

高等学校教材

大学化学

■ 天津大学无机化学教研室 编

■ 杨秋华 主编



高等教育出版社

高等学校教材

大学化学

DAXUE HUAXUE

■ 天津大学无机化学教研室 编

■ 杨秋华 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是为适应新世纪创新人才培养的需要,在天津大学原有的《大学化学》教材的基础上编写而成的。在编写过程中吸取了天津大学无机化学教研室50多年的教学实践经验和近年来各兄弟院校的教学研究成果。全书共12章,分别是气体与等离子体,化学反应的热效应、方向和限度,化学反应速率,溶液与离子平衡,氧化还原反应与电化学,结构化学基础,过渡金属元素,配合物,化学与新能源,材料化学基础,化学与环境保护,生命化学基础。每章后附有本章要点、思考题与习题。

本书可作为高等工科院校非化工类专业学生的大学化学教材,也可供其他院校有关专业师生及自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学 / 杨秋华主编; 天津大学无机化学教研室
编. -- 北京: 高等教育出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-04-040621-4

I. ①大… II. ①杨… ②天… III. ①化学—高等学校—教材 IV. ①06

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第159925号

策划编辑 沈晚晴 责任编辑 沈晚晴 封面设计 张申申 版式设计 杜微言
插图绘制 杜晓丹 责任校对 刘娟娟 责任印制 尤 静

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	化学工业出版社印刷厂	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm × 960mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	27.5	版 次	2014年8月第1版
字 数	500千字	印 次	2014年8月第1次印刷
插 页	1	定 价	38.80元
购书热线	010-58581118		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 40621-00

资源使用

与本书配套的数字课程资源按照章分类，包含的资源有：

1. 电子教案：教师上课使用的与课程和教材紧密配套的教学 PPT，可供教师下载使用，也可供学生课前预习或课后复习使用。
2. 知识拓展：在教材内容基础上对各章内容进行拓展，以便学生拓宽知识面。
3. 视频及动画：共提供了 5 个演示视频和 2 个动画，以便学生对所学知识有更直观的理解。

2008年12月30日,联合国第63届大会通过议案,将2011年作为联合国“国际化学年”,以纪念化学学科所取得的巨大成就和对人类文明做出的重要贡献。化学年的主题是“我们的生活,我们的未来”。纪念活动彰显化学对于知识进步、环境保护和经济发展的贡献。通过“国际化学年”的一系列活动,增进了公众对化学的认知和了解,提高年轻人对化学科学的兴趣,培养对化学未来发展的热情。

所有已知物质,无论是气体、液体还是固体,都是由化学元素或者是这些元素构成的化合物组成的。分子的转变(化学变化)是食物、药物、燃料、金属等所有产品生产的核心。事实上,所有的生命过程也都是由化学反应所控制的。因此,人类对于物质世界的了解是建立在化学知识基础之上的。

自1802年道尔顿提出原子假设,1811年阿伏加德罗又提出分子学说以来,化学一直在原子和分子学说的基础上发展着。1869年门捷列夫所发现的元素周期律及在此基础上构成的元素周期表,使化学成为一门有着严密体系的学科。20世纪物理学家对原子结构及有关分子、晶体结构的实验研究成果和以量子力学为代表的诸多理论研究成果,使晶体、分子与原子结构的测定结果和化学家为分子、晶体所设计和编制的化学式与结构式在元素论的基础上演化成为化学家的一种学科语言。

20世纪以来,化学作为自然科学的中心学科是在与边缘学科相互渗透中得到发展的,而今天更面临着其他学科的启示和召唤,一些学科如生命科学、环境科学、材料科学乃至信息科学等都对化学基础提出了挑战。生命科学最突出的进步是分子生物学的崛起。化学面临的挑战是,运用对于分子构造和化学反应性的理解,去定义生命体系的本质,阐明生物识别、化学复制和分子进化的结构基础。在环境问题上,化学不仅可以提供在线的高灵敏度环境监测方法,同时也可以提供控制、治理环境污染的手段和途径。发现和探索不同于“传统”化学的新思路、新理论不仅是解决环境问题的根本出路,而且对化学自身的发展具有深远的意义。化学是先进材料的“源泉”。化学为先进信息技术和产业提供了新型材料和新的概念,发展了一大批存储材料、导电材料、显示材料等新材料。新的化学方法将为超大规模集成电路提供新的物质基础。器件的小型化莫过于实现分子水平的器件功能化,开发和研制分子纳米器件已经成为当今分子电子学领

