

21 世纪普通高等教育规划教材



新编普通化学

XINBIAN PUTONG HUAXUE

主编 ● 李 纲



 郑州大学出版社

21 世纪普通高等教育规划教材

新编普通化学

XINBIAN PUTONG HUAXUE

主编 李 纲

郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编普通化学/李纲主编. —郑州:郑州大学出版社,
2007.9

ISBN 978 - 7 - 81106 - 603 - 6

I. 新… II. 李… III. 普通化学 - 高等学校 - 教材
IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 133659 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

河南博雅彩印有限公司印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:24.25

字数:574 千字

版次:2007 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2007 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 81106 - 603 - 6

定价:36.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

新编普通化学 编委名单

主 编 李 纲
副主编 牛云垠 颜振宁
尹明彩 要红昌

编 委 (以姓氏汉语拼音为序):
李 纲 李子峰 牛云垠
吴朝军 颜振宁 要红昌
尹明彩

内 容 提 要

新 编 普 通 化 学

本书是为适应非化学类各专业学生的培养目标而编写的。教材既重点阐述了普通化学的基本概念和基本理论,又注意与高中教材的衔接,适当降低难度,也注意充实专业实例,增加可读性。

全书共分 11 章,内容包括化学发展简史、溶液化学(电解质溶液、离子平衡)、化学反应原理(化学热力学基础、化学动力学初步、氧化还原平衡与电极电势)、物质结构(原子结构、共价键与分子间作用力以及配位化合物、晶体与非晶体)以及元素通论等。同时,为了拓宽学生的知识面,提高他们的科学素养和综合能力,教材中又适当引入了一些国内外的研究前沿领域的知识,并进行了简单介绍,以期增加学生的学习兴趣。

本书可供理、工、农、医、师范类大学非化学类各专业用作普通化学教材,也可作为高校化学化工专业化学平台(基础)课程的教材,也可供成人教育相关专业以及中学教师继续学习的教材或参考书使用。

在多年的教学实践中,我们发现由于近年来各地高考体系的不断调整,在部分地区,中学化学的教学被不同程度地弱化,学生的化学基础知识普遍不是很高,在这种情况下,选用多年前编撰的一些教材,已经远远不能适应学生的现状:某些教材内容偏于复杂,影响学生的自学和理解;某些教材的内容又偏于简单,没有注重现实知识的增加、趣味性的提高,不能适应现代科学和社会的发展。这就需要为学生量身定做一本切实可行的基础化学教材。

我们曾在郑州大学化学系对本科生理论课教学体系进行过有益的改革探索。具体做法是将无机化学课程分解为大学化学原理和中级无机化学。实践证明,这种做法对于学生化学素养的培养起到了一定的积极作用。根据我们的调研,不少学校采用这种教学改革模式。对于工科学生,由于受学时的限制,只能讲授基础性的、必要的无机化学内容。这在一定程度上切合了我们在化学系所作的探索。

因此,我们对于以往的教学内容,进行了系统化的整合,重点讲述化学基本原理和基本理论,同时注意兼顾元素的通论介绍,适当地补充了结合实际的一些化学知识,从而增加了学习的趣味性,又对当前以及今后的新兴化学研究领域进行了适当的介绍,这就改变了以往的重理论、轻实践的编排方法;将无机化学原理部分学习的枯燥性大大降低。

从这些年的教学实践看,已经取得了很好的教学效果。学生对于这个教学体系是认可的。因此十分乐意把

我们的教学实践成书出版,以便为更多的读者服务。同时,这本教材的出版对于工科各专业学生的化学素质培养,显示着极大的紧迫性和必要性,必将产生良好的社会效益。

本教材的第1章、第5章和第6章由李纲编写;第2章、第3章和第4章由颜振宁编写;第7章和第8章由尹明彩编写,其中部分内容由吴朝军编写;第9章、第10章以及第11章的金属元素部分由牛云垠编写;知识拓展部分由要红昌编写;第11章的非金属元素部分以及附录部分由李子峰编写;最后由李纲统一修改定稿。

书中用楷体字标示的内容,可供教学时选用或供读者课外阅读。

在教材的编写过程中,参考了一些已经出版的相关教材,在此特向所有参考图书的作者致以诚挚的谢意。此外郑州大学和化学系以及无机学科的领导和同事,都在本书的编写过程中给予了认真指导并提出了宝贵意见,十分感谢他们的热情帮助! 特别感谢贾汉东教授、何占航教授对本教材提出的宝贵意见! 也要感谢郑州大学出版社的编辑们为本书所作出的贡献!

由于编者水平所限,本教材难免有不足之处,诚望各位老师和同学批评指正!

