



普通高等教育“十三五”规划教材

普通高等院校化学化工类系列教材

钟福新 余彩莉 刘峥 编著

大学化学

(第2版)

College Chemistry
(Second Edition)

清华大学出版社

第2版前言

普通高等院校化学化工类系列教材

钟福新 余彩莉 刘峥 编著

大学化学 (第2版)

College Chemistry (Second Edition)

清华大学出版社

北京

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大学化学/钟福新,余彩莉,刘峥编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2017
(普通高等院校化学化工类系列教材)

ISBN 978-7-302-48126-3

I. ①大… II. ①钟… ②余… ③刘… III. ①化学—高等学校—教材 IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 201013 号

责任编辑:冯 昕

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:28.25 插 页:1 字 数:686 千字

版 次:2012 年 4 月第 1 版 2017 年 8 月第 2 版

印 次:2017 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:58.00 元

产品编号:076982-01

第2版前言

《大学化学》自2012年4月出版后,受到了许多读者的欢迎。根据当前科技和化学教学形势发展的需要,编者对2012版《大学化学》作出相应的补充、调整和取舍。主要原则是:

- (1) 基本保持2012年版《大学化学》的体系和主线。
- (2) 从与现行中学化学教学大纲和教材内容的衔接性及与后续课程的相承性出发,对内容进行了调整,增、删了一些内容。
- (3) 将第2章与第3章内容作了顺序上的互换,以使难点分散,内容连贯。
- (4) 调整了第9章部分内容的顺序,使知识点更集中、更突出。
- (5) 增加了第12章关于配合物的晶体场理论,使配合物知识更完整。
- (6) 删除了第16章内容,避免与后续课程重复。

修订后本书分为15章,主要涉及物质的凝聚态、化学热力学、化学动力学、化学平衡、相平衡、表面现象与胶体分散系、物质结构、元素化学等知识,各章后均有拓展知识、思考题与习题。

参加本书编写工作的有:桂林理工大学的钟福新(第4、7章)、余彩莉(第2、5、12、15章)、刘峥(第6、10、11章)、张淑华(第1、12章)、肖顺华(第3、8章)、黄红霞(第13章)、桂林电子科技大学的莫德清(第14章)和广西工学院的张倩(第9章)。最后由钟福新、余彩莉、刘峥定稿。

本教材的出版得到了“桂林理工大学教材建设基金”的资助。

由于水平有限,教材中可能存在不足和疏漏之处,恳请读者不吝批评指正。

编者

2017年6月

第1版前言

“大学化学”课程是化工及非化学化工类本科学生的一门必修基础课程,主要介绍化学基本原理和化学技能。随着社会经济的不断发展和科学技术的不断进步,我国高等教育的改革和发展进入了一个新的历史阶段,教育体制、教学内容、教学方法的改革都在更广泛、更深入地展开,因而也给大学化学教学改革提出了更高的要求。一方面,要求学生在有限的学时数条件下掌握精通的专业知识;另一方面,要求学生有更宽广的知识面,以适应学科融合、交叉和渗透背景下对复合型技术人才的需要。为此,我们以现代教育思想为指导,在教学为先、育人为本的原则下,从培养 21 世纪高素质工科人才的总体需要出发,针对工科本科专业学生对化学基本知识、基本技术和基本方法的需求和学时分配,对原有的工科相关专业的基础化学、普通化学、无机化学、物理化学和有机化学的部分相关知识进行整合,编写了这本《大学化学》教材,以物质聚集态、化学热力学、化学动力学、物质结构、表面化学、胶体化学、配位化学、元素化学、有机化学为基础构建了新的工科专业基础化学教学体系。力求让学生在较少的学时内对化学知识体系和化学的近代进展有一个较为全面的了解。

为了适应新世纪对具有全面素质的创新型人才的要求,本书在编写过程中力求达到内容的先进性、基础性、科学性及针对性等各方面的统一,在介绍化学的基本原理、基本技术和基本方法的前提下,注意化学与各相关学科和技术的紧密联系,讨论化学在这些学科中的应用。在内容的选择上,注意与中学化学的衔接,力求理论联系实际。在材料组织上,力求概念阐述准确严密,内容安排深入浅出、循序渐进,并注意各章内容的相互依托与交叉,便于教师教学和学生自学。本书可以作为高等学校化学工程与工艺、材料科学、环境科学与工程、资源勘查、宝石学、生物科学与工程及相关专业本科四年制学生的教材,也可作为相关教师的参考资料。在使用本书作教材时,教师可根据学生的实际情况,在保证课程基本要求的前提下,对内容进行取舍,也可对相关知识的讲授顺序进行调整。书中带“*”的内容为选学内容。

