

面向非化学专业的物理化学课程思政教学

孙兵*

中国地质大学(北京)数理学院, 北京 100083

摘要: 以物理化学知识体系为基础, 从“正确的世界观与科学的方法论”“科学探索与科学精神”“人文素养与文化传承”3条主线, 建设了面向地质类、材料类非化学专业的物理化学思政教学体系。将物理化学知识体系重构与思政教学整体设计相结合, 促进学生价值塑造。通过教学设计将思政建设成果融入教学实践, 取得了良好教学效果。

关键词: 物理化学; 课程思政; 非化学专业教学; 科学思维; 家国情怀

中图分类号: G64; O6

Practice of Ideological and Political Education in Physical Chemistry Courses for Non-Chemistry Majors

Bing Sun *

School of Science, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China.

Abstract: This paper presents the development of an ideological and political education teaching system for non-chemical majors in geology and materials science, based on the knowledge system of physical chemistry. The teaching system is centered around three main themes: correct worldview and scientific methodology, scientific exploration and scientific spirit, and humanistic literacy and cultural inheritance. By integrating the reconstructed physical chemistry knowledge system with ideological and political education, the teaching design aims to shape students' values. The successful integration of ideological and political elements into teaching practice has resulted in positive teaching outcomes.

Key Words: Physical chemistry; Ideological and political education; Teaching for non-chemical majors; Scientific thinking; Patriotism and cultural identity

物理化学课程是化学、化工、材料等多个专业的一门重要基础课。在高校深入落实立德树人根本任务、铸就教育之魂的理念和实践创新、推动高等教育高质量发展的新时代背景下^[1], 推进物理化学课程思政建设是落实面向多学科专业协同育人的重要举措^[2,3]。物理化学课程蕴含着丰富的思政元素, 提供了培养复合型拔尖创新人才的知识框架和课程思政建设的知识体系^[4,5], 将课程思政元素有机融入课程教学设计和教学实践, 能够达到思政育人的效果^[6,7]。首先, 物理化学是从化学现象与物理现象的联系去寻找化学变化规律的学科, 课程蕴含着马克思主义世界观和方法论、系统的科学自然观、科学探索的认识论规律^[8], 有着“与思想政治理论课同向同行, 形成协同效应”的优势^[9], 有助于提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力^[10]。其次, 物理化学课程知识体系注重科

收稿: 2023-11-23; 录用: 2024-02-01; 网络发表: 2024-02-21

*通讯作者, Email: sunbing@cugb.edu.cn

基金资助: 中国地质大学(北京)2021年课程思政教学改革项目(KCSZ202140); 2023年学科发展研究基金项目(2023XK204)

学思维方法的训练和科学及工程伦理的教育,有助于培养学生探索未知、追求真理、精益求精、勇攀科学高峰的创新精神,激发学生科技报国的家国情怀和使命担当^[11]。第三,课程与多个学科交叉融合,兼有前沿性、时代性、开放性、高阶性和人文素养内涵,为拓展学生恢弘的历史及国际视野、塑造崇高理想信念、厚植优秀文化底蕴、树立自强奋斗精神提供重要载体^[12]。

物理化学课程的思政教学不仅适用于化学化工类专业的教学实践^[13,14],同样也可以应用于非化学专业教学,以达到“守好一段渠、种好责任田”的教学目标,实现知识传授、能力培养、价值塑造三位一体的人才培养目标,最终达到全过程、全方位育人的目的。目前面向药学、农业、材料物理、冶金工程等非化学专业的物理化学课程思政建设已有研究与实践^[15-18],针对地质类专业的物理化学课程思政建设未见有报道。基于中国地质大学(北京)物理化学课程面向地质类、材料类专业学生的教学实践,探索了面向地质类、材料类非化学专业物理化学课程思政教学体系建设的过程及实施效果,为非化学专业物理化学课程思政教学提供参考。

