



普通高等教育“十二五”规划教材

权新军 主编

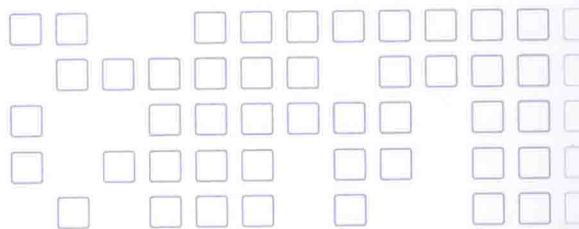
吉林大学化学学院

无机化学简明教程

(第二版)



科学出版社



普通高等教育“十二五”规划教材

无机化学简明教程

(第二版)

权新军 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要针对近化学类及非化学类专业少学时无机化学课程理论教学而编写,参考学时为 50~60。

本书内容包括:绪论、化学基础知识、化学反应基本规律、化学平衡、氧化还原反应、物质结构基础、s 区元素选述、p 区元素选述、d 区元素选述、ds 区元素选述。本书将酸碱平衡、沉淀溶解平衡和配位平衡有机地整合于化学平衡一章中,配合物的价键理论并入杂化轨道理论中,体现了内容之间的内在联系。本书理论部分与元素部分并重、体系新颖、内容精练、重点突出、通俗易懂,便于教师教学和学生自学。

本书可作为高等学校环境类、材料类、冶金类、轻工类、纺织类、给排水、药学、生物、农业、食品、地球化学等专业本科生的无机化学课程教材,同时为使用本书的教师免费提供配套的多媒体课件和习题与解答。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学简明教程/权新军主编. —2 版. —北京:科学出版社,2015.3
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-03-043740-2

I. ①无… II. ①权… III. ①无机化学-高等学校-教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 050579 号

责任编辑:赵晓霞 / 责任校对:张小霞
责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2015 年 3 月第 二 版 印张:18 1/4 插页 1
2015 年 3 月第六次印刷 字数:400 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《无机化学简明教程》(第二版)

编写委员会

主 编 权新军(吉林大学)

副主编 邵超英(东华大学)

徐 昕(吉林大学)

刘晓丽(吉林大学)

编 委(按姓名汉语拼音排序)

邸建城(吉林大学)

金为群(吉林大学)

刘松艳(吉林大学)

刘晓丽(吉林大学)

权新军(吉林大学)

邵超英(东华大学)

徐 昕(吉林大学)

张亚南(吉林大学)

第二版前言

《无机化学简明教程》自 2009 年问世以来,以其叙述简明、重点突出、体系新颖的特点,特别适合少学时无机化学课程教学,受到广大师生的欢迎。现在,该教材出版已有 5 年,在过去的 5 年中,伴随着经济的飞速发展,我国高等教育、教学改革力度不断加大,创新型人才的培养得到越来越多的重视,课程体系进一步优化,课程内容不断更新。为了适应这一变化,编者在总结 5 年来教学经验和读者反馈意见的基础上,对教材内容进行了修订。修订的原则是:

(1) 保持第一版叙述简明、重点突出、理论部分和元素部分并重、实用性强、易教易学的特点。

(2) 根据中学化学新课标和大学课程设置,尽量减少与中学化学教材和后续课程重复的内容,以及少学时无机化学课程基本要求中不涉及的部分。

(3) 加强教材的导读、辅学、互动功能,注重培养学生创新能力。

(4) 进一步优化课程体系,使教材更加便于教学。

基于上述原则,本书删去了金属键的能带理论、稀有气体、f 区元素简介等内容;将缓冲溶液内容调回第 3 章化学平衡中;增加了绪论和各章小结;增加了例题和习题数量;改写了阅读材料;以脚注形式介绍相关知识链接、参考文献;参照新版化学手册核对了元素和化合物有关数据。

本书绪论由权新军编写,第 1 章由刘晓丽、徐昕修订,第 2 章由金为群、张亚南修订,第 3 章由刘松艳、张亚南修订,第 4 章由刘晓丽、邵超英修订,第 5 章由权新军、邵超英修订,第 6 章由权新军修订,第 7 章由权新军、邵超英修订,第 8 章由徐昕、邸建城修订,第 9 章由权新军、邸建城修订,附录由张亚南修订。全书由权新军统一整理、修改和定稿。

