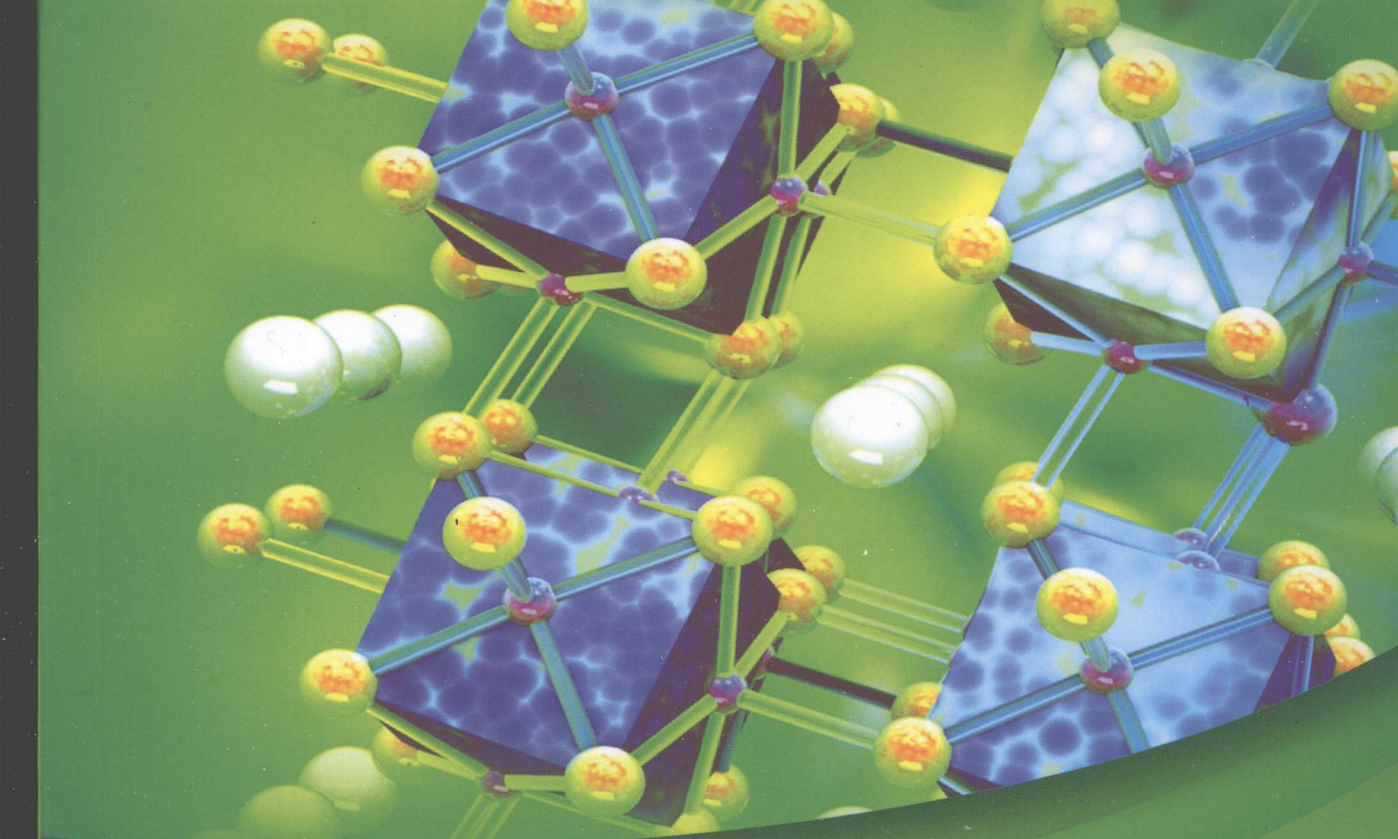




普通高等教育“十一五”规划教材

大学化学

邵景景 赵艳红 秦华 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”规划教材

大学化学

邵景景 赵艳红 秦 华 主编

本书可作为高等学校非化学化工类各专业的大学化学课程教材。

全书以化学基本原理和应用为主线,以社会广泛关注的问题为视点,阐述了化学与人类社会间不可分割的相互关系。内容分为两篇:第一篇为化学基础知识,包括开启化学之门、化学热力学与反应方向、化学动力学与控制因素、化学平衡和物质结构与性质;第二篇为化学基本应用,包括化学与能源、化学与环境、化学与材料、化学与表面、化学与生命和化学与生活。通过本书的学习,学生可透过化学这个窗口,对自然科学的特点及其重要作用有一个概括的了解,从而达到开阔视野、提高科学素养的目的。全书图文并茂,编排新颖,叙述流畅。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学/邵景景等主编. —北京:化学工业出版社, 2008. 5

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-02671-2

I. 大… II. 邵… 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 062548 号

责任编辑:宋林青 满悦芝
责任校对:战河红

文字编辑:李锦侠
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:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18½ 彩插 1 字数 350 千字 2008 年 8 月北京第 1 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

一段时期以来,我们对高等学校大学化学课程改革进行了有益的尝试,并取得了一定的成果,确立了大学化学课程在对高校学生实行全面素质教育过程中的地位。大学化学是高等学校非化工类各专业培养现代化工程技术人才的必修基础课。一名当代大学生,只有对现代化学及其理论有一定的了解,提高理论联系实际的能力,才能在解决实际问题的过程中表现出全方位的能力。

本书是2008年黑龙江省新世纪高等教育教学改革工程项目“工程化学课程的三段式教学改革和实践”及黑龙江省高等教育学会高等教育科学研究“十一五”规划课题“高等学校工程化学课程建设与改革”的一项成果,是在大学化学“三段式”教学模式的指导下,在许多教师长期教学经验的基础上经反复探索编写而成的。所谓的“三段式”体现在课堂教学(化学基础知识模块、化学基本应用模块和化学实验操作模块)、实验教学(实验基本操作模块、基础知识应用模块和创新实验设计模块)、课程考核(实验考核、课程总结和期末考核)三个方面。