1 面向非化学专业物理化学课程思政教学体系设计基础

物理化学课程是中国地质大学(北京)创新实验班及材料类(包括材料科学与工程、材料化学、材料物理、宝石及材料工艺学等)和地质类(包括地质学、资源勘查工程、环境工程、地球化学等)专业的一门重要的学科基础课程。本课程具有专业教育课程的属性,也兼有公共基础课程的属性。从专业教育课程的属性看,物理化学课程可以作为思政建设的基本载体,需要根据授课对象的专业特点,研究课程的育人目标。结合课程专业知识体系,深度挖掘课程中所蕴含的思想价值和精神内涵,并科学合理拓展专业课程的广度、深度和温度;从课程所涉专业、行业、国家、国际、文化、历史等角度,增加课程的知识性、人文性,提升引领性、时代性和开放性。从公共基础课程的属性看,要注重提高大学生的思想道德修养、人文素质、科学精神、法治精神、国家安全意识和认知能力,坚定理想信念、厚植爱国主义情怀、培养奋斗精神,健全人格、锤炼意志,激发创造创新活力。

本课程面向全校非化学专业的理工科大二学生开设,学生通过大学化学、无机化学等课程的学习,有较为系统的化学知识铺垫,但对于主导化学变化过程的深层次原因缺乏认识,对定量的、系统的化学基本逻辑和知识框架没有概念。在面向非化学专业学生授课时,还需充分考虑不同专业背景学生的专业情况与知识储备。因此,在教学过程中需要结合学生的知识经验基础,从学生比较能理解的场景或话题引入,重新编排教学内容,改进现有的课堂教学方法,将贴近专业背景的鲜活的事例或物理化学场景与知识点有机结合,激发起学生的求知欲和学习自信心,并引导学生形成良好的学习习惯和思维方式,为后续专业课程的学习和应对、解决复杂问题的能力提升打下坚实基础。

2 面向非化学专业物理化学课程思政教学体系建设

2.1 面向非化学专业物理化学课程思政教学体系建设总体思路

根据物理化学学科特点,面向非化学专业的物理化学课程思政教学坚持以学生成长发展为中心,形成的总体思路如图1所示。本课程确立了“扎实基础、学识贯通、逻辑分析、科学思维”四个维度的教学目标,其中“扎实基础、学识贯通”是主要知识目标,在理解掌握物理化学知识体系的基础上,能够熟练地将物理化学课程的研究方法和思维训练应用于专业课程的学习,达成“逻辑分析、科学思维”的主要能力目标。在非化学专业学生培养的与所学专业密切联系的四项基础内容(即生活实践、原理体系、模型技术、知识运用)之上,围绕着学生成长发展这一中心任务,从“正确的世界观与科学的方法论”“科学探索与科学精神”“人文素养与文化遗产”3条主线进行课程思政教学改革建设。通过物理化学课程的知识与能力训练以及价值塑造,引导学生建立正确的世界观和科学方法论、培养严谨创新的科学思维与科学精神、拓展恢弘的历史视角及前沿国际视野、坚定崇高理想信念、塑造深厚人文底蕴,促进学生的成长和发展。



图1 面向非化学专业物理化学课程思政教学体系建设总体思路

2.2 面向非化学专业物理化学课程思政教学体系建设主线

(1) 正确的世界观与科学的方法论。物理化学是通过实验和理论研究物质的结构、合成及性质的学科，在研究对象和方法上均具有客观性，天然地包含了唯物论的内涵，遵循认识论和实践论的一般范式，具有思想教育价值。从物理化学中蕴含的马克思主义基本原理出发，培养学生的逻辑思维能力，树立辩证唯物主义世界观、认识论、历史观，引导学生建立实事求是的科学方法论。以知识传授为依托，理解归纳与演绎、现象与本质等哲学范畴，培养联系的、发展的、全面的思维方式和独立的逻辑思维能力，引导学生进行科学合理的拓展训练。从物理化学学科对物质世界认识的局限性出发，引领不同专业背景的学生正确理解各学科的发展状态，辩证地看待人与自然的关系，树立人与自然和谐相处的共同体意识。从劳动人民推动历史前进的作用，理解党的群众路线，引导学生培养与劳动人民的紧密联系，树立正确的历史观，合理规划人生道路。

(2) 科学探索与科学精神。从物理化学在创造和认识新物质、理解和阐释化学变化原理、推动文明发展与科技进步中的作用出发，融合课程的知识性、时代性和开放性，重点梳理创造、发现、阐释、进步等背后的科学探索过程，充分展现坚忍不拔、勇攀高峰的科学探索精神和精益求精、勇于创新的工匠精神，使学生身临其境地感受科学探索的魅力和科学精神的内涵，助力培养学生的创新意识和批判性思维。结合我国近现代以来的重大科技进展及物理学家的突出贡献，将物理化学原理与实际应用相结合，突出科学家精神和家国情怀，引导学生关注社会进步、科技创新与国家安全，增强学生参与经济社会发展、服务于中国特色社会主义现代化建设的主体意愿。

