

“新能源材料与器件”专业无机化学课程体系和教学内容构建

刘宗怀*, 陈沛, 何学侠, 石峰

陕西师范大学材料科学与工程学院, 西安 710119

摘要: “新能源材料与器件”是国家战略性新兴产业相关的新工科背景工学专业, 无机化学课程教学体系与教学内容是实现该专业培养目标及材料类专业教学质量国家标准对化学知识点要求的重要抓手。本文以材料类专业教学质量国家标准对化学知识点的要求为基础, 依据专业培养目标分析了无机化学课程教学体系和教学内容所面临的挑战, 通过课程体系再建、教学内容优化及教学方法创新实践, 构建了适用于“新能源材料与器件”专业的无机化学课程体系和教学内容, 促进了学生自主学习能力、解决问题能力、创新实践能力以及专业素养水平的提高。

关键词: 新能源材料与器件; 无机化学; 教学体系; 教学内容; 教学方法

中图分类号: G64; O6

Inorganic Chemistry Course System and Teaching Content Construction for New Energy Materials and Devices Major

Zonghuai Liu *, Pei Chen, Xuexia He, Feng Shi

School of Materials Science and Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China.

Abstract: New energy materials and devices is a new engineering background major related to national strategic emerging industry. The teaching system and content of inorganic chemistry course are important gripper for achieving the training objective of this major and the national standards of the teaching quality of materials majors for the requirements of chemistry knowledge points. Based on the national teaching quality standards of material majors to the requirements of chemistry knowledge points and the challenges for achieving the professional training goals, the teaching system and content of inorganic chemistry course suitable for new energy materials and devices major are explored through the teaching system reconstruction, the teaching content optimization, and the teaching method innovation practice. Consequently, the students' independent learning ability, problem-solving ability, innovative practical ability, and the professional quality level are significantly promoted.

Key Words: New energy materials and devices; Inorganic chemistry; Teaching system; Teaching content; Teaching methods

1 引言

2011年, 教育部在材料学科下增设了国家战略性新兴产业相关专业“新能源材料与器件”。经过近十年时间的建设发展, 到2021年, 专业开设院校已由起初的15所增至91所, 呈现出强劲的专业发展趋势和市场对人才的强大需求动能^[1]。陕西师范大学“新能源材料与器件”专业2016年经教育部批准招生, 隶属于材料科学与工程学院, 专业特色主要定位在太阳能转化和利用及储能材料两大

收稿: 2021-11-22; 录用: 2021-12-17; 网络发表: 2022-04-22

*通讯作者, Email: zhliu@snnu.edu.cn

基金资助: 陕西师范大学一流课程无机化学教学资源建设(2021)

方面。其中太阳能转化和利用主要涉及硅基太阳能电池、钙钛矿太阳能电池、染料电池、敏化太阳能电池、质子膜燃料电池、有机薄膜太阳能电池和太阳能光催化分解水制氢材料等体系；储能材料主要包括超级电容器、锂离子电池、钠离子电池和锂硫电池材料和器件等。全方位对学生进行新能源领域材料设计制备、器件制作、测试系统安装调试及应用建设与评估等方面的知识与能力培养，使学生较全面地掌握太阳能有效转化和利用、电能高效储存和输运及有效应用专业知识和技能，是专业课程体系设计及教学内容建设的主要任务。

依据专业建设背景不同，目前各专业建设高校的“新能源材料与器件”课程体系及教学内容展现出复合、交叉及工艺性特色，体现在物理和化学知识是基础，材料设计及制备是研究主体，器件组装及性能关联是工艺应用的课程教学体系特征^[2]。自该专业建设以来，我院一直将合理构建课程体系及优化教学内容作为人才培养质量保证和提高的主要抓手，取得了专业建设和人才培养质量稳步提升的良好态势。无机化学是该专业的专业基础课，其课程教学体系与教学内容优化对于专业培养目标实现显得尤为重要。为此，依据专业培养目标对化学基本知识及体系的要求，我们构建了适用于“新能源材料与器件”专业的无机化学课程体系和教学内容，促进了学生自主学习能力、解决问题能力、创新实践能力以及专业素养水平的提高，取得了良好的育人效果。

