

•教育专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201803046

www.dxhx.pku.edu.cn

武汉大学无机化学课程的内容选择、重点与提升

胡锴*, 蔡苹, 程功臻

武汉大学化学与分子科学学院, 武汉 430072

摘要: 简要介绍武汉大学无机化学课程在内容选择上的基本情况和做法。基本教学理念是: 结构主线贯穿教学, 注重知识网络的建立以及“适用”和本质原则。在此理念的指导下, 我们对教学内容进行了整合, 以更好地帮助学生理解化学的基本概念, 习得化学的思维方式。

关键词: 无机化学; 课程设置

中图分类号: G64; O6

Key and General Content Selection of Inorganic Chemistry in Wuhan University

HU Kai*, CAI Ping, CHENG Gongzhen

College of Chemistry and Molecular Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, P. R. China.

Abstract: This paper briefly introduces the basic situation of content selection of the inorganic chemistry course in Wuhan University. Our basic teaching ideas are: taking “structure” as the main line that runs through the teaching, establishing the knowledge network and following the “application” and “essential” principles. With the guidance of these concepts, we integrate teaching contents to help students understand the basic concepts of chemistry and acquire the chemical way of thinking.

Key Words: Inorganic chemistry; Curriculum

无机化学或化学原理通常是化学类专业学生的第一门专业基础必修课, 是衔接中学化学和大学化学的桥梁, 担负着培养学生对化学专业的兴趣、帮助学生在学习方法和思维方式方面从中学到大学过渡与转变的重任。该门课程既是学生学好大学阶段其他化学课程的基础, 又是培养学生基本科学素质、提高创新能力的关键。

作为化学专业学生的第一门专业课, 武汉大学化学与分子科学学院一贯重视无机化学课程的建设 and 改革。希望通过这门课程, 帮助学生在系统学习化学之初, 打下一个良好的认知基础并初步建立化学思维。武汉大学仍沿用四大基础课程体系的课程名称。无机化学课程与目前其他高等学校所开设的如大学基础化学、化学原理、基础化学等类似, 都是一门以介绍化学基本原理为主和基础元素化学为辅的课程。无机化学在武汉大学一直是化学类专业的重点核心课程, 在几代人的共同努力下, 该课程先后获评为国家级精品课程、国家级双语示范课程和国家级精品资源共享课。此外教学团队还参与完成了吉林大学牵头的无机化学慕课的建设。目前该课程教学团队成员在扎实做好课题教学的同时也积极参与各项教学改革, 以适应人才培养不断更新的要求和课程体系的发展。

收稿: 2018-03-22; 录用: 2018-04-02; 网络发表: 2018-04-27

*通讯作者, Email: kaihu@whu.edu.cn

无机化学理论课程和无机化学实验课程相互合作、互相促进。目前,理论课程分上下2学期,上下学期各54学时,总计108学时,另外还辅以习题、研讨等课程;实践类课程无机化学实验为上下学期各74学时,合计144学时。

根据学生培养目标和层次的差异,理论课程分为全英文课程和中文课程。在教学内容上基本一致,又各有特点。教材方面,全英文课程目前我们以 Steven S. Zumdahl 主编、由 Cengage Learning 出版的 *Chemistry* (第10版)为主要参考教材^[1];中文课程则主要参考吉林大学、武汉大学和南开大学合编的《无机化学》(第3版)^[2,3]。本文重点介绍无机化学中文理论课程的内容选择、课程体系建设与实施情况。

1 教学理念及基本原则

组织教学的基本理念是:在学生系统接触化学之初,树立学生对化学反应和现象本质的基本认识,逐步培养学生的化学思维。因此在实际组织教学中,我们遵循以下几个原则:

- 1) 以结构为主线贯穿教学始终。多方面、多层次地逐步引导学生更好地认识化学中的“结构决定性质,性质决定应用”这一思维脉络,并帮助学生逐步习得此思维方法。
- 2) 树立知识的整体观,帮助搭建知识网络。让学生意识到各部分知识之间是存在内在联系的,初步引导学生搭建知识框架及各个知识点的联系。注重理论与实际相结合,从对实际问题的分析加深对理论的理解,基础与前沿并进,在讲基础时有意识地穿插学科前沿的进展。
- 3) “适用”原则和“本质”原则。面对知识点和其他学科重复的问题,如热力学、动力学、精细平衡等,在明确本质的基础上遵循“适用”原则。

