



高 等 学 校 教 材

大学化学教程

第 二 版

古国榜 主编

华南理工大学无机化学教研室 编



化学工业出版社

教材出版中心

高等学校教材

大学化学教程

第二版

古国榜 主编

华南理工大学无机化学教研室 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

大学化学教程/古国榜主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2004

高等学校教材

ISBN 7-5025-5595-1

I. 人… II. 古… III. 化学-高等学校-教材
IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 044256 号

高等学校教材

大学化学教程

第二版

古国榜 主编

华南理工大学无机化学教研室 编

责任编辑: 梁虹 陈有华

文字编辑: 宋林青

责任校对: 顾淑云 宋玮

封面设计: 蒋艳君

*

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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市海波装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{1}{4}$ 插页 1 字数 262 千字

2004 年 7 月第 2 版 2004 年 7 月北京第 6 次印刷

ISBN 7-5025-5595-1/G·1455

定 价: 18.00 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

第一版前言

本书是为高等工业学校非化工类专业编写的大学化学教材。非化工类的工科专业有无必要开设化学课程，是几十年来工科教育界反复议论而未解决的问题。联合国教科文组织在 1988 年底提出的国际合作研究新项目中指出：数学、物理、化学、生物是一切学科的基础，也是进行科学、工程、医学、农业和科技专业教育的基础。因此，既然化学与数学、物理、生物一样，也是一切学科和专业教育的基础，那么开设化学课程就很有必要了。

工科非化工类开设大学化学（前称普通化学）课程的教学目的，旨在使学生掌握现代化学的基本知识和理论，了解化学在社会发展和科技进步中的作用，了解化学在其发展过程中与其他学科相互渗透的特色，培养学生用现代化学的观点去观察和分析工程技术上可能遇到的化学问题，并能和化学工作者一起解决之。为今后继续学习和工作打下必要的化学基础，也是培养跨世纪建设人才所必备的现代化学素养，1996 年，我们针对大学化学的教学目的和特点，结合我校教学学时少（理论课 32 学时，实验课 16 学时）的情况，编写了《大学化学》讲义，供我校非化工类工科各专业试用了 3 年。本书就是在此讲义基础上，结合试用情况和各位教师提出的宝贵意见修改而成的。

本教程以现行高中化学和物理教学大纲为起点，以现代化学的基本知识和原理为基础，渗透与化学密切相关而又被社会特别关注的环境、能源、材料和生命等学科的交叉内容。

本书编写时特别注意以下几点：

- (1) 力图使本教程成为工程技术教育的基础；

(2) 为便于教学和使用本教程,在编写格局上,以近代物质结构和化学原理为基础模块,作为必讲内容;以环境、能源、材料和生命为化学应用方面的模块,供各专业选讲或专题讲座时参考;

(3) 在介绍化学原理、环境、能源、材料和生命等内容时,重视科技新内容、新发展、追踪学科前沿,以开阔视野;

(4) 元素周期表中元素的分族,本书采用了1988年IUPAC建议的18族分类,另外,把常见周期表中的镧系元素(57号镧→71号镱)中的镱、锕系元素(89号锕→103号铹)中的铹,定位在第3族(ⅢB),不再属于镧系、锕系元素之内。

本书由古国榜担任主编。各章执笔人分别是李莹莹(第1、2章),魏小兰(第3、7章),于书平(第4章的氧化还原部分和第6章),谷云骊(第8、10章),刘雪英(第9章),古国榜(绪论、第4、5章)。全书承蒙中国武警技术学院马泰儒教授详细审阅并提出许多宝贵的修改意见,在编写过程中曾得到华南理工大学教务处的支持和林养素教授的关心和指点,化学工业出版社为本书的编辑出版做了大量的工作,在此谨向他们表示衷心的感谢。

此外,本书编写时曾参考了兄弟院校的教材和公开出版的书刊中的有关内容,在此也向有关的作者和出版社表示深切的谢意。

限于编者水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请同行和读者批评指正。

编者

于广州华南理工大学

1998年8月

第二版前言

本书自1999年出版以来,在高等学校非化学、化工类专业的化学教学中使用较广,2000年被中国石油和化学工业协会(原化学工业部)评为优秀教材二等奖。为适应21世纪初高等教育改革的需要、教材使用更新的原则和五年来我校使用的体会,我们进行了修订。这次修订保留了第一版的编写系统和格局,部分更新了一些内容(主要在化学应用模块上),取材新颖、力图体现目前科技发展的新成果。修订的教材与第一版相比,变动较大的地方有:

(1) 删去了配合物中配位键的形成和分子构型等有关内容;