资源使用

与本书配套的数字课程资源按照章分类，包含的资源有：

1. 电子教案：教师上课使用的与课程和教材紧密配套的教学 PPT，可供教师下载使用，也可供学生课前预习或课后复习使用。
2. 知识拓展：在教材内容基础上对各章内容进行拓展，以便学生拓宽知识面。
3. 视频及动画：共提供了 5 个演示视频和 2 个动画，以便学生对所学知识有更直观的理解。

2008年12月30日,联合国第63届大会通过议案,将2011年作为联合国“国际化学年”,以纪念化学学科所取得的巨大成就和对人类文明做出的重要贡献。化学年的主题是“我们的生活,我们的未来”。纪念活动彰显化学对于知识进步、环境保护和经济发展的贡献。通过“国际化学年”的一系列活动,增进了公众对化学的认知和了解,提高年轻人对化学科学的兴趣,培养对化学未来发展的热情。

所有已知物质,无论是气体、液体还是固体,都是由化学元素或者是这些元素构成的化合物组成的。分子的转变(化学变化)是食物、药物、燃料、金属等所有产品生产的核心。事实上,所有的生命过程也都是由化学反应所控制的。因此,人类对于物质世界的了解是建立在化学知识基础之上的。

自1802年道尔顿提出原子假设,1811年阿伏加德罗又提出分子学说以来,化学一直在原子和分子学说的基础上发展着。1869年门捷列夫所发现的元素周期律及在此基础上构成的元素周期表,使化学成为一门有着严密体系的学科。20世纪物理学家对原子结构及有关分子、晶体结构的实验研究成果和以量子力学为代表的诸多理论研究成果,使晶体、分子与原子结构的测定结果和化学家为分子、晶体所设计和编制的化学式与结构式在元素论的基础上演化成为化学家的一种学科语言。

20世纪以来,化学作为自然科学的中心学科是在与边缘学科相互渗透中得到发展的,而今天更面临着其他学科的启示和召唤,一些学科如生命科学、环境科学、材料科学乃至信息科学等都对化学基础提出了挑战。生命科学最突出的进步是分子生物学的崛起。化学面临的挑战是,运用对于分子构造和化学反应性的理解,去定义生命体系的本质,阐明生物识别、化学复制和分子进化的结构基础。在环境问题上,化学不仅可以提供在线的高灵敏度环境监测方法,同时也可以提供控制、治理环境污染的手段和途径。发现和探索不同于“传统”化学的新思路、新理论不仅是解决环境问题的根本出路,而且对化学自身的发展具有深远的意义。化学是先进材料的“源泉”。化学为先进信息技术和产业提供了新型材料和新的概念,发展了一大批存储材料、导电材料、显示材料等新材料。新的化学方法将为超大规模集成电路提供新的物质基础。器件的小型化莫过于实现分子水平的器件功能化,开发和研制分子纳米器件已经成为当今分子电子学领

域的重大课题。能源是国民经济、社会发展和人们生活水平提高的重要基础。具有重要战略意义的新能源开发,包括太阳能、生物质能、核能、天然气水合物及次级能源,如氢能和燃料电池等,均亟须化学家提出新思想、创造新概念、发展新方法。

化学已成为高科技发展的强大支柱,已渗入科学、技术和社会的各个领域。为此,强化基础研究将始终是发展化学科学之根本,取得新进展与成果、提出新理论与观点、开发新材料与性能、创造新方法 with 工艺、建立新技术与装备将是学科发展的强大驱动力,而服务于社会和国民经济的发展则是化学工作者须臾不可忘的历史使命。孤立的化学不再是令人满意的科学,它只有在广泛的、各种各样的组合应用中才产生出目前最伟大的科学进步。作为一级学科的化学基础课——大学化学,目的是使普通高等学校非化学化工类专业的学生,在中学化学教育的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材料、能源、环境和生命学科及工程上的应用;培养学生用化学观点观察、分析工程中的化学问题,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,使其具有新世纪建设人才必备的现代化学素质。