科学出版社对本书的再版给予了大力支持,编者在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请各位教师和学生批评、指正。

权新军

2014 年 11 月于吉林大学

第一版前言

无机化学是高等学校近化学类各专业本科生的第一门化学必修基础课,它对于本科生后续课程的学习和综合素质的培养都起着非常重要的作用。21 世纪,社会对人才的综合创新能力有了更高的要求,高等学校为了顺应这一趋势,不断地调整课程设置,对一些原有的基础课程进行了大幅度的压缩。近年来,许多院校近化学类专业的无机化学课程理论教学时数已经减少到 50~60 学时。在如此有限的学时内要完成无机化学基础理论和基础知识的教学,不仅需要任课教师对教学内容和课程体系进行精心的调整和改革,而且需要任课教师为学生选择一本便于学习的教材。现行的无机化学教材大多系统完整,内容丰富,同时篇幅也很大,用于少学时无机化学课程无疑会给教学带来很大不便。为此,我们从 2006 年 4 月份开始编写少学时的无机化学教材。

化学是一门以实验为基础的科学,在无机化学中,尽管基础理论占有重要地位,然而元素部分则是中心内容。国际著名无机化学家 F. A. 科顿和威尔金森曾说过:“一个学生读了一本《无机化学》,而这本书几乎完全由理论和所谓的原理组成,只是偶尔在‘恰当地’说明那些‘原理’时才提到一些不容置疑的实际内容,那么他实际上等于没有学过无机化学这门课程”。可见,不管课程的学时是多还是少,处理好理论部分和元素部分的关系都是十分必要的。

本书突破了以往主要靠削减元素化学内容来压缩学时的做法,从无机化学各部分之间内在的联系入手,对教学内容进行优化整合,建立新的无机化学课程体系。在对内容的组织上,考虑到酸碱平衡、沉淀-溶解平衡、配位平衡从原理到计算方法其本质是一致的,将原来属于不同章节的这三大平衡并入化学平衡一章;对于元素化学内容,在介绍通性的基础上,着重介绍有代表性的化合物的性质和反应。此外,无机化合物的命名在实际工作中是很重要的,但通常在无机化学教材中却很少提及,为此编者专门安排了一节来介绍这方面的内容。这样本书的篇幅得到了有效的压缩,达到了重点突出,叙述简明,理论部分和元素部分并重,实用性强,易教易学的效果。

基础化学教材不仅是学生学习化学课程的教科书,还应成为学生了解化学成就、化学前沿、化学思维方式的媒体。为此,章末选编了阅读材料,以满足培养学生创新能力的要求。

全书共 9 章,第 1 章由刘晓丽、徐昕编写,第 2 章由金为群、张亚南编写,第 3 章由刘松艳、李艳编写,第 4 章由刘晓丽、咸春颖编写,第 5~7 章由权新军、邵超英编写,第 8 章由徐昕、咸春颖、权新军编写,第 9 章由李艳、梅文杰编写。全书由权新军统一整理、修改和定稿。

承蒙国家级教学名师西北大学唐宗薰教授担任本书的主审。唐老师不仅牺牲春节休息时间认真审读全书,提出了许多重要的修改意见,而且提供多页讲稿供编者参考,才使本书能以今天的面貌问世。唐老师严谨、认真的科学态度令人钦佩,在此对唐老师表示衷

心感谢。本书在编写过程中自始至终得到了吉林大学宋天佑教授的关怀、支持和指导,在此对宋老师表示衷心感谢。同时也感谢吉林大学教务处对本书面世并确立为吉林大学“十一五”规划教材所给予的支持和鼓励,感谢科学出版社为本书出版所付出的辛劳。

我们深知,一本优秀的教材需要经过千锤百炼、精雕细琢才能形成。作为一种新的尝试,本书无论从教材体系到具体内容的表述都难免有不尽如人意的地方,虽然本书已在吉林大学本科教学中试用过三届,并经过再三修改,但由于作者水平有限,不妥之处仍在所难免,恳请各位老师和读者不吝赐教。

