

化 学 与 社 会

唐有祺 王 夔 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是为全国文管类专业编写的化学教材。本书以化学知识为主线,以社会广泛关注的有关问题为视点,阐述了化学与社会发展的关系。内容包括化学的继往开来、化学键、元素周期律与原子结构、能源及其开发和利用、环境污染及环境保护、化学与生命现象、营养与健康、材料科学,以及化学学科发展中的哲学思想等。通过本书的学习,文管类专业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概括了解,从而达到开拓视野、提高科学素养的目的。

本书不仅可作为文科各专业化学教材,而且还可作为社会各界人士了解有关化学与社会发展关系的参考书。

序

国家之现代化和社会之进步有赖于同时建设物质文明和精神文明，落实到大学课程设置上，文科和理科当有适当交叉。文科和理科可分别设置若干科学和文史课程。有鉴于斯，遂有为文科专业建设化学选修课教材之议。

化学为总管物质在分子层次上变化之学科，人类之衣、食、住、行、用无不仰给于化学所掌管之成百化学元素及其所组成之万千化合物和无数制剂、材料。化学具有实验和理论并重之传统，强于实验不言而喻，而其发展亦受惠于突出之理论思维，从元素论、原子-分子论到元素周期律和结构理论及其层出不穷之发展都已成为自然科学在学科发展中运用科学之抽象和科学假设之范例。在自然科学中，化学和物理俨然为共管物质及其运动之核心学科，遂有自然科学之轴心之称。综上所述，化学之所以被选为文科学子窥视自然科学全豹之窗口，其依据当可不难了然。

唐有祺

1997年1月于北京大学燕东园

编写说明

现代科学技术和社会的关系,已经远远超过生活和生产的范围,国家和地方的某些法律和法令以及某些政策和法规的制定,都具有明显的科技背景,因此文理渗透已成不争的事实。研究文史、政法、财经等类专业学生的科学素养教育计划,编写切合他们需要的实用教材已是当务之急。

国家教委高教司和高等教育出版社于1994年初曾召开过“关于为高等学校文科、财经、政法类专业学生开设化学选修课的教学和教材建设”的研论会。会议由北京大学唐有祺教授和北京医科大学王夔教授主持。会后由他们指导调查研究和教材编写,高等教育出版社并将此作为教材研究项目列入了出版计划。

本书取名“化学与社会”,意在使学生透过作为科学之窗口的化学了解自然科学在社会进步和科技发展中的作用和地位;了解化学科学在发展过程中与其他学科相互交叉渗透的特点;了解化学具有实验和理论并重的传统等等。学生可以通过化学事例认识自然科学与社会科学的相互联系,提高科学文化素养。为此,本书系以当今社会最为关注的环境、能源、材料和生命等问题为经线,以化学基本概念为纬线,而进行选材和编写成的。突出社会广泛关注的问题,有利于提高学生的社会责任感,有利于加深学生对科学技术是第一生产力的理解。同时力求保持化学知识本身的系统性,力求由浅入深和循序渐进,使学生的化学基础知识有所充实和提高。

本书以现行高中必修的化学和物理知识为基础,对若干重要的基本概念(如原子结构、周期律、化学键、化学计量、烃及其衍生

物等)作必要的复习和适当的提高。有些内容单独设节,有的则安排为阅读材料或注解。有些扩展性的内容用小字排印,供学生选读。各章都介绍一些课外阅读资料,全书有一些推荐参考书目,可供学生参考。总之,教材内容的安排具有较大的弹性,可以按不同的教学要求适当取舍。

本书由唐有祺、王夔主编。全书共12章,大致可以分为5个部分。其中第1,2,3章为能源篇,由张泽莹、华彤文执笔,王彦佳为能源问题提供参考资料和部分初稿;第4,5章为环境篇,由袁婉清执笔;第6,7,8章为材料篇,由施开良执笔;第9,10章为生命篇,由袁婉清执笔;第11,12章为科学方法和回顾展望,分别由廖正衡和张泽莹执笔。宋心琦曾多次参加编写研讨工作会议,并审阅全文和提出修改意见。华彤文对全文作了必要的协调、修改。

编写大纲和内容取舍虽经反复研究、讨论和修改,但由于缺乏教学实践,书中还存在不少缺点和错误,欢迎担任这门课的教师和选修这门课的学生都参与进来,使它日趋完善,成为一本具有特色的教材。

