



面向二十一世纪课程教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学化学 (第三版)

曾政权 甘孟瑜 张云怀 曹渊 余丹梅 编著

DAXUE HUAXUE



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>



面向二十一世纪课程教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

大学化学 (第三版)

曾政权 甘孟瑜 张云怀 曹渊 余丹梅 编著

DAXUE HUAXUE



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

内 容 简 介

本书是教育部组织实施的《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》03—15“化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践(非化工类专业)”项目的研究成果,教育部高教司核定的“面向 21 世纪课程教材”。同时它也是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是理工科本科(非化工类)各专业适用的自然科学公共基础课——“大学化学”(或称“工科大学化学”、“工科化学”、“普通化学”)课程的通用教材。全书共 3 篇 12 章:第 1 篇,化学反应的基本规律;第 2 篇,物质结构;第 3 篇,化学与工程技术·人类·社会。它简明地阐述化学热力学、动力学和近代物质结构理论,使学生理解化学学科的框架,能运用化学的理论、观点、方法去审视公众关注的环境、能源、材料、资源、生命等社会热点论题。把化学的理论方法与工程技术观点结合起来,有利于全面提高学生素质,培养具有开拓、创新能力的高级工程科技人才。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学/曾政权等编著. —3 版. —重庆:重庆大学出版社,2007.9(2008.1 重印)
ISBN 978-7-5624-2012-5

I. 大… II. 曾… III. 化学—高等学校—教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 108626 号

大学化学

(第三版)

曾政权 甘孟瑜 张云怀 曹渊 余丹梅 编著

责任编辑:何 明 版式设计:李 懋

责任校对:任卓惠 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆东南印务有限责任公司印刷

*

开本:787×960 1/16 印张:26.75 字数:479 千 插页:8 开 1 页

2001 年 7 月第 2 版 2007 年 9 月第 3 版 2008 年 1 月第 10 次印刷

印数:41 001—44 000

ISBN 978-7-5624-2012-5 定价:32.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

《一个红觉的未来》弗洛伊德

代序

重庆大学、成都科技大学合编的《工科普通化学》(1987年)出版后,被许多工科院校使用,并于1990年被评为四川省优秀图书。1995年修订更名为《工科大学化学》出版,受到工科院校师生的欢迎,印数达到2万余册。曾政权、甘孟瑜教授等根据他们多年的丰富教学经验和对教学的不懈研讨,他们的教改课题“工科大学化学课程教学改革的研究与实践”于1997年获四川省优秀教学成果奖。

世纪之交,他们承担了教育部面向21世纪高等教育改革计划03—15项“化学系列课程(非化工类专业)教学内容和课程体系改革”的研究,作为项目的研究成果之一,对教材进行新一轮大幅度修订,更名为《大学化学》(第1版,1999)。该教材在内容和体系上有较大的革新,符合培养21世纪人才的要求,2000年被评为重庆市优秀教材。经高等学校工科化学课程教学指导委员会审定,教育部高等教育司核准,《大学化学》(第2版,2001)作为“面向21世纪课程教材”出版。我对此表示祝贺,并对作者们的不断改革精神表示钦佩。

作者在深入研讨的基础上,对设立大学化学课程的目的、任务和教育对象有了新的和明确的认识。那就是,在高等教育中,化学教育是高等工程、科技、管理、人才素质培养的一个组成部分,受教育的对象是非化学、化工类各专业大学生,实施的教育是高等教育层次的化学教育,把课程教育提高到素质培养的高度来确定教材编写的指导方针。这是认识上的一次飞跃,也是时代的需要,由此制订的编写计划我相信是符合客观实际需要的。

