



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

无机化学

(第二版) 上册

吉林大学 武汉大学 南开大学
宋天佑 程鹏 王杏乔 徐家宁 编



高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

无机化学

(第二版)

上册

吉林大学 武汉大学 南开大学
宋天佑 程 鹏 王杏乔 徐家宁 编

高等教育出版社

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全书共 24 章,分上、下两册出版。上册 11 章,讲述化学基本原理,包括化学热力学和化学动力学初步,原子结构、分子结构和配位化合物结构基础知识,酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡和配位解离平衡等内容。下册 13 章,讲述元素化学中最重要的知识内容,包括 IA 至 VIIA 族和零族,IB, IIB, IVB 至 VIIB 族和 VIII 族, IIIB 族和 La 系、Ar 系单质及其化合物的有关知识。本书刻意体现教材的可读性和可讲授性,并注意保证较完整的资料性。本书将配套出版习题解答和供教师使用的多媒体教学课件。

本书可作为综合性大学、高等师范院校化学类各专业的无机化学教材或普通化学教材,亦可作为其他高等院校与化学相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学. 上册 / 宋天佑等编. —2 版. —北京:
高等教育出版社, 2009. 9
ISBN 978-7-04-028256-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 139663 号

策划编辑 鲍浩波 责任编辑 鲍浩波 封面设计 李卫青 责任绘图 杜晓丹
版式设计 王莹 责任校对 殷然 责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	化学工业出版社印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
		版 次	2004 年 6 月第 1 版 2009 年 9 月第 2 版
开 本	787×960 1/16	印 次	2009 年 9 月第 1 次印刷
印 张	26.75	定 价	31.40 元
字 数	500 000		

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 28256-00

第二版前言

本书第一版于2004年出版,至2008年上、下册都已多次重印,受到广大师生的欢迎。许多高校的化学专业、应用化学专业及近化学类专业使用本书作为教材或主要教学参考书,更多高校的图书馆收藏本书。

由于科学技术的发展和我国高等学校教学改革的深入开展,本书编者于2007年8月23日至24日齐聚吉林大学,对教材修订进行深入交流与研讨。与会编者总结了几年来的教学经验,认真讨论了读者的反馈意见,并将此作为此次修订的主要依据。综合大家的意见,确定在保持第一版可讲授性和较完整的资料性特色的前提下,对教材内容作出适当修正。

对“化学热力学基础”一章中功的数学符号加以修正,对“氧化还原反应”一章中与功的数学符号相关联的内容也随之进行修改,以保持教材的知识体系与国内现行主流物理化学教材相一致。在“化学键理论概述”一章中,增加反极化作用内容,并在此基础上讨论了含氧酸及其盐的热稳定性,与元素各章中的相关内容相呼应。对金属晶体密堆积结构的讨论作了适当的深入。本次修订的重点在于元素部分:适当压缩“氧族元素”和“无机化学新兴领域简介”两章的篇幅,删除“无机物性质规律讨论”一章,充实过渡金属元素各章的内容。

本书将课后复习分成两个部分:总结与思考题、习题。其目的是引导学生认真总结课堂上学习的内容,并在此基础上去完成作业,以便更好地掌握知识,提高解决问题的能力。同时在原有基础上补充和修改了各章的部分习题。

依据“CRC Handbook of Chemistry and Physics”(86th edition 2005—2006)和“Lange's Handbook of Chemistry”(16th edition 2005)两本权威手册重新编写了本书的附录,并以此为标准核对了全书的数据。补充和调整元素各章的“单质及其重要化合物的物理性质”表中的内容,并将其集中于下册的附录中,以便使用时查找。

参加第二版编写工作的人员有王杏乔(第1、2、18和23章),宋天佑(第3、4、5、8、9、10、14、22章和附录),程鹏(第6和7章),徐家宁(第11、15、21和24章),程功臻(第12、13、和19章),史苏华(第16、17和20章)。全书由主编宋天

佑负责统稿,徐家宁参与了下册部分章节的统稿工作。

本次修订工作得到武汉大学、南开大学和吉林大学的大力支持。西北大学唐宗薰教授审阅了本书,并提出了许多重要的修改意见。高等教育出版社鲍浩波、董淑静对本书的再版给予了自始至终的关心与支持。吉林大学张丽荣、王莉、田振芬、黄亮亮和王丽萍为本书附录的编写及习题的核对做了大量工作。使用本书第一版的教师和学生,对本书的修订工作提出了许多宝贵意见和建议。在此一并表示谢意。