权新军

quanxinjun@sina.com

2009年4月于吉林大学

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	(1)
第1章 化学基础知识	(7)
1.1 溶液浓度的表示方法	(7)
1.1.1 B的质量分数	(7)
1.1.2 B的物质的量浓度	(7)
1.1.3 溶质B的质量摩尔浓度	(7)
1.1.4 B的物质的量分数	(8)
1.2 气体	(8)
1.2.1 理想气体状态方程	(8)
1.2.2 混合气体分压定律	(10)
1.3 无机化合物系统命名法简介	(12)
1.3.1 无机化合物命名的常用术语	(12)
1.3.2 二元及三元、四元化合物的命名	(12)
1.3.3 简单含氧酸及其盐的命名	(13)
1.3.4 配位化合物的组成与命名	(14)
本章小结	(17)
阅读材料 化学——为人类进步提供物质基础的核心科学	(18)
习题	(20)
第2章 化学反应基本规律	(22)
2.1 几个热力学基本概念	(22)
2.1.1 系统与环境	(22)
2.1.2 状态与状态函数	(23)
2.1.3 过程与途径	(23)
2.1.4 相	(24)
2.2 化学反应中的质量守恒和能量守恒	(24)
2.2.1 化学反应中的质量守恒定律 反应进度	(24)
2.2.2 热力学第一定律	(25)
2.2.3 化学反应的反应热	(27)
2.2.4 反应热的计算	(29)
2.3 化学反应进行的方向	(33)
2.3.1 化学反应的自发性	(34)

2.3.2 熵与熵变	(35)
2.3.3 吉布斯自由能变与化学反应进行的方向	(37)
2.4 化学反应速率	(41)
2.4.1 化学反应速率的表示方法	(41)
2.4.2 反应速率理论和活化能	(42)
2.4.3 影响化学反应速率的因素	(44)
本章小结	(49)
阅读材料 化学——在相关学科发展中起牵头作用的学科	(51)
习题	(53)
第3章 化学平衡	(57)
3.1 化学反应进行的限度——化学平衡	(57)
3.1.1 标准平衡常数	(57)
3.1.2 常见化学平衡的简单计算	(62)
3.2 化学平衡的移动	(68)
3.2.1 浓度对化学平衡的影响	(68)
3.2.2 压力对化学平衡的影响	(72)
3.2.3 温度对化学平衡的影响	(74)
本章小结	(75)
阅读材料 欣赏化学反应的慢镜头——飞秒化学	(77)
习题	(78)
第4章 氧化还原反应	(81)
4.1 氧化还原反应概述	(81)
4.1.1 氧化与还原	(81)
4.1.2 氧化数	(81)
4.1.3 氧化还原反应方程式的配平	(82)
4.2 原电池和电极电势	(84)
4.2.1 原电池	(84)
4.2.2 电极电势	(85)
4.3 电池反应的热力学	(88)
4.3.1 原电池电动势与吉布斯自由能变的关系	(88)
4.3.2 原电池电动势与电池反应标准平衡常数的关系	(88)
4.3.3 原电池电动势与标准电动势的关系	(89)
4.4 影响电极电势的因素	(89)
4.4.1 浓度对电极电势的影响——能斯特方程	(89)
4.4.2 酸度对电极电势的影响	(91)
4.4.3 沉淀的生成对电极电势的影响	(91)
4.4.4 配合物的形成对电极电势的影响	(92)
4.5 元素电势图	(93)

4.5.1 判断歧化反应能否发生	(93)
4.5.2 计算标准电极电势	(94)
本章小结	(95)
阅读材料 符合可持续发展战略的高层次化学学科——绿色化学	(96)
习题	(97)
第5章 物质结构基础	(100)
5.1 近代原子结构理论的确立	(100)
5.1.1 氢原子光谱	(100)
5.1.2 玻尔理论	(100)
5.2 微观粒子运动的特殊性	(102)
5.2.1 微观粒子的波粒二象性	(102)
5.2.2 不确定性原理	(102)
5.2.3 微观粒子运动的统计规律	(103)
5.3 核外电子运动状态的描述	(104)
5.3.1 薛定谔方程	(104)
5.3.2 概率密度和电子云	(105)
5.3.3 原子轨道和电子云的图像	(106)
5.3.4 四个量子数	(109)
5.4 核外电子的排布	(111)
5.4.1 影响轨道能量的因素	(111)
5.4.2 多电子原子的能级	(113)
5.4.3 核外电子的排布	(115)
5.5 元素在周期表中的位置与元素性质的周期性	(118)
5.5.1 元素在周期表中的位置	(118)
5.5.2 元素性质的周期性	(119)
5.6 离子键理论	(123)
5.6.1 离子键的形成和性质	(123)
5.6.2 离子的特征	(124)
5.6.3 离子晶体	(125)
5.7 共价键理论	(127)
5.7.1 价键理论	(128)
5.7.2 价层电子对互斥理论	(130)
5.7.3 杂化轨道理论	(133)
5.7.4 分子轨道理论	(137)
5.7.5 离域 π 键	(141)
5.8 金属键理论简介	(142)
5.8.1 金属键的改性共价键理论	(142)
5.8.2 金属晶体的紧密堆积	(142)

