会起到更加重要的作用。化学既是关于自然的科学，又是关于人的科学，它的各个研究领域无不直接或间接地关系到人类的发展问题。化学与社会进步以及现代科技发展密不可分。

(1) 化学与人类生活

人类的每项活动都用到一些由化学提供或加工的物质，同时也在许多活动中也包含着化学

变化, 我们的衣、食、住、行无不与化学有关, 可以说我们生活在化学世界里。

色泽鲜艳的衣料需要经过化学处理和印染, 丰富多彩的合成纤维更是化学的一大贡献。粮食增产的关键之一是发展化肥和农药生产; 加工制造色香味俱佳的食品离不开各种食品添加剂, 如甜味剂、防腐剂、香料、调味剂和色素等, 它们大多是用化学合成方法或用化学分离方法从天然产物中提取出来的。现代建筑所用的水泥、石灰、油漆、玻璃和塑料等材料都是化工产品。用以代步的各种现代交通工具, 不仅需要汽油、柴油作动力, 还需要各种汽油添加剂、防冻剂, 以及机械部分的润滑剂, 这些无一不是石油化工产品。此外, 人们需要的药品, 洗涤剂、美容品和化妆品等日常生活必不可少的用品也都是化学制剂。

(2) 化学与农业、工业和科学技术现代化

再从社会发展来看, 化学对于实现农业、工业和科学技术现代化具有重要的作用。农业要大幅度增产, 农、林、牧、副、渔各业要全面发展, 在很大程度上依赖于化学所取得的成就。化肥、农药、植物生长激素和除草剂等化学产品, 不仅可以提高产量, 而且也改进了耕作方法。高效、低污染的新农药的研制, 长效、复合化肥的生产, 农、副业产品的综合利用和合理贮运, 也都需要应用化学知识。在工业现代化和国防现代化方面, 急需研制各种性能迥异的金属材料、非金属材料和高分子材料。在煤、石油和天然气的开发、炼制和综合利用中包含着极为丰富的化学知识, 并已形成煤化学、石油化学等专门领域。

(3) 化学与国防

一旦战争爆发, 人人都希望取得胜利。因此科学家总是被要求制造出更有效的武器或更好的防御物。化学在武器和防御物两方面发挥着重要的作用。现代战争是以包括化学在内的各种高新技术为基础的战争, 无论材料, 还是动力, 乃至隐身效果都依赖于化学技术。从武器的核心——炸药, 到以化学物质为主的反装备武器, 以及制造战机、导弹等现代高科技武器装备用的各种新材料, 都离不开化学家的发明和贡献。

古代中国所发明的黑色火药的使用彻底地改变了战争的模式, 由冷兵器战争进入到以枪、炮为代表的热兵器战争。现代武器所使用的火炸药都是黑火药的改进, 它们都是化学药品或其混合物, 经过化学反应释放出大量热能。军事四弹——烟幕弹、照明弹、燃烧弹、信号弹, 在军事上有着重要的作用; 化学武器更是武器家族中随风而动、杀人无形的“毒魔”; 以化学物质为主的反装备武器是一类对人员不造成杀伤, 专门用于对付敌方武器装备的化学武器(如超强润滑剂、超强黏合剂、金属脆化剂、超级腐蚀剂、泡沫体、易爆剂、阻燃剂等), 它们都利用了化学物质和化学反应。导弹和人造卫星的发射, 需要很多种具有特殊性能的化学产品, 如高能燃料、高能电池、高敏胶片及耐高温、耐辐射的材料等。无论是精确制导武器、反辐射导弹, 还是隐身飞机、复合装甲导弹, 无一例外地与军用新材料的应用分不开。

火药和炸药、导弹和火箭、航空和航天、隐身和探测……化学与军事装备有着密切的关系, 因此许多国家都十分重视军事领域的化学研究。

(4) 化学与能源、材料、信息、生命、环境科学

随着科学技术和生产水平的提高以及新的实验手段和电子计算机的广泛应用, 不仅化学科学本身有了突飞猛进的发展, 而且由于化学与其他科学的相互渗透, 相互交叉, 也大大促进了其他基础科学和应用科学的发展和交叉学科的形成。目前国际上最关心的几个重大问题——能源的开发与利用、材料的选择和寿命、信息传递、生命科学发展、环境的污染与保护等都与化学密切相关。

在能源开发和利用方面, 化学工作者为人类使用煤和石油曾作出了重大贡献, 现在又在

为开发新能源积极努力,利用太阳能和氢能源的研究工作都是化学科学研究的前沿课题。材料科学是以化学、物理和生物学等为基础的科学,先进功能材料主要是研究和开发具有电、磁、光和催化等各种性能的新材料,如高温超导体、非线性光学材料和功能性高分子合成材料等。材料、能源、信息是现代文明社会的三大支柱,材料又是能源和信息工业技术的物质基础。信息离不开载体和介质,而载体和介质的组成和化学状态对信息有很大影响。根据材料结构和性能的关系,通过各种化学合成手段,可以制造出许多性能各异(光、磁、电、热、力、化学性质)的信息材料,如信息工程中信息采集、处理和执行所需要的功能材料。生命过程中充满着各种生物化学反应,当今化学家和生物学家正在通力合作,探索生命现象的奥秘,从原子、分子水平上对生命过程作出化学的说明则是化学家的优势。化学对满足人民生活需要,促进社会文明功不可灭。可是随着工业生产的发展,工业废气、废水和废渣越来越多,处理不当就会污染环境。正是人类自己一手创造物质文明,另一手又把废物抛向大自然,破坏了生态环境。全球气温变暖、臭氧层破坏和酸雨是三大环境问题,正在危及着人类的生存和发展。因此,三废的治理和利用,对污染情况的监测和寻找净化环境的方法,都是现今化学工作者的重要任务。

