

“三融合，四突出”教学路径探索 ——物理化学C课程教学创新

杨威, 王辉, 陈飞武, 袁文霞, 范慧俐, 韦美菊*

北京科技大学化学与生物工程学院, 北京 100083

摘要: 针对传统课堂的教学“痛点”问题, 团队教师以课程思政为主导, 以现代信息技术为媒介, 优化教学目标, 重构教学内容, 重塑教学过程, 强化互动辩论, 完善考评机制, 持续改进, 探索出“三融合, 四突出”的教学创新路径。全面解决课程“痛点”问题, 全力打造“两性一度”金课, 促进学生创新能力和综合素质的提升。

关键词: 物理化学; 教学改革; 人才培养

中图分类号: G64; O6

Exploration of the Teaching Path of "Three Convergences and Four Prominences": Teaching Innovation of Physical Chemistry C Course

Wei Yang, Hui Wang, Feiwu Chen, Wenxia Yuan, Huili Fan, Meiju Wei *

School of Chemistry and Biological Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China.

Abstract: In response to teaching painful points, team teachers guided by ideological and political education and utilized modern information technology as the medium, optimize course objectives, reconstruct teaching content, and reshape teaching process. Meanwhile, team teachers strengthen interactive debates, improve evaluation mechanisms and explore a teaching innovation path of "three convergences, four prominences". It comprehensively addresses the "pain points" of the course, strives to create an outstanding course with "two genders and one degree", and promotes the enhancement of students' innovation ability and comprehensive qualities.

Key Words: Physical chemistry; Teaching reform; Talent cultivation

物理化学C是为北京科技大学矿物加工工程、安全工程和新能源科学与工程等专业二年级下学期和三年级上学期本科生开设的一门以物质体系化学行为内在原理、规律和方法为研究对象^[1,2]的重要公共基础课程。物理化学教学中长期存在一些“痛点”问题: 以教师为中心, 课堂互动不充分, 学生学习兴趣不高; 重视知识传授, 缺乏对学生的价值引领; 与专业的融合度不高, 前沿性、时代性有所欠缺^[3]; 课程考核方法单一, 重成绩轻过程。团队教师针对这些“痛点”问题, 采用教学“融思政, 融科研, 融专业于一体; 突出学生为中心, 突出全员参与, 突出榜样力量, 突出过程评价”的“三融合, 四突出”创新举措, 从教学目标、教学内容、教学过程和考核评价等方面进行改革创新。运用现代教育信息技术和平台, 协调统一教学各要素, 综合解决“痛点”问题^[4-8]。旨在夯实专业课的理论基础, 提高学生发现问题和解决问题的能力, 承接本校矿物加工工程和安全工程“国家级一流本科专业”创新型人才的培养目标, 助力于新工科的建设, 服务于培养国家一流人才^[9]!

收稿: 2023-07-26; 录用: 2023-09-28; 网络发表: 2023-10-27

*通讯作者, Email: weimeiju@ustb.edu.cn

基金资助: 北京科技大学本科教育教学改革重大项目(JG2023ZD05); 北京科技大学本科教育教学改革面上项目(JG2022M40); 北京科技大学课程思政特色示范课程建设项目(KC2021SZ31, KC2022SZ39, KC2022SZ36)

1 革新教学理念，优化教学目标，突出知识、能力和价值三位一体

课程秉承“以立德树人为根本，以学生发展为中心，以目标产出为导向”的教学理念^[10,11]，强调师生互动、生生互动，教学相长，发挥师生合力，协同创新，持续改进，构建师生学习共同体。在此基础上优化教学目标(图1)，以布鲁姆认知模型为理论指引^[12,13]，达到知识、能力和价值三位一体。