全书分为两篇,第一篇为化学基础知识,包括开启化学之门、化学热力学与反应方向、化学动力学与控制因素、化学平衡和物质结构与性质,共5部分内容;第二篇为化学基本应用,包括化学与能源、化学与环境、化学与材料、化学与表面、化学与生命和化学与生活,共6部分内容。其中第一篇为必修内容,第二篇可根据不同的专业有所侧重地进行选讲,并且此部分内容也适合在文科学生中通过讲座的形式进行讲解。

本书在编写过程中力求做到简明扼要,图文并茂,侧重于把化学反应基本原理和实际应用贯穿始终。本书具备了便于学生自学的特点,经验证明,在学生课前自学的基础上,提纲挈领地讲授,收效较好,凡是学生能看懂的内容,只需要总结理顺,分清主次,明确其来龙去脉,再辅之以习题和讨论予以巩固,能收到很好的效果。这样一方面有利于提高学生自学和独立思考的能力,同时也可精简讲课学时,减轻学生课内负担,给学生更多的学习主动权。

本书采用了以国际单位制(SI)单位为基础的《中华人民共和国法定计量单位》和国家标准(GB)中所规定的符号。

参加本书编写工作的有邵景景(1.开启化学之门,2.化学热力学与反应方向,6.化学与能源,9.化学与表面)、赵艳红(3.化学动力学与控制因素,7.化学与环境,10.化学与生命)、秦华(4.化学平衡,5.物质结构与性质,8.化学与材料)、熊楚安(11.化学与生活)。全书由邵景景统稿和定稿。

本书在编写过程中得到了其他院校专业教师的指导和帮助,书中采用了大量的插图,因来源广泛,不能一一列出出处,在此一并表示感谢。

限于编者的水平,书中若有欠妥之处,希望读者及时给予指正,以便再版时修改。

编 者

2008年1月于哈尔滨

目 录

第一篇 化学基础知识

1 开启化学之门	2	3.2.4 化学反应速率理论	43
1.1 化学的发展	4	3.3 化学反应速率的影响因素	48
1.1.1 化学的萌芽	4	3.3.1 浓度的影响	48
1.1.2 化学的中兴	5	3.3.2 温度的影响	48
1.1.3 20 世纪的化学	6	3.3.3 催化剂的影响	49
1.2 化学研究的主要内容	8	思考题	51
1.3 化学研究的目的	9	4 化学平衡	53
1.4 化学反应的实际应用	9	4.1 化学平衡概论	54
1.4.1 金属及其制备	9	4.1.1 化学反应的可逆性与化学平衡	54
1.4.2 玻璃	10	4.1.2 化学平衡常数	54
1.4.3 化肥	11	4.1.3 平衡常数与反应的标准摩尔吉布斯函数变	55
1.5 大学化学课程的学习方法	12	4.1.4 化学平衡的移动	56
思考题	13	4.2 弱电解质和难溶电解质的平衡	58
2 化学热力学与反应方向	14	4.2.1 弱电解质的平衡	58
2.1 化学热力学基本概念	14	4.2.2 难溶电解质的平衡	59
2.1.1 热力学与化学热力学	14	4.3 氧化还原平衡	61
2.1.2 体系与环境	16	4.3.1 氧化还原反应的配平	61
2.1.3 状态与状态函数	17	4.3.2 原电池	63
2.1.4 过程与途径	17	4.3.3 电解池	71
2.1.5 热与功	18	4.3.4 金属的腐蚀与防护	72
2.2 化学反应中的能量变化	18	思考题	75
2.2.1 能量转化和守恒定律	18	5 物质结构与性质	77
2.2.2 热力学第一定律	19	5.1 原子结构与周期系	77
2.2.3 热力学第一定律的应用	21	5.1.1 核外电子运动的特殊性	78
2.3 化学反应的方向和限度	27	5.1.2 氢原子结构的近代概念	78
2.3.1 自然界中的自发过程	27	5.1.3 量子力学原子模型	79
2.3.2 热力学第二定律	28	5.1.4 多电子原子中的电子分布和周期系	81
2.3.3 热力学第二定律的应用	30	5.1.5 元素基本性质的周期性	85
思考题	33	5.2 分子结构	87
3 化学动力学与控制因素	35	5.2.1 化学键	87
3.1 化学动力学与化学热力学	35	5.2.2 分子间作用力	90
3.1.1 化学热力学的研究内容	36	5.2.3 氢键	92
3.1.2 化学动力学的研究内容	37	5.3 晶体结构	93
3.2 化学反应速率	38	5.3.1 晶体与非晶体	93
3.2.1 化学反应速率的定义与表示方法	38	5.3.2 晶体的基本类型	94
3.2.2 化学反应速率和浓度	39	5.3.3 晶体缺陷	97
3.2.3 化学反应速率和温度 [阿伦尼乌斯 (Arrhenius) 公式]	42		

5.4 离子极化对物质性质的影响	97
5.4.1 极化和变形	97

5.4.2 离子极化对化合物性质的影响	98
思考题	99

第二篇 化学基本应用

6 化学与能源	102
6.1 能源概述	102
6.1.1 能量的形态与转化	102
6.1.2 能源的概念与分类	103
6.1.3 能源与社会进步	107
6.2 化石能源	107
6.2.1 煤	108
6.2.2 石油	114
6.2.3 天然气	119
6.3 化学电源	121
6.3.1 蓄电池	121
6.3.2 燃料电池	122
6.4 新能源	122
6.4.1 氢能	122
6.4.2 核能	123
6.4.3 太阳能	126
阅读资料	132
思考题	134
7 化学与环境	135
7.1 环境与环境科学	136
7.1.1 环境与环境科学	136
7.1.2 环境科学的形成与发展	137
7.1.3 人类面临的环境问题	138
7.1.4 环境化学	139
7.2 大气污染	140
7.2.1 大气污染的概念	140
7.2.2 大气污染的危害	143
7.2.3 大气污染的状况	144
7.2.4 大气污染物的净化和环境保护	147
7.3 水污染	148
7.3.1 水的存在、性质和作用	148
7.3.2 水污染的危害	149
7.3.3 水污染的来源	150
7.3.4 水污染的类型	153
7.3.5 水污染的防治	154
7.4 土壤污染	156
7.4.1 土壤的组成和性质	156
7.4.2 土壤的污染	157
7.4.3 土壤污染的防治	158
阅读资料	159
思考题	162
8 化学与材料	163