2 材料类专业教学质量国家标准对无机化学知识点要求

2014年8月，教育部高等学校材料类专业教学指导委员会受教育部委托，制订了《材料类专业教学质量国家标准》，对高校材料类专业办学的规范性、科学性和质量控制提出了指导性原则^[3]。明确指出材料科学与工程学科是研究材料的组成、结构、合成与制备、性质与使役性能等基本要素及其相互关系的科学，是一门主要涉及物理学、化学、计算科学、工程学和材料科学的综合型交叉学科。同时，给出了明确的专业培养要求，指出专业培养学生应具有坚实的自然科学基础、材料科学与工程专业基础和人文社会科学基础，具有较强的工程意识、工程素质、实践能力、自我获取知识能力、创新素质、创业精神、国际视野、沟通和组织管理能力；能够从事材料科学与工程基础理论研究，新材料、新工艺和新技术研发，生产技术开发和过程控制，材料应用等材料科学与工程领域的科技工作，可承担相关专业领域的教学、科技管理和经营工作。在材料类专业知识体系和核心课程体系建设中，对学科基础知识的讲授有明确建议要求，如明确要求学生需要掌握的化学基础知识，包括气体、热力学第一定律、热力学第二定律、多组分系统热力学、化学平衡、相平衡、化学反应动力学、电化学、表面现象和胶体分散系统等相应知识，而这些基础知识点正是材料类专业基础课程无机化学主要讲授内容。因此，合理构建适应专业需要的无机化学教学体系及教学内容，是满足材料类专业国家标准及人才培养质量提高的重要途径。

“新能源材料与器件”专业是材料学科下增设的国家战略性新兴产业相关专业，这就要求该专业培养质量首先须符合材料学科专业国家标准大目标，在此基础上依据专业人才培养目标对学生知识点和技能的要求，提出适合专业特点的教学体系和教学内容。针对“新能源材料与器件”专业要求学生具备坚实的材料、物理、化学、电子、机械等学科基础培养目标，在遵循材料学科对化学知识讲授基本要求前提下，构建体系优化、内容合理及目标明确的无机化学教学体系及教学内容，促使学生实践能力、创新能力及综合运用基础知识能力提高，对于培养新工科创新型人才具有重要意义，是无机化学课程实现专业培养目标的重要举措。

3 “新能源材料与器件”专业无机化学教学体系及教学内容实践探索

无机化学课程是“新能源材料与器件”专业本科生的专业基础课，是衔接中学化学和大学化学的桥梁。无机化学课程教学实施对培养学生化学科学兴趣、激发学生学习化学热情、顺利实现从中学到大学学习方法和思维方式的有效转变、巩固学生专业认同感等具有重要的意义^[4]。同时，该门课程既是学生学好大学阶段其他化学课程或化学关联课程的基础，又是培养学生基本科学素质和提

高创新能力的关键。对于“新能源材料与器件”新工科类专业一年级新生,合理的无机化学课程体系及优化的教学内容对学生掌握化学基础知识、基本理论,综合运用化学原理和方法分析、解决和研究新能源材料与器件关联化学问题,培养学生自主学习、创新意识和实践能力等将起到重要作用。因此,“新能源材料与器件”专业无机化学类课程体系与教学内容十分重要,对专业培养目标与学生毕业要求达成起到重要的支撑作用。

3.1 课程教学体系与教学内容面临挑战

3.1.1 普遍性挑战

随着科学技术的不断进步及知识点面的大幅扩容,无机化学课程教学体系与教学内容的普遍性挑战是知识更新与学时减少矛盾、专业培养目标与学生基础严重不匹配矛盾,及技能水平与工程应用不匹配矛盾等^[5,6]。因此,课程体系如何设计、教学内容如何选择及技能水平如何培养,是“新能源材料与器件”无机化学课程教师需要认真探索和回答的问题。