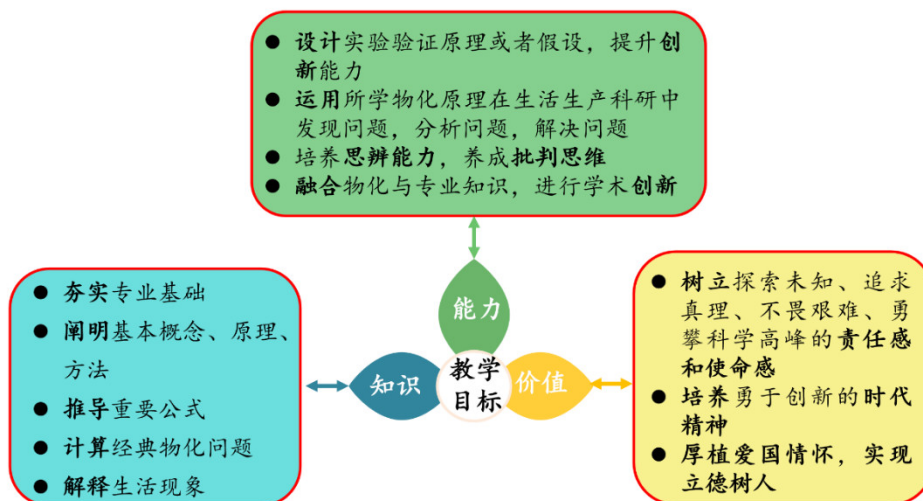


图1 优化教学目标

2 创新教学内容，优化教学资源，提高课程的高阶性、创新性和挑战度

2.1 知识教学与思政融合

深入挖掘课程的思政元素，建立物理化学课程思政案例库(图2)，将思政元素融入知识教学中，解决重视知识传授，缺乏对学生价值引领的“痛点”问题。借助影音资源、图片和实物，丰富教学载体。通过生活实例和名人轶事，为学生创设思政情境，多角度、多方面和多层次地对学生进行价值引领。例如：在学习可逆电池章节时，以电池界泰斗——诺贝尔化学奖获得者约翰·古迪纳夫(John Goodenough)教授早年坎坷的经历为切入点，与学生畅谈其研究生第一次考试“挂科”的经历，引发学生的兴趣并产生共鸣；再引用习总书记“山再高，往上攀，总能登顶；路再长，走下去，定能到达”的论述^[14]，达到榜样教学和“如盐入水”的思政育人效果，实现显性教育与隐性教育的有机结合。

教师是行走的课程思政载体，教师严谨求实的科学素养、潜心教书育人和身正为范的人格魅力是最好的课程思政育人元素。团队教师坚守教育初心，用实际行动分别获得“感动北科”十大新闻人物和院级先进工作者6人次，通过言传身教，将思政元素浸润于整个教书育人的全过程，真正做到春风化雨、润物无声。

除了厚植爱国情怀，爱校之情也是团队教师进行课程思政建设的重要部分。通过引入我校教师结合物理化学原理为国助力的科研实例，激发学生对母校的自豪感和荣誉感，加深学生对母校的热爱。譬如在讲解第十三章界面化学中的吸附原理时，引入我校能源与环境工程学院刘应书老师运用吸附原理开发了高海拔制氧技术，成功解决了高原工程缺氧这一世界性难题，使得国家重大工程青藏铁路建设得以顺利完成。在讲到毛细现象一节时，引入我校化生学院李正平老师利用毛细效应开发了可视化快速检测新冠病毒核酸试剂盒，在大规模核酸检测时期为国家提供了新的助力。在讲到具有高比表面积的纳米材料时，引入材料学院张跃老师把研制出的高比表面积一维氧化锌阵列冷阴极应用于高功率感应加速器，提升了我国核爆模拟装备研制水平。通过展示我校教师对国家的这些贡献，使学生深刻体会到科技对生产力的推动作用，增强了民族自信心。学生爱国爱校之情也由此得到陶冶。