8.1 概述	164
8.1.1 化学与材料	164
8.1.2 材料科学发展简介	164
8.1.3 材料的分类	166
8.2 金属材料	167
8.2.1 金属材料的分类	167
8.2.2 常见金属材料	169
8.2.3 金属合金材料	174
8.3 非金属材料	182
8.3.1 非金属材料的分类	182
8.3.2 常见非金属材料	182
8.4 高分子与材料	196
8.4.1 高分子材料的分类	197
8.4.2 高分子材料的性能	197
8.4.3 常见高分子材料	199
8.5 材料应用的展望	202
阅读资料	203
思考题	206
9 化学与表面	207
9.1 界面现象	207
9.2 表面与界面	208
9.3 固体表面的吸附作用	208
9.3.1 碳的同素异形体	209
9.3.2 活性炭与分子筛	211
9.3.3 固体表面的物理吸附与化学吸附	212
9.4 液体表面的吸附作用	213
9.4.1 表面张力	213
9.4.2 液体对固体的润湿作用	214
9.4.3 弯曲液面的附加压力	215
9.4.4 表面活性剂	216
9.4.5 表面活性剂的应用	219
9.4.6 乳状液	220
9.4.7 表面活性剂的发展趋势	221
9.5 表面工程技术	223
阅读资料	224
思考题	226
10 化学与生命	227
10.1 生命的起源与生命的化学组成	228
10.1.1 生命的起源	228
10.1.2 生物的进化	232
10.1.3 生命的化学组成物质	233

10.2 生命基础大分子——蛋白质	234	11.2.4 维生素——人体新陈代谢的 催化剂	257
10.2.1 概述	234	11.2.5 无机盐——人体中不可缺少的 物质	260
10.2.2 蛋白质的空间结构	236	11.2.6 水——生命的源泉	261
10.2.3 特殊的蛋白质——酶	238	11.2.7 纤维素——人体内的清道夫	264
10.3 生命遗传大分子——核酸	239	11.2.8 合理的营养——饮食平衡	265
10.3.1 核酸的化学组成	239	11.3 服装中的化学知识	266
10.3.2 核酸的分布	240	11.3.1 服装材料	266
10.3.3 基因与基因工程	240	11.3.2 服装洗涤中的化学	270
阅读资料	243	11.3.3 服装的污染	274
思考题	245	阅读资料	276
11 化学与生活	246	思考题	278
11.1 化学元素与人体健康	246	附录 1 常用数据表	279
11.1.1 常量元素与人体健康	246	附录 2 历届诺贝尔化学奖获得者	283
11.1.2 微量元素与人体健康	249	参考文献	287
11.2 营养与健康的化学	250	元素周期表	
11.2.1 蛋白质——生命的基础	252		
11.2.2 糖——人体的主要能源	254		
11.2.3 脂类——人体的燃料	256		

第一篇 化学基础知识

作为一个现代人
你需要具备的化学基本素质

- 1 开启化学之门
- 2 化学热力学与反应方向
- 3 化学动力学与控制因素
- 4 化学平衡
- 5 物质结构与性质

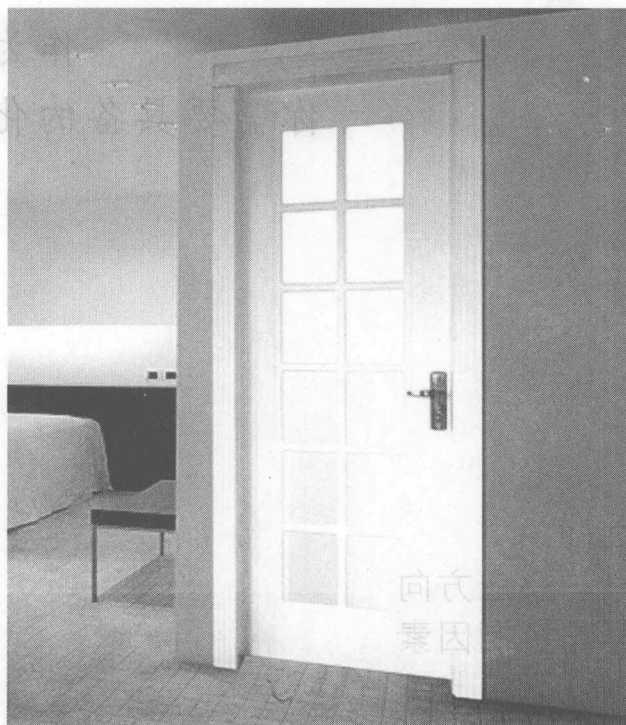
物质是客观存在的，不以人的意志为转移。物质是构成宇宙万物的基本单元。物质是运动的，运动是物质的存在方式。物质是变化的，变化是物质的存在形式。物质是永恒的，永恒是物质的存在本质。物质是无限的，无限是物质的存在范围。物质是多样的，多样是物质的存在形态。物质是统一的，统一是物质的存在本质。物质是变化的，变化是物质的存在形式。物质是永恒的，永恒是物质的存在本质。物质是无限的，无限是物质的存在范围。物质是多样的，多样是物质的存在形态。物质是统一的，统一是物质的存在本质。

物质是客观存在的，不以人的意志为转移。物质是构成宇宙万物的基本单元。物质是运动的，运动是物质的存在方式。物质是变化的，变化是物质的存在形式。物质是永恒的，永恒是物质的存在本质。物质是无限的，无限是物质的存在范围。物质是多样的，多样是物质的存在形态。物质是统一的，统一是物质的存在本质。物质是变化的，变化是物质的存在形式。物质是永恒的，永恒是物质的存在本质。物质是无限的，无限是物质的存在范围。物质是多样的，多样是物质的存在形态。物质是统一的，统一是物质的存在本质。

物质是客观存在的，不以人的意志为转移。物质是构成宇宙万物的基本单元。物质是运动的，运动是物质的存在方式。物质是变化的，变化是物质的存在形式。物质是永恒的，永恒是物质的存在本质。物质是无限的，无限是物质的存在范围。物质是多样的，多样是物质的存在形态。物质是统一的，统一是物质的存在本质。

