

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套用书

普通化学

(少学时)

主编 康立娟 程志强

PUTONG

HUAXUE

高等教育出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材配套用书

普通化学

(少学时)

主 编 康立娟 程志强

副主编 张秀丽 李 蕴 王焕锋 高 巍

主 审 宋天佑

高等教育出版社·北京

质

内容简介

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《普通化学》(第三版)的配套用书。

全书分四部分,共 11 章。第一部分(1~4 章)为化学基本原理,在介绍气体和溶液基本知识的基础上,重点讨论化学反应普遍遵循的原理和规律,即化学热力学和化学动力学。第二部分(5~6 章)为物质结构理论,内容包括原子结构和分子结构,讨论元素性质和原子结构的关系、物质性质与分子结构的关系。第三部分(7~10 章)为水溶液中的四大平衡理论。第四部分(11 章)为实用化学,介绍元素化学和化学与人类社会的密切关系。

本书在讨论普通化学基本原理的同时,注重化学与工程类、农林类和药学类等专业的联系,并适当引入一些科普知识、科学展望或学科发展前沿介绍、科学家简介等内容,旨在培养学生学习化学的积极性,并有助于其树立正确的人生观和价值观。

本书可作为高等学校理工、农林、医药等专业的普通化学教材,也可作为其他相关专业的教学参考书和报考硕士研究生的复习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学/康立娟,程志强主编.--北京:高等教育出版社,2017.8

ISBN 978-7-04-047923-2

I. ①普… II. ①康… ②程… III. ①普通化学-高等学校-教材 IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 141466 号

Putong Huaxue

策划编辑	沈晚晴	责任编辑	殷 英	封面设计	李小璐	版式设计	张 杰
插图绘制	杜晓丹	责任校对	殷 然	责任印制	田 甜		

出版发行	高等教育出版社
社 址	北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码	100120
印 刷	北京宏伟双华印刷有限公司
开 本	787mm×960mm 1/16
印 张	15.75
字 数	290 千字
插 页	1
购书热线	010-58581118

咨询电话	400-810-0598
网 址	http://www.hep.edu.cn
	http://www.hep.com.cn
网上订购	http://www.hepmall.com.cn
	http://www.hepmall.com
	http://www.hepmall.cn
版 次	2017年8月第1版
印 次	2017年8月第1次印刷
定 价	30.00元

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 47923-00

前 言

“普通化学”作为高等院校各有关专业面向本科生开设的第一门化学基础课程,是大学生文化素质教育中不可缺少的重要组成部分,其肩负着为学生打好化学理论基础并为后续课程服务的重要任务。同时“普通化学”的教学过程也应该是全面培养和提高学生的认知、思维推理和创造能力的过程。鉴于此,并遵照新形势下我国经济社会对人才素质和能力的要求,特制定本书的编写原则如下:

(1) 突出课程目标。通过本书的学习,使学生学会运用化学的观点观察、分析相关领域中物质变化的现象,分析一些与化学有关的实际问题,审视环境、能源和生命科学等领域中的重大社会议题。

(2) 强调素质能力。参照国内通行的非化学专业“普通化学”课程教学基本要求,并充分体现各参编院校多年来的教学改革经验,力求使本教材做到“科学性、思想性、先进性和适用性”的统一。尽可能反映本学科的新进展和科学成就,并增加了一些化学在各相关专业的应用等内容,使学生能够学以致用。

(3) 遵循教育规律。从学生的认知规律出发,在掌握气体和溶液基本知识的基础上,从热力学、动力学的宏观概念到物质结构的微观理论,最后到化学理论在各类化学反应、元素、化合物性质方面的应用,以及化学在人类生活中的重要作用等,都做了较系统的阐述。

(4) 拓宽知识外延。在满足教学基本要求的前提下,适当扩展学生的知识面,以满足不同专业不同层次学生的学习需要。配合主干内容增加一些科普常识、科学展望或学科发展前沿介绍及科学家简介等内容,旨在培养学生的人文素质。