总之,化学与国民经济各个部门、尖端科学技术各个领域以及人民生活各个方面都有着密切联系。化学在自然科学中是一门中心科学,在国民经济发展中具有十分重要的地位和作用。

5. 现代化学科学发展的特点和发展趋势

现代化学科学的发展和进步,与当今世界科学技术的发展、进步紧密相关。现代科学技术取得了突飞猛进的发展,人类取得的科技成果,即科学新发现和技术新发明的数量,超过过去两千多年的总和。当代科学技术的发展呈指数增长的趋势,每3年至5年翻一番。现代科学技术的发展越来越综合化、整体化,形成大量边缘学科、交叉学科以及综合性很强的“大学科”。现代科学的发展,从理论创立到实践应用周期越来越短,科学、技术、生产日益形成统一的整体,涌现了大批知识密集型的高新技术产业。现代科学技术的发展极大地扩展了科学研究的范围,自然科学研究的尺寸由小到基本粒子 $1 \times 10^{-18} \text{ m}$,大到宇宙总星系的半径 $1 \times 10^{26} \text{ m}$,时间尺度由短到共振态粒子的寿命 $1 \times 10^{-24} \text{ s}$,长到地球的年龄 $1 \times 10^{17} \text{ s}$ (即46亿年)。科学研究的对象更趋向复杂的、非线性的、非平衡的而真实的系统。现代科学技术发展的这些特点和趋势,包含着现代化学科学发展的特点和趋势,并且深刻地影响化学科学的发展。

现代化学的发展,一般从19世纪末物理学的三大发现(X射线——1895年、元素放射性——1896年、电子——1897年)之后的20世纪算起。20世纪初相对论(1916年)和量子力学(1926年)的创立,改变了人类的时空观,现代化学基本理论,例如价键理论、分子轨道理论、配位场理论、能带理论等逐步形成和建立;20世纪60年代以后,借助计算机科学技术的进步,不仅使量子力学、结构化学得到迅速发展和广泛应用,而且化学正在走向分子设计的新方向;分子反应动力学的发展,正在分子水平的微观程度上对化学科学的核心问题——化学反应的本质作深入的揭示;20世纪50年代DNA双螺旋结构的发现以及随后DNA重组技术和RNA功能的发现,不仅使生物化学、分子生物学取得巨大发展,而且为生命科学的发展奠定了基础;化学家以惊人的速度发现和合成新的化合物。化学研究的范围扩大到宇宙空间、人类社会、微观世界的各个领域,形成了众多交叉学科、边缘学科,例如

星际化学、地球化学涉及天体演化、生命起源等重大问题,环境化学、能源化学、材料化学、生物化学等正在为社会、经济、技术的发展以及人类生活和健康水平的提高大显身手;脑化学、神经化学等将为揭示精神世界以及认知、思维的物质基础和本质做出贡献。

21 世纪学科发展的特点是各学科纵横交叉地解决实际问题。化学科学的发展,已经进入从宏观深入到微观,从定性走向定量,从描述进入推理,从静态到动态的新的发展阶段。21 世纪将是化学科学全面发展的世纪,理论、实验和应用等方面都将获得巨大的新成果。化学科学的发展趋势是自身的继续发展和与相关学科融合发展相结合;化学学科内部的传统分支的继续发展和作为整体的发展相结合;研究科学基本问题和解决实际问题相结合。

化学科学的发展,不仅将在更深的层次揭示化学反应、物质结构与性能关系等的本质,而且将在揭示和解决许多自然的、社会的、精神的实际问题,例如生命科学中的化学问题以及人类认知和思维的物质基础等问题中发挥巨大作用和做出贡献。环境、能源、资源向化学提出建立洁净、节能、节源和可持续发展的化学合成与工艺,因此推动化学工业研制的新方法,发展高效、节能的新流程,为市场提供更多的新产品。化学与化工、材料、能源、制药、食品、环境、农业、军工等产业的紧密结合,将为社会创造更多的财富。

6. 本书内容和学习目的、方法

本教材内容包括物质结构、化学反应规律及现代应用三部分。在物质结构方面,重点要求掌握结构特征及其对宏观性质的影响;化学反应规律主要要求掌握各定律、原理的基本内容,公式及其使用条件,重要概念及其应用;考虑到 21 世纪人才培养中对化学素质的需求,本教材专门设章介绍与化学密切相关的热门领域——能源、材料、信息、生命、环境,介绍各领域中的化学知识、原理及其应用,重点突出军事高技术,以开拓眼界,扩大知识面。