新编《大学化学》内容包括:1. 化学反应的基本规律;2. 物质结构;3. 化学与工程技术·人类·社会。本书共3篇12章,取材准确、简明,收入了最基本最通用的化学原理、规律和实用素材,从素质能力培养和工程技术教育需要出发,突出工科特点,增强工程意识,据此组织教学内容。同时又注重丰富时代气息,把进入新世纪公众普遍关心的热点论题——能源、环境、材料、生命等之中的化学有关问题,进行一定范围的研讨和阐述,增强了本书的社会性和应用性,比前两次版本有了很多革命性改进。此外,本新教材又保留了如统一的物理量和单位制、统一讨论不同体系的平衡问题,以及理论联系实际等特色。

“大学化学”教材的建设极大地促进了“大学化学”课程教学质量的提高。作者们执教的重庆大学“大学化学课程”于2005年被评为重庆市精品课程。《大学化学》印数已达3万余册。为不断地总结教学实践经验,顺应新世纪社会、科技飞速发展的要求,他们修订出版了《大学化学》(第3版,2007)。在修订中,以科学发展观为指导,突出课程的基础性、应用性和社会性;进一步优化教学内容;引入了超分子、膜化学、纳米材料、生物芯片、绿色工艺等体现学科最新发展的相关内容;更新了大量的数据。该教材经专家评审,教育部批准列入了“普通高等教育“十一五”国家级规划教材”。我祝愿本书在使用中取得新的成功。

申泮文

南开大学化学系教授

中国科学院资深院士

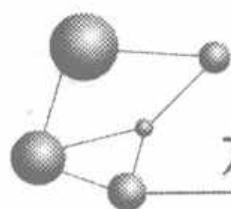
2007.01.25

第三版 前言

《大学化学》(第2版,2001)作为“面向21世纪课程”教材出版已经6年了。使用此教材上课的学生普遍反映,学了《大学化学》使他们的化学科学基础理论上上了一个台阶,知识结构更完善了;使他们的眼界更开阔,产生了把化学的理论方法与工程技术、社会生活联系起来分析、认识、研究的欲望。这也就是本书编写的目的之一。为了使学生知识能力结构优化,更适应社会,适应市场经济的需求,适应全球化竞争的浪潮,我们有责任培养出基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的高级人才。现在已经有越来越多的院系、专业在教学计划中把“大学化学”课程列入了自然科学基础课,实施高等教育层次的化学教育。

进入21世纪以来,我国经济、科技突飞猛进,高等教育实现了跨越式的发展。近年来已转入以提高质量,调整结构为主的时期。2003年教育部开展了全国高等学校的“精品课程”建设。在“大学化学”课程的教学过程中教师们不断探索、创新,改革教学方法和手段,促进了教学质量的提高。2005年在作者们执教的重庆大学,“大学化学课程”被评为重庆市“精品课程”。

为了适应新世纪社会、科技的飞速发展,不断地总结教学实践经验,与时俱进,有必要对《大学化学》教材进行修订再版。在修订中,我们努力贯彻以人为本的精神,落实科学发展观,实现知识、能力、素质的综合教育,进一步突出本教材的基础性、应用性和社会性。在第2版大框架体系保持不变的情况下,优化教学内容。在删除部分相对陈旧内容的同时,引入了超分子、膜分离、纳米材料、生物芯片、绿色化学等体现当代科技最新发展的内容。采用了最新的NBS标准化学热力学函数数据。按CRC Handbook of Chemistry and Physics, 85th ed., 2004—2005年校正了原子的电离能、电子亲合能和电负性等数据。编制了符合IUPAC(国际纯粹与应用化学联合会)2006规范,一般理工科高校专业适用的元素周期表。更新了环境与化学、能源与化学两章的许多表格、数据。为了与国际接轨,让读者更准确地理解有关名词、概念,书中重要的关键化学名词术语均用英文标注在第一次出现的地方。为了加强人文素质的培



养,每一章均选择与该章内容相关的1位科学家,介绍他们的生平事迹,以科学家的轶事启迪人生。

中国科学院资深院士、南开大学教授申泮文先生对本书的出版、修订给予了极大的支持和亲切的指导,并于百忙中为本书作序。重庆大学化学化工学院院长、教育部第4届高等学校工科化学课程教学指导委员会委员张胜涛教授审定全书。本书得到重庆大学教材建设基金资助。在此一并致以衷心的感谢。