联系方式:ferrocene2003@yahoo.com.cn

编 者

2007年早春于郑州大学

第1章 绪论	1
1.1 化学研究的对象和重要作用	1
1.1.1 化学是研究物质化学变化的科学	1
1.1.2 化学的重要作用	2
1.2 普通化学的内容和学习方法	4
1.2.1 普通化学的课程内容	4
1.2.2 普通化学的学习方法	5
知识拓展:现代无机化学的前沿领域	6
本章要点	9
习题	10
第2章 热化学和化学反应的基本原理	11
2.1 基本概念	11
2.1.1 体系和环境	11
2.1.2 过程与途径	12
2.1.3 状态和状态函数	12
2.1.4 热和功	13
2.1.5 能量守恒定律	13
2.2 热化学	14
2.2.1 化学反应的热效应	15

2.2.2 热化学方程式	16
2.2.3 反应热效应的理论计算	17
2.3 化学反应的方向和吉布斯函数变	22
2.3.1 影响反应方向的因素	22
2.3.2 化学反应方向的判断	26
2.4 化学反应进行的程度和化学平衡	30
2.4.1 化学平衡和平衡常数	30
2.4.2 化学平衡的移动	36
知识拓展:能源与化学	41
本章要点	44
习题	46
第3章 化学反应中的动力学	49
3.1 化学反应速率的定义	49
3.2 反应速率理论简介	51
3.2.1 碰撞理论	51
3.2.2 过渡状态理论	52
3.3 影响化学反应速率的因素	53
3.3.1 浓度(或压力)对反应速率的影响	53
3.3.2 温度对反应速率的影响和阿伦尼乌斯公式	56
3.3.3 催化剂的影响	57
知识拓展:催化剂简介	59
本章要点	63
习题	64
第4章 溶液中的酸碱平衡	65
4.1 非电解质溶液的通性	65
4.1.1 溶液的蒸气压下降	65
4.1.2 溶液的沸点上升和凝固点下降	66
4.1.3 渗透压	68
4.2 强电解质溶液理论	69
4.2.1 离子氛	69
4.2.2 活度系数	70
4.3 酸碱理论简介	70

4.4 水的电离平衡	72
4.4.1 水的离子积常数	72
4.4.2 溶液的酸碱性	73
4.5 弱电解质的解离平衡	74
4.5.1 酸和碱在水溶液中的离子平衡及 pH 的计算	74
4.5.2 多元弱酸的解离平衡	76
4.6 缓冲溶液	77
4.6.1 同离子效应	77
4.6.2 缓冲溶液的概念	78
4.6.3 缓冲作用原理	79
4.7 盐类的水解	80
4.7.1 水解反应	80
4.7.2 水解平衡的计算	81
4.7.3 分步水解	82
4.7.4 影响水解平衡的因素	83
知识拓展:非水溶液化学简介	84
本章要点	89
习题	90
第5章 沉淀溶解平衡	92
5.1 溶度积和溶度积规则	92
5.1.1 溶度积常数	92
5.1.2 溶度积与溶解度的关系	93
5.1.3 溶度积规则	94
5.2 沉淀的生成	95
5.3 沉淀的溶解	97
5.4 分步沉淀	99
5.5 沉淀的转化	101
5.6 沉淀—溶解平衡的应用	103
知识拓展:水热结晶学介绍	105
本章要点	108
习题	109

第6章 氧化还原反应	111
6.1 氧化还原反应方程式的配平	112
6.1.1 氧化数法	112
6.1.2 离子-电子法	116
6.2 原电池与电极电势	118
6.2.1 原电池及其表示方法	118
6.2.2 标准电极电势	121
6.2.3 影响电极电势的因素	123
6.2.4 电极电势的应用	127
6.3 原电池电动势与氧化还原平衡	129
6.3.1 原电池电动势 E 与吉布斯自由能变的关系	129
6.3.2 标准电动势与氧化还原反应的平衡常数	130
6.4 元素电势图及其应用	132
知识拓展:化学电源及其发展趋势	135
本章要点	142
习题	143
第7章 原子结构与周期律	146
7.1 原子结构理论的建立和发展	146
7.1.1 经典原子结构模型	146
7.1.2 氢原子结构的玻尔理论	147
7.2 微观粒子的运动特征和规律	148
7.2.1 微观粒子的运动特征	148
7.2.2 海森堡测不准原理	150
7.3 核外电子运动的量子力学描述	151
7.3.1 薛定谔方程	151
7.3.2 四个量子数	152
7.3.3 波函数和原子轨道	154
7.3.4 概率密度和电子云	156
7.4 多电子原子核外电子排布	158
7.4.1 核外电子排布的原则	158
7.4.2 多电子原子轨道的能级	160
7.4.3 基态原子中电子的排布	163

