



高等农林教育“十三五”规划教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



面向21世纪课程教材

21st Century

普通化学

General Chemistry

■ 王红梅 赵士铎 主编

第4版



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

农林教育“十三五”规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
面向 21 世纪 课程 教材

普通化学

General Chemistry

第 4 版

王红梅 赵士铎 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

普通化学/王红梅,赵士铎主编. —4版. —北京:中国农业大学出版社,2019.4
ISBN 978-7-5655-2191-1

I. ①普… II. ①王…②赵… III. 普通化学-高等学校-教材 IV. O6
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 061643 号

书 名 普通化学(第4版)
作 者 王红梅 赵士铎 主编

策划编辑 张秀环

责任编辑 张秀环

封面设计 郑川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区学清路甲38号

邮政编码 100083

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出版部 010-62733440

网 址 <http://www.caupress.cn>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2019年6月第4版 2019年6月第1次印刷

规 格 787×980 16开本 21.5印张 395千字 彩页1

定 价 48.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

第4版编委会

主 编 王红梅 赵士铎

副主编 张 莉 张大伟 胡 滨

编 者 王红梅 赵士铎 张 莉 张大伟 胡 滨 朱荣华
邸建城 冯贵颖 江文世 蒋 疆 李子荣 宁爱民
石 军 孙 英 郑先福

主 审 董元彦 杨桂梧

第3版编委会

主 编 赵士铎

副主编 董元彦 杨桂梧 冯贵颖 马文英 刘希光 孙 英
郑先福

编 者 赵士铎 董元彦 杨桂梧 冯贵颖 马文英 刘希光
孙 英 郑先福 石 军 李子荣 蒋 疆 宁爱民
王红梅 朱荣华 江文世

第2版编委会

主 编 赵士铎

副主编 董元彦 杨桂梧

编 者 赵士铎 董元彦 杨桂梧 张荣华 贾之慎 王伊强
孙 英 胡唐华 王春娜

主 审 任丽萍 葛 兴

第1版编委会

主 编 赵士铎

编 者 赵士铎 董元彦 贾之慎 杨桂梧 张荣华

第4版前言

本书自1999年第1版出版以来,被多所农林院校、师范院校等作为普通化学课程教材,受到师生的一致好评,并取得了良好的教学效果。由于本书概念严谨、逻辑性强、文字精练、难度适中、课后题紧扣农林院校考研考试大纲,也被全国各地大量本科生作为考研自学教材。本书第3版于2007年印制,应师生要求已印刷13次。我们应出版社要求,决定再版。根据现阶段教育改革的方向和新时代学生特点,在保持原书特点的基础上,对原书中的错误进行修正,内容适当增减,使其科学性、实用性更强。

本书继续保持语言精练、逻辑性强、难度适中的特点。另外对书中编排方面的错误逐一修改。鉴于大批量的读者将继续进行深造,我们加强了基本概念的专业英语词汇的编写;修改并补充了部分课后小结、思考题、习题以助于学生自主学习和复习。

本书再版,除了第3版的编写人员外,吉林大学的张大伟、胡滨、邸建城,中国农业大学的张莉也参加了本书的编写工作,由主编负责统稿完成。由于编者水平有限,不足之处恳请同行批评指正。

感谢前3版参与编写的各位老师,为本书再版打下了良好的基础。特别感谢主审董元彦、杨桂梧两位老师。中国农业大学出版社和编辑张秀环老师为本书出版付出了大量的艰辛,特此表示感谢!

编者

2018年9月28日于中国农业大学

第3版前言

本书第1版、第2版分别于1999年、2003年印制发行。作为“面向21世纪课程教材”，近8年来，本书为多所农林院校、师范院校和其他院校选作普通化学课程教材，受到师生的好评，取得了良好的教学效果，但同时也暴露出该书内容、编排等方面的一些错误和欠缺。

借这次该书作为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”再版的机会，中国农业大学出版社组织数所学校多年使用该书的教师，就如何重新编写进行了充分的研讨。与会者一致认为，本次再版应在保持原书概念严格、逻辑性强、选材合理、难度适中、文字精练、适于农林院校使用等特点的原则下，对原书中的错误进行修正，对部分内容进行适当增减，对部分编排进行调整，以便更加符合教学规律，并在每章后增加了“本章小结”和“思考题”，以利于学生对课程内容的理解，培养训练学生分析问题、解决问题的能力，同时编写与本书配套使用的《普通化学学习指导》。