5.9 分子间的相互作用	(143)
5.9.1 分子的极性	(143)
5.9.2 分子间力	(144)
5.9.3 氢键	(146)
本章小结	(147)
阅读材料 20 世纪最伟大的化学家之一——鲍林	(149)
习题	(151)
第 6 章 s 区元素选述	(154)
6.1 氢	(154)
6.1.1 氢的成键特征	(154)
6.1.2 氢的化学性质	(155)
6.2 碱金属与碱土金属元素	(156)
6.2.1 碱金属与碱土金属元素的通性	(156)
6.2.2 氧化物和氢氧化物	(157)
6.2.3 盐类	(160)
6.2.4 锂、铍的特殊性和对角线规则	(160)
本章小结	(161)
阅读材料 化学家怎样测定新分子的结构?	(161)
习题	(163)
第 7 章 p 区元素选述	(164)
7.1 卤素	(164)
7.1.1 卤素的通性	(164)
7.1.2 卤化氢及氢卤酸	(166)
7.1.3 卤化物	(167)
7.1.4 卤素的含氧酸及其盐	(170)
7.1.5 无机含氧酸氧化还原性变化规律	(173)
7.2 氧族元素	(174)
7.2.1 氧族元素的通性	(174)
7.2.2 氧和氧的重要化合物	(175)
7.2.3 硫和硫的重要化合物	(178)
7.2.4 无机酸强度变化规律	(186)
7.3 氮族元素	(187)
7.3.1 氮族元素的通性	(187)
7.3.2 氮的重要化合物	(188)
7.3.3 磷和磷的重要化合物	(192)
7.3.4 砷、锑、铋的重要化合物	(196)
7.4 碳族元素	(197)
7.4.1 碳族元素的通性	(197)

7.4.2 碳及其无机化合物	(198)
7.4.3 硅及其重要化合物	(201)
7.4.4 锡、铅及其重要化合物	(202)
7.5 硼族元素	(205)
7.5.1 硼的重要化合物	(205)
7.5.2 铝及其化合物	(207)
7.5.3 无机化合物的水解规律	(208)
本章小结	(208)
阅读材料 具有广泛应用前途的新兴材料——纳米材料	(210)
习题	(212)
第8章 d区元素选述	(217)
8.1 d区元素的通性	(217)
8.1.1 d区元素原子结构的特征	(217)
8.1.2 d区元素的性质	(217)
8.2 钛和钛的重要化合物	(221)
8.2.1 单质钛	(221)
8.2.2 二氧化钛	(222)
8.2.3 四氯化钛	(223)
8.3 铬和铬的重要化合物	(223)
8.3.1 铬和铬的元素电势图	(223)
8.3.2 铬(Ⅲ)的化合物	(224)
8.3.3 铬(Ⅵ)的化合物	(225)
8.4 锰的重要化合物	(227)
8.4.1 锰和锰的元素电势图	(227)
8.4.2 锰(Ⅱ)的化合物	(228)
8.4.3 锰(Ⅳ)的化合物	(229)
8.4.4 锰(Ⅵ)的化合物	(229)
8.4.5 锰(Ⅶ)的化合物	(230)
8.5 铁系元素的重要化合物	(230)
8.5.1 铁系元素及其元素电势图	(230)
8.5.2 化合物的溶解性	(232)
8.5.3 化合物的氧化还原性	(233)
8.5.4 化合物的水解性	(233)
8.5.5 铁系元素有代表性的盐	(234)
8.6 铁系元素的配位化合物	(235)
8.6.1 铁的配位化合物	(235)
8.6.2 钴和镍的配位化合物	(236)
本章小结	(237)