7.4.4 基态原子价层电子构型	167
7.4.5 简单离子的基态电子分布	168
7.4.6 元素周期系与核外电子分布的关系	168
7.5 元素原子性质的周期性	170
7.5.1 原子半径	170
7.5.2 电离能(I)	172
7.5.3 电子亲合能(E_A)	173
7.5.4 电负性	174
7.5.5 元素的氧化数	175
7.5.6 元素的金属性和非金属性	176
知识拓展:诺贝尔化学奖与化学发展	177
本章要点	182
习题	184
第8章 分子结构	187
8.1 化学键	187
8.1.1 离子键	187
8.1.2 价键理论	190
8.2 分子的几何构型	196
8.2.1 杂化轨道理论	196
8.2.2 价层电子对互斥理论	201
8.3 分子轨道理论	206
8.3.1 分子轨道理论的基本要点	206
8.3.2 原子轨道线性组合与分子轨道的类型	208
8.3.3 同核双原子分子的分子轨道能级图	211
8.3.4 分子轨道理论的应用	212
8.3.5 异核双原子分子的分子轨道能级图	213
8.4 键参数	214
8.4.1 键能	214
8.4.2 键长	215
8.4.3 键角	215
8.4.4 键的极性	215
8.4.5 键级	216

8.5 分子间力和氢键	216
8.5.1 分子的极性和变形性	217
8.5.2 分子间力	219
8.5.3 氢键	221
知识拓展:超分子化学新进展	224
本章要点	228
习题	230
第9章 固体的结构与性质	232
9.1 晶体和非晶体	232
9.1.1 晶体的特征	232
9.1.2 晶体的内部结构	236
9.1.3 单晶体和多晶体	237
9.1.4 同素异构体	237
9.1.5 液晶	238
9.2 离子晶体及其性质	239
9.2.1 离子晶体的特征和性质	239
9.2.2 离子晶体中最简单的结构类型	239
9.2.3 离子晶体的稳定性	243
9.3 原子晶体和分子晶体	244
9.3.1 原子晶体	244
9.3.2 分子晶体	244
9.4 金属晶体	245
9.4.1 金属晶体的内部结构	245
9.4.2 金属键	246
9.4.3 固体的能带理论	246
9.5 混合型晶体和晶体的缺陷	249
9.5.1 混合型晶体	249
9.5.2 实际晶体的缺陷及其影响	249
9.5.3 实际晶体的键型变异	250
9.6 离子极化对物质性质的影响	251
9.6.1 离子的电子构型	251
9.6.2 离子极化的概念	251

9.6.3 离子极化对物质结构和性质的影响	254
9.7 固体的物性	256
9.7.1 解理性	256
9.7.2 硬度	256
9.7.3 非线性光学效应	257
9.7.4 超导性	257
9.7.5 纳米物质的特异性	258
知识拓展:晶体结构分析技术的发展	258
本章要点	261
习题	262
第10章 配位化合物	265
10.1 配合物的基本概念	266
10.1.1 配合物的组成	266
10.1.2 配合物的化学式及命名	270
10.2 配合物的化学键理论	271
10.2.1 价键理论	271
10.2.2 晶体场理论	276
10.2.3 几何异构现象	282
10.3 配合物在水溶液中的稳定性	283
10.3.1 配位平衡及平衡常数	283
10.3.2 配离子稳定常数应用	285
10.3.3 影响配合物稳定性的因素	288
10.4 配合物的类型和制备方法	291
10.4.1 配合物的类型	291
10.4.2 配合物的制备	295
10.5 配位化学的应用和发展前景	297
知识拓展:光、电、磁功能配位材料新进展	299
本章要点	304
习题	305
第11章 元素化学	309
11.1 金属通论	309
11.1.1 金属的分类	309

11.1.2 金属的结构和性质	310
11.1.3 金属冶炼	310
11.1.4 主族金属元素选论	311
11.1.5 过渡元素选论	315
11.2 非金属元素的通论	322
11.2.1 非金属元素单质的性质	322
11.2.2 非金属元素的氢化物	323
11.2.3 非金属含氧酸及其盐	324
11.2.4 非金属元素选述	326
11.3 稀有气体简述	346
11.3.1 稀有气体的发现	346
11.3.2 稀有气体的存在、结构、性质和用途	347
11.3.3 稀有气体化合物	348
知识拓展:生物元素与人体健康	349
本章要点	352
习题	353
附录	356
附录1 一些基本物理常量	356
附录2 标准热力学数据	357
附录3 一些弱酸、弱碱的解离常数	364
附录4 一些物质的溶度积	365
附录5 标准电极电势	366
附录6 配合物的稳定常数	370
参考文献	372
元素周期表	373