2 主要教学内容及思路

在教学内容上,严格参考《高等学校化学类专业指导性专业规范》^[4]要求,同时遵循教学基本理念。各部分具体内容基本安排如表1所示。

下面依照授课顺序,对各部分内容的侧重点和知识框架的搭建、内容的取舍做进一步说明。

2.1 绪论

绪论是我们认为课程中非常重要的一部分。绪论课不单是课程的总论,也是师生教学理念上的“调频”。教与学理念上的“共识”能达到事半功倍的效果。因此在绪论课上,我们会通过实例让学生体会“结构决定性质,性质影响应用”这一贯穿教学的主线。例如先通过讨论化学反应的本质让学生了解核外电子排布、化学键、分子间作用力等因素对结构的决定性作用,然后以合成氨为实例进行分析。具体即:从氨分子结构出发,讨论原子结构和化学键的组成;其后从热力学和动力学角度分析由氮气合成氨面临的困难;进而结合性质,可讨论氨的酸性、还原性、沉淀反应,以及氨的配合物等;最后由氨还可以引申到氮的其他价态化合物的性质及其变化。通过一个例子将无机化学的基本内容贯穿起来,一方面突出结构对性质和应用的决定作用,另一方面也体现了知识的整体性及思维脉络等问题。

2.2 化学基础知识

这部分主要讲授物质基本状态及性质。很多内容在高中有所涉及,但我们通过深入分析相关规律,希望学生了解人们对客观世界的认知发展过程。例如讨论气体性质时,从什么是理想气体入手,然后基于理想气体的假设在实验数据基础上推出理想气体状态方程,其后对比实际气体的状况进一步推出实际气体状态方程。通过递进式的讨论,帮助学生了解一种认识分析问题的方法,即由繁到简,而后由简而繁。再例如,讨论稀溶液的依数性时,我们会从微观角度引导学生讨论依数性的适用条件,让学生初步建立一个“条件”意识,为后期对相关理论适用条件的理解打下基础,也意识到微观作用与宏观性质之间的关系。物质状态部分我们重点讨论气体和液体,固体和晶体部分仅做基本介绍。这是考虑到晶体这部分内容在低年级的应用范围相对较窄,并且在学生现有的知识背景

表1 武汉大学无机化学课程教学基本内容、学时安排及教学重点及目标

课程内容	学时数	教学重点	教学目标
绪论	~2	总论	“调频”
化学基础知识	~5	物态 从基本原理分析现象 溶液的依数性	从宏观角度初步认识物质世界的基本化学规律
热力学	~16	化学反应热效应及自发性	从能量及运动的角度理解化学反应发生的基本规律、过程的驱动力及速率理论
化学平衡		热力学与化学平衡	
动力学		反应速率方程及速率理论	
酸碱及沉淀平衡	~7	热力学在具体反应中的应用 拓展酸碱的基本概念 从平衡的角度谈化学反应	理解化学反应为一个多因素影响的平衡过程 理解对物质定义和认识的深入
原子结构	~13	波粒二象性 核外电子排布 能量 轨道 周期律	了解电子在核外运动的特点 掌握轨道的能量及分布 理解周期律的本质
分子结构及分子间作用力	~17	化学键的本质 杂化轨道 分子轨道	进一步深入理解能量最低原理对物质结构和形态的影响 理解化学键和分子间力的本质及其区别与联系
氧化还原反应	~8	电极电势的意义及应用 电极电势的图示表示 能斯特方程	了解结构与氧化还原的关系 掌握电极电势的物理意义 能利用电极电势解释相关物质的氧化还原性
配位化学基础	~10	配合物的基本概念及结构 两个基本理论 两个经验规则	联系分子结构相关知识, 进一步理解分子结合的基本规律
元素化学	~30	主要元素及重要化合物的性质 化合物的结构与性质 性质的比较	了解元素的基本性质 习得如何分析和解释现象, 灵活应用基础知识及理论

下对这部分内容实际掌握程度也不尽如人意, 因此将这部分内容放在结构化学中再做深入讨论。在内容上, 本章我们还介绍了等离子体、超临界流体、离子液体和准晶体等相关物态, 以拓展学生视野。

