编者按: 无机化学通常是化学及相关学科的第一门专业基础课程, 是化学、材料、精细化学品、制药、生物、农学和医学等相关学科的基础。该课程涉及原子结构、分子结构、平衡、反应和物质性质性能等至关重要的基础知识。

目前无机化学课程的教学面临着诸多挑战, 如各类概念、定义的准确性及其与后续课程的一致性; 相关理论的合理选择与摒弃, 做到与时俱进、将世界范围内最新的科研成果及应用引入到教学过程中; 课程内容难度的选择; 传统理论的现代语言表述; 定性描述与定量计算的合理把控; 元素化学教学的合理、有效改革等等。这些方面都十分值得广大无机化学及相关课程教师进行探究。

因此, 《大学化学》编辑部组织了“无机化学课程教学”特刊, 共集结精彩案例 23 篇, 旨在抛砖引玉, 希望能够调动更多高校教师对无机化学课程教学的各个方面继续积极思考、反复实践、分享经验, 从而促进无机化学课程教学的改革进程, 提高我国无机化学课程教学质量。

化学类专业无机化学课程群设置与教学内容 ——以厦门大学为例

朱亚先*, 匡勤, 汪骋, 黄荣彬, 杨士尧, 郑兰荪

厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

摘要: 无机化学类课程是化学类专业学生的主要课程之一, 对培养目标与毕业要求的达成起到重要的支撑作用。本文以厦门大学为例, 对无机化学课程群课程设置与教学内容进行了探索。

关键词: 化学类专业; 无机化学; 课程设置; 教学内容

中图分类号: G64; O6

Inorganic Chemistry Curriculum Setting and Teaching Contents of Chemistry Majors: Taking Xiamen University as an Example

Yaxian Zhu*, Qin Kuang, Cheng Wang, Rongbin Huang, Shiyao Yang, Lansun Zheng

College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China.

Abstract: Inorganic chemistry is an important course for chemistry majors, which plays an important supporting role in achieving education goals and graduation requirements. In this paper, taking Xiamen University as an example, the curriculum and teaching content of inorganic chemistry were explored.

Key Words: Chemistry majors; Inorganic chemistry; Curriculum; Teaching contents

1 引言

无机化学是在原子和分子的层次上研究无机物的组成、结构、性质和变化规律的科学, 是化学领

收稿: 2020-07-07; 录用: 2020-07-10; 网络发表: 2020-07-14

*通讯作者, Email: yaxian@xmu.edu.cn

基金资助: 国家基础科学人才培养基金项目(J1310024)

域的一个重要分支,是一门古老又充满活力的学科。对于化学类专业的学生,无机化学的学习对掌握化学基础知识、基本理论,综合运用化学原理和方法分析、解决和研究化学问题,培养自主学习、创新意识和实践能力等都起到不可或缺的作用,因此化学类专业无机化学类课程设置与教学内容十分重要,对培养目标与毕业要求的达成起到重要的支撑作用。

2013–2017 年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会(以下简称化学教指委)受教育部委托制订了《化学类专业教学质量国家标准》(以下简称“质量标准”)^[1],其中对教学基本内容有明确的规定,与无机化学教学比较相关的有:化学热力学、溶液中四大平衡、化学动力学、催化化学、原子结构与元素周期律、化学键与分子结构、单质及其化合物的性质、化学反应与变化规律、酸与碱、配位化合物、纳米结构与纳米材料原理等。

在“质量标准”的基础上,化学教指委又制定了《化学类专业化学理论教学建议内容》(以下简称“建议内容”)^[2],进一步细化并拓展了无机化学的教学内容,除了化学基本理论、元素化学基本知识外,特别提出原子簇化学、生物无机化学、无机材料、无机合成方法等。同时,“质量标准”和“建议内容”都鼓励各校根据具体情况增加特色内容。

“质量标准”和“建议内容”给出了指导性原则和基本点,如何将“质量标准”和“建议内容”的要求落实到本校的教学中?如何结合本校特色增加相关内容?并如何将这些内容按照学科内在逻辑和学生知识、素质、能力形成的规律组合为课程?本文以厦门大学无机化学类课程为例,对此进行了一定的探索。

2 无机化学课程群设置

合理的课程设置应符合培养目标的要求,支撑培养目标和毕业要求的达成,课程顺序安排应遵循知识论的规律,课程的内容能够反映学科的主要知识、主要的方法论及学科研究前沿。同时,需要遵循整体性、系统性、开放性、前瞻性等原则,共性与个性相结合,强化基础、因材施教。