(5) 注重标准规范。本书各种物理量的符号、单位和书写形式均采用国际单位和我国的法定计量单位及量和单位的国家标准 GB3102.8—1993 的规定。各种化学常数均取自权威化学手册,数据准确可靠。

(6) 强化学生主体。每章部分内容配有微课和二维码链接,学生可用手机扫描学习。便于学生自学,以培养学生自主学习意识。每章后还有思考与典型题练习,书后附有习题答案。

全书由康立娟、程志强主编。参加编写的人员有:张秀丽、李蕴(长春科技学院,第5、6、7、10章,附录及参考文献,共计10.4万字,其中张秀丽5.2万字,

李蕴 5.2 万字),王焕锋(郑州工程技术学院,第 2、4、8、9 章及习题解答,共计 8 万字),高巍(吉林建筑大学城建学院,第 1、3、11 章及索引,共计 10.1 万字)。程志强(吉林农业大学,教学视频和教学课件),康立娟(长春科技学院、吉林农业大学,绪论及二维码部分)。最后由康立娟修改、补充和定稿。

高等教育出版社出版的《普通化学学习指导》(朴凤玉、康立娟主编),可作为本书的配套参考书。

承蒙教育部高等学校化学与化工学科教学指导委员会原副主任委员、吉林大学宋天佑教授担任主审,在其悉心指导和帮助下,本书得以完成,在此表示由衷的感谢。

对本书在编写过程中各参编院校的大力支持,特别是长春科技学院相关领导的热情相助致以诚挚的谢意。同时对本书提出许多宝贵建议的长春科技学院刘景华教授及本书参阅的文献的作者也表示深深的谢意。

感谢参加编写普通高等教育“十一五”国家级规划教材《普通化学》和“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《普通化学》(第二版)的全体人员,正是他们的努力,本书才得以作为其配套用书出版。

由于编者水平有限,书中难免有不尽如人意之处,恳请同行及读者不吝赐教,以期改进。

编者

2017 年 2 月 16 日于长春

目 录

绪论	1
0.1 化学概述	1
0.2 反应进度	3
【知识拓展】	4
【化学视窗】21 世纪化学的四大难题和美好前景	4
【科学家简介】徐光宪(1920—2015 年)	5
思考与练习	5
第 1 章 分散系	6
1.1 分散系	6
1.1.1 相和相变	6
1.1.2 分散系及分类	7
1.2 气体	8
1.2.1 理想气体状态方程	8
1.2.2 理想气体分压定律	8
1.3 溶液	9
1.3.1 溶液的浓度	9
1.3.2 稀溶液的依数性	11
1.4 表面现象	16
1.4.1 表面能	16
1.4.2 吸附现象	16
1.5 溶胶	18
1.5.1 溶胶的一般性质	18
1.5.2 胶团结构	21
1.5.3 溶胶的稳定性和聚沉	21
1.6 表面活性剂	22
1.6.1 表面活性剂的结构及作用机理	22
1.6.2 表面活性剂的应用	23
【知识拓展】	24
【化学视窗】等离子体、中子态、夸克-胶子等离子体	24