中国科学院白春礼院长指出:“化学是研究物质的结构、性能和转化过程的科学,是创造新物质、探索新应用的一门承上启下的学科,与数学、物理学和生物学等学科构成了自然科学的核心基础”。化学自身也已经发展到这样的阶段,化学现在可以处理实际的和高度复杂的体系。因而,作为一门化学概论性质的化学基础课——大学化学,理应反映出化学学科已经发生的重大变化。化学是一门实践性和应用性很强的科学,其教学更应贴近学科发展的前沿。

教材与学科专著不同。学科专著是专门化知识的学术形态;而教材则是学科知识的教育形态。学科涵盖专业化知识的全部内容,教材仅是学科知识的一部分。

学科知识和课程知识在编排方式上也不相同,学科知识编排的原则是学科的逻辑结构;课程知识在编排上除要考虑到知识的内在结构外,还要考虑到知识的文化背景、学生的接受能力和认知兴趣等因素。

新教材代替旧教材,新版本代替旧版本,这是事物发展的规律。

大学化学是一门重要的基础课,包含着原理和应用的基础知识。课程的基础性并没有“过时”。问题是面对浩繁的化学内容及有限的学时,怎样组织教学。针对化学学科的发展,化学课程的改革思路应该是:对化学学科的理解要宽一些;应用意识要强一些;重点突出“基础”和“现代”两个环节。理论包括概念、定律、原理不宜过深,但力求严谨。应用的内容突出“新”字,紧跟学科交叉前沿,要

有时代性。

其一,走出纯化学,重视化学和多学科在“视域”上的聚焦点;

其二,“合成”是化学的核心概念。积极发展新的合成和制备化学,为社会发展提供各种特定功能的化学分子和分子聚集体。

化学课程要教会学生更广阔地思考问题,能够在本学科,甚至跨学科做研究,训练学生能够和不同的学科领域中受训练的其他科学家一起工作,教育学生发展与其他科学家交流的技能。

杨宏秀

2013年12月

前言

大学化学(普通化学)是普通高等学校非化学化工类专业的一门必修基础课,历来受到重视。天津大学无机化学教研室主编的相关教材在全国工科院校的化学教学中起到积极的作用。1962年,原教研室主任冯慈珍教授,被高等教育部聘为首届高等学校工科化学教材编审委员会委员,首次编写出适用于工科专业的《普通化学》教材。这是新中国第一套全国高等工科院校通用的《普通化学》教材,填补了此类教材的空白。我校马福华教授曾担任高等学校教学指导委员会委员;杨宏秀教授曾担任高等学校工科普通化学课程教学指导委员会委员。冯慈珍、马福华、杨宏秀等为我国高等学校工科“普通化学”课程的发展和教材建设做出了重要贡献。

本书是为适应21世纪人才培养的需求,在原有的《大学化学》教材的基础上编写而成的。在编写过程中吸取了50多年来的教学实践经验,在冯慈珍教授、马福华教授、杨宏秀教授编写的教材基础上,结合近年来各兄弟院校的教学研究成果,以现代化学的基础知识和基本原理为基础,着眼于与化学密切相关的领域如能源、材料、信息、环境污染和环境保护、生命科学等学科的交叉内容。

本书的主导思想是拓宽基础、更新内容;结合前沿、与时俱进;严控深度、突出学科交叉。力争处理好经典与现代、基础与前沿、深度与广度、继承与创新的关系,努力体现工科教材的特色。

在拓宽基础、更新内容方面,注意到全国各地中学化学基础不一,对气体相关知识的认知程度不同,在原教材的基础上增加了气体与等离子体的相关内容介绍。同时,为反映出化学学科中配合物研究的不断深入,配位化学已成为当今化学中最活跃的研究领域,并渗透到材料、生物、医学等许多学科中,加强了配合物的相关内容,单独成为一章。

另一方面,在确保大学化学基础课教材性质的前提下,努力跟踪现代科技发展和学科发展前沿。在相关章节补充了学科前沿与当下公众普遍关注的相关内容,如光子晶体、可燃冰、温室离子液体等。此外,本书采用数据主要取自《兰氏化学手册》(Dean J A, Lange's Handbook of Chemistry, 15th ed., McGraw-Hill, 1999),并以《CRC化学与物理手册》(Lide D R, Handbook of Chemistry and Physics, 78th ed. CRC Press, 1997—1998)等手册的数据加以补充。