本次再版，邀请到吉林大学、西北农林科技大学、天津农学院、河南农业大学、福建农林大学、青岛农业大学、安徽科技学院、华南热带农业大学、西昌学院等学校的老师参加编写工作。他们的学识和丰富的教学经验不仅为本书带进了很多新内容、新思路，还会使本书适用性更强。

董元彦、杨桂梧、冯贵颖、马文英、刘希光、石军、李子荣、郑先福、宁爱民、蒋疆、孙英、王红梅、朱荣华、江文世、赵士铎参加了各章的编写工作，由主编负责统稿完成。由于主编水平有限，不足之处仍恳请同行专家指正。

感谢参加过本书前2版编写工作的贾之慎、张荣华、王伊强、王春娜等诸位老师，是他们为此次再版打好了基础。中国农业大学出版社对本书再次出版提供了大量帮助。张秀环、丛晓红二位同志为本书的出版更付出了大量的艰辛。在此，所有编者对她们表示衷心的感谢。

赵士铎

2007年6月13日于中国农业大学

第2版前言

本书于1999年出版发行,被很多农林院校选作教材,收到了良好的教学效果。但正如第1版前言所说,本书“仅是对普通化学课程改革的初步尝试”。4年来,我们收到使用过这本教材的同行专家和学生的很多中肯的批评和建议,也真切地意识到本书亟待修订,以适应教育改革的不断深入。感谢中国农业大学出版社又给了我们一次珍贵的机会,使本书第2版能够及时面世发行。

根据同行专家和学生的建议,第2版依然保持了原书精简理论、强调应用、加强元素化学内容等特点。除修正了原书中出现的错误外,我们还在以下几方面做了调整:

1. 考虑到现行分析化学课程的内容安排,本书增添了无机定性分析一章,以满足资源与环境、食品等专业的教学需求;考虑到有机化学课程的需要,增加了蒸馏、分馏原理等内容。

2. 加强了与生物科学、农业科学有关知识,如氨基酸的酸碱性、稀土肥料等的讨论和介绍。

3. 根据课堂讲授内容应难、易相间安排的特点,对部分章节内容的先后顺序做了调整。

4. 避免文字过于艰涩,对一些学生不易理解的定义、原理,尽量通过示例进行说明和解释。

尽管想努力做好,但这次再版也只能算是我们对普通化学课程改革的又一次尝试。囿于编者水平,不足之处仍恳请同行赐教。

参加第2版编写工作的,除董元彦、杨桂梧、张荣华、贾之慎、赵士铎外,还请到了使用过原书的王伊强、王春娜、孙英、胡唐华几位同志。他们的加入为本书的编写带入了很多新思想、新方法、新内容。

特别感谢任丽萍、葛兴二位主审和中国农业大学出版社编辑丛晓红同志,她们为本书的出版付出了大量辛劳。

再次感谢所有同行和学生给予我们的支持和帮助。

编者

2003年4月20日

第1版前言

本书是教育部《面向21世纪高等农林院校本科生化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践》研究课题成果之一,编写过程中得到中华农业科教基金和北京市高教委的大力资助。本书适用于高等农、林、水院校各专业本科生使用。

化学科学是现代生物科学的基础,化学系列课程是农林院校本科生必修的重要基础课。为培养21世纪的合格生物、农、林科技工作者,编者多年来对农林院校“普通化学”课程改革做了大量尝试性的研究和实践,本书正是在此基础上编写而成的。编者力图在以下几方面有所突破:

1. 精简化学理论内容,力图做到够用即可;尽量避免公式的冗长推导和解释,有些内容仅做科普性的叙述,强调理论的应用。

2. 加强与农林科学有重要关系的元素化学内容,其中部分内容分散于各有关理论章节,力图做到以理论教学带动元素化学教学。实践证明,这种新的处理方法,避免了理论部分教学的空洞和元素化学教学的枯燥,再将理论与实践有机结合起来,无论对学生知识的掌握,还是对学生应用理论分析问题、解决问题能力的培养均大为有益。