刘啸天作为责任编辑为本书的出版付出了辛勤劳动,李维平为本书描绘了附图,王喆为本书作了封面设计,在此一并表示衷心感谢。

编 者

1996.12

目 录

绪论	(1)
1. 化学在社会发展中的作用和地位	(1)
2. 化学学科的分支	(3)
3. 化学变化的特征	(5)
复习题	(9)
第1章 原子结构和元素周期律	(11)
1.1 人类对原子的认识	(11)
1.2 核外电子的运动状态	(14)
1.3 元素周期律	(22)
复习题	(33)
第2章 能源	(35)
2.1 能源的分类和能量的转化	(38)
2.2 碳的化学	(41)
2.3 煤炭及其综合利用	(50)
2.4 石油和天然气	(56)
2.5 催化作用	(65)
2.6 核能(原子能)	(67)
2.7 化学电源	(77)
2.8 节能和新能源的开发	(85)
复习题	(90)
第3章 化学键	(92)
3.1 离子键和离子化合物	(92)

3.2 共价键和共价化合物	(95)
3.3 共价键的键能	(104)
3.4 配位键和配位化合物	(108)
3.5 金属键	(110)
3.6 分子间作用力和氢键	(111)
复习题	(113)
第4章 环境与环境污染	(116)
4.1 环境与生态平衡	(117)
4.2 自然环境中化学物质的循环	(120)
4.3 大气污染	(127)
4.4 水体污染	(137)
4.5 食品污染	(148)
4.6 固体废弃物对环境的污染	(152)
复习题	(154)
第5章 化学与环境保护	(155)
5.1 环境质量评价的一般要求	(156)
5.2 环境质量监测的主要手段	(158)
5.3 三废处理	(160)
5.4 绿色工艺的设计	(171)
复习题	(174)
第6章 晶体结构与晶体材料	(175)
6.1 晶体的结构特点	(175)
6.2 晶体的基本性质	(177)
6.3 晶体的对称性与晶系	(178)
6.4 晶体材料	(180)
6.5 晶体缺陷	(183)
复习题	(185)
第7章 无机材料	(186)
7.1 材料科学发展概况	(186)
7.2 金属材料	(191)
7.3 无机非金属材料	(207)

复习题	(217)
第 8 章 合成高分子材料	(219)
8.1 高分子的结构和特性	(219)
8.2 合成高分子材料	(229)
8.3 新型高分子材料	(235)
8.4 复合材料	(237)
复习题	(241)
第 9 章 生命现象与化学	(242)
9.1 生命体中的重要有机化合物	(243)
9.2 基因、遗传信息	(262)
9.3 生物膜	(263)
9.4 氧自由基与人体健康	(266)
9.5 药物设计	(268)
复习题	(270)
第 10 章 营养与化学元素	(271)
10.1 生物体中的化学元素的分类和主要功能	(273)
10.2 营养与健康	(282)
10.3 树立平衡营养观念	(291)
复习题	(296)
第 11 章 化学与哲学	(297)
11.1 化学组成	(297)
11.2 化学结构	(301)
11.3 化学反应	(305)
复习题	(316)
第 12 章 化学的继往开来	(317)
复习题	(330)
附录 1 元素基态电子构型	(331)
附录 2 我国生活饮用水水质标准	(333)
附录 3 我国大气环境质量标准	(334)
附录 4 海水、古代和现代人体中的一些痕量元素	(334)
附录 5 人体中的微量元素	(336)

附录 6 我国人民每日膳食中某些营养素的推荐量	(338)
参考资料	(339)
元素周期表	

绪 论

只要仔细观察一下周围的世界,就会发现万物都在变化之中。例如岩石风化、铁器生锈、大气污染、水质下降等等都是大家熟悉的物质变化;庄稼的春种秋收,人的生老病死更是复杂的生命变化。变化是世界上无所不在的现象。按物质变化的特点,大致可以分为两种类型,其中一类变化不产生新物质,只是改变了物质的状态。例如水的结冰,液态的水变成了固态的冰;再如碘的升华,固态的碘变为碘蒸气,这类变化称为**物理变化**。另一类变化表现为一些物质转化为性质不同的另一些物质,例如煤的燃烧,碳转变为二氧化碳气体;再如金属锈蚀和某些食物腐败等,这类变化称为**化学变化**。在化学变化过程中,物质的组成和结合方式都发生了改变,生成了新的物质,表现出与原物质完全不同的物理性质和化学性质。化学是一门在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。简而言之,化学是以研究物质的化学变化为主的科学。

1. 化学在社会发展中的作用和地位

人类生活的各个方面,社会发展的各种需要都与化学息息相关。

首先从我们的**衣、食、住、行**来看,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。要装满粮袋子,丰富菜篮子,关键之一是发展化肥和农药的生产。加工

制造色香味俱佳的食物,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。可见我们的衣、食、住、行无不与化学有关,人人都需要用化学制品,可以说我们生活在化学世界里。

再从社会发展来看,化学对于实现农业、工业、国防和科学技术现代化具有重要的作用。农业要大幅度的增产,农、林、牧、副、渔各业要全面发展,在很大程度上依赖于化学科学的成就。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,并形成煤化学、石油化学等专门领域。导弹的生产、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。