“新能源材料与器件”无机化学教学体系与教学内容面临的普遍性挑战主要来自三方面。一是学生化学知识水平不均制约课程教学目标实现及学生自主学习能力培养。目前,大多数“新能源材料与器件”专业无机化学课程设在大学一年级,由于各个省份对高考化学内容要求不一,导致学生入学时化学知识掌握程度严重不均。同时,现有中学用化学教材内容主要以概念及知识点形式出现,而对概念的解释及应用描述明显缺失,学生更喜欢教师直接讲解学习和通过练习册方式扩充或检验内容掌握的程度,从而使独立思考、阅读能力和自学能力不足,导致适应大学学习环境和自主学习方法以及能力培养周期明显延长。二是课程教学内容知识点不断更新增加而课时持续减少矛盾不断加剧。现有大部分无机化学课程教学内容多而杂,知识点凌乱而繁琐,与高中及后续关联化学课程内容交叉重复率高,导致大一新生不能从高中应试教育模式中快速适应过来,感觉内容“杂、乱、多”,重、难点不易把握,学习方法灵活性差,学习效果不理想,学习主动性欠缺。三是能力水平提高与专业培养目标达成度匹配性差。尽管专业培养目标对于能力的培养提出了高的要求,但是课程教学体系、教学内容及实验动手能力改革滞后,使得教师教与学生学未能完全摆脱传统课程教学模式,学生应用知识及创新能力未能得到较好的启发和锻炼。

3.1.2 专业培养目标挑战

在新工科教育理念导向下,无机化学课程的教学理念应该不仅要求学生掌握结构、性质、反应原理等基础知识和基本技能,而且要求把培养学生实践和创新能力作为课程教学的核心目标,通过提高学生综合运用基础知识和基本技能能力,激发学生学习主动性、应用知识和能力的创造性及对专业的认同性。针对“新能源材料与器件”专业办学时间短而专业培养目标对工程应用能力要求高的实际,从专业培养目标看,无机化学课程挑战主要表现在三方面。一是“新能源材料与器件”专业用无机化学教学体系推陈出新缓慢,专业开设院校普遍沿用与本校相近的工科专业无机化学教材体系,而与“新能源材料与器件”培养目标对无机化学教学内容要求相适应的教学体系缺乏,使得教学体系和教学内容特色不突出,学生对所学专业缺乏应有的理解和把握。二是教学方法同质化现象比较普遍,适合专业特色需求的教学方法探索不够,科学性、系统性、完整性和创新性教学内容改革有待加强,重点突出、难点分散、结构完整、便于讲授和利于自学的专业无机化学教学结构没有完全建立,使得学生所学无机化学知识与“新能源材料与器件”专业应用能力的融合度不够。三是“新能源材料与器件”专业工程应用的实践性教学内容不足。尽管许多院校均有配套的无机化学实验,但实验教学内容基本是操作技能训练、物质制备和性质验证性实验以及化学原理综合实验,而与“新能源材料与器件”专业工程应用相关联的探究性和创新性实验少,导致学生实验兴趣不足及专业认同感不强。

3.2 课程教学体系与教学内容实践探索

无机化学是“新能源材料与器件”专业学生接触的第一门专业基础课,其教学体系、教学内容和教学过程直接影响学生学习兴趣,专业认同及知识系统性也影响学生学习方法建立、学习能力培

养和创新主动性。因此,无机化学课程教学体系和教学内容的优化和改革,不仅是“新能源材料与器件”专业学生自身发展需要,而且是如何让该专业紧跟新工科建设步伐,实现制造强国战略目标社会责任担当的需要。

近五年来,为配合实现我院新能源材料与器件专业特色建设目标需要,我们从课程教学体系与教学内容方面进行了实践探索。在教学体系及教学内容建设过程中,我们始终坚持“学生为本、大道至简、突出基础、交叉拓展”的教学理念,努力做到教学相长、与时俱进,重视基础理论和基本技术,专业知识与能力培养并重,框架结构教学与研究型教学相结合。主要从教学目标、教学内容、教学重难点、教学设计及教学方法等五个方面进行了系统探索,以知识目标、能力目标和素质目标三方面设计教学目标,学生掌握无机化学知识目标是基础,利用无机化学知识解释“新能源材料与器件”关联无机化学现象和观点,理论指导解决实际问题及实验操作和设计能力是根本,促使学生快速适应大学学习方法,形成良好思维习惯和实事求是的科学态度是素质目标。