1 开启化学之门

基础化学 第一章



看看周围吧！我们日常生活中使用的大部分物品，完全不同于在自然界中很容易见到的那些材料。我们周围的每样东西，实际上已经从不太有用或无用的原始状态，转变为外观完全不同而有用得多的状态。自然界中的物质转化过程和对这些过程的详细描述是极为有趣的。化学使我们的世界变得丰富多彩（图 1-1），从古到今，化学都在不断地影响着我们的生活（图 1-2）。只要我们留心观察，无论什么地方，物质都在发生变化。这就是说，化学——物质及其发生的变化——是无处不在的。

从早晨开始，我们在用化学品建造的住宅和公寓中醒来，家具是部分地用化学工业生产的现代材料制作的，我们使用化学家们设计的肥皂和牙膏并穿上由合成纤维和合成染料制成的衣服，即使是天然的纤维（如羊毛或棉花）也是经化学品处理过并染色的，这样可以改进它们的性能。为了保护起见，我们的食品被包装起来和冷藏起来，而许多食品的原材料需要肥料、除草剂和农药才能生长；家畜类需用兽医药来防病；维生素类可以加到食品中或制成片剂后口服；甚至我们购买的天然食品，诸如牛奶，也必须要经化学检验来保证纯度。

我们的交通工具——汽车、火车、飞机，在很大程度上是要依靠化学加工业制成的产品；

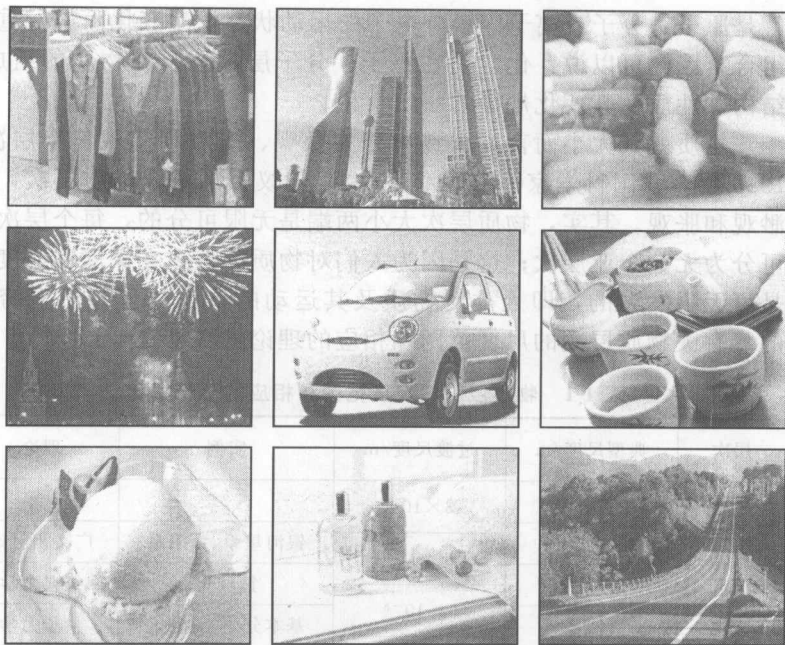


图 1-1 化学使我们的世界变得丰富多彩

报刊是印刷在经化学方法制成的纸上的，所用的油墨是由化学家们制造的；用于说明事物的照片要用化学家们制造的胶片，即便是数码照片，它的印刷也离不开化学的范畴；我们生活中的所有金属制品都是用矿石经过以化学为基础的冶炼转化为金属或将金属再变为合金的，化学油漆还能保护它们。

化妆品是由化学家制造和检验过的；执法用的和国防上用的武器要依靠化学。事实上，在我们日常生活所用的产品中很难找出有哪一种不是依靠化学家们的帮助制造出来的。

化学的发展还丰富和完善了哲学的理论体系，这不仅因为化学研究的对象是物质，更因为化学研究物质的变化及其规律，其中包含了深刻的辩证法思想。化学不仅是我们做好其他工作所必备的基础理论，而且学习化学有助于培养我们科学的世界观和方法论。

化学是一个极具创造性的学科，在 20 世纪的 100 年中，在《美国化学文摘》上登录的天然和人工合成的分子和化合物的数目已从 1900 年的 55 万种，增加到 1999 年 12 月 31 日的 2340 万种，平均每天有近 700 种。没有别的学科能像化学那样制造出如此众多的新分子、新物质。因此学习化学有助于培养我们的创造精神。

世界是由物质组成的，物质是客观存在的。客观存在的物质在永恒地运动着，运动和变化是有规律的，而规律是可以被人们认识和掌握的。这里的物质包括实物和场两大类，化学研究的物质是前一类。物质的运动因复杂程度不同，可以分为物理运动、化学运动、生物运动等，化学研究的内容主要是化学运动即化学变化。化学变化主要是在原子、分子、离子这个层次上进行的，具体地讲，

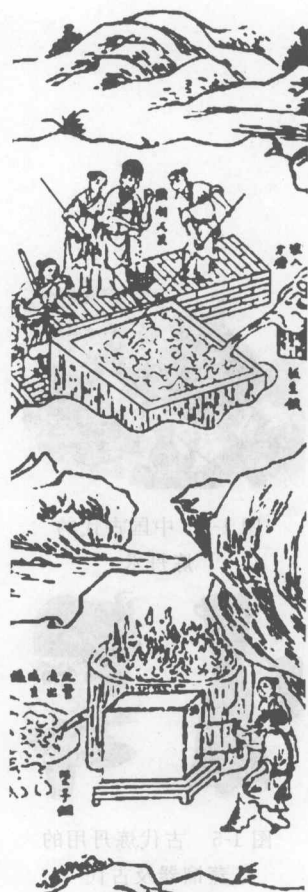


图 1-2 中国古代冶铁图



图 1-3 钱学森

就是原子、分子或离子因核外电子的运动状态发生变化而进行重新组合。因此可以说：化学是在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的一门学科。

物质就其大小而言，大致可分为微观、宏观和宇观三个层次。1989年，我国科学家钱学森（图 1-3）建议再加两个物质层次，即渺观和胀观。其实，物质层次大小两端是无限可分的，每个层次又可分为无数个亚层次；这是因为人们对物质的认识在深度和广度上是可无限发展的，即人类对物质及其运动的认识过程是不可穷尽的。有关物质层次的尺度范围和相应的理论解释见表 1-1。

表 1-1 物质层次的尺度范围和相应的理论解释

层次	典型尺度/m	过渡尺度/m	实例	理论
胀观	10^{40}	3×10^{30}	?	?
宇观	10^{21}	3×10^{11}	银河星系、太阳系	广义相对论
宏观	10^2	3×10^{-8}	篮球场	经典力学
微观	10^{-17}	3×10^{-27}	基本分子、大分子	量子力学
渺观	10^{-36}		?	超弦(?)