参加本书编写工作的有桂林理工大学的钟福新(第4、7章)、余彩莉(第3、5、15章)、刘峥(第6、10、11、16章)、张淑华(第1、12章)、肖顺华(第2、8章)、黄红霞(第13章)、桂林电子科技大学的莫德清(第14章)和广西工学院的张倩(第9章)。最后由钟福新、余彩莉、刘峥定稿。

本书编写中参考了国内外出版的一些教材和著作,从中得到许多启发和教益,在此向这些作者表示诚挚的感谢。

本教材的出版得到了“桂林理工大学教材建设基金”的资助。

由于水平有限,教材中难免存在不足和疏漏之处,恳请读者不吝批评指正,深表感谢。

编者

2011年4月

本书相关国际单位制说明

本书在量和单位方面,全面采用了我国法定计量单位。国际单位制是我国法定单位的基础,为了能正确使用国家标准 GB 3100—93《国际单位制及其应用》,现将有关问题简要说明如下。

1. 国际单位制(SI)的基本单位

量		单 位	
名 称	符 号	名 称	符 号
长度	l	米	m
质量	m	千克(公斤)	kg
时间	t	秒	s
电流	I	安[培]	A
热力学温度	T	开[尔文]	K
物质的量	n	摩[尔]	mol
发光强度	I_v	坎[德拉]	cd

2. 常用 SI 导出单位

量		单 位		
名 称	符号	名 称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
频率	ν	赫[兹]	Hz	s^{-1}
能[量]	E	焦[耳]	J	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
力	F	牛[顿]	N	$kg \cdot m \cdot s^{-2} = J \cdot m^{-1}$
压力	p	帕[斯卡]	Pa	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2} = N \cdot m^{-2}$
功率	P	瓦[特]	W	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} = J \cdot s^{-1}$
电荷[量]	Q	库[仑]	C	$A \cdot s$
电位,电压,电动势	U	伏[特]	V	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1} = J \cdot A^{-1} \cdot s^{-1}$
电阻	R	欧[姆]	Ω	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2} = V \cdot A^{-1}$
电导	G	西[门子]	S	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot A^2 = \Omega^{-1}$
电容	C	法[拉]	F	$A^2 \cdot s^4 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2} = A \cdot s \cdot V^{-1}$
摄氏温度	t	摄氏度	$^{\circ}C$	K

3. SI 词头

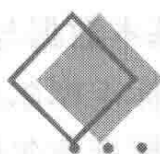
因数	词头名称		符号	因数	词头名称		符号
	英文	中文			英文	中文	
10^{24}	yotta	尧[它]	Y	10^{-1}	deci	分	d
10^{21}	zetta	泽[它]	Z	10^{-2}	centi	厘	c
10^{18}	exa	艾[可萨]	E	10^{-3}	mili	毫	m
10^{15}	peta	拍[它]	P	10^{-6}	micro	微	μ
10^{12}	tera	太[拉]	T	10^{-9}	nano	纳[诺]	n
10^9	giga	吉[咖]	G	10^{-12}	pico	皮[可]	p
10^6	mega	兆	M	10^{-15}	femto	飞[母托]	f
10^3	kilo	千	k	10^{-18}	atto	阿[托]	a
10^2	hecto	百	h	10^{-21}	zepto	仄[普托]	z
10^1	deca	十	da	10^{-24}	yocto	幺[科托]	y

4. 某些可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	$1\text{ min}=60\text{ s}$
	[小]时	h	$1\text{ h}=60\text{ min}=3600\text{ s}$
	日,(天)	d	$1\text{ d}=24\text{ h}=86\,400\text{ s}$
体积	升	L	$1\text{ L}=1\text{ dm}^3$
质量	吨	t	$1\text{ t}=10^3\text{ kg}$
	原子质量单位	u	$1\text{ u}\approx 1.660\,540\times 10^{-27}\text{ kg}$
长度	海里	n mile	$1\text{ n mile}=1852\text{ m}$
能[量]	电子伏	eV	$1\text{ eV}\approx 1.602\,177\times 10^{-19}\text{ J}$
面积	公顷	hm ²	$1\text{ hm}^2=10^4\text{ m}^2$