阅读材料 无机合成简介(一).....	(238)
习题.....	(241)
第9章 ds区元素选述	(244)
9.1 铜副族元素	(244)
9.1.1 铜副族元素的单质	(244)
9.1.2 铜的重要化合物	(245)
9.1.3 银的重要化合物	(248)
9.2 锌副族元素	(248)
9.2.1 锌副族元素的单质	(248)
9.2.2 锌和镉的重要化合物	(250)
9.2.3 汞的重要化合物	(251)
本章小结.....	(253)
阅读材料 无机合成简介(二).....	(254)
习题.....	(255)
参考书目	(257)
附录	(258)
附录1 常用物理化学常数	(258)
附录2 国际单位制(SI)基本单位	(258)
附录3 常用换算关系	(258)
附录4 一些弱酸和弱碱的解离常数	(259)
附录5 常见难溶电解质的溶度积	(260)
附录6 标准电极电势(298.15K)	(263)
附录7 一些配位化合物的稳定常数	(266)
附录8 一些单质和化合物的热力学函数(298.15K,100kPa)	(266)
附录9 国际相对原子质量表(1995年).....	(271)

绪 论

世界是由物质构成的,物质是不断变化的。化学就是研究物质化学变化的自然科学分支,它是人类用以认识和改造物质世界的主要方法和手段之一,它的成就大大地改善了人类的生存质量,推动了科学进步,成为社会文明的重要标志。

0.1.1 化学的研究对象及其在社会发展和科学进步中的作用

1. 化学的研究对象与分支

化学,顾名思义,是指“变化的科学”。它的经典定义是:在原子、分子层次上研究物质的组成、结构、性质与变化规律的科学。

随着科学技术的发展,化学的研究对象也在不断扩展。进入 21 世纪,化学的研究对象已经从原来的原子、分子层次扩展到超分子层次(如包裹 C_{60} 的环糊精分子)、高分子层次、生物分子层次、纳米分子和纳米聚集体层次(如碳纳米管)、原子和分子的宏观聚集体层次(如固、液、气体,溶液,胶体,熔融体等)、复杂分子体系、分子器件(如分子芯片、分子开关)、分子机器(如分子马达)、宏观组装器件(如燃料电池)等。因此,中国科学院院士、北京大学徐光宪教授又把化学称为是研究泛分子的科学。

化学的魅力在于可以创造出种类繁多、性质各异的新物质。据统计,人类从天然产物中分离和用人工方法合成的化合物的种类总数 1900 年为 55 万种,1945 年达到 110 万种,1970 年达到 236.7 万种,1999 年达到 2340 万种,2003 年达到 4500 万种^①,这些化合物绝大多数是人工合成的。到目前为止,化学家已经创造出约 5500 万种新物质^②。难怪著名化学家、诺贝尔化学奖获得者伍德沃德(Woodward,美)曾说:“化学家在老的自然界旁边又建立起了一个新的自然界”^③。

在自然科学中,化学属于一级学科,它的下面又分 5 个二级学科:无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、高分子化学。

现代科学研究有一个显著的特点,即新理论、新发明的产生,新的工程技术的出现,经常是在学科的边缘或交叉点上,化学研究也不例外。化学与其他学科相互渗透产生了许多重要的交叉学科,如生物化学、环境化学、材料化学、地球化学、能源化学、药物化学、计算化学、化学物理、海洋化学、大气化学、食品化学等。

2. 化学的作用

在现今社会中,只要一提起化学,很多人就会把温室效应、臭氧层空洞、酸雨、大气污

① 参见:徐光宪. 今天的化学家在干什么? 百科知识, 2004, (7)。

② 参见:陈荣,高松. 无机化学学科前沿与展望. 北京:科学出版社, 2012:80。

③ 参见:步里斯罗 R. 化学的今天与明天. 北京:科学出版社, 2001。

染、水污染这些环境问题归咎于化学。实际上,这些环境问题的产生,有的是人类当时对某些化学品的性质及对环境的潜在影响认识不足造成的,有的是人们过分追求经济效益忽视环境保护造成的。不管是哪种原因,从本质上讲,都是人们没有正确地运用化学变化的基本规律造成的。也就是说,化学本身并没有错,把环境问题归咎于化学是不公正的。事实上,化学在推动社会发展和科学进步的过程中一直都发挥着巨大的作用。