本书第一版入选普通高等教育“十五”国家级规划教材,第二版入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材,对于广大同仁的支持诚表谢意。

本书出版得到国家基础科学人才培养基金教材建设项目(编号 J0630423)资助,特此鸣谢。

由于编者水平所限,本书的错误之处在所难免,在此恳请广大读者和同行指出,以期重印和再版时得以改正。

宋天佑

2009年4月28日

于吉林大学

第一版前言

无机化学是化学类本科生的第一门化学基础课。无机化学课的一个重要特点是,它既要完成无机化学学科自身丰富的教学内容,又承担着为后续课程作好必要准备的特殊任务。在大学新生手中有一套优秀的“无机化学”教材,是他们学好大学化学课程的重要保证。另一方面,学生从中学到大学在学习方法和思维方式方面的过渡,也将在学习无机化学阶段得以完成。因此一套有利于素质教育,有利于培养学生创新能力的“无机化学”教材尤为重要,它将为学生的奋斗与拼搏提供可靠的化学基础。

本书参编教师都来自无机化学教学第一线,多年来一直承担无机化学教学任务。每位编者都有一套各具特色的讲稿或讲义,这些材料已经多年锤炼,其知识内容逐渐丰富,编排日趋合理,且注意到理论联系实际,基础知识与现代化学的进展相结合。将这些素材进行加工与改造,仔细雕琢,取长补短,定将能编成一套好的教材。

2001年,我们接受高等教育出版社的委托,开始本书的编写工作。同年10月在南开大学明珠园召开了第一次编写工作会议,明确了《无机化学》的编写目标。为全面培养学生的科学素质和创新能力,本书在汲取20世纪80年代以来国内出版的同类教材的优点的同时,还力求具有以下特色。

1. 处理好无机化学前与中学教学后与大学其它课程在知识内容上的衔接。近些年来,中学化学教学内容进行了较大调整,大学无机化学教材要适应这一变化。处理好无机化学与后续的分析化学、结构化学、物理化学课程的衔接与分工,既要为其打好基础又要避免与其有过多的、不必要的重复。让学生在过程中体会到化学知识的连续性和阶段性,以利于他们更好地走进化学世界。

2. 提高教材的可读性和可讲授性。教材内容由浅入深,循序渐进,让大学一年级的学生能够读懂,适于学生自学。对于深层次的化学理论,在大一学生已有的知识基础上深入浅出地讲述,让选用本教材的教师体会到教材的可讲授性,使之适用于课堂教学。

3. 增加元素及其化合物的内容,提升教材的资料价值。以近期的科学研究

成果为依据,参考权威的书籍与手册,力求介绍全新的无机化合物的制备与生产方法,强调无机物在环境科学、生命科学及材料科学方面的应用。启发学生了解化学科学在自然科学中的地位和化学在提高和改善人类生活质量和水平方面的作用。

4. 重视化学实验在化学教学中的地位。通过对于重要化学史实和重要化学实验的讲述,使学生理解理论源于实践并接受实践检验的认识论的基本思想。使学生在真正理解化学是一门实验科学的基础上,从思想上和行动上牢固树立重视化学实验的观念。

5. 按照高等学校理科化学教学指导委员会 1998 年的《化学专业化学教学基本内容》精神,以一章的篇幅适当介绍无机化学新兴领域,如生物无机化学、有机金属化学、原子簇化学和固体化学等。让学生对无机化学前沿有一个整体的了解和认识。

2002 年 12 月在武汉大学珞珈山庄召开了第二次编写工作会议。在互审部分书稿的基础上,参编人员对于编写中的一些细节问题进一步达成共识。

作为一种尝试,本书目录的编写采取分段方式,即由全书的目录检索出各章目录所在的页数,再通过各章目录了解该章的详细内容。这种分段做法有望避免因查阅长达 10 余页的目录而给读者带来的烦恼。争取做到合理编排,突出重点,控制教材于合适的篇幅,改变近年来《无机化学》教材越来越厚的趋势。

本书习题的选择以全面掌握课堂学习内容为原则,体现教学的重点和难点。理论部分各章以 5 道左右的习题引导学生复习课堂讲授的内容,其余习题则可用于检验对重点及难点的理解和掌握程度。元素部分各章的习题将包括元素及化合物的主要反应、重要化学性质、制备与合成、分离与鉴定,以及与基础理论密切关联的实验现象的分析与解释等内容。