(3) 人文素养与文化遗产。从物理化学对人类文明发展史的贡献，充分发掘物理化学课程所承载的深厚文化底蕴，将培育人文素养融入到文化育人的价值功能中。深刻认识物理化学之变化的传统文化根基，领会其中所蕴含的创造性智慧，传承优秀传统文化、增强文化自信，理解中华优秀传统文化是中国特色社会主义现代化建设和实现中华民族伟大复兴中国梦的根基和沃土。

3 面向非化学专业物理化学课程思政教学实施措施

3.1 课程体系重构

结合总体思路，对面向非化学专业的物理化学课程进行了系统性的重构。按由基础到应用、由简单到复杂的顺序，将物理化学课程内容划分为课程导入与整体介绍、热力学原理、热力学及动力学应用3大部分，共7个板块(图2)。其中课程导入与整体介绍部分包含“课程导入”与“课程内容概述”两个板块，针对不同的专业类别选择不同的导入与讲授方式和思政素材，突出课程内容与授课学生专业特色的结合，做到贴近非化学专业的背景知识体系，提出契合各专业背景的物理化学问题。如地质类专业侧重地质演化与矿产资源研究中的热力学，材料类专业侧重材料设计与合成热力学等。

热力学原理部分包括“热力学基本定律”“物质的量变化系统的热力学”和“化学反应过程热力学”3个板块，是整个物理化学课程的重点。该部分承接不同专业的关键物理化学问题，提出物理化学的研究思路和问题解决方案。热力学及动力学应用部分主要包括“热力学在复杂系统中的应用”和“化学反应动力学”2个板块，根据专业类别和课时要求不同选讲电化学、胶体与分散系统、复杂反应动力学等内容。在该部分授课过程中展示物理化学原理在地质/矿床构造演化、地球环境变迁、选矿工艺、材料微观结构与性质、油气藏形成与开发等方面的应用实例，丰富课程的思政素材库，表现出了课程的实用性、趣味性和开放性。通过以上重构，一方面梳理了物理化学与先导课程的联系，并明确与各专业后续课程的衔接关系，有助于不同专业类别的学生对课程内容、知识点联系的全面认识；另一方面，也对授课内容进行了系统性整合，有助于思政素材的挖掘和思政元素的融入，为明确重难点和知识点衔接、开展混合式教学、促进思政元素与课程内容的有机结合提供框架。