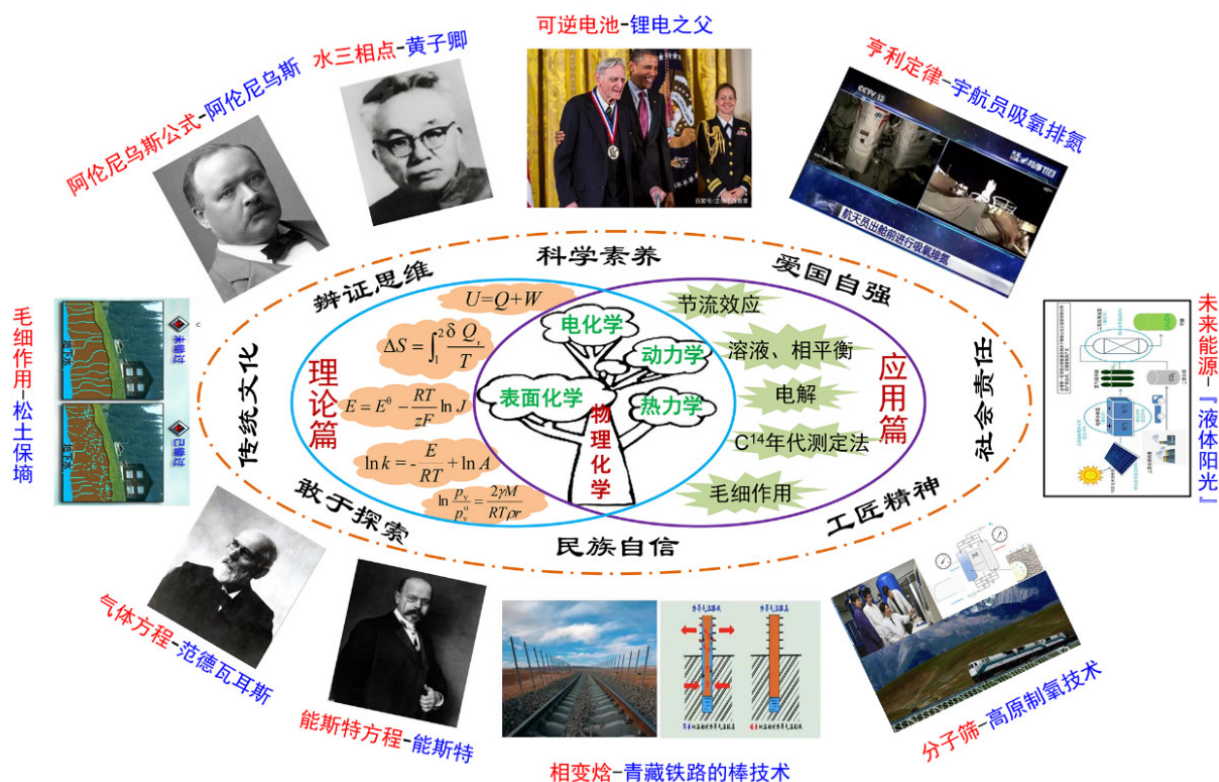


图2 思政案例库举例

课后，让学生围绕思政素材，结合知识点，进行情景剧创作，制作成小视频。譬如“法拉第升职记”“阿雷尼乌斯的毕业答辩”“能斯特猜想记”等都出自学生的手笔。学生以幽默诙谐的方式，展现了科学家在追求真理的过程中，遇到重重困难，最后以坚韧的毅力和不懈的拼搏克服困难走向成功。在这个过程中，既夯实了学生的物理化学基础，又激发了学生学习物理化学的兴趣，使其感同身受，共情共鸣，内化于心。充分发挥了课程思政的感染力、价值力和吸引力。在知识传授、能力培养和情感价值观养成等方面实现了有机融合！

2.2 教学与科研融合

针对课程内容时代前沿性不足的“痛点”问题，从科研报道、前沿成果、热点话题和社会焦点等方面入手，多渠道拓展内容，情景化、时代化、前沿化、多样化地融合物理化学知识情境，注重内容的深度和广度，拓宽学生视野，培养学科交叉思维。通过多种形式让科研支持教学，以科研强化教学，调动本科课堂的学术氛围，提高课程的高阶性、创新性和挑战度。譬如在讲解第八章电解质溶液的导电机理时，拓展讲述新冠基因组解码过程，强调疫情中的“中国速度”。而新冠基因组的解码得益于电化学传感器——纳米孔单分子测序仪，其关键核心就是利用离子导电性不同实现的。整个过程既潜移默化厚植了爱国情怀，又引入了前沿科研成果，完成了教学与思政和科研的双重有机结合。