【科学家简介】道尔顿(J Dalton, 1766—1844 年)	25
思考与练习	25
第 2 章 化学热力学初步	27
2.1 基本概念	27
2.1.1 体系和环境	27
2.1.2 状态和状态函数	28
2.1.3 过程和途径	29
2.1.4 热和功	29
2.1.5 热力学能	30
2.1.6 热力学标准状态	30
2.2 热化学	30
2.2.1 热力学第一定律	31
2.2.2 化学反应热效应	31
2.2.3 焓和焓变	32
2.2.4 化学反应热效应的计算	33
2.3 自发过程	36
2.3.1 自发过程	36
2.3.2 焓变与自发过程	36
2.3.3 熵变与自发过程	37
2.4 吉布斯自由能和吉布斯自由能判据	38
2.4.1 吉布斯自由能变和反应的自发性	38
2.4.2 吉布斯-亥姆霍兹公式的应用	40
【知识拓展】	42
【化学视窗】熵与人类社会	42
【科学家简介】吉布斯(J W Gibbs, 1839—1903 年)	43
思考与练习	43
第 3 章 化学平衡	45
3.1 化学平衡状态	45
3.1.1 可逆反应与化学平衡	45
3.1.2 标准平衡常数	46
3.2 吉布斯自由能变与化学平衡	48
3.2.1 吉布斯自由能变与标准平衡常数的关系	48
3.2.2 标准平衡常数的应用	50
3.3 化学平衡的移动	52
3.3.1 浓度对化学平衡的影响	52

3.3.2	压力对化学平衡的影响	52
3.3.3	温度对化学平衡的影响	53
3.3.4	勒·夏特里原理	55
	【知识拓展】	55
	【化学视窗】人老为什么会变矮	55
	【科学家简介】范特霍夫(J H van't Hoff, 1852—1911 年)	56
	思考与练习	56
第 4 章	化学动力学初步	58
4.1	概述	58
4.1.1	化学反应速率的表示	58
4.1.2	反应机理	59
4.2	反应速率理论简介	60
4.2.1	有效碰撞理论	60
4.2.2	过渡态理论	61
4.3	反应速率与浓度的关系	63
4.3.1	质量作用定律	63
4.3.2	反应级数的实验确定	63
4.4	反应速率与温度的关系	64
4.4.1	范特霍夫近似规则	64
4.4.2	阿伦尼乌斯方程	65
4.5	反应速率与催化剂的关系	66
	【知识拓展】	66
	【化学视窗】碳-14 测定年代法	67
	【科学家简介】阿伦尼乌斯(S A Arrhenius, 1859—1927 年)	67
	思考与练习	68
第 5 章	原子结构与元素周期律	69
5.1	微观粒子运动的特殊性	69
5.2	量子力学对核外电子运动状态的描述	71
5.2.1	波函数和原子轨道	71
5.2.2	原子轨道和电子云图像	73
5.2.3	四个量子数	73
5.3	原子核外电子排布和元素周期系	76
5.3.1	多电子原子轨道能级	76
5.3.2	基态原子的核外电子排布规律	77
5.3.3	原子的电子层结构与元素周期系	78

5.4 元素基本性质的周期性	79
5.4.1 影响元素性质的结构因素	79
5.4.2 元素性质的表征	81
【知识拓展】	84
【化学视窗】元素周期表可以向两个方向发展吗	84
【科学家简介】薛定谔(E Schrödinger, 1887—1961 年)	85
思考与练习	85
第 6 章 化学键和分子结构	87
6.1 离子键	87
6.1.1 离子键的形成和特点	87
6.1.2 离子的特征	88
6.2 共价键	90
6.2.1 价键理论要点	90
6.2.2 共价键的类型	91
6.2.3 键参数	92
6.3 杂化轨道理论	93
6.3.1 杂化轨道理论的基本要点	93
6.3.2 s-p 杂化的类型	94
6.4 分子间力和氢键	97
6.4.1 分子的极性	97
6.4.2 分子的极化	98
6.4.3 分子间力	98
6.4.4 氢键	100
6.5 离子极化理论简介	101
【知识拓展】	101
【化学视窗】液晶	101
【科学家简介】范德华(J D van der Waals, 1837—1923 年)	102
思考与练习	102
第 7 章 酸碱平衡	104
7.1 酸碱理论	104
7.1.1 酸碱质子理论	104
7.1.2 酸碱电子理论简介	106
7.2 弱酸与弱碱的解离平衡	107
7.2.1 一元弱酸与弱碱的解离平衡	107
7.2.2 多元弱酸与弱碱的解离平衡	110