化学知识的逻辑顺序主要有两个,一是按照学科发展脉络,二是按照学科思维脉络^[3],在系列课程的构建中往往需要统筹考虑。化学教指委“建议内容”I、II 主要为化学基本理论部分,涉及无机化学、物理化学、结构化学等内容。对于此部分内容目前主要有两种课程设置:一种是在一年级开设“无机化学”或者“普通化学”,二年级和三年级开设“物理化学”“结构化学”,这类体系的优点是知识由浅入深、螺旋式的上升,学生容易接受,目前多数高校采用此种方式。但是此种设置也存在一些问题,如,低年级课程与高年级课程内容的协调,时间花费较多等;第二种是“物理化学”“结构化学”前移,高年级再开设“无机化学”专业课程,此类体系的优点是将化学原理部分一下子讲深、讲透,节省时间,但存在这一年级学生数理基础薄弱、接受能力有限、课程深度如何把握等问题。两种体系各有优点,笔者认为第一种体系适合于多数普通学生,而第二种体系适合中学化学基础好的学生。另外,目前有些学校只在一年级开设“无机化学”基础课程,后续缺少无机类专业课程,造成原子簇化学、生物无机化学、无机材料、无机合成方法与无机研究前沿进展的相关内容偏少。

厦门大学无机课程组按照国家“质量标准”和化学教指委“建议内容”的要求,对照培养目标和毕业要求,遵循学科知识体系的逻辑顺序,注重基础知识与前沿研究的联系,按照知识的系统化和多样性、学生的认知规律,同时结合厦门大学的具体情况,经过广泛调研与深入讨论,在传统的优势课程基础上,建设了无机化学课程群,具体见表 1。

除了对本科生开设的无机化学类课程外,我们对研究生开设的课程“高等配位化学”3 学分、“高等合成化学”3 学分也向本科生开放,供高年级、有兴趣且能力较强的本科生选修,并计入本科任意选修课程学分。

表 1 厦门大学无机化学类课程群

开设学年/学期	课程名称	学分	类别
一/1	无机化学一	4	学科通修
一/2	无机化学二	2	学科通修
一/3	无机化学课外实践	1	任意选修
一/3	无机化学新兴领域简介	0.5	任意选修
三/2	中级无机化学	2	研究型必修
四/1	无机合成化学	1	任意选修

3 无机化学课程群教学内容

3.1 必修课程群教学内容

(1) “无机化学一”是化学类专业学生进入大学的第一门学科通修课程，主要内容为化学基本理论，包括：化学热力学初步、化学平衡、化学反应速率、酸碱电离平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原反应、配位化合物、原子结构与元素周期律、化学键与分子构型等。课程的主要目标是通过课堂讲授、学习与讨论，使学生掌握并学会运用化学的基本原理和基础知识解决一般性化学问题，初步从宏观和微观的不同角度理解化学变化的基本特征。

由于学生进入大学时化学知识水平差异较大，我们采用分级教学方式。对于程度较好的学生按照 4 学分 4 课时排课，内容也相对较深入；对中学化学程度不够好的学生，按照 4 学分 5 课时排课，增加习题课等辅导环节。

本课程在教学内容的设计上注重三个方面：第一，知识结构的整体性，从“知识点—知识面—知识体系”进行组合。为了使学生的知识结构系统化和条理化，我们由概念—原理—规律，整合、重组了一些知识点，提炼出核心知识框架，给学生一个清晰的学习脉络。第二，遵循心理学上的迁移规律，考虑一种学习对另一种学习的影响，促使课程之间正迁移。如，调研学生中学化学学习内容与程度，做好内容的衔接；特别注重与后续课程的内容协调，充分考虑各门学科之间相互影响的特点，与相关老师沟通“无机化学”与“分析化学”“物理化学”“结构化学”课程的关系，协调相关内容的选择与深度的掌握。第三，基础知识与前沿研究的结合，结合基本原理在授课中讲授一些“科研小故事”，将化学的基础知识与前沿研究结合。例如，郑兰荪院士在教授“化学键”内容时，就从最简单的路易斯电子结构讲起，结合他自己的研究讲到 C_{60} 各类化合物的成键，让学生最快地将基础与前沿知识融会贯通，使学生们感到前沿研究并不高深莫测、晦涩难懂，同时也深刻理解基础理论就像高楼大厦的地基一样重要。

(2) “无机化学二”主要为元素化学，包括 s 区、 p 区、 d 区、 ds 区及稀土元素的单质及其化合物的性质、反应与变化规律。课程目标为：在化学原理、化学键理论等的指导下，使学生掌握元素与化合物的结构、性质、用途以及变化规律，掌握常见元素及化合物的酸碱性、氧化还原性、溶解性、热稳定性、配位能力等特性及典型反应。