3.2.1 教学体系实践探索

现有工科专业无机化学课程教学内容粗略可分为两种类型,即基本原理和元素化学两大部分组成体系及化学反应原理、物质结构基础和元素化学三大部分体系^[7]。不同学科和专业学生教学内容侧重点不同,教师可根据授课专业的培养目标在教学内容上进行合理取舍,选取适合本专业自身发展需要的教学内容。不论教学内容如何分类,但教学内容体系安排上则具有很大差异灵活性,使得教学体系安排与学生知识接受能力、知识系统性和学习自主性能够紧密关联,这将为“新能源材料与器件”专业无机化学课程改革提供实践探索载体。

从一个化学反应的系统性来看,要研究清楚某一个化学反应,就需要对反应物及产物的分子结构、反应过程的热效应和反应快慢、反应物和产物的性质及其应用有一个全面认识,而这些认识点正是无机化学的基本教学内容。因此,在无机化学教学体系的安排中,我们坚持以“结构决定性质,性质决定应用”思维脉络进行教学内容体系构筑,提出“物质结构-反应方向性-反应动力学与平衡-元素及化合物在新能源领域应用”无机化学教学体系结构。在具体教学实施过程中,首先完成原子结构、分子结构和分子间力教学,沿着原子-分子-宏观聚集体的次序,从微观到宏观看待化学世界,使学生感受到化学物质世界之精彩。在了解了原子及分子结构基础上,依据化学反应实现的可行性,讲授化学热力学教学内容,使学生从能量角度理解化学反应进行的方向性和可能性,从能量角度对万千世界变化有一个整体认识。依据学生能够理解和判断任一化学反应自发性基本要求,顺序进行化学反应动力学及化学平衡教学内容,使学生理解化学反应动力学及化学平衡在实现化学反应及物质制备过程中的重要性,激发学生的求知欲及专业认同感。在完成物质结构、反应方向性及反应动力学与平衡教学内容后,依据各种物质在“新能源材料与器件”工程中发挥作用的根源在于其内部结构,而电子转移过程又往往与反应体系的酸碱性、反应物的溶解性以及配位性相关联及所有转化反应都离不开动力学等因素,使得“新能源材料与器件”专业内涵通过课程的基本原理和元素知识直接或间接得到落实。在元素化学教学过程中,重点关注与“新能源材料与器件”专业紧密相关的金属及稀土元素单质及化合物结构、性质及应用,将依据元素及其离子分区特征,将s区元素(碱金属及碱土金属元素)与锂二次电池正极材料相关联,将p区元素(IIIA-VIA)与电池负极材料、超级电容器电极材料、锂硫电池及太阳能电池相关联,将d区过渡金属及f区稀土元素的单质、氧化物或化合物与储氢合金、光催化材料、燃料电池催化材料、电池及超级电容器电极材料相关联。同时,为了促使学生理解知识的系统性及规律性,在教师引导和提纲下,安排学生通过讨论学习,将专业联系较少的卤素元素、惰性元素及非金属元素及其化合物知识通过自学讨论完成。通过将元素及其化合物知识与“新能源材料与器件”专业培养目标有机结合,使无机化学知识点渗透到“新能源材料与器件”专业研究与应用中,不断加强学生的专业使命感、课程学习责任感和专业认同度。

3.2.2 合理优化教学内容

依据学生对于无机化学知识点的认知能力和“新能源材料与器件”专业培养目标的要求实

际,在对课程教学体系探索实践基础上,我们本着课程教学内容科学性、系统性、重要性和应用性原则,对“新能源材料与器件”专业无机化学教学内容进行了合理优化筛选。作为一门专业基础课程,科学性是无机化学的基石,这将在微观结构理论(原子结构、分子结构和分子间作用力)和宏观化学热力学及化学动力学教学中得到很好体现。系统性主要体现在学生应理解并掌握相对完整的无机化学理论体系与单质及化合物性质变化规律性(元素周期系),使得无机化学基本原理与元素无机化学紧密联系,充分发挥原理对于单质和化合物性质的指导作用,增强学生通过理论阐明无机化学现象本质的能力,扩大学生思维空间,提高学生创新能力。重要性指对课程知识体系、基本理论理解、“新能源材料与器件”关联重要化合物及学生创新能力培养有显著提高作用的教学内容,需要进行合理优化和重点讲授。应用性原则主要紧扣“新能源材料与器件”专业紧密关联单质和化合物,通过这些重要化合物在新能源材料与器件领域的广泛应用,产生的显著经济效益及对环境和能源的综合社会效益,使学生能够亲身感受到“新能源材料与器件”专业无机化学课程内容的新颖性、实用性及重要性,促使学生学习能力和专业素养的快速形成。