参予本书修订的是:曾政权(主编,执笔第1,5,6,8章)、甘孟瑜(主编,执笔第3,9,10章)、张云怀(执笔第4,12章)、曹渊(执笔第2,11章)、余丹梅(执笔第7章)。

本书涉及面广,编者水平所限,书中疏漏及错误之处恳请读者批评指正。

编者

2007年6月

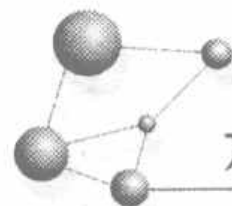
第二版 前言

当今人类社会面临的能源、环境、粮食、人口、资源等五大全球性问题无不与化学密切相关。化学正深入地渗透到机械、电气、热力、材料、信息、建筑、生命等众多科技领域。21 世纪的高级工程、科技人才,如果其知识结构在化学领域里只具有中等教育水平,就难以适应未来社会的需要。为了使学生的知识、能力结构优化,有利于由强调专业对口转向适应社会、适应市场经济的需求,培养出基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的高级人才,在理工类专业教学计划的自然科学基础课中列入“大学化学”必修课,实施高等教育层次的化学教育是十分必要的。

《大学化学》(第 1 版,1999)是在曾政权、李月熙主编的《工科大学化学》(1995)的基础上,为适应新世纪的人才培养要求,进行大幅度的修订、充实、改写而成。保持了原书的严格贯彻法定计量单位,以平衡常数为线索集中讨论不同体系的平衡问题以及联系工程技术实践等三个特点。针对非化工类理工科学学生的实际,放弃了过多、过细的化学计算,弱化了盖斯定律等的讨论,降低了对反应进度、化学动力学等内容的要求。全书按化学反应基本规律、物质结构和化学与工程技术·人类·社会等三个知识块来建立非化工类专业《大学化学》教学内容的框架,充实了工程材料化学的内容,新编了晶体结构、环境与化学、化学与分子生物学、现代分析测试技术等 4 章,体系有所创新。

在本书中通过化学热力学、化学动力学和近代物质结构理论的简明阐述,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,能运用化学的理论、观点、方法去审视公众关注的环境污染、能源危机、新兴工程材料等社会热点论题。把化学的理论方法与工程技术观点结合起来,正确认识、理解工程技术中的有关化学问题。我们希望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,全面提高学生的素质,培养出具有开拓创新能力的高级人才。

本书覆盖面广,教材内容符合教育部高等学校工科本科工科化学课程教学指导委员会普通化学教学指导小组 1999 年通过的《非化工类专业工科普通



化学教学基本内容框架》的要求,适应理工类各专业大学本科基础化学教学的需要。教师可从不同院系教学计划的整体优化出发,挑选出最需要的部分组织教学,其余内容可作为大学生们拓宽知识面,必要时参考。

《大学化学》在1999年8月出版后,经三届学生试用,吸收各方面的意见和建议又作了进一步的修订、完善。该书经项目组推荐,专家评审,高等学校工科化学课程教学指导委员会审定,2000年5月经教育部高等教育司核定,作为“面向21世纪课程教材”出版。

本书是国家教委组织实施的《面向21世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》03—15项目《化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践(非化工类专业)》重庆大学课题组成员五年多来辛勤研究、实践的成果。在编写过程中得到了工科化学课程教学指导委员会副主任委员、西安交通大学何培之教授、课题组组长、浙江大学王明华教授,以及天津大学杨宏秀教授、哈尔滨工业大学徐崇泉教授、太原工业大学俞开钰教授、同济大学施宪法教授等的关心、支持和帮助。中国科学院资深院士、南开大学申泮文教授于百忙中为本书作序。中国化学会理事、重庆大学黄宗卿教授审定全书。在此,一并致以衷心的感谢。