很多学生都认为元素化学是学习的难点，因为元素及其化合物的性质比较繁多且凌乱，学习起来感到比较茫然。根据这一问题，我们在元素教学中精简部分内容，压缩或删除一些清单式罗列的知识，组织了系列“专题”，把物质的组成、结构、性能和应用有机地关联起来。如，主族元素重要规则、过渡元素的特点、各周期元素的性质特点、周期性变化与周期反常现象、离子性盐类溶解度的判断方法、缺电子化合物的结构特征与性质、无机化合物的水合与水解、无机盐类的稳定性、无机酸性变化的一般规律、无机含氧酸的氧化还原性、典型无机化合物制备等。

“无机化学二”教学也采用分级教学的模式，我们将教学内容分为“基本内容”“拓展内容”，同为 2 学分 2 课时，拔尖试验班以“拓展内容”为主，教学内容更接近科研前沿，如钙钛矿结构与太阳能电池、氢的制备与储运研究进展、不同配体对纳米晶体形貌生长的影响、石墨烯材料等，引导

学生进行发散性讨论,使学生在潜移默化中接受初步的科研素养熏陶,为今后开展科学研究奠定基础。普通班则在“基本内容”上,增加生活和应用实例,使知识更为生动具体,例如阻燃剂、宝石成分和颜色、饮料食品中的磷酸盐、分子筛与洗衣粉等。同时,考虑到不同学生的程度与需求,我们鼓励学生们跨班级听两类不同的层次课程。

(3)“中级无机化学”是高年级学生的专业必修课程,是在“无机化学”“结构化学”“物理化学”的基础上开设的。课程目标为:运用热力学、动力学及结构、谱学知识学习重要类型无机物的结构及反应性,从而将元素及其化合物的性质和反应同结构联系起来,掌握近代无机化学的某些新兴领域的研究,了解无机化学的发展方向。课程内容包括:配位化学、原子簇化学、生物无机化学、固体化学四部分内容。

在配位化学中,除传统讲授的内容,增加了应用群论的内容;原子簇部分包括硼烷化学、金属原子簇和金属-金属多重键、金属有机化合物、金属羰基和 π 酸配体化合物;固体化学部分包括无机固体的结构、无机多孔材料、无机材料的合成等;为了跟上生命科学最新进展,在生物无机部分将酶的小分子模型等内容布置为自学,增加直接通过结构生物学方法确定酶的活性位结构,通过基因编辑修改活性位附近氨基酸残基,并加入了纳米医学、生物矿化和神经科学部分内容。

3.2 选修课程群教学内容

(1)“无机化学课外实践”是一年级第三学期开设的选修课程,与其他课程不同,本课程完全以学生为主体。本课程的目标为:重视问题的解决过程,强调学习体验的重要性,通过学生主体性的探索、研究求得问题解决,从而体验和了解科学探索过程,使学生“学会”——掌握新知识,并且“会学”——掌握方法,主动探求。课程的方式为,教师提出主题,学生根据主题选择具体课题、设计方案。课程内容包括“师生讨论确定课题-学生查阅资料、设计方案-教师审核-师生讨论修改-学生完成实验-进行社会调查(含问卷调查、实地调查)-归纳总结-汇报答辩”。

在本课程中,教师与学生的角色发生较大的转变。教师不是知识的传授者,要全程参与、但不发号施令,而是指导学生、鼓励学生积极“尝试”。如,指导学生选题、审查实验方案和调查提纲,指点学生在遇到困难时通过哪些途径去寻找答案,帮助学生分析问题的焦点,让学生自己突破难点。同时,在探究学习与社会实践中,课程要求学生分工合作,以小组的形式选题、实践、报告、答辩,以团队的模式分析案例、发现问题、解决问题,培养他们的协同合作能力。

近年通过本课程指导学生开展的各类与无机化学相关的探究实践(包含实验和社会调查)有二十余项,如,无机阻燃剂合成、废旧电池回收利用、从黑钨矿制备各类钨的化合物、无机颜料的合成与社会实践、奶粉和牛奶中钙含量的测定和比较、茶叶中无机离子分析及隔夜茶的化学成分测定、皮蛋中铅含量的测定、厦门周边海水中COD的测定、牙膏中游离氟离子含量测定与含氟牙膏调研、食醋中醋酸质量的分析、水果样品中残留农药重点成分分析及安全性评估、长江等水域水质分析及社会实践等。同时,结合课程内容组成社会实践队,教师担任实践队的指导教师,如,组织本科生对“本科生实验室废液缸使用状况”进行了调查与分析,通过此项活动提高了学生的安全环保意识,同时也对学院安全管理提出了一些建议。利用短学期、暑假组织本科生在厦门大学周边社区开展了“化学与健康主题科普展”“科普进社区”活动等,通过化学趣味实验、展板、视频等宣传化学与健康方面的知识,让更多的人了解化学、热爱化学;带领本科生前往工厂参观、实践,如,赴青海盐湖工业股份有限公司,调研了钾肥工业、金属镁一体化生产、化工一二期项目、碳酸锂项目等,亲历了从采卤、采盐到成品加工的各个生产环节。通过这些活动,使本科生深深地感受到了理论和实践的联系与差别,激发了他们的学习兴趣,培养了创新意识和自主探索的能力,也锻炼了学生们的策划能力、组织能力、沟通交流能力和团队合作能力。