2.3 基础课与专业课深度融合

物理化学团队教师主动与矿物加工工程、安全工程和新能源科学与工程的专业课教师探讨专业对物理化学知识的需求，了解相关专业知识，甚至走进学生专业课课堂亲身体会。根据学生专业对物理化学知识的要求，制订物理化学课程的教学目标、教学内容、教学重点和难点，打破学科固定思维，交叉融合多学科教学理念。让物理化学课程为专业课赋能，达到基础理论课促进专业素养，专业课反哺基础课的目标；增强了学生深度学习的信心，解决了基础课与专业课融合度低的“痛点”

问题。譬如面对安全工程和新能源科学与工程专业的学生时，团队教师重构教学内容，加入了动力学中爆炸原理的讲解，加重了热力学教学比例，删减了与专业契合度低的区域冶炼部分，来迎合学生未来开设的“工程热力学”和“燃烧与爆炸学”专业课。而面对矿物加工工程专业的学生，则加大了界面化学章节的比例，甚至设计成翻转课堂，让学生走上讲台，阐述如何应用表面活性剂进行发泡、消泡，可以怎样设计高效发泡剂、消泡剂，既为他们下学期开设的“矿物浮选”专业课奠定了坚实的理论基础，又培养了学生的高阶创新能力。

2.4 优化教学资源

为了充分有效地在物理化学C的教学活动中利用现代化信息手段，教研室录制了与优化目标和创新内容相适应的本课程八章内容的47个视频(882分钟)，内含294道随堂测试题，完成了线上MOOC课程的建设^[15]；并整理了物理化学杂志期刊索引，建设了丰富的线上资源，供学生拓学使用，使学生课前预习，课后复习事半功倍！

3 整合信息手段，优化教学过程，打造有温度、有高度、有挑战度的课堂

3.1 创新教学模式与方法

强化教学三个环节，一是强化课前探学，二是强化课中研学，三是强化课后拓学。课前，通过发布学习清单和重难点，指引学生通过预习构建基本知识框架。课中，以M.戴维·梅里尔(M. David Memill)教授的“首要教学原理”为模型^[16]，以“聚焦问题、解决问题”为导向进行教学，培养学生不同层次上解决问题的能力，并在学习和能力迁移上实现有意义的学习；以问题为牵引，层层递进，通过启发引导，以小组讨论的方式解决重难点；强化互动，借助学习通“摇一摇”和“抢答”模块，增加课堂学习氛围，调动学生学习积极性。课后，同学们整合知识，反思提高，完成高阶的附加任务。教师线上随时答疑，利用学习通信息技术手段，发放调查问卷，收集学生学习数据及教学评价，分析学生的学习收获和教学目标完成度，及时进行教学的反馈反思和持续性改进(图3)，构建课前-课中-课后完整闭环，驱动学生由“被动受教”向“主动学习”进行转变。