绪 论

1.1 化学研究的对象和重要作用

1.1.1 化学是研究物质化学变化的科学

自然界是由物质组成的,形形色色的物质处于永恒的运动之中。自然科学的研究对象是客观存在的物质,是以物质的基本属性——运动作为研究的内容。目前,人们把客观存在的物质(matter)划分为实物(substance)和场(field)(电磁场、引力场等)两种基本形态。实物具有静止质量,如原子、分子、电子等。场不具有静止质量,如电场、磁场、原子核内力场等。按照物质的构造来划分,从宏观的天体,到微观的基本粒子,可分为若干层次。化学(chemistry)所研究的主要对象是单质、化合物与原子、分子和离子等这个层次的实物(习惯上把实物仍称为物质)。

物质运动的形式主要分为机械运动、物理运动、化学运动、生物运动和社会运动等。化学研究的主要内容是物质的化学运动,即物质的化学变化,化学变化实际上是分子、原子或离子等因核外电子运动状态的改变而发生的诸如分解和化合等变化的过程,同时伴有物理变化(如光、热、电、颜色、物态等)的发生。因此,在研究物质化学变化的同时,也必须注意研究相关的变化。对这些相关变化的研究,有时会反过来促进化学学科自身的发展。如研究化学反应产生的电流,导致电化学的发展;对化学反应热的研究,又产生热化学,等等。

发生化学变化之后,原物质变成了新物质,但不涉及原子核的变化。由于物质的化学变化与物质的化学性质相关,而物质的化学性质又同组成和结构密切相关。因此,首先是研究物质本身的组成、结构以及它们的性质,其次是研究物质发生化学变化的外界条件,最后还要对

变化本身的规律进行研究,即反应能否发生,程度如何,有哪些影响因素,如何实现化学反应等,并综合理解和应用。

综上所述,化学是一门在原子、分子或离子层次上研究:①物质的组成、结构和性质的关系;②物质的组成、结构变化的内在联系以及外界变化条件的影响;③伴随这些变化的效应等规律的自然科学。

化学研究的内容非常丰富,随着人们对物质化学运动形式认识的逐渐加深,到 19 世纪末,化学形成了四大学科分支:

无机化学:研究所有元素的单质及其化合物(碳氢化合物及其衍生物除外)。

有机化学:研究碳氢化合物及其衍生物。

分析化学:研究物质成分的测定方法和原理。

物理化学:运用物理学的原理和实验方法研究物质化学变化的基本规律。

此外,化学与其他学科之间的相互渗透、相互融合,以及化学学科内部各分支学科之间的相互交叉,又不断形成许多新的边缘学科和应用学科,如生物化学、环境化学、食品化学、药物化学、农业化学、量子化学、结构化学、放射化学、激光化学、计算化学、绿色化学、地质化学等。随着社会的发展这些新兴学科正显示着日益增加的重要性。

1.1.2 化学的重要作用

从宇宙进化的层次结构来看,化学是研究化学进化这一层次的科学。因此,化学不会消亡。但化学的研究对象,却要随着时代的进步而不断更新。在 19 世纪和 20 世纪上半叶,发现新元素及其化合物是化学研究的前沿之一,元素周期律是当时的一个重要化学规律。从 20 世纪下半叶起,化学的主要任务是合成新分子。在过去的 55 年中,新分子和化合物的数目从 110 万种增加到 2 000 万种以上。在这些新分子中,有许多是人们感兴趣的明星分子,例如能使血管扩张、传递神经信息的“信使分子”——NO,此外,1985 年合成的 C_{60} ,1991 年合成的碳纳米管等都是新奇的明星分子。21 世纪的化学在研究对象的更新方面有三个特征:①在数量上,新分子和新化合物将以指数函数的速度增长,大概每 10 年翻一番;②在质量上,将更加重视人类需要的功能分子和功能材料;③将不再满足合成新分子,而要把分子扩展组装成分子材料、分子器件、分子机器,例如碳纳米管分子导线、分子开关、分子磁体、分子电路、分子计算机等。

多数科学家预言 21 世纪是生命科学的世纪,但现代生命科学须在分子层次及以上水平来研究。在分子水平上的研究方法之一就是化学方法。如果有了深厚的化学理论、方法和实验基础,再去从事分子生物学和生命科学的研究,将会取得很大成功,这在中外的著名生物学家中有不少例子。

另外,化学也是社会迫切需要的实用科学。化学与人类社会的衣、食、住、行、能源、信息、材料、国防、环境保护、医药卫生、资源利用等都有密切的关系。例如在化学合成新材料方面,已经合成出比头发丝还细的石英光导纤维,用它在通讯中代替铜线,一根光导纤维就可供 2.5 万人同时通话而互不干扰。1987 年发现 $YBa_2Cu_3O_x$ 一类氧化物显示超导性的温度为 95 K,这意味着在液氮温度下实现超导性已成为可能,这样就有可能把电能进行长距离输送而无损失。人体中微量元素的作用正在被化学家逐个探明,合成的新药物