3. 注意化学科学发展的新动向,力图用新的观点对理论、概念进行叙述和定义。本书积极贯彻《量和单位国家标准》(1993),以力图保证概念的科学性。全国量和单位标准化技术委员会副主任委员刘天和教授对本书编写给予了大量指导,并亲自对有关章节进行了修改,在此,再次对刘天和教授表示诚挚的感谢。

4. 学生课后作业,是教学中的一极其重要的环节。本书正文简约,将部分内容放于习题中,引导学生经思考而掌握之,着重调动学生学习的积极性,利于对学生能力的培养,也给使用此书的教师充分发挥的余地,便于教学的组织。

参加本书编写的有:华中农业大学董元彦(第三、十章)、内蒙古农业大学杨桂梧(第五、六、十一章)、浙江大学贾之慎(第四、八章)、北京林业大学张荣华(第七、九章)、中国农业大学赵士铎(第一、二章),全书由主编、副主编修改统稿完成。中国农业大学出版社和编辑丛晓红同志对本书的出版付出了极大的精力和艰辛,在

此特致谢意。

像小儿“牙牙”学语,至长大回首,定觉幼稚可笑。本书的编写,是编者对普通化学课程改革的初步尝试,书中不足,恳望同行专家和使用此书的同学不吝赐教,以待改进。

编者

1999年4月20日

目 录

Contents

绪论 (Introduction)	(1)
1 分散系 (Dispersion System)	(4)
1.1 分散系	(5)
1.2 气体	(6)
1.3 液体	(9)
1.4 溶液及混合物的组成标度	(11)
1.5 稀溶液的依数性	(14)
1.6 两挥发组分的溶液蒸馏和分馏原理	(21)
1.7 胶体溶液	(24)
1.8 表面活性剂和乳浊液	(31)
本章小结	(33)
思考题	(33)
习题	(34)
2 化学热力学基础 (Primary Conception of Chemical Thermodynamics) ...	(36)
2.1 热力学基础知识	(37)
2.2 热化学	(43)
2.3 化学反应的自发性	(51)
本章小结	(66)
思考题	(66)
习题	(67)
3 化学平衡原理 (The Principle of Chemical Equilibrium)	(70)
3.1 标准平衡常数	(71)
3.2 多重平衡系统	(75)
3.3 化学平衡的移动	(77)
本章小结	(81)
思考题	(82)
习题	(82)

4 化学反应速率(Rate of Chemical Reaction)	(84)
4.1 化学反应速率概念	(85)
4.2 浓度对化学反应速率的影响	(87)
4.3 温度对化学反应速率的影响	(89)
4.4 反应速率理论简介	(91)
4.5 催化作用	(93)
本章小结.....	(96)
思考题.....	(97)
习题.....	(97)
5 原子结构(Atomic Structure)	(99)
5.1 微观粒子的特性	(100)
5.2 单电子原子的波函数及其结构	(106)
5.3 多电子原子的结构	(114)
5.4 原子结构与元素周期律	(120)
本章小结.....	(133)
思考题.....	(133)
习题.....	(133)
6 化学键与分子结构(Chemical Bond and Molecular Structure)	(136)
6.1 离子键与离子晶体	(137)
6.2 共价键的价键理论	(140)
6.3 分子轨道理论简介	(148)
6.4 分子的极性、分子间力和氢键.....	(152)
6.5 物性与结构简介	(160)
本章小结.....	(167)
思考题.....	(168)
习题.....	(168)
7 酸碱反应(Acid-Base Reaction)	(171)
7.1 酸碱质子理论	(172)
7.2 水溶液中的重要酸碱反应	(174)
7.3 酸碱平衡的移动	(179)
7.4 酸碱缓冲溶液	(186)
7.5 强电解质溶液简介	(190)
7.6 酸碱反应的生物学意义	(191)