注：“?”表示未确定。

虽然物质的所有变化都是人们关心的，但在这里我们的注意力将集中于化学变化以及与其密切相关的物理变化。

1.1 化学的发展

1.1.1 化学的萌芽

约 50 万年前，“北京人”已经知道用火。原始人类从用火之时开始，标志着人类社会由野蛮进入文明，同时也就开始了用化学方法来认识和改造天然物质。燃烧就是一种化学现象。掌握了火以后，人类开始吃熟食；逐步学会了制陶、冶炼；以后又懂得了酿造、染色等。这些用天然物质加工改造而成的制品，成为古代文明的标志。在这些生产实践的基础上，萌发了古代化学知识。

古人曾根据物质的某些性质对物质进行分类，并企图追溯其本原及变化规律。公元前 4 世纪或更早，中国提出了阴阳五行学说，认为万物是由金、木、水、火、土五种基本物质组合而成的，而五行则是由阴阳二气相互作用而成的。此说法是朴素的唯物主义自然观，用“阴阳”这个概念来解释自然界两种对立和相互消长的物质势力，认为二者的相互作用是一切自然现象变化的根源。此说为中国炼丹术的理论基础之一。

公元前 4 世纪，希腊也提出了与五行学说类似的火、风、土、水四元素说和古代原子论。这些朴素的元素思想，即为物质结构及其变化理论的萌芽。公元前 3 世纪，秦始皇令方士献仙人不死之药，此时炼丹术开始萌芽，炼丹术在化学史上经历了很多年（图 1-4）。

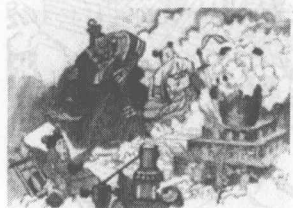


图 1-4 中国古代的炼丹术

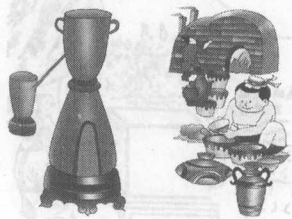


图 1-5 古代炼丹用的蒸馏器及古代炼制陶瓷器

炼丹术的指导思想是深信物质能够转化,试图在炼丹炉中人工合成金银或修炼长生不老之药。他们有目的地将各类物质搭配烧炼,进行试验。为此设计了研究物质变化用的各类器皿,如升华器、蒸馏器、研钵等,也创造了各种实验方法,如研磨、混合、溶解、洗涤、灼烧、熔融、升华、密封等(图 1-5)。

与此同时,人们进一步分类研究了各种物质的性质,特别是相互反应的性能。这些都为近代化学的产生奠定了基础,许多器具和方法经过改进后,仍然在今天的化学实验中沿用。炼丹家在试验过程中发明了火药,发现了若干元素,制成了某些合金,还制出和提纯了许多化合物,这些成果我们至今仍在沿用(图 1-6 和图 1-7)。

大致在公元 7 世纪炼丹术传到阿拉伯国家,与古希腊哲学相融合而形成阿拉伯炼丹术,阿拉伯炼丹术于中世纪传入欧洲和非洲,形成炼铜术(图 1-8),后逐步演进为近代的化学。

我国的司母戊鼎和越式青铜剑(图 1-9),就是那时炼金术的成果。

1.1.2 化学的中兴

16 世纪开始,欧洲工业生产蓬勃兴起,推动了医药化学和冶金化学的创立和发展,使炼金术转向生活和实际应用,继而更加注意物质化学变化本身的研究。在元素的科学概念建立后,通过对燃烧现象的精密实验研究,建立了科学的氧化理论和质量守恒定律,随后又建立了定比定律、倍比定律和化合量定律,为化学的进一步发展奠定了基础。

1661 年,英国化学家罗伯特·波义耳(R. Boyle, 1627~1691)(图 1-10)发表了名著《怀疑派的化学家》(The Sceptical Chemist),在书中他提出了自己关于化学元素的想法,完全驳倒了炼金术关于硫、汞、盐三本原的学说,彻底摧毁了已存在 2000 年的四元素学说,第一次“把化学确立为科学”。这部专著对化学从药剂师和炼金术士那里解脱出来成为一门独立的学科有着重要意义。他还主张化学要想成为一门真正独立的学科,就必须进行各种试验。1691 年 12 月 30 日,波义耳在伦敦逝世后人们在他的墓碑上铭刻“化学之父”,以缅怀他的功绩。

此后,一大批科学家在实验的基础上,取得了一系列的研究成果。1803 年英国的道尔顿(J. Dalton, 1766~1844)(图 1-11)建立了近代原子论,突出强调了各种元素的原子质量为其最基本的特征,其中量(原子是有质量的)的概念的引入,是与古代原子论的一个主要区别。近代原子论使当时的化学知识和理论得到了合理的解释,成为说明化学现象