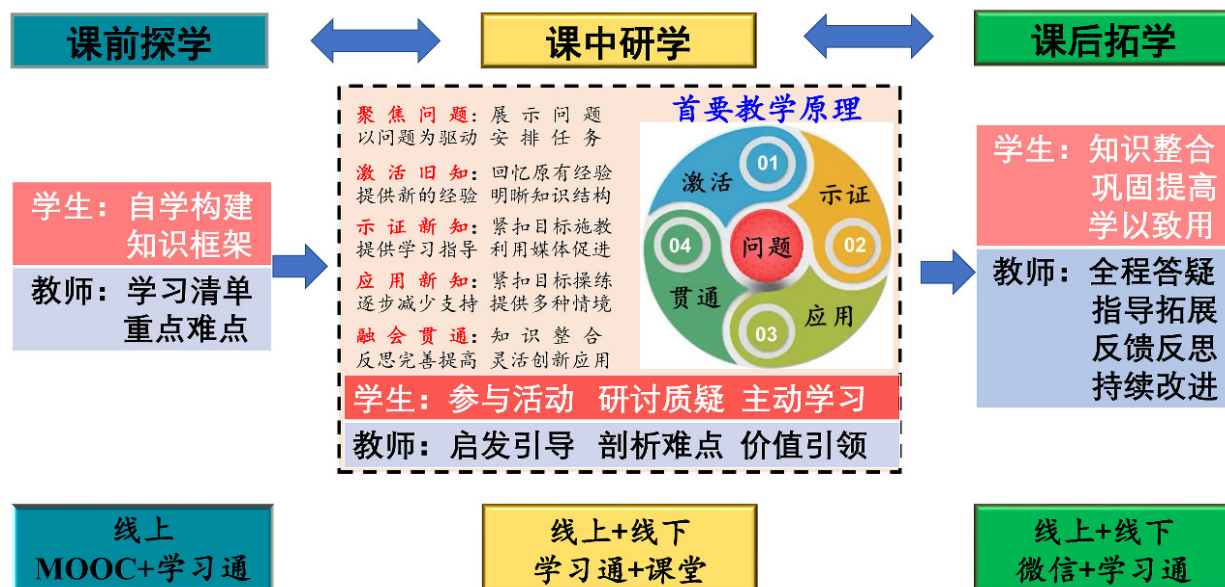


图3 教学模式和方法创新示意图

3.2 教学活动创新

为营造“主动参与”的教学气氛，团队教师精心设计了各种教学活动，突出学生为中心，突出

全员参与, 突出榜样力量, 激发学生学习的积极性。让学生主动参与到师生互动、生生互动中, 解决课堂互动不足, 学生学习兴趣不高的“痛点”问题。具体措施如下:

(1) 实验演示: 充分发挥学科优势, 利用小实验, 在课堂中让学生全员参与, 调动学生“五感”, 让学生从单一听讲, 转变为用手操做、用耳聆听、用眼观察、用脑思考、用嘴讨论的“五感学习”。譬如在讲解附加压力一节时, 以拔掉胶帽的滴管能否吸上液体的问题导入, 以问题为驱动, 通过让学生动手操作, 观察滴管中液面上升, 对弯曲液面进行受力分析。再通过学生的动手操作比较水在不同粗细滴管中上升的高度, 推导毛细管中液面上升的高度公式。使晦涩难懂的定义和公式具体化、形象化, 以利于学生深刻理解现象内在的本质和原理。

(2) 榜样力量: 邀请获得各类大学生竞赛奖励的本专业高年级学生, 针对获奖作品运用的物理化学原理进行讲解, 发挥朋辈榜样的力量, 既坚定了学生学习物理化学课程的信心, 又激发了学生的创新激情。

(3) 小组PK赛: 课堂中进行小组PK赛, 增加课堂的趣味性和竞技感, 以赛促学, 提升学习效果。鼓励小组每轮比赛派出不同成员进行竞技, 培养学生的团队协作精神, 实现全员辐射教学效果。

(4) 小组辩论赛: 以“发现和应用表面活性剂对人类是有益还是有害”“能量和熵谁是宇宙演化的本源”“张小泉菜刀拍蒜断裂是否合理”等物理化学话题以及和物理化学相关的社会热点新闻开展辩论赛, 促进学生深入学习, 提高知识融会贯通能力、专业表达能力和思辨能力。

(5) 情景短剧: 让学生根据课堂中讲过的名人故事结合物理化学知识点编排情景剧演出, 培养学生的团队合作精神, 还原物理化学知识的创建情景。在此过程中, 学生可体会到科学研究的艰辛和科学家坚韧不拔的意志, 使学生的思想政治素养在潜移默化中得到提升, 最终达到思政教育“共情内化”的效果。