本章小结	(194)
思考题	(194)
习题	(194)
8 沉淀-溶解反应 (Precipitation-Dissolution Reaction)	(196)
8.1 难溶电解质的溶度积	(197)
8.2 溶度积原理的应用	(199)
8.3 沉淀反应在分析化学中的应用	(209)
本章小结	(210)
思考题	(210)
习题	(211)
9 氧化还原反应 (Oxidation-Reduction Reaction)	(213)
9.1 氧化还原反应的基本概念	(214)
9.2 氧化还原反应与原电池	(217)
9.3 原电池电动势和电极电势	(220)
9.4 氧化还原反应的自发方向	(221)
9.5 氧化还原反应的标准平衡常数	(227)
9.6 元素电极电势图及其应用	(230)
9.7 常见重要氧化还原反应	(234)
本章小结	(250)
思考题	(250)
习题	(250)
10 配位化合物 (Coordination Compound)	(254)
10.1 配位化合物的基本概念	(255)
10.2 配位化合物的价键理论	(262)
10.3 配位平衡	(265)
10.4 重要的配位化合物及其应用	(272)
本章小结	(274)
思考题	(274)
习题	(274)
11 无机定性分析概论 (Introduction of Inorganic Qualitative Analysis)	(277)
11.1 概述	(278)
11.2 定性分析的化学反应	(280)
11.3 阴离子分析	(284)

11.4 阳离子分析	(289)
习题	(297)
12 化学与食品、化学与环境保护 (Chemistry and Food, Chemistry and Environmental Protection)	(298)
12.1 化学与食品	(299)
12.2 化学与环境保护	(304)
习题	(312)
附录	(313)
附录 I-1 SI 单位制的词头	(313)
附录 I-2 一些非推荐单位、导出单位与 SI 单位的换算	(313)
附录 II 常见物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f G_m^\ominus$ 和 S_m^\ominus (298.15 K)	(314)
附录 III 弱酸、弱碱的离解常数 K^\ominus	(319)
附录 IV 常见难溶电解质的溶度积 K_{sp}^\ominus (298.15 K)	(319)
附录 V-1 酸性溶液中的标准电极电势 φ^\ominus (298.15 K)	(320)
附录 V-2 碱性溶液中的标准电极电势 φ^\ominus (298.15 K)	(323)
附录 VI 常见配离子的稳定常数 K_f^\ominus (298.15 K)	(324)
附录 VII 元素的第一电离能 $I_1/\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	(325)
附录 VIII 常见化合物摩尔质量/ $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	(326)
参考文献	(328)

绪 论

Introduction

化学是研究物质的组成、结构、性质以及这三者之间关系的科学。它与人们的生活息息相关。首先,化学极大地丰富了绚丽多彩的物质世界,如各种金属和高分子材料、合成纤维、药品、火箭高能燃料、超高纯的半导体材料,以及现代农业须臾不可少缺的化肥、高效低毒农药、除草剂和植物生长调节剂等,无一不依赖于化学工作者的创造性劳动。其次,化学反应为人们提供了生产和生活中所需的大量能量。至今,人类活动所需能量的 95% 以上仍来自化学能源。

化学不但是人们生活的“第二大自然”,还与数学、物理并称为三大“中心科学”,渗入到几乎所有的现代学科中。化学第一次把物质结构揭示到分子、原子水平,并在此基础上研究物质的变化规律。在历史上,化学曾对物理学、地质学、冶金学、农学等学科的发展产生过极大的影响。在近现代,化学与生物学联手,对揭示生命的奥秘有着任何其他学科无法替代的重要意义。光合作用的物质基础和机理、血红蛋白的输氧机理、神经对信号的快速传递机理等,都是靠化学家与生物学家联手才得以研究清楚;蛋白质、DNA、RNA 的结构测定及人工合成,人类基因组测定等,更是主要依赖于化学工作者的聪明才智和艰辛劳动才得以完成。我国化学工作者于 1965 年首次人工合成牛胰岛素的 success,让人们重新认识了生命。诺贝尔奖获得者、美国医学教授 A. Kornberg 更明确地指出,要把生命理解成化学。

在对相关学科做出重大贡献的同时,化学科学也不断地从其他学科中汲取思想的营养,学习其方法和手段,从而发展为现代化学。如化学热力学就是热力学在化学科学中的应用,解决了化学反应的方向和限度问题;而现代原子结构、分子结构理论的基础正是量子力学。

但是,化学科学和任何一门科学一样,是一柄双刃剑。随着工业的发展、人类生活水平的提高,大量化学制品被滥用,环境的严重污染已经成为困扰社会进步的全球性问题。如何发展“绿色化学”已成为现代化学工作者的重要研究课题。与此同时,在环境监测、环境治理工作中,化学工作者也发挥了重要的作用。

由此可见,化学知识是现代科学工作者必不可少的武器。而“普通化学”课程,正是介绍化学科学的基本理论和基本知识的导论性课程。在农林院校中,普通化