(2) 对化学与环境保护部分内容作了调整,新增加了土壤与地下水的污染及其修复的内容;

(3) 化学与能源内容上作较简明叙述,新增加了天然气水合物、生物质能等内容;

(4) 未来21世纪化学展望更名为化学研究的新领域。选择介绍了化学发展与材料、环境、生命较为密切的超分子、纳米化学、组合化学和绿色化学的关系。

本书是世界银行贷款21世纪初高等教育教学改革项目——工科化学系列课程新体系的实践完善与推广和华南理工大学教学改革基金项目——大学化学课程改革研究成果之一。

本书根据我校使用情况,理论讲课32学时,其中1~4章的学时18~20。其余学时用于化学应用模块,按专业基础需求可以精选或适当扩展,有所侧重。

本书修订前,曾向我校任课教师、各院系有关专业教师与学生进行了较广泛的问卷调查。反馈的信息对这次修订特别是在内容取

舍上有较大的参考，在此表示感谢；在修订过程中也参考了国内外一些教材、公开出版的书刊和网页上的有关内容，在此向有关作者和出版社表示深切的感谢。

本书由古国榜担任主编，负责全书的审定和统稿。各部分修订的执笔人分别是古国榜（绪论）、李朴（第1章、第2章）、魏小兰（第3章、第7章）、徐立宏（第4章、第8章）、易筱筠（第5章）、柳松（第6章）、刘海洋（第9章、第10章）。

化学工业出版社为本书的编辑出版做了大量的工作，在此谨表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请同行和读者批评指正。

编者

于广州华南理工大学

2004年2月

内 容 提 要

本书第一版于1999年出版，2000年被中国石油和化学工业协会（原化学工业部）评为优秀教材二等奖。本书在原教材基本框架保持不变的基础上，增加了当今科技发展中前沿性的知识；对部分内容进行适当的调整和更新，充分体现教材的先进性和针对性。

本书以现代化学的基本知识和原理为基础，渗透与化学密切相关而又被社会关注的环境保护、能源、材料和生命等学科的交叉内容，取材新颖。

本书为高等工科院校非化工类各专业的化学教材，也可供文、管类专业学生学习与参考。

目 录

绪论	1
1 原子结构与元素周期系	4
1.1 人类对原子结构的认识过程	4
1.1.1 经典核原子模型	4
1.1.2 氢原子结构的玻尔理论	5
1.2 核外电子运动的波粒二象性	6
1.3 核外电子运动状态的近代描述	7
1.3.1 原子轨道	7
1.3.2 电子云	11
1.3.3 四个量子数	12
1.4 各种元素的原子核外电子排布	14
1.4.1 核外电子排布的原理	14
1.4.2 周期系中各元素原子的电子层结构	17
1.4.3 原子电子层结构与元素周期表的关系	22
1.5 原子结构与元素性质的关系	26
1.5.1 电离能	26
1.5.2 电子亲和能	28
1.5.3 电负性	29
1.5.4 氧化态	30
思考题	32
习题	32
2 分子结构	34
2.1 共价键的价键理论	34
2.1.1 共价键的形成	34
2.1.2 σ 键和 π 键	36
2.1.3 配位键	38

2.1.4	键参数	38
2.2	杂化轨道和分子的几何构型	41
2.2.1	s-p 杂化的类型	43
2.2.2	等性杂化与不等性杂化	45
2.3	分子间的作用力	48
2.3.1	分子的极性和偶极矩	48
2.3.2	范德华力	49
2.4	氢键	52
	思考题	54
	习题	55
3	晶体结构	56
3.1	晶体的宏观性质	56
3.2	晶体的微观结构	58
3.3	晶体的基本类型	61
3.3.1	金属晶体	61
3.3.2	离子晶体	63
3.3.3	原子晶体	64
3.3.4	分子晶体	64
3.3.5	混合晶体 (层状和链状晶体)	65
3.4	液晶	66
3.5	晶体的缺陷	68
3.5.1	结构缺陷	68
3.5.2	化学缺陷	68
	思考题	69
	习题	69
4	化学反应的基本原理	70
4.1	化学反应进度	70
4.2	化学反应能量守恒定律	72
4.2.1	系统、环境和相的概念	72
4.2.2	状态函数和热力学能	73
4.2.3	化学反应中能量守恒定律的表达式	73
4.3	焓与反应焓变	74