本书由宋天佑主编。参加编写的人员有:王杏乔(第 1、2、18 和 24 章),宋天佑(第 3、4、5、8、9、10、13 和 14 章),程鹏(第 6 和 7 章),徐家宁(第 11、12、15 和 25 章),史苏华(第 16 章和附录),阎雁(第 17 章),李冬梅和刘振荣(第 19 章),程功臻(第 20、21 和 22 章),王文珍(第 23 章)。最后由宋天佑进行了统一整理、补充、修改和定稿工作。在本书下册的统稿过程中,徐家宁协助主编做了许多重要的工作。王莉、叶俊伟、何欣、李悦明、范勇、钱伟、张志明、任红、石晶、王宇和王禹等为本教材所需数据的收集和附录的编写做了大量耐心细致的工作。

承蒙北京大学姚光庆教授担任本书主审,认真阅读全书并提出许多重要的改正意见。高等教育出版社耿承延和岳延陆编审从本书的策划、编写到出版自始至终给予高度重视和关心。在此全体参编人员对他们致以诚挚的谢意。教材编写期间,知悉本书荣幸入选“十五”国家级教材规划,参编人员颇受鼓舞,同时也对同行们予以本书的信任和支持表示感谢。

由于编者水平所限,本书的错误之处在所难免,在此恳请广大读者和同行不吝赐教,以期再版时得以改正。

宋天佑

2004年2月11日

于吉林大学理化楼

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

总 目 录

第 1 章	绪论	1
第 2 章	化学基础知识	9
第 3 章	化学热力学基础	29
第 4 章	化学反应速率	67
第 5 章	化学平衡	95
第 6 章	原子结构与元素周期律	113
第 7 章	化学键理论概述	157
第 8 章	酸碱解离平衡	219
第 9 章	沉淀溶解平衡	253
第 10 章	氧化还原反应	267
第 11 章	配位化学基础	311
附 录		351
索 引		411
元素周期表		

第 1 章 绪 论

目 录

1-1	化学是研究物质变化的科学	2
1-1-1	化学学科的辉煌前景	2
1-1-2	化学在社会发展中的作用	3
1-2	无机化学的发展状况	4
1-2-1	无机化学的历史	4
1-2-2	无机化学的复兴	5
1-3	复兴时期的无机化学	6

世界是由物质构成的,整个物质世界从微观物质到宏观物质、从无生命体到有生命体、从自然界到人类社会都处于永恒的运动中。人类的思维实际上也是物质生物运动的结果。包括化学学科在内的一切自然科学都是以客观存在的物质世界作为其考察和研究的对象。化学就是研究物质变化的自然科学分支。

近百年来,化学学科的巨大发展是有目共睹的事实。许许多多与化学相关的重要交叉学科,如生物化学、环境化学、材料化学、化学物理、地球化学、海洋化学、大气化学等的创立和发展,都以无可辩驳的事实说明化学是21世纪的中心科学。

1996年度诺贝尔化学奖得主英国人克罗托(H. W. Kroto)认为:正因为21世纪是生命科学和信息科学的世纪,所以化学才更为重要。化学由于其创造新物质的特性,为其他学科和人类的生产与生活提供了物质基础。21世纪能源、环境与人类健康成为人们最关心的重要问题,在分子层次上认识物质性质与结构之间的关系是化学家的本行,通过这样的研究,并与其他学科交叉、融合将有助于这些问题的解决。

► 1-1 化学是研究物质变化的科学

►► 1-1-1 化学学科的辉煌前景

在自然科学的各个分支中,化学是在原子和分子水平上研究物质的组成、结构和性能以及物质之间相互转化的学科。

化学反应相当普遍地进行于大自然中。化学反应的重要性,既在于从天然资源中制取人类需要的物质一般要通过化学反应与分离提纯相结合的复杂过程,又在于现代能源工业对于化学过程有着很大程度上的依赖。不难想象,化学的发展关系到国计民生,也与整个科学技术的发展密切相关。