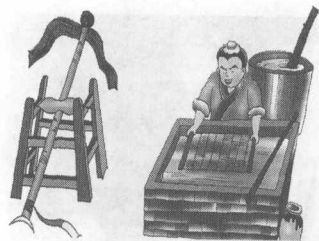


图 1-6 火药及造纸术的发明

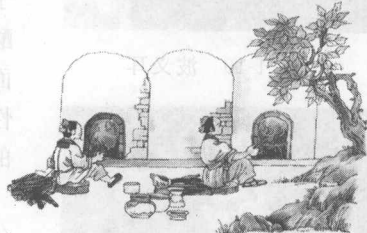


图 1-7 中国古代制陶图

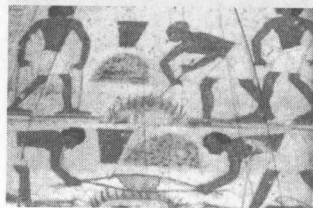


图 1-8 古埃及人利用
燃烧冶炼铜

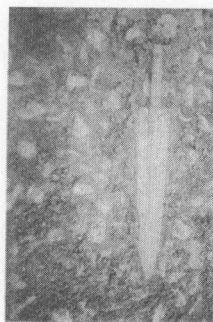
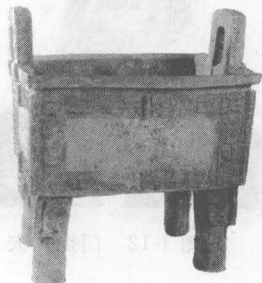


图 1-9 我国堪称国宝的
司母戊鼎和越式
青铜剑



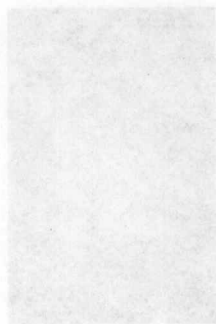
图 1-10 波义耳



图 1-11 道尔顿



图 1-12 门捷列夫



化学工业出版社
北京

的统一理论。不久后, 1811 年意大利科学家阿伏加德罗 (A. Avogadro, 1776~1856) 提出了分子假说, 建立了科学的原子分子学说, 为物质结构的研究奠定了基础。门捷列夫 (D. I. Mendeleev, 1834~1907) (图 1-12) 发现元素周期律后, 不仅初步形成了无机化学的体系, 并且与原子分子学说一起形成了化学理论体系。

通过对矿物的分析, 人们发现了许多新元素, 加上对原子分子学说的实验验证, 经典的化学分析方法也有了自己的体系。草酸和尿素的合成、原子价概念的产生、苯的环状结构和碳价键四面体等学说的创立、酒石酸拆分成旋光异构体以及分子的不对称性等的发现, 导致有机化学结构理论的建立, 使人们对分子本质的认识更加深入, 并奠定了有机化学的基础。

19 世纪下半叶, 德国物理化学家奥斯特瓦尔德 (F. W. Ostwald, 1853~1932) 等把物理学思想和理论引入化学之后, 不仅阐明了化学平衡和反应速率的概念, 而且可以定量地判断化学反应中物质转化的方向和条件。相继建立了溶液理论、电离理论、电化学和化学动力学的理论基础。物理化学的诞生, 把化学从理论上提高到一个新的水平。

1.1.3 20 世纪的化学

化学是一门建立在实验基础上的学科, 实验与理论一直是化学研究中相互依赖、彼此促进的两个方面。进入 20 世纪以后, 由于受到自然科学其他学科发展的影响, 并广泛地应用了当代科学的理论、技术和方法, 化学在认识物质的组成、结构、合成和测试等方面都有了长足的进展, 而且在理论方面取得了许多重要成果。在无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四大分支学科的基础上产生了新的化学分支学科。

近代物理的理论和技术、数学方法及计算机技术在化学中的应用, 对现代化学的发展起了很大的推动作用。19 世纪末, 电子、X 射线和放射性的发现为化学在 20 世纪的重大进展创造了条件。

在结构化学方面, 电子的发现和核原子模型的确立, 不仅丰富和深化了对元素周期表的认识, 而且发展了分子理论。应用量子力学研究分子结构, 产生了量子化学。

从氢分子结构的研究开始, 逐步揭示了化学键的本质, 先后创立了价键理论、分子轨道理论和配位场理论。化学反应理论也随之深入到微观世界。应用 X 射线作为研究物质结构的新分析手段, 可以洞察物质的晶体化学结构。测定化学立体结构的衍射方法, 有 X 射线衍射、电子衍射和中子衍射等方法。其中以 X 射线衍射法的应用所积累的精密分子立体结构信息最多。

研究物质结构的谱学方法也由可见光谱、紫外光谱、红外光谱扩展到核磁共振谱、电子自旋共振谱、光电子能谱、射线共振光谱、穆斯堡尔谱等, 与计算机联用后, 积累了大量物质结构与

性能相关的资料,正由经验向理论发展。电子显微镜放大倍数不断提高,人们已可直接观察分子的结构(图 1-13)。

经典的元素学说由于放射性的发现而产生深刻的变革。从放射性衰变理论的创立、同位素的发现到人工核反应和核裂变的实现、氘的发现、中子和正电子及其他基本粒子的发现,不仅使人类对物质的认识深入到亚原子层次,而且创立了相应的实验方法和理论;不仅实现了古代炼丹家转变元素的思想,而且改变了人类的宇宙观。

作为 20 世纪的时代标志,人类开始掌握和使用核能(图 1-14)。放射化学和核化学等分支学科相继产生,并迅速发展;同位素地质学、同位素宇宙化学等交叉学科接踵诞生。元素周期表扩充了,并且正在探索超重元素以验证元素“稳定岛假说”。与现代宇宙学相依存的元素起源学说和与演化学说密切相关的核素年龄测定等工作,都在不断补充和更新元素的概念。

在化学反应理论方面,由于对分子结构和化学键认识的提高,经典的、统计的反应理论已进一步深化,在过渡态理论建立后,逐渐向微观的反应理论发展,用分子轨道理论研究微观的反应机理,并逐渐建立了分子轨道对称守恒定律和前线轨道理论。分子束、激光和等离子技术的应用,使得对不稳定化学物种的检测和研究成为现实,从而使化学动力学已有可能从经典的、统计的宏观动力学深入到单个分子或原子水平的微观反应动力学。

计算机技术的发展,使得在分子、电子结构和化学反应的量子化学计算、化学统计、化学模式识别,以及大规模技术处理和综合等方面,都得到较大的进展,有的已经逐步进入化学教育之中。关于催化作用的研究,已提出了各种模型和理论,从无机催化进入有机催化,开始从分子微观结构和尺寸的角度和生物物理有机化学的角度,来研究酶类的作用和酶类的结构与其功能的关系。