首先,化学的发展为满足人类生存、提高生存质量和保障生存安全提供了坚实的物质基础。例如,合成氨技术的发明,使全世界粮食产量增加了1倍以上,30亿人口免于饿死;许多新药物的发明和诊断方法的建立,使人类在20世纪能够战胜和消灭某些疾病,人均寿命延长了25年。化学创造的许多功能材料,用以制造高速交通工具、高效计算机、通信设备、家用电器和生活用具,大大提高了人们的生活质量。

其次,作为自然科学三大基石之一的化学学科,同时还在其他自然科学学科的发展过程中起着重要的作用。化学的前身——古代的炼金术带动了药学的发展,而近代化学的发展更是促进了材料科学、环境科学及生命科学等相关学科的进步,化学学科一直在相关学科的发展中起着牵头的作用。正如美国化学家皮门特尔(Pimentel)在《化学中的机会——今天和明天》一书中指出的“化学是一门中心科学,它与社会发展各方面的需要都有密切的关系”。

0.1.2 无机化学及其研究前沿

无机化学是研究无机物质的组成、结构、反应、性质和应用的学科,它是化学学科中历史最悠久的分支学科。

无机化学的研究对象非常广泛,涉及元素周期表中的所有元素。无机化学从分子、团簇、纳米、介观^①、体相等多层次、多尺度上研究物质的组成和结构,以及物质的反应与组装,探索物质的性质和功能。

目前国际上无机化学研究的前沿领域主要有以下几个方面^②。

1. 无机合成化学

无机合成化学最重要的任务是创造新的无机物质和弄清楚它们的结构,它涵盖传统的无机合成化学和现代制备化学及组装科学,为化学学科及相关学科的持续性发展提供驱动力。研究热点主要集中在以下几个方面:

(1) 无机合成新方法、新路线、新技术、新概念的提出与发展。

随着现代科学技术的进步,发展可用于合成复杂和特殊结构与性能无机物的新方法和新技术显得非常重要,包括高通量组合化学方法、环境友好的绿色无机合成、极端条件下或外场(光、磁场)诱导下的无机合成、非水溶剂体系和反应离子热合成、无机光化学和电化学合成等。

(2) 以功能为导向,在多尺度开展结构可控设计、定向合成、制备和剪裁。

^① 指介于微观和宏观之间的状态。

^② 参见:陈荣,高松. 无机化学学科前沿与展望. 北京:科学出版社,2012。

(3) 无机自组装合成的研究。

自组装是指在适当条件下没有外部干预时,基本组装单元(分子、纳米材料、微米或更大尺度的物质)发生自聚集或有序排列,从而形成一个稳定、具有一定规则几何外形结构的过程。自组装合成是以分子水平构筑功能材料的一种新方法,目前在无机超分子晶体合成、新型微孔及功能 MOFs 材料的合成、新型介孔材料的合成、功能插层材料的合成、有机-无机杂化材料的合成、功能纳米材料的合成、特殊结构及复合结构材料的合成中都有重要的应用。

(4) 对复杂无机体系反应过程与机制的深入理解。

(5) 无机固体材料、功能配合物、原子团簇化合物的设计合成、组装与功能化。

2. 无机材料化学

无机材料化学是研究无机材料制备、组成、结构、功能及其应用的一门学科,当前的研究热点主要有:

(1) 金属、氧化物结构敏感催化材料。结构敏感材料是一类光、电、磁性能对原子的空间排列变化敏感的晶体材料,许多金属、氧化物结构敏感催化材料在催化反应中表现出很高的活性和选择性。

(2) 高效能源材料。包括锂离子电池材料、大容量储氢材料、质子交换膜燃料电池材料、薄膜太阳能电池材料、热电材料(可以将热能和电能直接进行转换)等。

(3) 非线性光学晶体材料。用于激光器中,是激光变频、激光调制、光折变晶体记忆和存储技术必不可少的材料。

(4) 分子筛及多孔材料。包括多孔碳材料、多孔半导体材料、多孔主客体材料、多级孔材料等,这些材料在石油化工、吸附与分离、储能、催化等领域具有广泛的应用。

(5) 稀土化合物功能材料。包括稀土永磁材料、稀土磁致伸缩材料、稀土磁致冷材料、稀土储氢材料、稀土发光材料、稀土催化材料、稀土陶瓷材料等,它们广泛应用于各类高科技领域。