(6) 设计产品: 让学生运用课堂所学, 结合专业知识设计开发新的产品。譬如让学生阅读文献^[17], 结合物理化学界面化学章节知识, 设计将毛细作用应用到病原菌DNA检测。鼓励他们和不同专业学生交叉融合创造, 进行多学科思维碰撞, 激荡出全新的火花; 主动将“吸收知识”变为“运用知识”, 实现学有所用, 培养学生高阶思维和创新能力, 促进学生全面发展。

通过丰富的教学活动, 打破“无声”课堂, 提高课程的高阶性、创新性和挑战度, 激发学生的学习兴趣, 努力做到“互动启迪智慧、趣味渗透课堂、思政彰显价值”。让学生感觉学习物理化学“有趣、有料、有用”, 让学生眼中有睿智, 脸上有笑容, 心中有责任!

3.3 突出过程评价, 重塑评价体系

物理化学C分为上下两学期内容, 下学期包括8学时实验课程。团队教师注重学生学习的过程管理, 将学习评价与教学活动有机融合, 突出过程评价, 建立“全过程”的评价体系。包括生生互批作业、教师点评、师生共同讨论点评、组间互评和组内互评, 达到以评促学的目的, 实现全过程考核有机融合(图4和图5), 全面有效地提升学习效果。同时, 利用学习通进行问卷调查, 实时获得学生的反馈信息, 及时进行教学反思, 优化教学设计, 促使反馈改进常态化, 让学生、教师、课程共同成长、共同发展!

4 创新效果

(1) 教学目标达成度显著提高: 自2018年开始, 团队教师逐步进行教学改革与创新, 不断迭代升级, 持续性改进。学生学习物理化学课程的兴趣大幅度提高, 在评教系统里对课程给予了高度赞扬。此外, 教授过的多名学生运用物理化学原理结合专业知识, 获得了“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛特等奖、全国高等学校矿物加工工程专业学生实践作品大赛一等奖、“互联网+大学生创新创业大赛”二等奖等多项荣誉。

(2) 教师自身的教学能力得到了提高: 以改促教, 教师自身的教学能力也得到了很大的提高。团队教师多次获得校级“青年教师基本功大赛”理科二等奖、“最受学生欢迎奖”、“最佳课堂演示奖”

等荣誉称号；获得了3项校级课程思政特色示范课程建设项目、1项校级本科教育教学改革重大项目和1项校级本科教育教学改革面上项目支持。同时，团队教师也荣获了第二届北京高校教师教学创新大赛(中级组)优秀奖，得到了校内外专家的认同。

主题						
类别	内容	组员1	组员2	组员3	组员4	组员5
组内互评	参与度 (0-20分)					
	贡献度 (0-20分)					
	团队精神 (0-10分)					
	成绩					
主题						
小组						
类别	评价内容	分数				
组间互评	主题鲜明逻辑清晰 (0-10分)					
	物化知识应用得当 (0-10分)					
	全员参与协作默契 (0-10分)					
	形式独特知识性强 (0-10分)					
	理论结合实际应用 (0-10分)					
	成绩					