4.3.1	焓的定义	74
4.3.2	标准摩尔反应焓变	74
4.3.3	标准摩尔生成焓	75
4.3.4	利用标准摩尔生成焓计算标准摩尔反应焓变	76
4.4	化学反应速率	77
4.4.1	化学反应速率的概念	77
4.4.2	反应速率方程	78
4.4.3	温度对反应速率的影响	80
4.4.4	活化能	81
4.4.5	催化剂对化学反应速率的影响	83
4.4.6	影响多相反应速率的因素	84
4.5	化学平衡与反应的耦合	84
4.5.1	化学平衡	84
4.5.2	化学平衡常数	85
4.5.3	多重平衡规则——平衡常数组合	89
4.5.4	化学平衡的移动	90
4.5.5	反应的耦合	91
4.6	水溶液中的几种平衡	93
4.6.1	水的离解平衡和溶液的酸碱性	93
4.6.2	弱酸、弱碱的离解平衡	94
4.6.3	缓冲溶液	96
4.6.4	难溶电解质的溶解平衡	98
4.6.5	配位平衡	101
4.6.6	氧化还原反应	106
	思考题	116
	习题	117
5	化学与环境保护	120
5.1	人类生存的环境与环境问题	120
5.1.1	人类生存的环境	120
5.1.2	当今人类面临的主要环境问题	122
5.2	大气污染与防治	124
5.2.1	中国大气环境质量标准	124
5.2.2	典型的大气污染	126

5.2.3	大气污染防治	131
5.3	水污染及其控制	137
5.3.1	水的污染物	138
5.3.2	水质监控标准	139
5.3.3	水污染的防治	141
5.4	土壤与地下水的污染及其修复	145
5.4.1	土壤环境质量标准	146
5.4.2	土壤与地下水的修复	147
5.5	环境质量的评价及监测	155
5.5.1	环境质量的评价	155
5.5.2	环境监测	156
	思考题	157
	习题	157
6	化学与能源	159
6.1	能源的分类	159
6.2	化石燃料	160
6.2.1	石油	161
6.2.2	煤	163
6.2.3	油页岩	165
6.2.4	天然气	165
6.2.5	天然气水合物	166
6.3	核能	167
6.3.1	核裂变反应与核电站	167
6.3.2	核聚变与氢	170
6.4	化学电源	171
6.4.1	原电池	172
6.4.2	蓄电池	174
6.4.3	燃料电池	177
6.5	太阳能	179
6.5.1	光-热转换	179
6.5.2	光-电转换	179
6.5.3	光能-化学能转换	180
6.6	生物质能	180

6.7 氢能	182
6.7.1 氢的制取	182
6.7.2 氢的储存与运输	183
6.7.3 氢能的用途	184
思考题	185
习题	185
7 无机材料	186
7.1 材料的概述	186
7.1.1 材料的概念及其发展	186
7.1.2 材料的分类	188
7.2 金属材料	191
7.2.1 钢铁	191
7.2.2 钢铁的腐蚀和防腐	193
7.2.3 特种合金	196
7.3 陶瓷材料	201
7.3.1 传统陶瓷	201
7.3.2 新型结构陶瓷	202
7.4 无机功能材料	206
7.4.1 光电子信息材料	206
7.4.2 新能源材料	209
7.4.3 医用生物材料	211
7.4.4 智能材料	213
7.5 纳米材料	215
7.6 粉末冶金法——新材料的制备技术之一	217
思考题	218
习题	218
8 有机高分子材料	219
8.1 高分子化合物的基本概念	219
8.1.1 高分子化合物	219
8.1.2 加聚反应和缩聚反应	220
8.2 高聚物的结构与性能	222
8.2.1 结构特点	222

8.2.2	柔顺性	223
8.2.3	热性能	224
8.2.4	弹性和塑性	226
8.2.5	机械性能	227
8.2.6	绝缘性	227
8.2.7	化学稳定性	227
8.3	合成高分子材料——塑料、纤维、橡胶	228
8.3.1	塑料	229
8.3.2	合成纤维	230
8.3.3	合成橡胶	231
8.4	功能高分子材料	233
8.4.1	光敏性高分子	233
8.4.2	离子交换树脂	234
8.4.3	氧化还原高分子	235
8.4.4	导电高分子	235
8.5	复合材料	236
8.5.1	玻璃纤维增强塑料	237
8.5.2	碳纤维增强塑料	238
	思考题	239
	习题	239
9	化学与生命	240
9.1	生命体中重要的有机化合物	240
9.1.1	糖类	240
9.1.2	蛋白质和氨基酸	243
9.1.3	酶	248
9.2	DNA 和遗传	249
9.2.1	核酸	250
9.2.2	DNA 的结构	251
9.2.3	生物体的遗传	251
9.2.4	人类基因组计划和基因工程	255
9.3	食品与健康	256
9.3.1	糖类	257
9.3.2	蛋白质	258