7.2.3	两性物质溶液酸度的计算	112
7.2.4	酸碱平衡的移动	113
7.3	酸碱缓冲溶液	115
7.3.1	缓冲溶液的组成及作用原理	115
7.3.2	缓冲溶液 pH 计算	116
7.3.3	缓冲容量和缓冲范围	117
7.3.4	缓冲溶液的配制	118
7.4	强电解质溶液简介	119
	【知识拓展】	120
	【化学视窗】食物的酸碱性与人体健康	120
	【科学家简介】奥斯特瓦尔德(F W Ostwald, 1853—1932 年)	121
	思考与练习	121
第 8 章	沉淀溶解平衡	124
8.1	溶度积原理	124
8.1.1	难溶电解质沉淀溶解平衡和溶度积常数	124
8.1.2	溶度积常数和溶解度的关系	125
8.1.3	溶度积规则	126
8.2	溶度积原理的应用	126
8.2.1	沉淀的生成	126
8.2.2	沉淀的溶解	128
8.2.3	分步沉淀	131
8.2.4	沉淀的转化	131
8.3	沉淀反应在分析化学中的应用	132
8.3.1	利用沉淀反应进行定性分析	132
8.3.2	利用沉淀反应进行离子分离	132
8.3.3	利用沉淀反应进行定量分析	132
	【知识拓展】	133
	【化学视窗】身体里的石头——结石	133
	【科学家简介】路易斯(G N Lewis, 1875—1946 年)	133
	思考与练习	134
第 9 章	氧化还原平衡和电化学基础	136
9.1	氧化还原反应的基本概念	136
9.1.1	氧化还原电对	136
9.1.2	氧化还原反应方程式的配平	137
9.2	原电池和电极电势	139

9.2.1	原电池的组成和工作原理	139
9.2.2	电极的种类和原电池的表示方法	140
9.2.3	电极电势的产生与标准电极电势	141
9.3	电池反应的热力学	143
9.3.1	电池电动势与吉布斯自由能变的关系	143
9.3.2	电池电动势与标准平衡常数的关系	145
9.4	影响电极电势的因素	145
9.4.1	能斯特方程	145
9.4.2	浓度对电极电势的影响	146
9.4.3	酸度对电极电势的影响	147
9.4.4	难溶化合物的生成对电极电势的影响	148
9.4.5	配位化合物的生成对电极电势的影响	148
9.5	电极电势的应用	149
9.5.1	判断氧化还原反应的方向	149
9.5.2	判断氧化还原反应的程度	149
9.5.3	选择合适的氧化剂和还原剂	149
9.5.4	元素电势图及其应用	149
	【知识拓展】	151
	【化学视窗】电池漫话	151
	【科学家简介】能斯特(W H Nernst 1864—1941 年)	152
	思考与练习	152
第 10 章	配位化合物	154
10.1	配位化合物概述	154
10.1.1	配位化合物的含义	154
10.1.2	配位化合物的组成	155
10.1.3	配位化合物的命名	156
10.1.4	螯合物	156
10.2	配合物的价键理论	157
10.2.1	价键理论的要点	158
10.2.2	配离子的形成	158
10.2.3	配合物的磁性	160
10.3	配位平衡	161
10.3.1	配离子的稳定常数	161
10.3.2	配位平衡的计算	162
10.4	配位化合物应用	166