分析方法和技术是化学研究的基本手段。一方面,经典的成分和组成分析方法仍在不断改进,分析灵敏度从常量发展到微量、超微量、痕量;另一方面,新发展的许多分析方法,可深入进行结构分析,构象测定,同位素测定,各种活泼中间体如自由基、离子基、卡宾、氮宾、卡拜等的直接测定,以及对短寿命亚稳态分子的检测等。

合成各种物质是化学研究的目的之一。在无机合成方面,首先合成的是氨(图 1-15)。氨的合成不仅开创了无机合成工业,而且带动了催化化学,发展了化学热力学和反应动力学。后来相继合成的有红宝石、人造水晶、硼氢化合物、金刚石、半导体、超导材料和二茂铁等配位化合物。

在电子技术、核工业、航天技术等现代工业技术的推动下,各种超纯物质、新型化合物和特殊需要的材料的生产技术都得到了较大发展。稀有气体化合物合成的成功又向化学家提出了新的

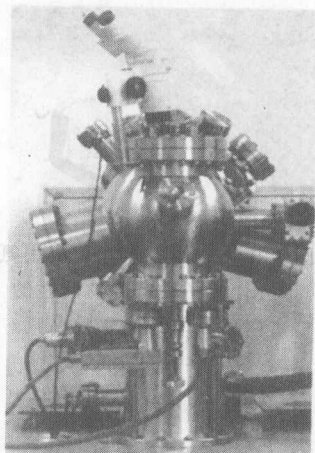


图 1-13 超真空扫描
隧道显微镜



图 1-14 核爆炸产生
的巨大能量

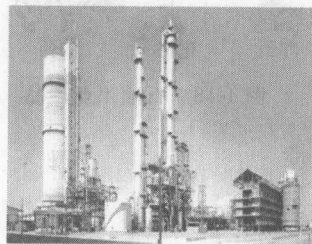


图 1-15 合成氨和尿素工厂



图 1-16 我国科学家首次用氨基酸合成了具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素

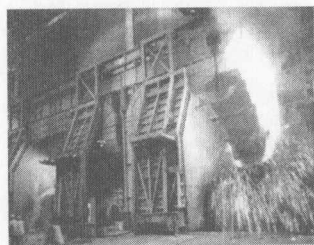


图 1-17 现代钢铁工业



图 1-18 石油工业产品

挑战,需要对ⅧA族元素的化学性质重新加以研究。无机化学在与有机化学、生物化学、物理化学等学科的相互渗透中产生了金属有机化学、生物无机化学、无机固体化学等新兴学科。

酚醛树脂的合成,开辟了高分子科学领域。20世纪30年代聚酰胺纤维的合成,使高分子的概念得到广泛的确认。后来,高分子的合成、结构和性能研究、应用三方面保持了互相配合和促进,使高分子化学得以迅速发展。各种高分子材料的合成和应用,为现代工农业、交通运输、医疗卫生、军事技术,以及人们衣食住行各方面,提供了多种性能优异而成本较低的重要材料,成为现代物质文明的重要标志。高分子工业已发展成为化学工业的重要支柱。

20世纪是有机合成的黄金时代。化学的分离手段和结构分析方法已经有了很大发展,许多天然有机化合物的结构问题纷纷获得圆满解决,还发现了许多新的重要的有机反应和专一性有机试剂,在此基础上,精细有机合成,特别是在不对称合成方面取得了很大进展。

一方面,合成了各种有特种结构和特种性能的有机化合物;另一方面,合成了从不稳定的自由基到有生物活性的蛋白质、核酸等生命基础物质(图1-16)。有机化学家还合成了有复杂结构的天然有机化合物和有特效的药物。这些成就对促进科学的发展起了巨大的作用;为合成有高度生物活性的物质,并与其他学科协同解决有生命物质的合成问题及解决前生命物质的化学问题等,提供了有利的条件。

化学以其自身的研究成果为其他学科如环境科学、材料科学、生命科学等的发展提供了理论依据和测试手段,化学与20世纪物质文明的突飞猛进紧密相连。当前一些重大的工业生产过程基本上都基于化学过程。从钢铁冶金、水泥陶瓷、酸碱肥料、塑料橡胶、合成纤维,一直到医药、农药、日用化妆品等都概莫能外(图1-17和图1-18)。与此同时,20世纪中各种战争都与化学密切相关,化学武器、炸药、推进剂、星球大战计划中的各种材料以及看似与战争无关的疟疾等都是化学家研究的重大课题。因此可以说化学在我们这个社会无处不在。

1.2 化学研究的主要内容

化学研究的主要内容包括基础理论、应用和实验三个部分。其中基础理论部分包括化学热力学、化学动力学和物质结构等;应用部分包括元素、化合物,以及化学与能源、材料、环境、生命和生活等;实验部分包括验证、合成、分析检测以及设计的实施(属于分子工程学的一部分)等。

实际上,这三个部分的内容不是孤立的。在讲化学基本原理时要结合具体事例,在讲应用化学时也要用理论来进行分析,在

进行化学实验时更离不开理论指导和应用化学的知识。

大学化学作为一门公共基础课,对各专业学生有着共同的基本内容和要求,上面提到的三部分都要学习。但由于专业不同,对化学的要求和学时也不尽相同,因此学习的内容也有所差别。