(6) 无机-有机杂化材料。无机材料具有电子结构多样性、高强度、高硬度及光、热化学稳定等特征,有机分子材料具有分子和能带结构可以进行人工设计、光电转换效率高、响应速度快及分子柔性等特点,实施无机-有机材料的功能复合能得到性能更优异的杂化材料,在能源、信息储存、传递、隐身、生物、医学及仿生等领域呈现出诱人的应用前景。

(7) 先进碳材料。富勒烯、碳纳米管、石墨烯等碳基纳米材料因其具有特殊的结构和性质,在很多领域(如生命科学、催化、传感器、磁共振成像、锂电池等)具有重要的潜在应用前景。

3. 生物无机化学

生物无机化学研究生命体系内金属离子、无机小分子和矿物的化合状态、结构和转化等过程的化学机理,阐明无机离子、分子和分子有序聚集体在生命过程中的功能和意义,发现和研究能够显示或调控生命过程的金属化合物探针,具有治疗、诊断和预防疾病的金属和无机药物,进而研究生命体系和无机自然环境的相互作用,探索生物分子和生命体系

的起源和进化规律。

生物体绝非过去人们想象中的单纯有机体。事实上,生物体中有很多金属元素,其中一些与酶有关,它们对于生命过程起着极为重要的作用。例如,血红素中铁的含量直接影响氧的传输与消耗,叶绿素中的镁影响植物对光的吸收与转化,人体中钙离子的多少会影响肌肉的收缩等。药物化学家据此研发出一系列无机药物,如抗肿瘤的铂配合物、钆配合物、卟啉金配合物,抗糖尿病的钒化合物,治疗急性早幼粒型白血病的砷化合物,治疗贫血的铁化合物等。

21 世纪以来,生物无机化学的研究目标从分离体系中的金属酶/金属蛋白、金属配合物-生物大分子(核酸/蛋白质)相互作用,逐渐转向阐明活细胞体系如何在避免金属毒性的同时利用金属离子及其配合物的分子机制或化学基础,而金属酶模型体系、生物启发的无机材料和智能仿生体系也表现出非常活跃的状态。

4. 有机金属化学

含有金属-碳键的一类化合物称为有机金属化合物。例如,1951 年英国的威尔金森(Wilkinson)等发现了夹心化合物二茂铁 $[(C_5H_5)_2Fe]$,该分子中 Fe 原子位于两个平面基团 C_5H_5 之间,他因此项研究和他人一道获得 1973 年诺贝尔化学奖。再如,1953 年德国的齐格勒(Ziegler)成功地利用三乙基铝-四氯化钛作为催化剂合成了低压聚乙烯,反应机理为四氯化钛与有机铝首先作用,被还原至三氯化钛,然后被烷基化而得氯化烷基钛,烯烃络合在钛原子的空位而逐步聚合成长链。1955 年,意大利的纳塔(Natta)用此类催化剂实现了丙烯的等规聚合,他们的研究成果为现代合成材料工业奠定了基础,因此获得了 1963 年诺贝尔化学奖。含有金属-碳键化合物的大量涌现使传统的有机和无机界限趋于消失。有机金属化学就是研究金属与碳成键化合物的制备、结构、反应、功能及其应用的科学。

有机金属化学对石油化工、制药、材料科学的发展起到了巨大的推动作用。它不仅为烯烃聚合、医药中间体的制备、有机分子的转化、不对称合成等重要反应提供了一系列高活性和高选择性的新型催化剂,而且为分子水平上的现代配位催化理论研究提供了重要的科学依据。目前有机金属化学的研究热点主要有以下几个方面:

- (1) 金属-碳多重键化学。
- (2) 不饱和有机金属化合物的合成与反应性能研究。
- (3) 有机金属框架化合物的可控制备与性能研究。
- (4) 有机金属簇合物。
- (5) 有机金属分子材料及器件。
- (6) 有机金属催化的分子活化反应。

0.1.3 无机化学的学习方法

无机化学是大学近化学类专业的第一门化学基础课,也是其他化学课程及许多专业课程的基础。这门课程学得好与不好不仅对后续化学课程的学习有很大的影响,而且对许多专业课程的学习乃至学生综合能力的提高也会产生很大的影响。因此,首先要从主