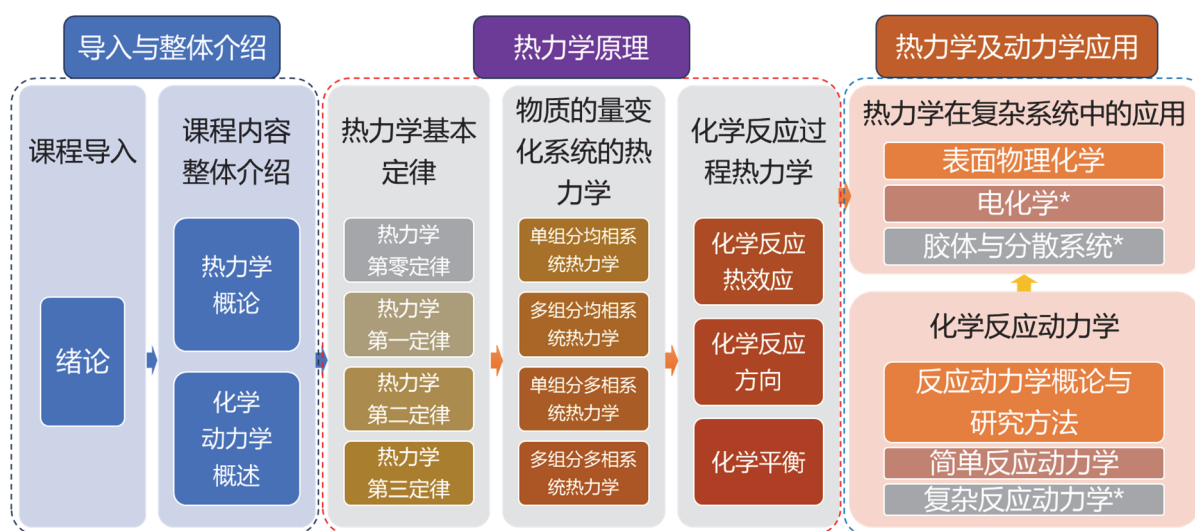


图2 面向非化学专业物理化学课程知识框架的系统性重构

3.2 课程思政素材整理

在物理化学课程思政体系建设实施过程中，对对照重构的知识框架和知识点，以课程中所涉及的学科发展与前沿科技进展、科学家生平及科学探索精神、经典理论和逻辑思维方法、物理化学实际应用、学科交叉融合、文化传承等6个方面作为切入点，进行课程思政素材搜集和挖掘工作；并从理想信念、家国情怀、世界观与方法论、科学精神、人文素养、国际视野等6个维度对挖掘的课程思政元素进行分类整理，形成了物理化学课程思政元素的素材库。

在课程导入与整体介绍部分，通过对物理化学学科发展史、物理化学研究方法、物理化学与其他学科的交叉融合、热力学/动力学研究范式及内在联系等方面的梳理，着重回答“为什么学、学什么、怎么学”的问题，并从系统的自然观与生态文明建设的素材中提取人类命运共同体的思政元素，从学科发展史、物理化学定量系统的研究思路与技术手段等素材中挖掘正确的世界观与方法论元素，从前沿新技术新理念、跨学科交叉融合等素材中汲取科学精神元素，从学科国际前沿方面搜集国际视野维度的思政元素。

热力学原理部分重点突出世界观和方法论教学，挖掘提炼思政素材的关注点，包括物理化学过程伴随的能量、熵、温度等基本状态函数变化，影响热力学状态变化的主要因素，由简单过程到复杂热力学系统的分析处理思路，化学反应热力学问题的探索过程，热力学原理在科学研究和实际生产中的应用，近现代重要物理化学家的事迹与个人品格等方面。对于以上关注点，在授课过程中引导学生认识状态变化的本征原因和理解研究逻辑，积累世界观与方法论维度的思政元素素材(如常见

热力学过程变化的现象归纳与驱动力探究、热力学变量计算表达式由一般到特殊场景的演绎等);在探索熵本质及过程方向判据、剖析复杂物理化学问题(如不可逆相变过程、多组分系统经验定律、实际过程热力学、化学反应热力学等)的过程中,引导学生形成解决复杂问题的思路和能力,培育科学精神和创新意识。通过与知识点相结合,展现我国近现代物理化学家(如黄子卿教授、徐光宪教授等)的学术成就和家国情怀。在复杂系统热力学的知识点中融入超临界二氧化碳技术、高性能金属合金制造、稀土金属分离提纯、矿产资源勘查、人工固氮技术等科技前沿领域进展,拓展国际视野,引导学生关注新时代的科技发展与国家安全,坚定学生走科技自立自强高质量发展道路的理想信念。充分挖掘热力学部分的传统文化内涵,如自发过程、势、平衡等概念在传统典籍中的涵义类比、水的哲学意蕴等,梳理人文素养维度的思政元素。

热力学及动力学应用部分侧重物理化学原理在日常生活、工农业生产、医疗健康、生态环保、新能源、新材料、催化科学等领域的实践,与各学科的专业背景联系较为紧密。近年来该部分的发展保持着活跃态势,涉及青年科学家的创新成果日新月异,思政素材也较多,如多样的表界面现象、碳捕集技术与原理、水资源开发与保护、多孔结构与油气藏开采、新型催化剂设计、界面浸润性调控与绿色印刷、水滴发电、表面电荷梯度诱导水滴反重力输运、空气集水等。参照热力学原理部分的思政素材挖掘与思政元素整理方式,从表界面现象、化学动力学控制两大方面搜集“理实交融”的科技前沿动态、科学家贡献与情怀、学科交叉、文化底蕴等素材,梳理出理想信念、家国情怀、科学精神、人文素养、国际视野等维度的思政元素。