本课程的目的是使学生了解高等教育层次的化学基本原理,理解化学学科的框架,建立物质变化和能量变化的观点,了解化学基本理论和知识在能源、材料、信息、生命科学、环境及工程上的应用,在今后的工作中能有意识地运用化学理论、观点、方法去思考、认识和解决问题;培养学生正确的学习和研究方法,逐步树立唯物主义的世界观。通过本课程的教学活动,把学生的科学观、社会观、价值观结合起来,提高学生的基本素质和创新能力。

学习《大学化学》和学习其他课程一样,在学习某一个问题时,要注意问题是怎样提出来的,需要借助的理论和实验,最终解决问题的途径和方法。要求刻苦钻研教材,力求贯通,提倡独立思考、相互讨论,并在辩证地思考教材内容的过程中,善于提出矛盾和问题。学会查阅一些参考文献和资料,结合工程技术中的问题解决一些实际的化学问题,为今后的学习和工作奠定必要的化学基础。

参考文献

- [1] 胡忠铨主编. 现代化学基础. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [2] 冯莉, 王建怀主编. 大学化学. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2004.
- [3] 陈平初, 李武客, 詹正坤主编. 社会化学简明教程. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [4] 唐有祺, 王夔主编. 化学与社会. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [5] 李保山主编. 基础化学. 北京: 科学出版社, 2003.
- [6] 徐崇泉, 强亮生主编. 工科大学化学. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [7] 曲保中, 朱炳林, 周伟红主编. 新大学化学. 第二版. 北京: 科学出版社, 2007.

第一篇 物质结构

物质世界种类繁多，精彩纷呈。不同的物质之所以表现出各自不同特征的性质，其根本原因在于物质内部结构的差异。

物质结构篇由物质的状态、原子结构和元素周期律、分子结构、晶体结构等四章组成。本篇将运用现代量子力学的研究成果阐述物质微观世界的客观规律，深化对物质结构的认识，探讨物质的性质及其变化规律的内在原因。

第 1 章 物质的状态

通常人们接触的不是单个的原子和分子，而是由大量分子、原子或离子以一定方式结合而成的聚集体。例如在 0°C 和 101.325kPa 下， 1cm^3 氧气中约含有 2.7×10^{19} 个氧分子。

组成物质的微粒都在不停地运动，微粒间存在相互作用力。随外界温度和压力的不同，微粒的运动状态和微粒间相互作用力大小不同，物质的聚集状态也会有所不同。常见的聚集状态有气态、液态和固态三种。当外界条件变化时，物质可以从一种状态变为另一种状态。固体和液体的分子不会散开而能保持一定的体积，固体还能保持一定的形状，表明它们的分子间存在相互吸引力。另一方面，当对固体和液体施加很大的压力时，它们的可压缩性很小，这表明当分子间的距离很近时，存在相互排斥力。在通常情况下，分子间的作用力倾向于使分子聚集在一起，并在空间形成某种较规则的有序排列。随着温度的升高，分子的热运动加剧，力图破坏有序排列，变成无序的状态。当温度升高到一定程度，热运动足以破坏原有的排列秩序时，物质的宏观状态就可能发生突变，即从一种聚集状态变到另一种聚集状态，例如从固态变成液态，从液态再变到气态。除此之外，在特定的条件下，物质还可以呈现其他聚集状态（如等离子态、超高密度态）。

在一定条件下，物质总是以一定的聚集状态参加化学反应。当物质处于不同聚集状态时，会呈现不同的物理和化学性质。对于给定的反应，由于物质的聚集状态不同，反应的速率和能量关系也会不同，甚至还会影响反应工艺条件的选择。因此有必要熟悉物质的状态特征，研究物质的状态变化。在自然界中，物质除了以气态、液态和固态等形式单独存在外，大多数是以相互混合、相互分散的状态存在，如空气、乳状液、泡沫等都属于分散系统。物质的分散状态不同，表现出不同的宏观性质。

本章主要讨论气体、液体和溶液的性质及变化规律，并对固体、等离子体、超高密度态的性质以及溶胶等分散系统的特性与区别作简要介绍。

1.1 物质的聚集状态

1.1.1 气体

1.1.1.1 气体的特征

气态是人们迄今为止研究和了解得较为全面的一种状态。理论和实践均已证明，气体由许多快速、独立和无规则运动着的分子组成。气体分子之间的距离很大，因此分子间的作用力很小，故气体具有明显的可压缩性和无限膨胀的特性。在一定温度下，随着压力的增加，气体分子间的距离缩小，气体的体积减小，反之亦然。由于气体分子间的作用力很小，分子的热运动又十分显著，故气体还具有良好的扩散性和渗透性，无论气体量的多少，它们都可以完全、均匀地充满整个容器，因此气体本身没有固定的体积和形状。同样，不同种类的气体只要不发生化学反应，便可以以任何比例相互均匀地混合。

气体的体积不仅受压力的影响，同时还与温度和气体的量有关。因此，可以用体积、压力、温度这些物理量来描述一定量的气体所处的状态。能反映这四者之间关系的表达式就称