现在及今后的一个时期,化学发展的主要动向可以归纳为三个方面。

① 深入研究化学反应理论并开发各种化学过程以揭示和沟通从原料到产物的渠道,进而寻找或设计完成该化学过程的最佳途径。

② 提高对结构及性能关系的认识,使结构理论达到新水平,实现以所需性能为导向的最佳化合物或材料体系的设计及合成制备。

③ 发展分析和测试的新方法并依靠计算技术使化学的“耳目”以及借以工作的信息趋于灵敏和可靠。

化学学科久盛不衰的任务是耕耘元素周期系,到目前为止已发现了118种元素。第118号元素Uuo(Ununoctium),质量数294,位于周期表第七周期零族(或称ⅧA族)。已知化合物数目在1950年约有200万种,1990年达到1000万

种,1997年达到2000万种,2001年达到3000万种,2002年已增加到4000万种以上。这些化合物绝大部分是人工合成的。这些新化合物的合成既扩大了提供筛选出巧夺天工的化合物和材料的范围,同时也为验证某些预见或建立某些理论提供了充足的物质条件。今后,随着结构理论和化学反应理论以及计算机和激光等新技术的发展,合成工作会越来越得法,盲目性会越来越小。这些工作在不同程度上都将做到根据预期化合物性能来设计结构,并按照所需结构设计化学过程来进行定向合成。

在原子分子水平上,生物学可以运用分享化学已经建立的全部原理。生命科学中的许多问题已经成为化学和生物学的共同研究对象。同时,分子生物学已为合成复杂的蛋白分子提供了崭新的基因工程方法,这个方法与蛋白质的结构理论结合形成蛋白质工程。今后的几年中,很多激素、疫苗以及其他生物制品都将事半功倍地用这种方法来生产。

▶▶ 1-1-2 化学在社会发展中的作用

化学对实现农业、工业、国防和科学技术现代化具有重要的作用。农业生产中施用的化肥、农药等都属于化学制品。它不仅提高了粮食产量,改善了耕作方法,而且解放了劳动生产力。工业生产中,煤、石油、天然气的开发、炼制及综合利用都需要化学过程。国防工业中导弹、人造卫星材料及其运载火箭使用的高能燃料的改进,都需要化学工作者研制的特殊功能材料。

科技的发展和生产水平的提高,新实验方法和电子计算机的广泛应用,这些都取决于化学学科本身突飞猛进的发展。同时由于化学与其他学科的相互渗透、交叉,也促进了其他基础学科和应用学科的发展。

三大环境问题——全球气候变暖、臭氧层的破坏和酸雨,越来越令人关注。随着工业生产的发展,废气、废水、废渣越来越多,这些也正危及着人类的生存和发展。因此,寻找净化环境的方法,对污染情况进行监测,以及三废的治理和利用,都是当今化学工作者的重要任务。

化学在能源开发问题上大有可为。改善煤的燃烧并消除对大气的污染已刻不容缓。为汽车开发新能源的需求,为净化汽车尾气和其他废气所用催化剂的需求都将越来越大。太阳能作为发电和驱动化学反应的能源将得到进一步开发。器械的小型化将促使化学电源采用新型电极材料和电解质。为防止生态的恶化,旨在探明如何利用回收的 CO_2 来强化或人工模拟光合作用的研究将得到关注和支持。淡水资源匮乏以及不断受到污染的问题已日趋严重,因此改进处理水污染的方法也将受到高度重视。

世界上很多国家已把“化学的绿色”作为新世纪化学进展的主要方向之一。绿色化学最大特点是充分利用能源资源,采用无毒、无害的原料,在无毒、无害的

条件下进行反应,以尽可能减少废物向环境的排放。绿色化学可以理解为提高原子的利用率,力图使所有作为原料的原子被产品所消纳,实现“零排放”,以营造出有利于环境保护、社区安全和人体健康的环境。

总之,化学——这门研究物质变化的科学与国民经济各个部门、尖端科学技术各个领域以及人民生活诸多方面密切相关。

▶ 1-2 无机化学的发展状况

▶▶ 1-2-1 无机化学的历史

远在炼丹术之前无机化学已成为人们所面临的课题,许多化学反应有意识或无意地被人们用于制备日常生活中所需的物品。首先被利用的金属可能是以单质状态存在的金、银、铜等,人们也利用孔雀石在燃烧的木炭中还原而制得的金属铜。人类最早使用的铁器是天外飞来的陨铁,铁的冶炼在公元前14世纪出现于小亚细亚等地中海周边地区。几乎同时,由二氧化硅和其他金属氧化物一起熔化、冷却后制得的有色玻璃、陶瓷、釉料等被大量地使用。