在严格参照《高等学校材料类专业指导性专业规范》及材料类专业教学质量国家标准对无机化学知识点要求的基础上,依据我院“新能源材料与器件”专业培养目标,我们在教学过程中通过合理优化,逐渐形成了如表1所示的“新能源材料与器件”专业无机化学教学内容。

表1 “新能源材料与器件”专业无机化学课程教学内容、学时安排、教学重点及目标

课程内容	学时	教学重点	教学目标
绪论	2	化学与能源	课程与专业目标
化学基础知识	4	物态、理想气体 稀溶液依数性	物质世界基本化学规律 溶液依数性本质及应用
原子结构	7	波粒二象性、波函数与原子轨道 核外电子排布与元素周期律	实物粒子与微观粒子运动本质区别 核外电子排布规律及周期性本质
分子结构	8	化学键本质、价层电子对互斥理论 杂化轨道理论、分子轨道理论 分子间作用力、离子极化	化学键和分子间作用力本质和区别 各种化学键理论的应用及互补性
化学热力学	4	状态函数、化学反应自发性	能量角度认识化学反应发生的规律性
化学动力学	4	反应速率方程、速率理论	化学反应速率本质及加快反应策略
化学平衡及应用	8	热力学与化学平衡 酸碱理论拓展、弱电解质电离平衡 难溶强电解质沉淀-溶解平衡	可逆过程平衡常数与温度关联性 平衡常数在各种可逆过程中的应用
氧化还原反应	6	氧化还原反应和原电池 电池反应热力学、电极电势图示表示	物质结构与其氧化还原性 电极电势判断物质的氧化还原性
配位化学基础	4	配合物基本概念及结构 价键理论和晶体场理论、配合物稳定性	理解分子及离子结合的基本规律 价键理论和晶体场理论阐明物质性质
元素化学	25	新能源密切相关元素及重要化合物 <i>s</i> 区元素与锂二次电池电极材料 <i>p</i> 区元素与锂硫和太阳能电池及超级电容器 <i>d</i> 区及 <i>f</i> 区元素与储氢合金、光催化及燃料电池	新能源密切相关元素及重要化合物性质 不同核外价电子特征元素及其化合物用于新能源材料的本质和规律性

3.2.3 教学方法探索

在选定与“新能源材料与器件”专业相适应的无机化学教学内容基础上,我们始终将教师爱教和学生好学作为教学设计的基本要求和出发点,充分发挥教师教学的主导地位和学生学习主体地位。为了充分发挥教师的主导地位,要求授课教师必须具有“学高为师、身正为范”的良好职业道德,具备对于教学内容系统深入的理解和研究,拥有灵活教学手段和敏锐研究成果洞察力。通过教师的主导教学,调动学生学习积极性,启发学生批判性学习,激发学生创造性思维,培养学生分析解决问题能力。在教学实践过程中,我们坚持以教学内容决定教学方法,在传统课堂教学之外,采用案例研讨教学法、课外延伸学习法、不限时空线上线下教学法及微课视频等多种教学方法,收到了较好的教学效果。