2.3 热力学、化学平衡及动力学

这部分延续用宏观角度认识世界, 遵循明确“本质”并“适用”的原则。在明确热力学函数物理意义的基础上弱化推导过程, 对热力学三大定律的讨论深度止于对热、熵和吉布斯自由能的基本理解上。希望通过这一部分的学习, 学生能初步掌握化学过程的热效应和自发性判断。出于应用和衔接的考虑, 在热力学之后, 我们讨论化学平衡部分。这一顺序与参考教材略有不同。基于学生的知识背景以及教学目标, 实际教学中我们弱化了经验平衡常数这一概念, 而重点讨论标准平衡常数, 并强调标准平衡常数与热力学函数的关系。在讨论平衡移动时, 引导学生从热力学角度去重新深入认识平衡移动原理。其后, 由动态平衡引入化学反应动力学。在动力学内容的教学中, 注重从微观角度分析影响速率的因素和理解速率理论, 将知识融入到日常生活和对实验现象的解释中。对应开设测定反应速率和活化能的实验, 以促进更好地理解反应速率的相关理论和概念。

2.4 酸碱和沉淀平衡

这两类平衡的学习, 一方面希望进一步加深学生对平衡及平衡移动的认识和理解; 另一方面, 也希望通过对酸碱和沉淀基本概念的讨论, 打破学生在中学阶段形成的固化概念, 引导他们建立知

识的联系,能以一个更广阔的视野看待物质世界。例如酸碱电子理论中对酸和碱的定义与配位化学中配体和中心体的联系;质子理论中的共轭关系和氧化还原中的共轭关系的相似性和相对性;溶剂理论中对非水体系的考量;沉淀与浓缩结晶的关系等。

2.5 结构部分

原子结构、分子结构和分子间力是从微观角度看待化学世界,也是我们教学的重点和难点,教学沿着对原子-分子-宏观聚集体的次序讨论依次展开。

通过对原子结构模型建立的讨论,一方面让学生改变对原子核外电子运动规律的思维模式(波粒二象性,波的特性),习得原子结构的相关知识;另一方面也是加深学生对化学是一门以实验为基础的学科的理解,并进一步了解分析和解决问题的方法。原子结构部分从对驻波行为特点的讨论帮助学生理解核外电子的波动性、量子数、波函数的描述;加强学生对轨道不同图像描述的认知,为后期理解轨道重叠成键打下基础;对轨道能量的深入讨论有利于学生理解电离能、电子亲和能、轨道的线性组合等问题;此外,在讲述核外电子排布时引入成对能的概念,为后面配合物价键理论中对内外轨型的理解打下基础。

针对分子结构,加强了路易斯式结构画法的讲授,其目的是为元素部分对化合物结构的理解和将来有机化学的学习做铺垫。对化学键的讨论,先学习学生比较熟悉的局域理论——从价层电子对互斥理论入手,到共价键的本质,再到杂化轨道理论,最后到将分子作为一个大整体来处理的分子轨道理论,层层深入。既让学生理解不同理论的适用和差异,也让学生看到理论的内在联系。通过对比不同理论,让学生理解分析问题存在不同的角度、层次和方法,因此理论各有其优缺点,学生应看到不同理论的特点、相通点和互补性。例如杂化轨道理论和分子轨道理论都涉及轨道的线性组合但又有差异;价键理论和分子轨道理论都谈 σ 键和 π 键,也有异同点。分子轨道部分,在讨论同核双原子分子轨道的基础上,也讨论一些典型的异核双原子的分子轨道。借此促进学生对轨道线性组合条件和方式的深入认识。此外,根据学生的掌握情况,介绍配体群轨道用以讨论多原子分子的分子轨道,为后面配位化学的学习打下基础。

分子间力是衔接微观与宏观的桥梁,这部分的学习主要以实例讨论的形式展开,如从分子间力的角度讨论相似相溶原理、分析表面活性剂在水中的行为和DNA的双螺旋结构等^[5]。此外,这个部分涉及的极化、反极化、变形性等相关知识在后期元素学习中也时常用到,在此处明确极化、变形的本质都与电荷分布息息相关。