(2)“无机化学新兴领域简介”是主要针对无机化学前沿研究以及无机化学与其他学科交叉领域开设的一门短学期选修课程,内容包括无机纳米材料、团簇化学、配位化学、分子磁体等无机化学的新兴领域。课程以讲座形式,邀请无机化学专业活跃在科研第一线的教授(本校+外校)结合自己

的研究工作讲授专题。本课程每年的教学内容并不是固定不变的,常讲常新。该课程为一年级学生开设了一扇瞭望无机研究前沿的“窗口”,使他们理解书本上的基础知识与实际中科研工作的联系,对无机化学新兴领域有所了解,唤起对无机化学的学习兴趣。

(3)“无机合成化学”是为化学系本科三年级学生开设的专业选修课。该课程介绍无机合成化学的发展历史、意义和应用,现代无机合成化学的基本原理和主要方法、实验技术和设备,以及这些原理、方法和技术在无机合成中的应用。课程具体内容主要包括:溶剂、高温合成、低温合成、真空技术及其在合成中的应用、高压合成、电解合成、晶体生长和配位化合物的合成化学。学生通过本课程的学习可掌握无机化合物尤其是配位化合物的合成原理、主要的合成方法和实验技术,了解无机合成化学在科学研究、工业生产中的关键和重要作用。

3.3 教学内容注重学科的历史、发展、思维方式

作为化学类专业的学生,应了解化学的思维方式,化学的发展历史、学科前沿和发展趋势,这也是培养目标的要求之一。因此,我们除了在课程绪论中专门举例分析化学的思维方式,讲授无机化学的历史、发展的现状和未来发展的可能方向外,还经常在课程教学中结合基本内容引入化学史、科研小故事等,介绍无机化学重大里程碑的成果,抽丝剥茧,把化学是如何分析问题、解决问题的思维方式传递给学生。例如,郑兰荪院士在上“无机化学(一)”这门课,讲到分子构型这一章节的时候,给大家讲了他在 Rice 大学的博士导师——1996 年诺贝尔奖化学奖得主 Smalley 教授团队如何发现 C_{60} 的笼状结构的故事,从故事中启发学生如何从看似常规的事物中寻找不一般的端倪,从而抓住机遇、获得突破。

3.4 教学内容注重融入学科交叉内容

随着科学技术的不断进步和研究领域不断细化,学科之间交叉与融合是一大发展的趋势。我们结合元素化学的教学,将当今社会最为关注的环境、能源、材料、生命等热点问题融入其中,如大气、水体污染问题、重金属离子污染的化学治理、储氢材料、锂离子电池、燃料电池等,使学生树立安全意识、环保意识,建立可持续发展理念。

3.5 教学内容注重融入课程思政

“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”是教育的核心问题。为此,我们教学中注重在讲授知识的同时,将“思政育人”与专业教育有机融合,寓价值观引导于知识传授之中,把“盐”溶在“汤”里,让专业课成为铸魂育人的课堂。例如,讲到氮族元素,我们讲述“天使与恶魔——化学家哈伯”,让学生深刻体会化学作为一把双刃剑的锋利,引导学生树立正确的科学道德观和价值观,增加学生的社会责任感和使命感;同时也讲到卢嘉锡、蔡启瑞先生以国家之需作为自己的奋斗目标,研究固氮酶的故事,讲述老一辈科学家的高尚人格和鞠躬尽瘁的报国情怀,弘扬厦门大学化学化工学院的优秀文化传统。

4 结语

本文以厦门大学为例,对无机化学课程群课程设置与教学内容进行了探索。我们在教学实践中也遇到一些问题,例如,科研进展日新月异,哪些内容应该进入教学体系?如何更好地体现无机化学与其他学科交叉融合?如何处理学时不断减少与知识内容不断增加的矛盾?如何把握基础知识的“精”与选修课的“深”与“广”?如何更好地做好本科生课程与研究生课程的打通和衔接?这些问题都将是今后我们需要不断改革、优化与努力的方向。

参 考 文 献

- [1] 教育部高等学校教学指导委员会. 普通高等学校本科专业类教学质量国家标准(上). 北京: 高等教育出版社, 2018: 130-137.
- [2] 2013-2017 年教育部高等学校化学类专业教学指导委员会. 大学化学, 2016, 31 (11), 11.
- [3] 张树永, 朱亚先. 大学化学, 2017, 32 (1), 9.