图4 组内、组间互评表

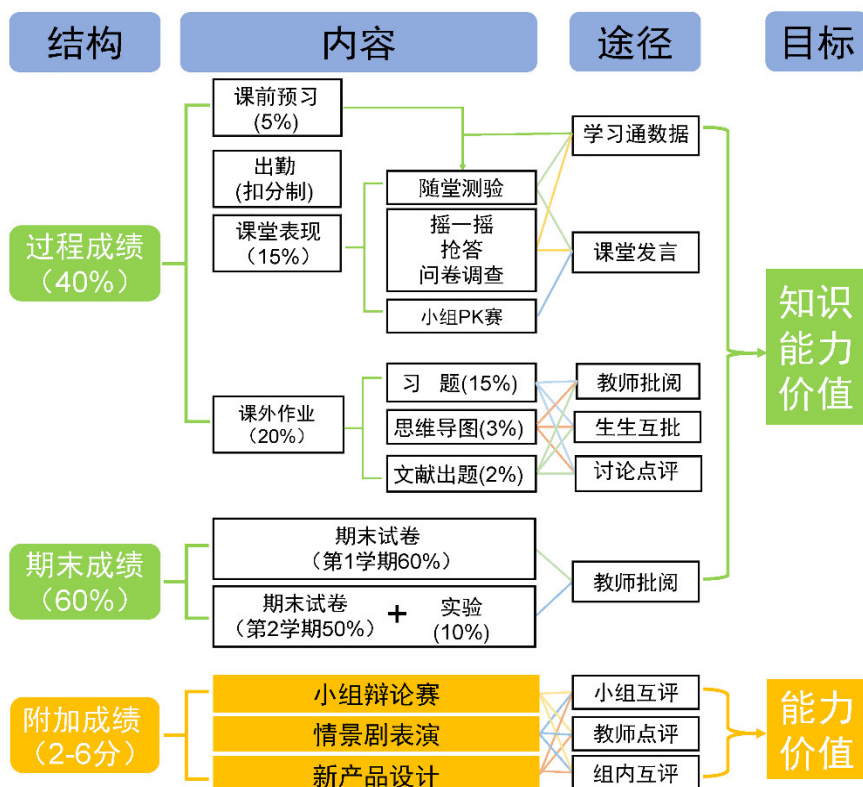


图5 “全过程”评价体系

5 结语

综上所述,在新工科建设和中国高等教育“全面提质创新”的时代背景下,物理化学C课程紧紧围绕培养一流人才的主旨,通过“三融合,四突出”的教学创新路径,从教学理念、教学内容、教学过程和教学评价等方面进行了科学探索和实践,解决传统物理化学课程的“痛点”问题,为打造“两性一度”金课奠定了基础!在对综合素质培养和教师教学质量的提高方面取得了较好的效果。

参 考 文 献

- [1] 傅献彩, 侯文华. 物理化学. 第6版. 北京: 高等教育出版社, 2022.
- [2] 凌锦龙. 湖南师范学院学报, **2014**, *36* (12), 77.
- [3] 赵利民, 王杰, 李红. 科教导刊(下旬刊), **2020**, *30*, 136.
- [4] 祖莉莉, 范楼珍, 李运超, 李晓宏, 高靓辉, 方维海. 化学教育(中英文), **2022**, *43* (16), 2.
- [5] 张树永, 李金林, 范楼珍, 侯文华, 刁国旺, 郭玉鹏. 大学化学, **2021**, *36* (1), 2009052.
- [6] 陈亚苟, 冯佳米, 王长号, 张颖, 白翠娥. 大学化学, **2023**, *38* (6), 158.
- [7] 贺国旭, 吴华涛, 张秋霞, 周延彪, 刘丹丹. 大学化学, **2023**, *38* (1), 34.
- [8] 王新平, 吕洋, 贾颖萍, 尹婷婷. 大学化学, **2023**, *38* (9), 301.
- [9] 国务院关于印发统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案的通知(国发(2015)64号). [2023-10-20]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/201511/t20151105_217823.html
- [10] 李志义. 中国大学教学, **2015**, No. 3, 32.
- [11] 顾佩华, 胡文龙, 林鹏, 包能胜, 陆小华, 熊光晶, 陈严. 高等工程教育研究, **2014**, No. 1, 27.
- [12] 蔡晓君, 窦艳涛, 张建军, 郭炜. 化工高等教育, **2020**, *37* (4), 70.
- [13] 王彤星. 科教导刊(下旬刊), **2020**, *21*, 29.
- [14] 习近平: 在第十三届全国人民代表大会第一次会议上的讲话. [2020-05-15]. https://www.gov.cn/xinwen/2020-05/15/content_5511909.htm
- [15] 北京科技大学慕课——物理化学. [2023-10-20]. <http://mooc1.chaoxing.com/course/95802148.html?headFid=1807>
- [16] M. 戴维·梅里尔. 首要教学原理. 福州: 福建教育出版社, 2016.
- [17] Wang, H.; Wang, H.; Li, Y.; Jiang, C.; Chen, D.; Wen, Y.; Li, Z. *Sens. Actuator B-Chem.* **2020**, *313*, 128036.