3.3 教学模式设计

在教学过程中,将课程思政与教学目标、教学内容相结合,适时地将思政元素有机融入到课堂教学中。从认识论的一般规律和中国传统文化中对“道”的渐进式理解思路,设计了从“问道”(问题导入)、“闻道”(研究探索)、“悟道”(总结规律)到“明道”(实际应用)的循环式教学模式(图3)。课堂教学从具体的实际问题出发,启发学生善于发现问题,敢于“问道”。“闻道”过程的可以是教师启发式的,也可以是自主探究式的,突出问题导向的研究探索。“悟道”是对前一阶段问题探索的归纳总结,形成结论性的规律。“明道”也可以称为“行道”,是在“悟道”以后的不断验证或实际应用,并在验证和实践中发现新的问题。通过这种循环式的教学模式,旨在引导学生认识科学探索研究范式、建立问题研究的一般性思维方式,并在该过程中启发学生感受传统文化中追求“道”的过程。

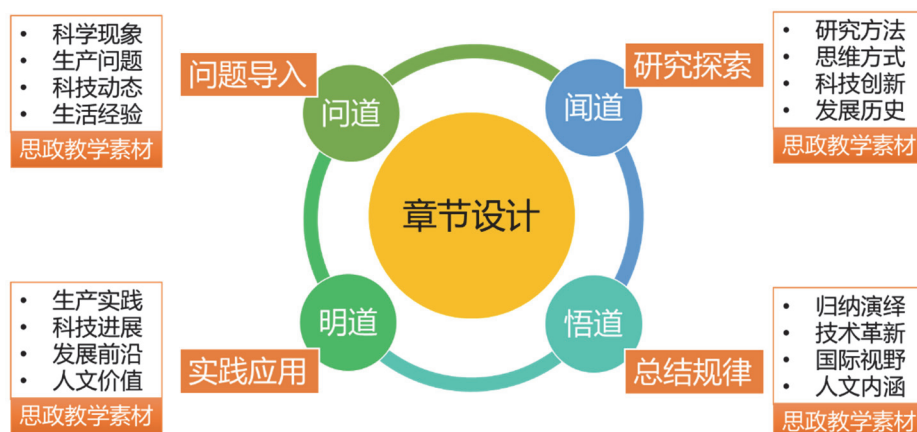


图3 面向非化学专业物理化学课程思政教学设计的基本框架与思政教学素材

如在单组分系统的相图章节授课时,以“上善若水,水利万物而不争”这一水的文化特性或水资源短缺为思政素材切入教学,从“为什么不同气压下水的沸点不同”以及“是否有水的气液固三

相同时存在且相互转化的情况”作为“问道”开始，融入生态环保理念、水资源保护意识、传统文化等思政元素。在“闻道”阶段采用实验研究的方法讲授水的相图绘制过程，展示黄子卿教授在水的三相点测定方面做出的卓越贡献和家国情怀；给出克拉佩龙方程对相图中两相平衡线的描述，揭示导入问题的答案；结合三相点的实验视频让学生直观感受三相点处的相变情况。进入“悟道”环节，明确水的相图各区、线、点的涵义(相数、自由度)，阐述在恒压或恒温条件下的物系变化情况。这两部分中通过实验探究与理论解释、科学家贡献等思政素材融入了家国情怀、科学精神、世界观与方法论等维度的思政元素。在“明道”环节，以小组讨论的方式分析二氧化碳的相图、超临界二氧化碳的性质和应用，引导学生从全球、历史两个视角下辩证认识二氧化碳，融入国际视野维度的思政元素。

再如，在表面物理化学章节授课时，设计以王亚平太空授课展示的纸花瓣在水滴表面“绽放”、水黾的“水上漂”技能等科学现象为问题导入，开启“问道”环节，其中融入了科技自立自强的理念和以国之利器为荣的家国情怀等思政元素。在“闻道”阶段运用表面物理化学热力学揭示表面现象产生的原因、表面张力和表面能的概念。在“悟道”阶段归纳产生不同表面现象的原因：界面分子与本体分子所受的作用力不同而产生的界面紧缩力，其衡量标度即为表面张力或表面能。由此呼应并解释导入问题，并演绎至不同界面处的表面能、表面能与表面张力的物理含义差异、影响表面能/表面张力的因素等内容。这两部分蕴含着基于热力学问题研究的世界观与方法论、科学精神等维度的思政元素。“明道”阶段通过小组讨论的方式举例说明日常生活、生产实践以及各专业背景科学研究实例等方面的表界面现象，注重培养学生主动消化知识点、拓展实际应用意识。