10.4.1	配位化合物在分析化学中的应用	166
10.4.2	配位化合物在生命科学中的意义	166
10.4.3	配位化合物在其他方面的应用	167
【知识拓展】		167
【化学视窗】	人体中的配合物	167
【科学家简介】	维尔纳(A Werner, 1866—1919 年)	168
思考与练习		168
第 11 章	实用化学	170
11.1	元素化学概述	170
11.1.1	单质性质的变化规律	170
11.1.2	无机化合物性质的规律性	173
11.1.3	重要无机化合物选述	177
11.2	化学与生命	179
11.2.1	生物体内的微量元素及其作用	180
11.2.2	化学与生物技术	184
11.3	化学与食品和药品	185
11.3.1	化学与食品	185
11.3.2	化学与药品	191
11.3.3	化学与镇静剂和毒品	192
11.4	化学与日常用品	193
11.4.1	化学与化妆品	193
11.4.2	化学与服装	197
11.4.3	化学与燃料	198
11.5	化学与材料	199
11.5.1	无机纳米材料	199
11.5.2	陶瓷材料	200
11.5.3	生活中的典型无机非金属材料——玻璃	201
11.6	化学与农药	202
11.6.1	化学农药的概念和范围	202
11.6.2	化学农药的发展和作用	203
11.7	化学与环境	203
11.7.1	环境的化学污染	203
11.7.2	环境污染的防治	208
【知识拓展】		210
【化学视窗】	为什么说 NO 是明星分子	210

【科学家简介】侯德榜(1890—1974年)	211
思考与练习	211
练习题参考答案	213
附录	218
附录 1 国际单位制(SI)(摘录)	218
附录 2 国际单位制(SI)的词头	218
附录 3 常用的基本物理量	219
附录 4 希腊字母表	219
附录 5 一些物质的热力学性质(100 kPa, 298K)	220
附录 6 一些物质的标准摩尔燃烧焓(100 kPa, 298K)	223
附录 7 一些常见弱酸、弱碱在水溶液中的解离常数	223
附录 8 常见难溶电解质的溶度积(298K)	224
附录 9 标准电极电势表(298K)	226
附录 10 常见配离子的稳定常数	227
参考文献	229
索引	231
元素周期表	

绪 论

【内容提要】

本章简要介绍了化学的研究对象和特点、化学发展过程和前沿展望;介绍了化学对现代社会发展的重要作用;重点讨论了化学反应进度。

【学习要求】

- (1) 了解化学的作用及化学发展的前沿展望。
- (2) 理解反应进度的意义及应用,以便在后续章节的学习中能够正确使用。

0.1 化学概述

1. 化学研究的对象和特点

化学是研究物质变化的科学。物质有两种基本形态——实物和场。前者具有静止的质量,是化学研究的对象,包括大至宏观的天体,小至微观的基本粒子。“场”是只有运动质量而没有静止质量的物质,如引力场、电磁场等,它们不在化学的研究范畴之内。物质永远处在不停地运动和变化之中,物质的运动形式有机械运动、物理运动、化学运动、生命运动和社会运动五种。化学运动即化学变化,其主要特征是在原子核不变的前提下生成了新的物质(核裂变和核聚变不是原子层次上的反应,不属于化学变化)。因此可以说,化学是在原子和分子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化规律和变化过程中能量关系的科学。

化学是一门中心科学。内涵有三:其一,化学是承上启下的中心科学。科学按其研究对象由简单到复杂的程度分为上游(数学、物理学)、中游(化学)和下游(生物学、材料学、环境学)三个层次,化学是从上游到下游的必经之地;其二,化学是社会迫切需要的中心科学。人们的衣食住行无一不依赖着化学工作者的创造性劳动成果,化学为现代科学技术提供了必需的物质基础;其三,化学是与信息、生命、材料、环境、能源、地球、空间和核科学等朝阳科学都有紧密联系的中心科学。