5. 几种单位的换算

- (1) $1\text{ J}=0.2390\text{ cal}$, $1\text{ cal}=4.184\text{ J}$
- (2) $1\text{ J}=9.869\text{ cm}^3\cdot\text{atm}$, $1\text{ cm}^3\cdot\text{atm}=0.1013\text{ J}$
- (3) $1\text{ J}=6.242\times 10^{18}\text{ eV}$, $1\text{ eV}=1.602\times 10^{-19}\text{ J}$
- (4) $1\text{ D(德拜)}=3.334\times 10^{-30}\text{ C}\cdot\text{m}$, $1\text{ C}\cdot\text{m}=2.999\times 10^{29}\text{ D}$
- (5) $1\text{ \AA(埃)}=10^{-10}\text{ m}=0.1\text{ nm}=100\text{ pm}$
- (6) $1\text{ cm}^{-1}\text{(波数)}=1.986\times 10^{-23}\text{ J}$



目录

第 1 章 气体	1
1.1 理想气体状态方程	1
1.2 气体混合物	3
1.2.1 道尔顿分压定理	3
1.2.2 阿马格分体积定律	4
1.2.3 气体混合物的摩尔质量	5
1.3 气体的液化及临界参数	6
1.3.1 液体的饱和蒸气压	6
1.3.2 临界参数	6
* 1.3.3 真实气体的 $p-V_m$ 图与气体的液化	8
1.4 真实气体状态方程	8
拓展知识 获得诺贝尔化学奖的华人	10
思考题	11
习题	12
第 2 章 热力学第一定律与热化学	13
2.1 热力学的术语和基本概念	13
2.1.1 系统和环境	13
2.1.2 状态和状态函数	14
2.1.3 过程和途径	14
2.1.4 相	15
2.2 热力学第一定律	15
2.2.1 热和功	15
2.2.2 热力学能	16
2.2.3 热力学第一定律	17
2.3 热化学的术语和基本概念	17
2.3.1 反应进度	18
2.3.2 反应热	18
2.3.3 标准状态	20
2.3.4 热化学方程式	21
2.3.5 盖斯定律	21

2.4 热化学基本数据与反应焓变的计算	22
2.4.1 标准摩尔生成焓	22
2.4.2 标准摩尔燃烧焓	23
2.4.3 反应焓变的计算	23
拓展知识 能源	24
思考题	27
习题	28
第3章 化学动力学基础	30
3.1 化学动力学的任务和目的	30
3.2 化学反应速率表示方法	31
3.3 化学反应的速率方程	33
3.3.1 质量作用定律	34
3.3.2 反应级数和反应的速率常数	35
3.4 温度和活化能对反应速率的影响	37
3.4.1 温度对反应速率的影响	37
3.4.2 活化能 E_a 对反应速率的影响	39
3.5 化学反应速率理论和反应机理简介	39
3.5.1 碰撞理论	39
3.5.2 过渡态理论	40
3.5.3 反应机理与基元反应	41
* 3.6 催化反应动力学	42
3.6.1 催化反应的特点	42
3.6.2 均相催化反应	44
3.6.3 气-固相催化反应	45
拓展知识 化学动力学在考古学中的应用	45
思考题	46
习题	46
第4章 热力学第二定律与化学反应的方向和限度	48
4.1 热力学第二定律	48
4.2 熵 热力学第三定律	49
4.2.1 混乱度、熵与微观状态数	50
4.2.2 热力学第三定律和标准熵	52
4.2.3 化学反应熵变	52
4.3 吉布斯函数	54
4.3.1 吉布斯函数的定义及吉布斯函数[变]判据	54
4.3.2 标准摩尔生成吉布斯函数	55
4.3.3 化学反应的吉布斯函数变计算	56

4.3.4 ΔG 与 ΔG° 的关系	57
4.4 吉布斯函数与化学平衡	58
4.4.1 化学平衡的基本特征	58
4.4.2 标准平衡常数表达式	59
4.4.3 标准平衡常数的应用	62
4.4.4 化学平衡移动	64
拓展知识 氧-血红蛋白的平衡	67
思考题	68
习题	70
第 5 章 水溶液中的离子平衡	72
5.1 酸碱质子理论概述	72
5.1.1 质子酸、质子碱的定义	72
5.1.2 共轭酸碱概念及其相对强弱	73
5.1.3 酸碱反应的实质	74
5.2 水的解离平衡和溶液的 pH	75
5.2.1 水的解离平衡	75
5.2.2 溶液的 pH	75
5.3 弱酸、弱碱的解离平衡	76
5.3.1 一元弱酸的解离平衡	76
5.3.2 一元弱碱的解离平衡	77
5.3.3 多元弱酸、弱碱的解离平衡	78
5.4 盐溶液的解离平衡	79
5.4.1 强酸弱碱盐	79
5.4.2 弱酸强碱盐	80
5.4.3 酸式盐	81
5.4.4 弱酸弱碱盐	82
5.4.5 影响盐类水解的因素及其应用	83
5.5 缓冲溶液	83
5.5.1 同离子效应	83
5.5.2 缓冲溶液	84
5.5.3 缓冲溶液的 pH 计算	85
5.5.4 缓冲溶液的配制	86
5.6 酸碱指示剂	87
5.7 酸碱电子理论	88
5.8 沉淀-溶解平衡	89
5.8.1 溶解度	89
5.8.2 溶度积	90
5.8.3 溶度积和溶解度之间的换算	90