本书的特点是选材适当,适用面广,逻辑性强,利于教学。全书配套的教学

资源有电子教案、数字资源、课程网站及《大学化学习题解答》。

本书由杨秋华担任主编,全书共 12 章,各章执笔人分别是:杨秋华(第 1、3 章),曲建强(第 2、4、5 章,附录),邱海霞(第 6、7、10 章),马晓飞(第 9、11、12 章),沈海云(第 8 章)。

本书是在杨宏秀教授的悉心指导下完成的,在编写过程中得到了傅希贤教授、宋宽秀教授和天津大学无机化学教研室各位教师的大力协助。杨宏秀教授对本书进行了详细审阅,提出了许多宝贵的修改意见。同时天津大学出版社给予了极大的支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

新版书中纰漏之处,敬请读者不吝赐教。

编者

2014 年春

第 1 章 气体和等离子体	1
1.1 气体	1
1.1.1 理想气体状态方程和分压定律	1
1.1.2 实际气体	3
1.2 等离子体	6
1.2.1 等离子体的典型性质和特征	6
1.2.2 产生等离子体的方法	7
1.2.3 等离子体化学	7
本章要点	8
思考题与习题	9
第 2 章 化学反应的热效应、方向及限度	10
2.1 热力学基本概念	10
2.1.1 系统与环境	10
2.1.2 聚集状态与相	11
2.1.3 状态与状态函数	11
2.1.4 过程与途径	12
2.1.5 热和功	13
2.1.6 热力学能	14
2.2 反应热	15
2.2.1 等容反应热	15
2.2.2 等压反应热	16
2.2.3 热力学标准态	18
2.2.4 热化学方程式	18
2.2.5 反应进度	19
2.2.6 盖斯定律	21
2.2.7 化学反应热的计算	22
2.3 化学反应的方向	26

2.3.1	化学反应的自发过程	26
2.3.2	影响化学反应方向的因素	27
2.3.3	化学反应的标准摩尔吉布斯自由能变的计算和反应方向的判断	30
2.3.4	利用反应的 $\Delta_r H_m^\ominus$ 和 $\Delta_r S_m^\ominus$ 估算反应自发进行的温度	31
2.4	化学反应的限度——化学平衡	32
2.4.1	平衡常数	33
2.4.2	平衡常数与吉布斯自由能变	36
2.4.3	化学平衡的移动	38
	本章要点	41
	思考题与习题	43
第3章	化学反应速率	47
3.1	化学反应速率及其表示方法	48
3.1.1	传统定义的化学反应速率	48
3.1.2	用反应进度定义的反应速率	49
3.2	影响化学反应速率的因素	50
3.2.1	浓度与反应速率	50
3.2.2	温度对反应速率的影响	53
3.2.3	反应的活化能	55
3.2.4	催化剂与反应速率	57
3.3	几种特殊类型的反应	58
3.3.1	光化学反应	58
3.3.2	机械化学反应	60
3.3.3	超声化学反应	60
	本章要点	61
	思考题与习题	62
第4章	溶液与离子平衡	64
4.1	分散系统和溶液	64
4.1.1	分散系统的基本概念	64
4.1.2	溶液浓度的表示方法	65
4.2	稀溶液的依数性	66
4.2.1	稀溶液的蒸气压下降	66
4.2.2	稀溶液的沸点升高和凝固点降低	68

4.2.3 渗透压	71
4.3 单相离子平衡	74
4.3.1 弱电解质的解离平衡	74
4.3.2 共同离子效应和缓冲溶液	78
4.4 酸碱的质子理论	82
4.4.1 共轭酸碱对	83
4.4.2 酸碱反应	84
4.5 多相离子平衡	85
4.5.1 溶度积	85
4.5.2 溶度积和溶解度	86
4.5.3 溶度积规则	87
4.5.4 多相离子平衡移动	88
4.6 胶体	92
4.6.1 胶体的特性	92
4.6.2 胶团的结构	94
4.6.3 溶胶的稳定性和聚沉	95
4.6.4 胶体的保护	96
4.7 表面活性剂	96
4.7.1 表面张力和表面活性剂	96
4.7.2 表面活性剂的分类	98
4.7.3 胶束和临界胶束浓度	100
4.7.4 表面活性剂的作用和应用	101
4.7.5 表面活性剂引起的公害及其降解方法	103
本章要点	105
思考题与习题	106
第5章 氧化还原反应与电化学	110
5.1 氧化还原反应	110
5.1.1 氧化数	110
5.1.2 氧化还原反应方程式的配平	112
5.1.3 常见的氧化剂和还原剂	114
5.2 原电池和电极电势	116
5.2.1 原电池	116
5.2.2 电极电势	118