本书由下列人员合作完成:曾政权(主编,执笔前言,第1,5,8章)、甘孟瑜(主编,执笔第3,9,10章)、刘咏秋(副主编,执笔第6,7章)、曹渊(执笔第2,11章)、张云怀(执笔第4,12章)。

由于教改经验不足,认识上还与时代的要求存在一定的差距,加之教材内容涉及面广,编者水平所限,书中定会有诸多不尽人意甚至错误之处,恳望读者和专家批评、指正。

编者

2001年6月

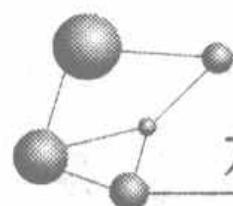
第一版 前 言

为迎接 21 世纪知识经济时代的到来,高等教育必须在思想观念、体系、教育模式、教学内容等方面进行全方位的改革,而课程教学内容和体系的改革则是高等教育改革的重要组成部分。本书是国家教委组织实施的《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》03—15 项目《化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践(非化工类专业)》的研究成果之一。

当今人类社会面临的能源、环境、粮食、人口、资源等五大全球性问题无不与化学密切相关。化学正深入地渗透到机械、电气、热力、材料、信息、建筑、生命等众多科技领域。21 世纪的高级工程、科技人才,如果其知识结构在化学领域里只具有中等教育水平,就难以适应未来社会的需要。为了使学生的知识、能力结构优化,有利于由强调专业对口转向适应社会、适应市场经济的需求,培养出基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的高级人才,在理工类专业教学计划的自然科学基础课中列入“大学化学”必修课,实施高等化学教育是十分必要的。

本书是在曾政权、李月熙主编的《工科大学化学》(1995)的基础上,进行大幅度的修订、充实、改写而成。保持了原书的严格贯彻法定计量单位,以平衡常数为线索集中讨论不同体系的平衡问题以及联系工程技术实践等三个特点。针对非化工类理工科学生的实际,放弃了过多、过细的化学计算,弱化了盖斯定律等的讨论,降低了对反应进度、化学动力学等内容的要求。为适应新世纪的需求,充实了工程材料化学的内容,新编了晶体结构、环境与化学、化学与分子生物学、现代分析测试技术等 4 章。

在本书中通过化学热力学、化学动力学和近代物质结构理论的简明阐述,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,能运用化学的理论、观点、方法去审视公众关注的环境污染、能源危机、新兴工程材料等社会热点论题。把化学的理论方法与工程技术观点结合起来,正确认识、理解工程技术中的有关化学问题。我们希望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,全面提高学生的素质,培养出具有开拓创新能力



的高级人才。

本书覆盖面广,适应理工类各专业大学本科基础化学教学的需要。教师可从不同院系教学计划的整体优化出发,挑选出最需要的部分组织教学,其余内容可作为大学生们拓宽知识面,必要时参考。

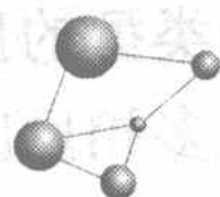
此教材是重庆大学《面向 21 世纪化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践》课题组成员三年多来辛勤研究、实践的成果。在编写过程中得到了工科化学课程教学指导委员会副主任委员、西安交通大学何培之教授、课题组组长、浙江大学王明华教授,以及天津大学杨宏秀教授、太原工业大学俞开钰教授、同济大学施宪法教授等的关心、支持和帮助。中国科学院资深院士、南开大学申泮文教授于百忙中为本书作序。中国化学会理事、重庆大学黄宗卿教授审定全书。在此,一并致以衷心的感谢。

本书由下列人员合作完成:曾政权(主编,执笔前言,第 1,5,8 章)、甘孟瑜(主编,执笔第 3,9,10 章)、刘咏秋(副主编,执笔第 6,7 章)、曹渊(执笔第 2,11 章)、张云怀(执笔第 4,12 章)。