教学过程中,我们认为教师的认真讲解和学生的积极互动参与是提高课堂教学效果的重要手段之一,教学中教师将知识点凝练成引导学生思考回答的兴趣点和问题点,并结合自然界相比拟关联现象,采用多种形式努力启发学生从被动接受知识而成为知识的理解者,不仅活跃了课堂教学气氛,而且使学生学习的主体意识得到充分加强,在思考和解答中掌握知识。针对“新能源材料与器件”专业培养目标需要,我们在课程教学中充分以新能源化学相关知识点为载体,充分发挥案例教学在知识传授、专业认同及思政育人中的重要作用,使专业需要的化学知识点与实践应用有机统一,从而激发学生学习兴趣,培养学生对专业的热爱,充分认识到专业知识对于社会和经济发展的的重要性。在课堂教学让学生牢固掌握专业基础知识基础上,依据我院80%教师科研工作与“新能源材料与器件”专业相关联的优势,将课程延伸到课堂外,利用非课堂教学时间,按照学生兴趣爱好,分组组织学生进入到教授研究室,通过教授讲授与自身研究相关联的知识与应用,亲身动手制备材料及组装相关器件,使学生在兴奋、好奇及愉悦的气氛中,感受到化学和材料知识魅力和专业优势发展前景。这种课外延伸学习法不仅拓展了学生视野,而且使学生了解了相关研究的现状和发展趋势,可进一步激发学生探索学科前沿的欲望和创新潜能,促使他们更努力地学习当下知识。另外,针对线下课堂教学中一些概念抽象、构型理解难及信息量不足等制约课程教学的实际情况,我们鼓励学生合理利用线上资源辅助学习,通过一些在线演示实验使抽象概念具体化,利用动画模型使难于理解的构型简单明了化,以及利用扩展阅读来增加学生知识摄取量。同时,我们充分尊重学生学习主体地位,尊重学生个体差异性,发展了“无机化学+X”教学模式,使学生通过+X知识体系拓展和交叉,体会到化学知识的有趣和有料,增强专业的认同感和学习主动性,达到注重学生批判和创造性学习主体意识,培养学生归纳总结及自学能力,促使学生综合素质全面提升。

在课程教学体系及教学内容改革实施过程中,我们强调全过程评价管理。通过增加线上微课学习时长、频率、习题正确率及线下课堂出勤率、作业展示、小组讨论和课堂评论等考核点,加大学生平时学习效果的考核力度。通过无机化学+X考查、平时考核和期末考试,考核学生基本知识掌握程度、对新能源材料与器件学科前沿知识关注程度、专业认同度及分析和解决问题能力程度,实现对学生的综合评价。在学生全员评价和院校督导评教基础上,要求任课教师认真纵向比较分析各学年学生对于知识学习掌握和能力培养情况,下次教学做到扬长避短、有的放矢,对教师教学进行系统评价。与课程改革前学生知识掌握程度、素质能力养成度及教与学考核结果相比较,课程体系与教学内容改革符合“新能源材料与器件”专业学生知识与能力发展需要,学生的专业认同度得到加强,学习化学兴趣浓厚,教学效果较为满意。

4 结语

无机化学是“新能源材料与器件”专业一门重要的专业基础课程,起着传授基本化学知识、培养学生学习能力、激发学生专业认同感及提高学生综合素质的作用。在教学实践探索过程中,依据“物质结构-反应方向性-反应动力学与平衡-元素及化合物在新能源领域应用”教学体系,坚持课程教学内容的科学性、系统性、重要性和应用性原则,施行教学内容决定教学方法策略,发展了适用

“新能源材料与器件”专业无机化学课程，促进了学生自主学习能力、解决问题能力、创新实践能力以及专业素养水平提高，取得了良好的教学和育人效果。

参 考 文 献

- [1] 钟海长, 赖贵文, 吴丽芬. 大学教育, **2020**, No. 3, 61.
- [2] 张欢, 蒋琪英, 蒲琳钰, 王伟. 大学化学, **2020**, 35 (10), 122.
- [3] 姜训勇. 教育教学论坛, **2019**, 38, 61.
- [4] 魏明灯, 魏巧华. 大学化学, **2021**, 36 (6), 2008073.
- [5] 胡锴, 蔡苹, 程功臻. 大学化学, **2018**, 33 (9), 47.
- [6] 冯雪风, 罗峰. 华东理工大学学报(社会科学版), **2018**, 37 (3), 291.
- [7] 刘海燕, 代小平, 张瑛, 宋卫余, 张楠. 大学化学, **2021**, 36 (7), 2010009.