2.6 氧化还原反应

本章重点是电极电势。我们从微观入手讨论氧化还原反应的本质并与其他三类反应比较,明确氧化还原反应是电子的转移反应而其他三类平衡为粒子的转移或偏移。从摩擦生电入手讨论电子转移,以及电子转移难易与轨道能量的关系,进而帮助学生理解电极电势及其物理意义,以及电极电势与热力学函数的关系,并再次将宏观与微观联系起来。在对电极电势意义理解的基础上,对电势-pH图、元素电势图以及自由能氧化数图的深度挖掘让学生能更好地应用这些图示方法,为理解元素的性质服务。对化学电源和电解部分的讨论从电极电势和反应自发性入手,结合生活实例加深学生对这部分的理解。如带领同学们从氧化还原入手讨论暖贴的发热原理,并从热力学、动力学、实验等多角度对这一现象进行深入分析^[6]。

2.7 配位化学基础

配位化学基础简要介绍配合物的组成和基本性质,教学重点和难点为配位键理论。从实际教学看,有了前期分子结构部分的相关铺垫,学生大多能很好地理解配合物的价键理论。对晶体场理论的理解,因为前期强调了能量最低、 d 轨道的图像、配体对中心体轨道的影响等相关知识,学生也能在教师的引导下画出不同配体存在下 d 轨道的分裂情况,计算晶体场分裂能,进而理解晶体场稳定化能。在本章中我们也着力讨论不同化合物产生颜色的原因,简单介绍谱项。开设的测定晶体场分裂能的设计实验帮助学生进一步掌握此部分的内容。配合物的平衡在此仅做简单介绍,深入讨论留

待分析化学课程。最后从结构角度结合实例讨论影响配合物稳定性的相关因素,引入软硬酸碱理论。

2.8 元素化学

无机化学中最后一部分的教学为元素化学,这也是无机化学区别于其他课程特有的部分。充分考虑元素化学部分的特点^[7],我们的指导思想是在介绍主要元素及其主要化合物结构和性质的基础上,强调前面所学基础知识和基本规律在这部分的应用。元素化学的教学过程就好像一个“练兵场”,能很好地检验学生对基础知识的掌握程度,而利用这个实例丰富的“练兵场”可有效地提高学生对过往知识的理解和应用能力。对元素和化合物结构和性质的讨论,就好像是在前面搭建好的知识骨架上填上“血肉”,使基本理论更生动、更富活力。通过基本理论与具体性质的结合分析,一方面能提高学生在这部分知识的学习兴趣,另一方面也能有效提高学生对知识的应用能力。例如,*d*区元素与配位化合物的结合(如颜色、结构稳定性、磁性、氧化还原能力等),*p*区元素性质与化学键理论的结合(如 BF_3 与 BF_4^- 结构的转变、盐的水解、含氧酸根的结构及其与酸性强弱的关系)等。另外,我们也会在相应的部分加入一些科学新发现或发展,如对金属氢相关研究、电子化合物的讨论等,以拓展学生的视野,提高学习兴趣。

3 结语

上面概述了武汉大学无机化学教学团队在教学过程中的基本理念和侧重点:即以结构为主线贯穿教学,树立学生的整体观,帮助他们建立知识内在联系,在内容取舍上遵循“适用”和“本质”原则。我们认为,这样能够更好地帮助学生了解化学本质、体会化学魅力,同时也能提高学生的知识应用能力。当然,在实践过程中我们也有一些地方需要进一步明确和调整,例如在知识的深度和广度上“度”的把握须更进一步细化;如何解决学时不断地缩减与教学内容扩展的矛盾;如何对待学生学习方式和目标的变化等。在教学过程中我们不断积极吸取国内外相关院校的教学经验以提高教学效果,这些学习与交流过程也为我们教学质量的提高提供了不断的源泉。

参 考 文 献

- [1] Zumdahl, S. S.; Zumdahl, S. A.; Decoste, D. J. *Chemistry*, 10th Ed.; Cengage Learning: Boston, MA, USA, 2016.
- [2] 宋天佑, 程鹏, 徐家宁, 张丽荣. 无机化学(上). 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [3] 宋天佑, 徐家宁, 程功臻, 王莉. 无机化学(下). 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [4] 教育部高等学校化学类专业教学指导分委员会. 高等学校化学类专业指导性专业规范. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [5] 胡锴, 蔡苹, 程功臻. 化学教育, **2016**, 37 (10), 16.
- [6] 胡锴, 蔡苹, 程功臻. 大学化学, **2016**, 31 (7), 20.
- [7] 申泮文, 车云霞. 大学化学, **2002**, 17 (4), 9.