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——环境的保护、能源的开发利用、功能材料的研制、生命过程奥秘的探索——都与化学密切相关。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。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,寻找净化环境的方法和对污染情况的监测,都是现今化学工作者的重要任务。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做出了重大贡献,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边缘科学,它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。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做出化学的说明则是化学家的优势。

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。它是一门重要的基础科学,它在整个自然科学中的关系和地位,正如[美]Pimentel G C在《化学中的机会——今天和明天》一书中指出的“化学是一门中心科学,它与社会发展各方面的需要都有密切关系。”它不仅是化学工作者的专业知识,也是广大人民科学知识的组成部分,化学教育的普及是社会发展的需要,是提高公民文化素质的需要。

2. 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,在上世纪交替之际,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。

分析化学分支形成最早,自19世纪初,原子量^①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

① 国际单位制(SI)中,原子量称为相对原子质量。

现,都有很重要的作用。1841 年 Berzelius J J 的《化学教程》,1846 年 Fresenius C R 的《定量分析教程》和 1855 年 Mohr E 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、核磁共振法等等则是近代的仪器分析方法,这些方法可以快速灵敏地进行检测。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。

无机化学的形成常以 1870 年前后 Mendeleev D I 和 Meyer J L 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丰富和发展周期律,周期律的发现是科学史上的一个勋业。

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 Kekulé F A 提出碳的四价概念及 1874 年 van't Hoff 和 Lebel 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。有机化学是最大的化学分支学科,它以碳氢化合物及其衍生物为研究对象,也可以说有机化学就是“碳的化学”。医药、农药、染料、化妆品等等无不与有机化学有关。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、压力和有机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、人造纤维、人造橡胶等,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,预计到本世纪末,其总产量会大大超过各种金属总产量之和。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。现在往往已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,有力地加强了人材培养,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,它是化学学科的理论核心。1887年 Ostwald W 和 van't Hoff J H 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($1\text{fs}=10^{-15}\text{s}$),这和原子世界里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变得可以摸得着,看得见的实物,微观世界的原子和分子不再那么神秘莫测了。

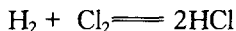
在研究各类物质的性质和变化规律的过程中,化学逐渐发展成为若干分支学科,但在探索和处理具体课题时,这些分支学科又相互联系、相互渗透。无机物或有机物的合成总是研究(或生产)的起点,在进行过程中必定要靠分析化学的测定结果来指示合成工作中原料、中间体、产物的组成和结构,这一切当然都离不开物理化学的理论指导。

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、星际化学等等。在 21 世纪即将来临之际,社会需要化学科学做什么?化学工作者能为社会做哪些贡献?这是世人关心的话题之一。

3. 化学变化的特征

化学变化也叫化学反应,参与化学反应的反应物性质和状态可以千差万别,控制化学反应的外界条件(如温度、压力等)也可以是各种各样,但所有的化学反应都具有以下两个特点:

(1) 化学反应遵守质量守恒定律 化学变化是反应物的原子,通过旧化学键破坏和新化学键形成而重新组合的过程。以氢气在氯气中燃烧生成氯化氢气体的反应为例,在燃烧过程中氢分子的 H—H 键和氯分子的 Cl—Cl 键断裂,氢原子和氯原子通过形成新的 H—Cl 键而重新组合生成氯化氢分子。在化学反应过程中,原子核不发生变化,电子总数也不改变,因此,在化学反应前后,反应体系中物质的总质量不会改变,即遵守质量守恒定律。这条定律是组成化学反应方程式和进行化学计算时的依据。上面讲到的氢气在氯气中的燃烧反应,可用下列方程式表示:



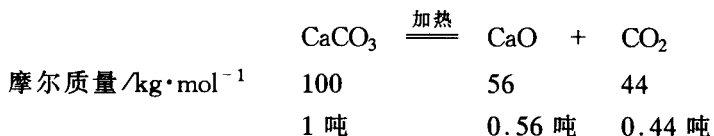
在日常生活中物质的质量单位通常采用千克(kg)或克(g)表示。由于化学中所涉及的原子、分子等微粒,质量大都在 10^{-26}kg 数量级,即使是蛋白质、核酸等大分子,一个分子的质量也大都在 10^{-20}kg 以下,目前还不能直接进行称量。为此,在化学中采用大量微粒的集合体为基本量的方法来解决这个问题,“物质的量”就是化学中常用的一个这类的物理量。国际单位制(SI)中规定物质的量的基本单位为摩尔,其符号为 mol,它的定义是:摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的微粒数目与 12 g 碳($^{12}_6\text{C}$)的原子数目相等,则这个系统物质的量为 1 摩尔(1mol)。根据实验测定 12 g 碳中含有原子数目是 6.022×10^{23} 个,这个数称为阿伏加德罗常数(N_A)。