由于教改经验不足,认识上还与时代的要求存在一定的差距,加之教材内容涉及面广,编者水平所限,书中定会有诸多不尽人意甚至错误之处,恳望读者和专家批评、指正。

编者

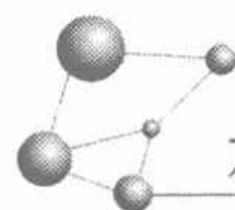
1999 年 4 月



目 录

第 1 篇 化学反应的基本规律

1 化学热力学	1
1.1 基本概念	2
1.1.1 体系与环境	2
1.1.2 体系的性质	3
1.1.3 体系的状态与状态函数	3
1.2 热化学和焓	4
1.2.1 热力学第一定律	4
1.2.2 焓与化学反应的热效应	6
1.3 化学反应的方向	15
1.3.1 自发过程	16
1.3.2 吉布斯自由能	17
1.3.3 熵的初步概念	19
1.3.4 吉布斯—赫姆霍兹公式及其应用	22
科学家吉布斯	27
习题	27
2 化学反应速率	31
2.1 化学反应速率及其表示方法	31
2.2 反应速率理论	33
2.2.1 碰撞理论	33
2.2.2 过渡状态理论	34
2.2.3 化学的反应机理	35
2.3 影响化学反应速率的因素	36
2.3.1 浓度与化学反应速率的关系	36

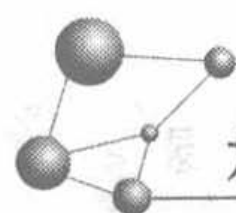


2.3.2	温度与化学反应速率的关系	38
2.3.3	催化作用	42
2.4	几种类型的反应	43
2.4.1	多相反应	43
2.4.2	链反应	44
2.4.3	光化反应	46
飞秒化学先驱泽维尔		47
习题		48
3	化学平衡	51
3.1	平衡常数	51
3.1.1	分压定律	51
3.1.2	平衡常数	53
3.1.3	标准平衡常数 $K^\ominus$ 与 $\Delta_r G_m^\ominus$ 的关系	57
3.1.4	标准平衡常数 $K^\ominus$ 与温度的关系	59
3.2	弱电解质的电离平衡	61
3.2.1	一元弱酸、弱碱的电离平衡	61
3.2.2	多元弱酸的电离平衡	62
3.2.3	缓冲溶液	64
3.2.4	酸碱质子理论	66
3.3	沉淀——溶解平衡	68
3.3.1	溶度积	68
3.3.2	溶度积规则	70
3.4	配离子的离解平衡	72
3.4.1	配合物的基本概念	72
3.4.2	配离子的离解平衡	74
3.4.3	配合物的应用	76
阿伦尼乌斯——1903 年诺贝尔化学奖获得者		77
习题		78
4	电化学原理及其应用	81
4.1	原电池	81
4.1.1	原电池	81
4.1.2	电极类型	82
4.2	电极电势	83

4.2.1	电极电势的产生	83
4.2.2	电极电势的测量	84
4.2.3	影响电极电势的因素	85
4.2.4	电动势与吉布斯自由能变的关系	88
4.2.5	电极电势的应用	88
4.3	化学电源	90
4.3.1	蓄电池	91
4.3.2	燃料电池	91
4.3.3	其他类型电池	94
4.4	电解	97
4.4.1	电解现象	97
4.4.2	电镀	100
4.4.3	电抛光及电解加工	100
4.4.4	阳极氧化	101
4.5	金属的腐蚀与防护	102
4.5.1	化学腐蚀与电化学腐蚀	102
4.5.2	金属腐蚀的防护	104
4.5.3	混凝土的腐蚀与防护	106
	著名物理化学家能斯特	108
	习题	109

第 2 篇 物质结构

5	原子结构与周期系	112
5.1	氢原子结构的近代概念	112
5.1.1	核外电子运动的特征	112
5.1.2	波函数	114
5.1.3	电子云	119
5.1.4	电子运动状态的完全描述与 4 个量子数	123
5.2	多电子原子中的电子分布和周期系	125
5.2.1	核外电子的分布	125
5.2.2	原子结构和元素周期表	129
5.3	元素基本性质的周期性	132
5.3.1	有效核电荷数	132
5.3.2	原子半径	133