5.2.3	标准电极电势	120
5.2.4	影响电极电势的因素	122
5.3	电极电势的应用	125
5.3.1	判断原电池的正、负极	125
5.3.2	比较氧化剂和还原剂的相对强弱	126
5.3.3	判断氧化还原反应进行的方向	127
5.3.4	判断氧化还原反应进行的程度	129
5.3.5	元素电势图	130
5.4	电解	133
5.4.1	电解原理	133
5.4.2	分解电压和超电势	134
5.4.3	电极上放电反应的一般规律	137
5.4.4	电解的应用	138
5.5	金属的腐蚀及防护	141
5.5.1	腐蚀的分类	142
5.5.2	金属的电化学腐蚀	143
5.5.3	复杂系统的腐蚀	144
5.5.4	金属腐蚀的防护	145
	本章要点	148
	思考题与习题	149
第6章	结构化学基础	153
6.1	物质结构理论的发展	153
6.1.1	早期的原子结构模型	153
6.1.2	玻尔的原子理论	155
6.2	原子的量子力学模型	156
6.2.1	微观粒子的运动特征	156
6.2.2	波函数和量子数	158
6.2.3	电子云	163
6.3	多电子原子结构与元素周期表	166
6.3.1	多电子原子轨道的能级	167
6.3.2	核外电子排布原则	169
6.3.3	各元素原子的电子层结构	170
6.3.4	原子的电子层结构与元素周期表	175

6.3.5	元素周期表的指导作用	178
6.3.6	元素周期表中的相对论效应	179
6.3.7	元素一些性质的周期性	180
6.3.8	元素的电负性及其周期性	183
6.3.9	原子中电子的跃迁和原子发射-吸收光谱	185
6.4	化学键和分子间作用力	186
6.4.1	化学键的电子理论	187
6.4.2	价键理论	188
6.4.3	杂化轨道理论与分子的空间构型	192
6.4.4	分子轨道理论	196
6.4.5	分子间作用力和氢键	200
6.4.6	超分子化学	207
6.5	晶体结构	210
6.5.1	晶体的基本特征	210
6.5.2	晶体的微观结构	211
6.5.3	晶体的基本类型	212
6.5.4	混合型晶体	216
6.5.5	晶体中的缺陷	218
6.5.6	晶体结构和表征晶体结构的 X 射线衍射技术	219
	本章要点	220
	思考题与习题	222
第 7 章	过渡金属元素	226
7.1	过渡元素的通性	226
7.1.1	物理性质	226
7.1.2	化学性质	228
7.2	IVB~VIB 族金属元素及其化合物	230
7.2.1	钛(Ti)	230
7.2.2	钒(V)	231
7.2.3	铬(Cr)、钼(Mo)、钨(W)	231
7.3	VII B, VIII B 族金属元素及其化合物	233
7.3.1	锰(Mn)	233
7.3.2	铁、钴、镍	235
7.4	镧系元素和锕系元素	237

7.4.1	镧系元素和锕系元素概述	237
7.4.2	镧系元素和锕系元素的重要化合物	239
7.5	稀土资源及其应用	240
7.5.1	性质和分布	240
7.5.2	稀土金属的分离技术	241
7.5.3	稀土元素的应用	242
	本章要点	244
	思考题与习题	246
第 8 章	配合物	248
8.1	配合物的基本概念	248
8.1.1	配合物的组成	248
8.1.2	配合物的命名	250
8.2	配合物的价键理论	251
8.2.1	价键理论	251
8.2.2	配合物的空间构型、键型和磁性	251
8.3	配位化合物在水溶液中的行为	255
8.3.1	配位平衡及其平衡常数	255
8.3.2	配位平衡的移动	257
8.4	螯合物	259
8.4.1	螯合物的形成	259
8.4.2	螯合物的特性	260
8.5	配位化合物的应用	262
8.5.1	在医疗方面的应用	262
8.5.2	在工业方面的应用	263
	本章要点	265
	思考题与习题	266
第 9 章	化学与新能源	269
9.1	能源的分类	269
9.2	煤、石油、天然气	270
9.2.1	煤	270
9.2.2	石油	274
9.2.3	天然气	276