5.8.4	溶度积规则	91
5.8.5	同离子效应和盐效应	92
5.8.6	溶液的 pH 对沉淀溶解平衡的影响	94
5.8.7	分步沉淀	95
5.8.8	沉淀的转化	96
拓展知识 水的净化与废水处理		96
思考题		99
习题		100
第6章 氧化还原反应 电化学基础		102
6.1	氧化还原反应的基本概念	103
6.1.1	氧化剂、还原剂及氧化还原反应相关概念	103
6.1.2	氧化值和氧化态	103
6.1.3	氧化还原方程式的配平	104
6.2	电化学电池	107
6.2.1	原电池的构造	107
6.2.2	原电池符号和电极的分类	107
6.2.3	原电池的热力学	109
6.3	电极电势	110
6.3.1	电极电势的产生	110
6.3.2	标准电极电势	110
6.3.3	能斯特方程式	112
6.3.4	能斯特方程式的应用	113
6.4	电解	119
拓展知识 化学电源		123
思考题		125
习题		126
第7章 相平衡		129
7.1	相体系平衡的一般条件	129
7.2	相律	131
7.2.1	相、组分、自由度和自由度数	131
7.2.2	相律	133
*7.2.3	相律的推导	133
7.3	单组分体系的相平衡	135
7.3.1	水的相图	135
7.3.2	其他单组分相图	137
7.4	二组分体系的相图及其应用	138
7.4.1	二组分体系的气-液相平衡	138

7.4.2 二组分体系的液-固相平衡	147
* 7.5 三组分体系的相图及其应用	150
拓展知识 相图在现代高科技中的应用	151
思考题	154
习题	154
第 8 章 界面现象和胶体分散体系	157
8.1 表面张力和表面能	157
8.1.1 净吸力和表面张力的概念	157
* 8.1.2 影响表面张力的因素	159
8.2 纯液体的表面现象	160
8.2.1 弯曲界面的一些现象	161
8.2.2 润湿现象	161
8.3 固体表面的吸附	163
8.3.1 固体表面的特点	163
8.3.2 吸附作用	164
* 8.3.3 吸附曲线	165
8.4 溶液表面层吸附与表面活性剂	167
8.4.1 溶液表面层吸附	167
8.4.2 表面活性剂	167
8.5 分散系统的分类及溶胶的特性	169
8.5.1 分散系统	169
8.5.2 溶胶的特性	170
8.6 溶胶的稳定性和聚沉	173
8.7 乳浊液	173
拓展知识 免疫胶体金技术	174
思考题	176
习题	176
第 9 章 原子结构	178
9.1 原子结构的早期模型	178
9.1.1 早期原子模型	178
9.1.2 有核原子模型	180
9.2 微观粒子运动的基本特征	181
9.2.1 物质波	181
9.2.2 测不准原理	183
9.3 氢原子结构的量子力学描述	184
9.3.1 薛定谔方程	184
9.3.2 波函数与原子轨道	184

9.3.3	四个量子数	185
9.3.4	概率密度和电子云	186
9.3.5	原子轨道和电子云的图像	187
9.4	多电子原子结构	190
9.4.1	屏蔽效应和钻穿效应	190
9.4.2	鲍林近似能级图	192
9.4.3	核外电子排布规则	193
9.5	原子的电子结构与元素周期系	196
9.5.1	原子结构与元素周期表	196
9.5.2	元素性质的周期性	197
	拓展知识 物质的组成基元	201
	思考题	202
	习题	203
第10章	分子结构和分子间力	205
10.1	路易斯理论	205
10.2	价键理论	206
10.2.1	共价键的形成及其本质	206
10.2.2	价键理论	207
10.3	杂化轨道理论	210
10.3.1	杂化轨道的概念	210
10.3.2	杂化轨道的类型	212
10.4	价层电子对互斥理论	215
10.4.1	价层电子对互斥理论的基本要点	215
10.4.2	分子几何构型的预测	217
10.4.3	判断分子(离子)几何构型的实例	219
10.5	分子轨道理论	219
10.5.1	分子轨道理论的基本要点	219
10.5.2	应用实例	223
10.6	键参数	224
10.6.1	键长	224
10.6.2	键能	225
10.6.3	键角	226
10.6.4	键级	226
10.6.5	键矩与部分电荷	226
10.7	分子间力和氢键	227
10.7.1	分子的极性	227
10.7.2	分子间作用力	229
10.7.3	氢键	231