9.3.3 脂肪	259
9.3.4 维生素	261
9.3.5 无机盐	264
9.3.6 水	267
9.3.7 绿色食品与转基因食品	269
9.4 药物与健康	270
9.4.1 药物的一般概念	270
9.4.2 常用药物举例	271
9.4.3 “对症下药”与基因药物	276
思考题	277
习题	277
10 化学研究的新领域	278
10.1 超分子化学	279
10.1.1 信息和信息传输	280
10.1.2 分子识别和位点识别	280
10.1.3 自组装和自组织	282
10.1.4 分子、超分子器件	282
10.2 纳米化学	284
10.3 组合化学	287
10.4 绿色化学	291
思考题	295
习题	295
附录	296
附录 I 有关计量单位	296
附录 II 某些物质的标准生成焓 (25℃)	299
附录 III 一些弱电解质的解离常数 (25℃)	301
附录 IV 溶度积常数 (25℃)	302
附录 V 一些配离子的不稳定常数 (25℃)	304
附录 VI 标准电极电势 (25℃)	305
主要参考文献	311

绪 论

世界是物质的，物质是运动的。时间和空间是物质存在的形式，哪里有时间、空间，哪里便有物质。从以光年为计算单位的庞大星系到地球上的宏观物体，再到肉眼看不到的分子、原子、电子等，都以其各自不同的运动形式存在着。人类本身也是物质运动、演化的产物。在生存与发展的过程中，人类不断地认识自然界，建立和发展了自然科学。各门科学在不同的物质层次、不同的范围内研究物质和物质的运动。化学科学是在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、制备、性能及其变化规律的科学。随着科学技术和生产的日益发展，化学的作用越来越重要。联合国教科文组织在1988年提出的国际合作研究新项目中指出：数学、物理、化学、生物是一切学科的基础，也是进行科学、工程、医学、农业、工业和科技专业教育的基础。

20世纪70年代以来，在人类面临的能源、粮食、环境、人口与资源的五大问题中，诸如天然能源的有效利用、新能源的开发、环境保护、肥料、农药、人口的控制、资源的合理开发和利用、人们的衣食住行都离不开化学科学。由于各学科之间的互相渗透日益增强，化学已经渗透到每个工程技术领域。材料、能源、信息是现代文明社会的三大支柱，而材料又是能源和信息工业技术的物质基础。例如，信息工程中信息采集、处理和执行都需要各种各样的功能材料，而功能材料又需依靠化学提供材料。可以肯定，现代工程技术上所面临的课题，需要的化学知识越来越多。

化学在满足人民生活要求、促进社会文明上功不可没。但许许

多多化学工厂的建立也导致了环境污染问题。正是人类自己一手创造物质文明，另一手又把废物抛向自然，破坏了生态环境，给人类的生存带来了威胁。为消除环境污染，除了提高全民的环境保护意识外，更主要的是要改变产品结构和改革工艺流程。例如，研究无污染的高能燃料以取代汽油、煤，便可以从根本上摆脱日益严重的矿物燃料燃烧时生产的污染。为消除农药和杀虫剂的负面作用，化学家正在研制无公害的农药和杀虫剂。人们还在努力探索把植物独具的光合作用变成实验室及工厂中的反应，这样就可彻底改变粮食生产方式，从根本上免除农药和杀虫剂对环境的污染。因此，绿色化学在 20 世纪末便开始提到议事日程。

绿色化学与传统化学不同。它是从源头消除污染，发展不产生污染的新化学反应和化学产品。可以说，绿色化学是促进人类与环境协调发展的更高层次的进入成熟期的化学。可以预言，21 世纪绿色化学将会得到蓬勃发展，从促进人类社会与环境协调发展的角度来看，21 世纪的化学将从传统化学进入绿色化学。

大学化学概括而简要地介绍化学的基本理论、基本知识及其应用。本教程的教学目的是使大学非化学化工类学生，在中学化学基础上进一步掌握必需的化学基本理论、基本知识和基本技能，并了解这些理论和知识在环境、能源、材料和生命学科及工程上的应用；培养学生用化学观点观察、分析工程上的化学问题，为今后学习和工作打下一定的化学基础，并能和化学工作者一起解决工程上的化学问题，使其具有 21 世纪建设人才必备的现代化学素质。

现代科学技术发展迅速，科学知识在短时间内迅猛增长。就化学而言，美国化学文摘服务部（CAS）给各个新化合物编的“注册号”，有人曾统计在 1950 年初大约是 200 万种，而到 1990 年已突破 1000 万种，其中约有 400 万种是在 1985~1990 年间发现的。1991 年已达 1260 万种，平均每天约 7000 种。面对这巨大浩瀚的信息量，任何人即使日夜攻读，也难读完和记住现有的知识。将来