5.3.3 电离能、电子亲合能和电负性	136
科学家德布罗意	140
习题	141
6 化学键与分子结构	144
6.1 离子键与离子的结构	144
6.1.1 离子键的形成与特性	144
6.1.2 离子的电子层结构	145
6.2 共价键与分子结构	145
6.2.1 价键理论	146
6.2.2 杂化轨道与分子的空间构型	151
6.2.3 分子轨道理论	155
6.3 配位键与配位化合物	160
6.3.1 配合物的主要类型	160
6.3.2 配合物的价键理论	162
6.3.3 新型配合物	167
6.4 分子间力和氢键	169
6.4.1 分子的极性	169
6.4.2 分子间力	171
6.4.3 氢键	172
6.5 超分子	174
二度诺贝尔奖获得者鲍林	176
习题	177
7 晶体结构	180
7.1 晶体的特征	180
7.1.1 晶体的基本特征	180
7.1.2 点阵(晶格)	181
7.2 晶体的基本类型	183
7.2.1 离子晶体	183
7.2.2 原子晶体	185
7.2.3 分子晶体	186
7.2.4 金属晶体	187
7.2.5 混合键型晶体	190
7.3 单质的晶体结构及其物理性质的周期性	192

7.3.1 单质的晶体结构	192
7.3.2 单质的物理性质	195
7.4 晶体的缺陷	200
7.4.1 晶体缺陷的种类	200
7.4.2 杂质缺陷和信息材料	202
7.5 液晶	204
7.5.1 液晶的结构	204
7.5.2 液晶的性质	205
布拉格父子——1915 年诺贝尔物理学奖获得者	207
习题	208

第 3 篇 化学与工程技术·人类·社会

8 环境与化学	210
8.1 环境污染	210
8.1.1 环境与环境污染	210
8.1.2 环境保护与可持续发展	211
8.2 大气污染及其防治	212
8.2.1 我国大气污染概况	212
8.2.2 大气圈的组成与结构	215
8.2.3 大气的主要污染物	217
8.2.4 综合性大气污染现象	219
8.2.5 大气污染的防治对策与治理技术	226
8.3 水污染及其治理	229
8.3.1 评价水质的指标	230
8.3.2 水的污染	234
8.3.3 工业废水、生活污水的处理原则与方法	237
8.3.4 膜分离技术及其在水处理中的应用	242
8.4 固体废物的利用与处置	246
8.4.1 固体废物的综合利用	247
8.4.2 固体废物的最终处置	249
8.5 清洁生产与绿色化学	250
8.5.1 清洁生产	250
8.5.2 绿色化学	251
1995 年诺贝尔化学奖获得者莫利纳、罗兰、克鲁岑	253

习题	254
9 能源与化学	256
9.1 能源概述	256
9.1.1 能源的分类	256
9.1.2 能源利用概况	257
9.1.3 能源与可持续发展	259
9.2 常规能源——煤、石油和天然气	260
9.2.1 煤	260
9.2.2 石油和天然气	266
9.3 核能	269
9.3.1 原子核的组成和结合能	269
9.3.2 核裂变	271
9.3.3 核聚变	273
9.3.4 核能的和平利用	273
9.4 新型清洁能源	274
9.4.1 太阳能和地热能	274
9.4.2 氢能	276
9.4.3 生物质能	279
1931 年诺贝尔化学奖获得者伯吉尤斯	281
习题	281
10 材料与化学	283
10.1 重要金属及合金材料	283
10.1.1 铝及铝合金	283
10.1.2 钛及钛合金	284
10.1.3 钒及钒的应用	285
10.1.4 铜及铜合金	287
10.1.5 稀土金属及应用	288
10.2 新型无机材料	290
10.2.1 先进陶瓷材料	290
10.2.2 纳米材料	294
10.2.3 磁性材料	296
10.2.4 光导纤维与激光材料	298
10.3 有机高分子材料	300