拓展知识 荧光和磷光	233
思考题	236
习题	237
第 11 章 固体结构	242
11.1 晶体的类型和特征	242
11.1.1 晶体的特征	242
11.1.2 晶格理论的基本概念	243
11.1.3 晶体的基本类型	244
11.2 金属键和金属晶体	245
11.2.1 金属晶格	245
11.2.2 金属键	246
11.3 离子晶体	246
11.3.1 离子键的形成及离子的电子层结构	246
11.3.2 离子晶体	247
11.3.3 晶格能	249
11.4 离子极化	250
11.4.1 离子的极化力和变形性	250
11.4.2 离子极化对晶体结构和性质的影响	251
11.5 原子晶体和分子晶体	252
11.5.1 共价型原子晶体和混合键型晶体	252
11.5.2 分子型晶体	254
拓展知识 晶体材料	255
思考题	257
习题	257
第 12 章 配位化合物	260
12.1 配合物的组成和命名	260
12.1.1 配合物的组成	261
12.1.2 配合物的命名	262
12.1.3 配合物的分类	263
12.2 配合物的结构	265
12.2.1 配合物的空间构型	265
12.2.2 配合物同分异构现象	266
12.3 配合物的化学键理论	268
12.4 配合物的晶体场理论	271
12.5 配位反应与配位平衡	276
12.5.1 配合物的解离常数和稳定常数	276
12.5.2 配体取代反应和电子转移反应	278

12.6 配合物的应用	280
拓展知识 被骂出来的诺贝尔化学奖获得者——维克多·格林尼亚	281
思考题	282
习题	282
第13章 s区元素	285
13.1 s区元素概述	285
13.2 s区元素的单质	286
13.2.1 s区元素单质的存在和制备	286
13.2.2 s区元素单质的物理和化学性质	287
13.3 s区元素的化合物	289
13.3.1 氢化物	289
13.3.2 氧化物	290
13.3.3 氢氧化物	293
13.3.4 配合物	294
13.3.5 盐类	295
13.4 锂、铍的特殊性 对角线规则	296
13.4.1 锂的特殊性	296
13.4.2 铍的特殊性	297
13.4.3 对角线规则	297
拓展知识 硬水及其软化	298
思考题	299
习题	300
第14章 p区元素	301
14.1 p区元素概述	301
14.2 硼族元素	302
14.2.1 硼族元素概述	302
14.2.2 硼族元素的单质	303
14.2.3 硼的化合物	304
14.2.4 铝的化合物	308
14.3 碳族元素	310
14.3.1 碳族元素概述	310
14.3.2 碳族元素的单质	311
14.3.3 碳的化合物	312
14.3.4 硅的化合物	315
14.3.5 锡、铅的化合物	316
14.4 氮族元素	318
14.4.1 氮族元素概述	318

14.4.2	氮族元素的单质	320
14.4.3	氮的化合物	321
14.4.4	磷的化合物	325
14.4.5	砷、锑、铋的化合物	330
14.5	氧族元素	332
14.5.1	氧族元素概述	332
14.5.2	氧及其化合物	333
14.5.3	硫及其化合物	335
14.6	卤素	340
14.6.1	卤素概述	340
14.6.2	卤素单质	341
14.6.3	卤化氢和氢卤酸	342
14.6.4	卤化物、多卤化物	343
14.6.5	卤素的含氧化合物	344
14.7	稀有气体	347
14.7.1	稀有气体的性质和用途	347
14.7.2	稀有气体的化合物	348
拓展知识 新型无机非金属材料		350
思考题		352
习题		353
第 15 章 d 区元素		357
15.1	d 区元素概述	357
15.1.1	d 区元素的电子构型	357
15.1.2	d 区元素的原子半径和电离能	357
15.1.3	d 区元素的物理性质	358
15.1.4	d 区元素的化学性质	358
15.2	钛、钒	360
15.2.1	钛及其化合物	360
15.2.2	钒及其化合物	361
15.3	铬、钼、钨 多酸型配合物	361
15.3.1	铬	361
15.3.2	钼、钨	363
15.3.3	多酸型配合物	364
15.4	锰	364
15.4.1	锰的单质	364
15.4.2	锰的化合物	365
15.5	铁、钴、镍	366
15.5.1	铁、钴、镍的单质	366