公元1世纪初期在中国出现炼丹术,许多道家用化学法去炼“丹”(即 Pb_3O_4 和 HgS)。公元2世纪,东汉魏伯阳著有《周易参同契》一书,这是世界上现存最古老的炼丹术文献。公元4世纪,东晋葛洪著有《抱朴子内篇》,这是一部炼丹术巨著。书中叙述了 HgS 、 Hg 和 Pb_3O_4 、 Pb 之间的互变,发现了反应的可逆性。书中也描述了金属铁和铜盐的置换反应。当时在埃及和其他文明发达地区炼丹术士也很活跃,在他们的论文中描述了许多化学反应及实验操作,在研究中发展了蒸馏、升华、结晶和其他技术。公元7~8世纪唐朝孙思邈在《伏硫黄法》一书中记载了黑火药的三组分——硝酸钾、硫黄和木炭。公元1150年黑火药在中国已用于信号弹中。火药配方于13世纪传入阿拉伯,14世纪传入欧洲。

17世纪,人们认识了 H_2SO_4 、 HCl 、 HNO_3 等强酸,也积累了更多的有关盐类及其反应的知识,并对其进行了系统的分类。尤其是一些化学家发表了酸碱结合生成盐的论述。英国人玻义耳(R. Boyle)首先为酸碱下了明确的定义,并发明了指示剂。他以实验结果为依据阐述了元素的基本概念,指出元素是具有确定性质的、实在的、可觉察到的实物,是不能用一般的化学方法再分解为简单物体的实物。玻义耳被誉为17世纪最有成就的化学家和近代化学的奠基人是当之无愧的。

法国人拉瓦锡(A. Lavoisier)于1774年证明了化学反应中的质量守恒定律,提出燃烧的氧化学说,彻底结束了错误的燃素学说对于科学界近百年的统治,使过去在燃素学说形式上倒立着的全部化学正立过来了。从此化学家能够

按照物质本来的面目进行科学研究,使化学蓬勃地发展起来。

经过无数次的实验,通过严格的逻辑推导,1803年英国人道尔顿(J. Dalton)提出原子学说。科学的原子学说指导着化学走出了杂乱的、看不出内在联系的、仅属描述自然现象的阶段,进入了现代化学的新时代。道尔顿提出了世界上第一张原子量^①表,使化学科学真正走上了定量阶段。

随着实验技术的改进,化学反应的定量研究以及原子量和分子量更加精确的测定,为后来元素周期系的建立奠定了基础。1869年,俄国门捷列夫(D. Mendeleev)把当时已知的60多种元素按原子量和化学性质之间的递变规律排列起来,组成一个元素周期表并找出了它们的规律——元素周期律。

19世纪末瑞士人维尔纳(A. Werner)提出配位化合物概念,创立了配位化学理论。配位化学研究工作不仅极大地丰富和发展了无机化学,而且在分析化学、有机合成、催化作用等领域都占有重要地位。维尔纳是科学界公认的近代无机化学结构理论的奠基人。

但是从19世纪的最后10年到20世纪40年代的半个世纪中,无机化学进展较为迟缓。它的主要工作是新化合物的合成和分析方法的改进,虽然积累了很丰富的资料,但除了通过周期律提供的一些关系外,缺乏统一理论使之系统化。

▶▶ 1-2-2 无机化学的复兴

无机化学进展迟缓的局面,直到第二次世界大战以后才有了转变。较能反映无机化学发展状况的是各国无机化学及其分支学科的学报的创办与发行。创办最早的是1892年德国的《无机和普通化学学报》,到1955年在英国出现的《无机及核化学学报》和1956年在苏联创刊的《无机化学学报》,间隔60年之久,可认为是无机化学的荒歉时期。到20世纪60年代,继英国、苏联之后,美国(1962年)、法国(1964年)、瑞士(1967年)的《无机化学学报》争相问世。在短短十几年间,与无机化学相关的期刊如雨后春笋,创办了不下20余种。表明无机化学在经过一段时期的衰落之后,又转呈更加蓬勃发展的盛况。这种转变在国际上被称为“无机化学的复兴”。

无机化学复兴这个观点,是英国伦敦大学化学尼霍姆(R. S. Nyholm)爵士在1956年提出来的。他认为无机化学的复兴源于两个方面的科学技术发展:一个是量子力学的理论技术发展发展到足以广泛地应用于化学研究,从而使无机化学

^① 原子量和分子量是过去化学中习惯使用的名词,是其质量的相对值,所以在国家标准 GB3100—86中给出确定的名称为相对原子质量和相对分子质量。在国内外的许多文献中仍在“原子量”和“分子量”。