1.3 化学研究的目的

任何自然科学的最终目标都是要为人类造福,使人类生活得更美好,化学也不例外。从化学本身研究对象的特点出发,化学研究应该解决如下问题。

(1) 保证人类的生存:诸如在解决人类粮食、能源、合理使用自然资源以及保护环境所做出的努力和贡献。

(2) 提高人类的生活质量:诸如合成新的材料,以及物质的净化和纯化等。均使人类衣、食、住、行的条件有大幅度的改善和提高。

(3) 延长人类的寿命:诸如探明生命过程中的化学奥秘,合成新的药物等。

由于全世界人口的猛增,地球上为人类所利用的资源,包括土地在内都是有限的。为了生存的需要,人们必须在有限的土地上生产出更多的粮食和农产品。化肥、农药的研究正是为此而发展起来的。能源也是人类生存的必需要素之一,而自然界的石油、煤等矿物资源已日趋减少,如何合理而又综合地利用这些能源,正是化学家孜孜以求的目标。又例如原子核能利用的关键也在于化学制备和处理,而进入电器时代的人类更需要化学家能提供更多的高效化学电源。人类生活质量的高低在很大程度上取决于新材料的诞生。化学家研究成功的高分子塑料就使人们走进了塑料时代,新型建筑材料和装潢材料的问世又使人们的居住条件得到了改善。特种材料的研制成功又使人类走向宇宙,开创了宇航时代。人体中微量元素的作用正在被化学家一一探明,新的合成药物一批又一批地被研制成功,人类的寿命正在不断延长,而且还会有新的突破。随着工业的发展,人口的增多,人类赖以生存的环境也在受到愈来愈严重的污染,探明环境被污染的程度,制定保护环境的对策又是化学研究的重要内容。

总之,化学是一门使人类生活得更美好的学科。就人类的生活而言,衣、食、住、行无不密切地依赖化学。

1.4 化学反应的实际应用

我们日常生活中使用的许多东西都是由工业规模进行的化学反应生产出来的。它们是用来改善我们生活环境的钢铁产品;用铝、镁、铜制作的物品;玻璃、药物、肥料和许多化学品。下面我们来讨论从陆地、海洋和空气里存在的自然资源制备这些产物的化学方法。

化学工业应满足某些新的要求。它不仅要生产有用的化合物,而且还必须使没有被利用的原子以我们所希望的形式返回到经济活动中或大自然里去——即原子的最终再循环。在工业生产化学制品的流程里,不能浪费能量,而且污染必须最少。

1.4.1 金属及其制备

金属大多数是以化合物的形式存在于地壳中的,然而,某些较不活泼的金属如铜、银及金,也能找到游离的元素。幸而元素在地壳里的分布是不均匀的。为了从地壳中获得金属,就必须首先找到矿石。一些常见矿物列于表 1-2 中。

表 1-2 一些常见金属及其矿石

金属	分子式	矿石的名称
铝	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	铝矾土
铜	Cu_2S	辉铜矿
锌	ZnS ZnCO_3	闪锌矿 异铁矿
铁	Fe_2O_3 Fe_3O_4	赤铁矿 磁铁矿
锰	MnO_2	软铁矿
铬	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$	铬铁矿
钙	CaCO_3	石灰石
铅	PbS	方铅矿

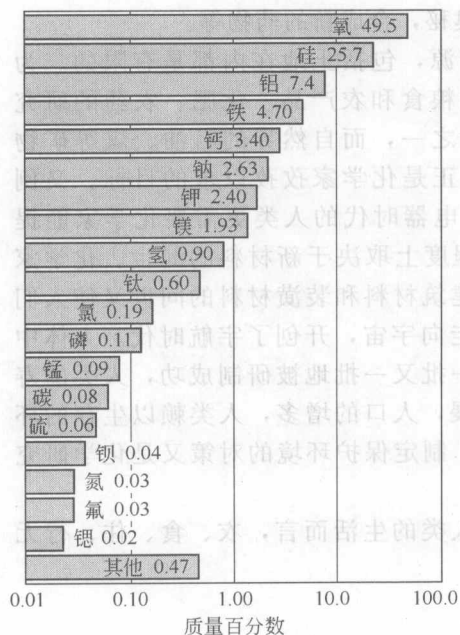


图 1-19 地壳中元素的丰度 (质量百分数)



图 1-20 玻璃建筑

一些地壳中并不特别丰富的元素我们也很熟悉，因为它们常生成很富集的局部矿床，并能很容易地由这种矿中提炼出来。例如铅、铜和锡，它们不是地壳中较丰富的元素 (图 1-19)。而其他一些实际上占地壳更大百分比的元素却几乎不被我们所知。这是由于很少发现它们矿石的富集矿床。钛就是一个例子，它是地壳中丰度排在第十位的元素。

从矿石制备金属涉及化学还原。氧化和还原的概念就是由冶金发展起来的。铁在铁矿石 (Fe_2O_3) 中是以 Fe^{3+} 的形式存在的，要想把 Fe^{3+} 还原成铁原子，就必须找到电子的来源。有时要提取的金属是以氧化态的形式存在于溶液里的 (如镁在海水中以 Mg^{2+} 的形式存在)。要得到游离的金属镁，就必须用化学的方法使其还原。

1.4.2 玻璃

二氧化硅 (SiO_2) 在自然界里主要以砂的形式存在，或者比较少地以相当大的晶体 (石英) 存在。它的熔点达 1710°C ，如果把熔化的石英很快冷却就得到玻璃 (图 1-20)。结晶石英由一个硅原子和四个氧原子以四面体成键，这种硅氧键扩展到整个晶体。当二氧化硅熔化时，有些键断裂了，因而硅氧四面体单体彼此能相对移动，当液体冷却时要形成原来的固体却需要重新组织，而由于基团在运动中遇到的困难，这种重新组织是难以达到的。因而在冷却时这种极黏的液体结构就部分地保留下来，从而呈现出玻璃的特征。玻璃是一种表观上的固体物质，而在结构特征上带有液体的某些无序性。这种无序结构说明了玻璃的一种典型性质：它不规则状破裂，而不是像晶体那样沿着一个晶面裂开。

加入金属氧化物到二氧化硅中，能够使混合物的熔点由 1710°C 降低到大约 700°C 。最常添加的氧化物是氧化钠 (以 Na_2CO_3 纯碱的形式加入) 和氧化钙 (以 CaCO_3 形式加入)。金属离子和原来牢固地键合于某个硅原子上的氧原子生成无方向性的离子键。因此，所谓钠-钙玻璃比起纯的 SiO_2 来就具有较低的熔点和黏度，并更易于生产和制作。

钠-钙玻璃只有在配料纯度方面仔细加以控制时才是无色透明的；如存在过多的氧化铁，玻璃就是绿色的；其他的氧化物能产生别的颜色，如表 1-3 所列。