综合以上2个示例，从实际感受比较深刻的现象或问题入手，有助于快速吸引学生的注意力聚焦到授课内容上。带着问题思考，引导学生建立问题导向型的科学思维方式。通过自主探索、讨论交流，了解知识点对应的历史发展过程，掌握研究方法、拓展国际视野，渐进地转变为以学生为中心的教学进程，注重学生辩证思维能力和批判创新能力的培养。最后回归到知识点的问题导入，推动学生主动思考，学用结合、融会贯通。

3.4 混合式教学实践

依托超星学习平台，建立线上课程，形成了“课前任务发布-互联网材料分享-课上专题讲解-互动测评-课后作业与讨论”的教学程式，探索混合式教学，课堂上突出教学重点与难点，引导学生自主探索，提升自我认知与综合素质，培养科学思维方式与解决问题的能力，拓展科学视野。通过对比考察国内外优秀教材的内容设置，筛选适合于课程思政建设的教学内容、章节安排和知识结构形式；充分利用权威时政信息发布平台、互联网多媒体素材(视频、影像、图片等)，并借鉴国家发布的思政建设示范课程的建设经验，博采众长服务于物理化学的课程思政建设。

3.5 课程考核评价体系

根据思政建设的设计要求，并结合我校课程评价的具体实践情况，探索建立一套课程思政评价体系(表1)。在评价体系中，将平时成绩与期末考试成绩均按50%分配；平时成绩分为3个模块进行考评：知识掌握(35%)、能力培养(45%)、价值塑造(20%)。知识掌握部分以分数量化的形式进行考核，包括线上学习、章节测验和阶段测验。知识运用部分为知识掌握考核的高阶形式，主要采用综合试题的形式考查学生多个知识点的贯通掌握情况，或结合所学知识解决某些实际案例中的具体问题。能力培养方面主要采用考查方式，对学生提出问题、查找资料、总结整理、应对方案、语言表达、团队合作、思维创造等方面进行评价。价值塑造方面，以课程思政教学体系的4个价值目标为主要评价指标，采用线上评价量表(表2)自评和小组互评的方式进行，分别对照20项评价内容进行打分，综合自评和小组互评的测评得分情况，评估学生的价值塑造情况。通过以上考评体系，将推动物理化学课程教学由知识导向型向能力和素质导向型转变，建立“以学生成长为中心”“以产出为导向”的课程思政教学育人模式。

表1 面向非化学专业物理化学课程教学学生评价指标表

教学评价指标及考核占比			考核方式	考核得分/评价	量化合计	总计
一级指标	二级指标	三级指标				
平时成绩(50%)	知识掌握(35%)	线上学习(20%)	分数量化			
		章节测验(25%)	分数量化			
		阶段测试(25%)	分数量化			
		知识运用(30%)	分数量化			
	能力培养(45%)	问题探索(30%)	分数量化			
		总结表达(25%)	分数量化			
		团队合作(30%)	考察评价			
		思维创造(15%)	考察评价			
价值塑造(20%)	评价量表*	考察评价				
期末考试(50%)	-	-	分数量化			

表2 面向非化学专业物理化学课程价值塑造评价量表(自评与互评)

价值目标	评价内容	评价等级						测评得分
		5	4	3	2	1	0	
正确的世界观 与科学的方法 论	能够熟练使用辩证唯物主义的观点分析物理化学问题							
	能够主动理解科学认识的一般过程							
	掌握归纳与演绎、一般与特殊、现象与本质等在物理化学中的应用							
	能够实事求是地应对和剖析遇到的现象或问题							
	理解研究物理化学问题的基本思想和方法							
掌握解决复杂物理化学问题的一般性处理思路								
科学探索与科 学精神	建立从问题提出、研究探索、总结梳理到应用实践的科学研究范式							
	树立批判性思维, 掌握理性批判方法							
	培养物质大科学概念和多学科交叉融合意识							
	树立精益求精、勇攀高峰、敢于创新的雄心壮志							
领会科学探索的艰辛与魅力, 培育坚忍不拔的毅力信念								
历史视角、前 沿动态与国际 视野	正本溯源, 提升大历史观下的科学规律认识能力							
	与时俱进, 关注学科专业相关的科学技术的前沿进展							
	理实交融, 建立基础理论知识与具体实践的联系, 侧重促进实践正向发展							
胸怀天下, 多途径拓展国际化视野								
理想信念、家 国情怀与人文 素养	树立人类命运共同体意识, 领会系统的生态文明自然观							
	树立家国一体的责任意识, 有科技报国的志向与担当							
	理解科技进步在满足国家重大战略需求、推动经济社会发展方面的贡献							
	感悟物理化学家的学术成就和家国情怀, 领会科学家精神的丰富内涵							
感受物理化学中的传统文化底蕴, 提升自身人文素养								
价值塑造评价总分(百分制)								