化学也是一门实验科学。实验是学习、体验和探究化学的重要途径。化学的

许多重大发现和研究成果都是通过实验得到。物质的性质要通过实验来验证,一些物质的制取要通过实验来完成,因此实验在化学教学中占有重要的地位。

2. 化学的发展与现状

约 100 万年前,生活中简单的化学知识随着元谋人火的使用而诞生,人类也由野蛮进入了文明。约 5 000 年前,人类掌握了冶炼、染色、酿造等工艺,并能从植物中提取和加工有用的产品(如药物、香料等),积累了丰富的化学知识,但化学还不能构成一门科学。虽然在接下来的 15 个世纪,化学走上了炼金、炼丹的歧途,但这一时期积累了更多的化学知识,提高了实验技术,制作了许多实验器皿,发现了许多新物质,如酒精、无机酸和金属盐类等。16~17 世纪,随着医药化学的兴起,化学步入了用化学知识制药和解释生物体的生化过程的正轨。当时社会与化学联系最密切的领域除药物外就是冶金,后者和燃烧现象密切相关。最早研究燃烧反应的是英国化学家波义耳(R Boyle, 1627—1691 年)。他在 1664 年出版的《怀疑的哲学家》中第一次提出化学值得为其自身目的去进行研究而不仅仅是从属于医学或作为炼金术进行研究;主张研究化学要进行严密的实验方法;不但给元素下了明确的定义,还对气体体积与压力的关系、燃烧现象等进行了深入研究。波义耳被后人誉为近代化学的奠基人,他的这本著作标志着近代化学的到来。同时,天平的出现,使化学研究进入定量阶段。在此后的近百年中,一大批科学家通过试验建立了一系列重要的化学定律和学说。如:物质不灭定律、倍比定律、道尔顿(J Dalton, 英国化学家, 1766—1844 年)原子分子论和阿伏加德罗(A Avogadro, 意大利物理学家, 1776—1856 年)定律等,使化学成了一门真正的科学。1869 年俄国化学家门捷列夫(D I Mendeleev, 1834—1907 年)把当时已知的 63 个元素按相对原子质量和性质间的递变规律进行排列,发现了元素周期律,奠定了无机化学的基础。

19 世纪下半叶,由于电子和放射性元素的发现,人们对微观世界有了进一步的认识,物质结构理论得到迅猛的发展。近百年来,借助于数学、物理学、计算机科学和现代科技的成果,化学在各个方面得到了突飞猛进的发展。化学的核心是合成化学。美国《化学文摘》(CA)上登录的从天然产物中分离出来及人工合成的化合物数量看:从 20 世纪 70 年代开始每 10 年翻一番,近年来数量更是增长得惊人。1900 年仅 55 万种,到 2016 年已突破 1 亿种,可以说近 50 年来化学呈现出指数级的发展态势。

今天的化学已经历了由描述到推理、由定性到定量、由宏观到微观、由静态到动态的发展过程,正向分子设计和分子工程的领域发展,形成了一个完整的化学体系。传统上,根据研究对象和方法的不同一般把化学分为 5 个分支领域,即无机化学、有机化学、分析化学、物理化学和高分子化学。20 世纪后半叶,特别是近 40 多年来,化学的发展日新月异,形成了许多应用化学的新分支和边缘学

科,如工业化学、农业化学、地球化学、药物化学、激光化学、天体化学、宇宙化学及化学信息学、化学商品学等。

3. 化学的作用和前沿展望

化学与人类文明进步息息相关。美国著名化学家布里斯罗(R. Breslow)在《化学的今天和明天——化学是一门中心的、实用的和创造性的科学》一书中指出“在改善人类生活方面化学是最有成效的科学之一。应用化学于生产产品的工业——化学过程工业在先进社会的生产中占有最大的份额”。在国际上还常以化学和化学工业的发展程度作为衡量一个国家发展程度的标志之一。化学在为人类提供食物、开发能源、裨益健康、防治疾病、保护环境、增强国防实力和保障国家安全等方面都起着重要的作用。现代社会发展的六大基础——能源、信息、材料、粮食、环境和生命都与化学密切相关。20 世纪的六大发明技术——信息技术、生物技术、核科学和核武器技术、航空航天和导弹技术、激光技术及纳米技术无一不是由化学合成技术作为物质基础而发展。我国化学家徐光宪院士强调,20 世纪应该说有七大发明技术,其中化学合成技术应位于首位,其次是信息技术。所以从 1980 到 2030 年这 50 年里,理应称为信息技术和化学合成技术的时代,2030 年以后才能称为生物技术时代,因为目前生物技术的实际应用范围和产业规模还比较小,远远不及信息产业和合成化工产业。