摩尔(mol)是物质的量的单位,而不是质量单位。物质的量、物质的质量与摩尔质量之间的关系可用下式表示:

$$\frac{\text{物质的质量}}{\text{摩尔质量}} = \text{物质的量}$$

摩尔这个单位的应用为化学计算带来了很大方便。化学反应方程式中,反应物和生成物之间质量关系比较复杂,而从摩尔单位看则很简单。例如通过下列化学反应方程式和有关化合物的摩尔质量

就很容易看到 1 吨碳酸钙在完全分解时应得到 0.56 吨氧化钙和 0.44 吨二氧化碳：



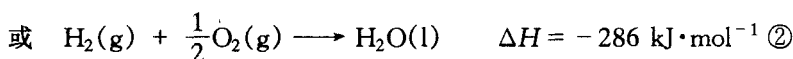
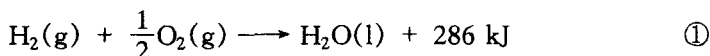
在生产和科学实验中经常用这类方法计算原料配比和理论产量。有不少化学反应是在溶液中进行的,要定量计算反应物和生成物之间的质量关系,就必须了解溶液及溶液浓度的表示法。一种物质以分子或离子状态分散于另一种物质中所构成的均匀而稳定的体系叫溶液。把蔗糖放入水中,固态的糖粒消失形成糖水溶液。(通常把蔗糖称为溶质,水称为溶剂)。溶液是一种混合物,在溶液中溶质和溶剂的相对含量可以在一定范围内变化,为了定量地描述溶液中各组分的相对含量,采用了一些表示浓度的方法,常用的浓度表示方法是物质的量浓度,即:单位体积溶液中所含溶质的物质的量,其单位是 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

$$\text{浓度} = \frac{\text{溶质的物质的量}}{\text{溶液的体积}}$$

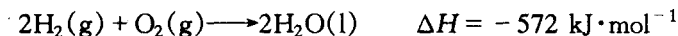
利用化学反应方程式: $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 可以计算出完全中和 20 mL 浓度为 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液需要浓度为 $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液 10.0 mL。上述计量关系,若用质量单位进行计算,就显得麻烦了。凡涉及溶液的计量问题,都要用浓度进行计算。

(2) 化学变化都伴随着**能量变化** 在化学反应中,拆散化学键需要吸收能量,形成化学键则放出能量,由于各种化学键的键能不同,所以当化学键改组时,必然伴随有能量变化。在化学反应中,如果放出的能量大于吸收的能量,则此反应为**放热反应**,反之则为**吸热反应**。我们以下列方式表示化学反应的能量变化,也叫

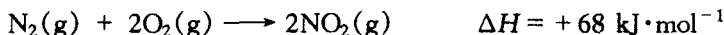
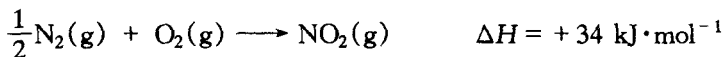
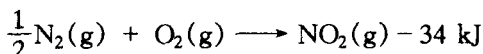
热化学方程式。例如：



式中(g)和(l)分别代表物质处于气态和液态,若是固态,则用(s)代表。第①式在右边写 + 286 kJ,表示在生成 1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 时有 286 kJ 热产生,这是放热反应。这种写法直观,容易理解,中学化学课本就是这样的写法。但化学专业书刊中都按第②式书写,因为化学反应方程式的着眼点是质量守恒,把原子结合的变化和热量变化用加号连在一起欠妥,此外在化学热力学问题中对一个化学反应而言还有熵变(ΔS)、自由焓变(ΔG)等需要注明,而 ΔH 的数值又随温度压力的不同而不同,因此用第②式表示为宜。请注意,这两式的 +、- 号恰相反, ΔH 代表生成物的 H 值与反应物的 H 值之差, ΔH 为负值,即生成物的 H 值小于反应物,那末体系就是放热;反之 ΔH 为正值,表示生成物的 H 值大于反应物,所以体系要吸热。还有 ΔH 的单位不是 kJ,而是 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,在此 mol^{-1} 是代表“每摩尔这样的反应”而不是指每摩尔 H_2O 或每摩尔 H_2 或每摩尔 O_2 ,所以若有 2 mol H_2 和 1 mol O_2 起反应,其 ΔH 值则为 $-572 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$:



类似情况,下列三式都表示 N_2 和 O_2 起反应所伴随的热量变化。



化学反应是否能进行? 进行的程度和速率如何? 选择什么温度和压力最为适宜? 这些问题都与该反应的热效应有关。工农业