的经验材料得以理论化；另一个是现代的新的光学、电学和磁学等测试技术发展到足以将物质的微观结构与宏观性能联系起来。在这里尼霍姆仅指出量子力学和现代物理方法应用于无机化学的研究，从而使无机化学恢复蓬勃发展的活力，但未明确复兴始于何时。如果认为是鲍林(L. Pauling)首先在他的著作《化学键的性质》中把量子力学应用于阐明元素的成键和化合物的结构，则无机化学复兴开始的年代不早于该书的出版年代，即1938年。美国化学会在1962年创办《无机化学》的创刊词中提到，大约25年前，无机化学爆发式的复兴使之从被漠视的边缘一跃而居于现代科学前沿的显要位置。

► 1-3 复兴时期的无机化学

无机化学中许多早已被发现的重要化合物，其实用价值和在科学上的意义只有在现代才被真正认识到。例如，1827年发现的Zeise盐， $K[PtCl_3(C_2H_4)]$ ，其中乙烯与铂的键合性质到1953年才被恰特(Chat)阐述清楚。由于他提出了烯烃双键的 π 电子与金属Pt的 dsp^2 杂化轨道相互作用而成键，从而开发出一大类各种过渡金属与各类不饱和烃的化合物。又如硼的氢化物早在1879年即被发现，20世纪初斯托克(Stock)又进行了大量的合成与制备工作。但是这些缺电子化合物的三中心二电子共价键的奇特结构，直到1957年才由利普斯科姆(Lipscomb)提出，这一大类化合物的结构及其相关的反应方得到阐明。此外，如羰基化合物、亚硝基化合物以及各种有机基团的金属化合物等等，皆是早已发现，但它们的成键性质、分子结构和实用性能则是到20世纪40年代后才搞清楚的。所以说经典无机化学的内容在无机化学复兴的时代获得了新的生命和意义。

从20世纪40年代起，又有十几种超铀元素被发现；十几种稀有气体元素化合物被合成；还有一些长期以来被认为不能存在的化合物，如氯化砷(V)、氧化硒(VI)、高溴(VII)酸及其盐以及金属的特高价和特低价(0或负价)的化合物，也由于新试剂和新技术的应用得以制成。

复兴时期无机化学更引人注目的成就是大量的新类型化合物的出现，例如夹心化合物(sandwich compound)和原子簇化合物(cluster compound)。1951年夹心化合物“二茂铁” $(C_5H_5)_2Fe$ 的合成，标志着有机金属化学这一分支学科的迅速发展。金属簇化合物是指3个或3个以上的金属原子直接键合，组成的以分立的多面体骨架为特征的分子或离子，如 $[Pt_3(CO)_6]_n^{2-}$ 离子，具有M—M键，并以具有分立的多面体结构与金属或合金相区别。20世纪60年代初金属原子簇化学被确立。又如穴合物(cryptate)、包合物(clathrate)等等，它们都各自为一大类具有特殊结构和性能的化合物，各形成其特有的化学分支学科。

因此,无机化学新发展的又一重要表现,在于它与其他学科渗透而形成新兴分支学科。除上述的有机金属化学和原子簇化学外,还有生物无机化学、物理无机化学、无机固体化学、无机高分子化学、无机材料化学、海洋化学、地球化学和宇宙化学等等。

无机化学新发展还体现在无机化合物的结构和反应机制的研究。现代无机化学对所有元素及其化合物(碳的大部分化合物除外)的制备、组成、结构和反应的实验测试均要加以理论阐明。其研究过程是在制备无机化合物并分析其组成后,从结构和反应两方面进行研究。

在现代无机化学研究中,大量引入现代物理方法和物理化学理论,广泛应用于对反应的推测、产物的表征以及结果的阐明。例如,上述具有特殊结构的各类新型化合物的发现、验证和表征皆有赖于红外光谱、紫外吸收光谱、质谱、核磁共振谱、电子能谱、X射线衍射、元素分析等新技术的应用,其中X射线衍射方法是研究新化合物结构的标准技术。这些方法测定的结果又需要物质结构理论予以解释,同时测定所取得的大量数据资料又为理论提供了实验基础,促使理论的建立和发展。所以,在无机物的结构研究中,测定方法和结构理论是相互补充,相互促进的。

无机化学的发展已是春色满园,万紫千红。