21 世纪将是化学学科飞速发展的年代,徐光宪院士精辟地概括了化学的发展趋势:第一,更加重视国家目标,更加重视不同学科之间的交叉和融合;第二,理论和实验更加密切结合;第三,在研究方法和手段上,更加重视尺度效应;第四,合成化学的新方法层出不穷;第五,分析化学已发展成为分析科学。

4. 普通化学的任务

普通化学是化学科学的导论,作为高等理工科院校的重要基础课程之一,主要是介绍对其他化学课和专业课有普遍意义的基本化学理论。其任务是在中学化学的基础上,掌握近代化学基本理论、基本知识和基本技能,提高发现问题、分析问题和解决实际问题的能力,为今后的学习和工作打下一定的化学基础。

0.2 反应进度

反应进度(extent of reaction)是描述化学反应进展程度的物理量。我国的国

家标准从 1982 年起引入了该量,ISO 制订的国际标准从 1992 年起引入。

设任意反应为

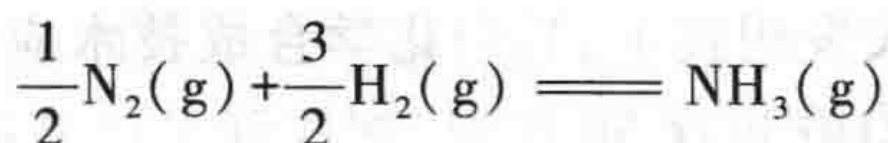


当反应正向进行到某一阶段时,各物质物质的量变化为 Δn_A 、 Δn_D 、 Δn_G 、 Δn_H ,按 GB3102.8—93 反应进度的定义为

$$\xi = \frac{\Delta n_B}{\nu_B}$$

式中 B 为反应中任一种物质。 ν_B 为化学计量数 (stoichiometric number)。当 B 为反应物时, ν_B 为负值;当 B 为生成物时, ν_B 为正值。 ν_B 为量纲一的量,可为整数,也可为分数。

反应进度只与反应方程式的写法有关,而与选择反应体系中何种物质无关。反应进度与物质的量纲相同,SI 单位为 mol。如 $\xi = 1 \text{ mol}$,表明 $a \text{ mol}$ 的物质 A 与 $d \text{ mol}$ 的物质 D 反应,生成 $g \text{ mol}$ 的物质 G 和 $h \text{ mol}$ 的物质 H。即反应按反应式中各物质的化学计量数完成了一次反应。因此,在使用反应进度时,必须与具体的反应方程式相对应。例如:



放热 $46.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。这里的“mol”即指反应进度而言。

【知识拓展】

徐光宪.21 世纪化学的前瞻.大学化学.2001 年,16(1):1-6.

【化学视窗】21 世纪化学的四大难题和美好前景^①

21 世纪化学面临着四大难题。它们是

(1) 合成化学难题:建立化学反应理论(化学的第一根本规律)——精确有效而又普遍适用的化学反应的含时多体量子理论和统计理论。

化学反应理论和定律是化学的第一根本规律。目前的反应速率理论都是不彻底的半经验理论。所以有必要建立严格的微观化学反应理论。

(2) 材料化学难题:确立结构和性能的定量关系(化学的第二根本规律)。

目前对结构和性能两者关系的了解还远远不够。这是比第一个难题还迫切需要解决的问题,因为它是解决分子设计和实用问题的关键。

^① 摘自中国科学院院士徐光宪先生在中国化学会第 7 次全国会员代表大会上的报告。题为“21 世纪是信息科学、合成化学和生命科学共同繁荣的世纪”,有删减。