3.6 面向非化学专业物理化学课程思政体系建设成效

通过两年的物理化学课程思政体系建设, 形成了面向非化学专业物理化学思政教学大纲、课程

思政分章节混合式教学设计表、课程教学学生评价指标表等教学文档,建立了物理化学课程思政教学素材库、思政教学案例库等。融合了课程思政的混合式教学模式将鲜活的素材(如科学小实验、科研前沿动态、生活知识、图形化模拟等)带入课堂,学习氛围热烈活跃、授课效果明显提升。经过两个轮次面向非化学专业(8个自然班)课堂教学实践,课堂教学的学生平均参与度由改革前的63.4%提升到改革后的81.6%,学生参与课堂教学的意愿明显增加。对融合了课程思政的混合式教学模式,有90.4%的学生认为对学习物理化学有很大帮助,8.7%的学生认为有一定帮助,0.9%的学生认为帮助不大或无影响,整体认可度较高;两轮次课程教学学生评价均为优秀。学生的总评平均得分有一定提高(约9%),总体不及格率低于4%。

基于本课程的课程思政体系建设,受到校级课程思政类教改项目资助1项、校级学科建设项目资助1项。将课程思政教学设计、思政素材库应用于教学比赛与教学研究,教学团队获中国地质大学(北京)第二届教师教学创新大赛二等奖、第二届北京市高校教师教学创新大赛优秀奖。

4 结语

面向非化学专业物理化学课程思政教学改革,以课程知识体系为基础,从“正确的世界观与科学的方法论”“科学探索与科学精神”“人文素养与文化遗产”3条主线进行了课程思政体系建设。在教学实践中,通过课程体系重构、思政素材挖掘整理、教学模式设计、混合式教学实践、教学评价体系建设等措施,将课程思政建设成果融入到教学实践,取得了良好的教学效果。

参 考 文 献

- [1] 立德树人,为民族复兴提供人才支撑——学习贯彻习近平总书记在全国高校思想政治工作会议重要讲话. [2024-02-16]
http://www.xinhuanet.com/politics/2016-12/08/c_1120083340.htm
- [2] 张树永. 大学化学, **2019**, 34 (11), 4.
- [3] 张进, 刘利, 姚思童, 吕丹. 中国现代教育装备, **2021**, No. 17, 68.
- [4] 张敬波, 赵红昆. 大学教育, **2021**, No. 3, 113.
- [5] 孙艳辉, 南俊民, 马国正, 何广平, 左晓希, 李国良, 林晓明. 大学化学, **2021**, 36 (3), 2010015.
- [6] 毛双. 大学教育, **2021**, No. 4, 97.
- [7] 刘万强, 刘鑫微. 大学化学, **2022**, 37 (10), 2205064.
- [8] 宁文生, 张波. 当代教育实践与教学研究(电子刊), **2021**, No. 24, 97.
- [9] 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知(教高〔2020〕3号). [2024-02-16]
http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/06/content_5517606.htm
- [10] 王旭珍, 王新平, 王新葵, 田福平, 田东旭, 陈冰冰. 大学化学, **2019**, 34 (11), 77.
- [11] 左晶, 刘向荣, 梁耀东. 高教学刊, **2022**, No. 21, 180.
- [12] 袁宁, 刘淑琴, 王建兵. 大学教育, **2021**, No. 9, 27.
- [13] 郭畅, 方晖, 白国梁, 赵英国, 黄荣谊, 吴腊霞. 大学化学, **2022**, 37 (10), 2203085.
- [14] 赵洪波, 乔秀丽. 大学化学, **2022**, 37 (10), 2203048.
- [15] 刘睿. 化学教育(中英文), **2022**, No. 6, 111.
- [16] 陶亚奇, 朱映光, 李国华. 大学化学, **2021**, 36 (3), 2010053.
- [17] 董桂伟, 王协彬, 管延锦, 王孝海. 大学化学, **2022**, 37 (10), 2107051.
- [18] 权变利, 陈朝轶, 王芹, 兰苑培. 科教导刊(电子版), **2021**, No. 16, 178.