

基于OBE理念的现代仪器分析课程思政教学设计与实践

李芳, 吴祥*, 李冰, 李有桂

合肥工业大学化学与化工学院, 合肥 230009

摘要: 现代仪器分析课程是化学类专业重要的专业课程。基于成果导向教育(OBE)理念, 在对现代仪器分析课程目标进行深度剖析的基础上, 设计现代仪器分析课程思政教学内容, 建立现代仪器分析课程思政素材库。开展教师主导性和学生主体性相结合, 思政元素“融入”和思政元素“融出”相结合的教学实践, 促进专业知识与课程思政协同育人。

关键词: 现代仪器分析; 课程思政; 成果导向教育; 教学实践

中图分类号: G64; O6

Design and Practice of Course Ideological and Political Education in Modern Instrumental Analysis Based on the OBE Concept

Fang Li, Xiang Wu*, Bing Li, Yougui Li

School of Chemistry and Chemical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China.

Abstract: Modern Instrumental Analysis is a core course in chemistry-related majors. Grounded in the Outcome-Based Education (OBE) framework, this study explores the objectives of the course and develops teaching content that integrates ideological and political education. Additionally, a resource library for ideological and political education in Modern Instrumental Analysis is established. The teaching practice combines both teacher-led and student-centered approaches, integrating ideological and political elements into the curriculum. This approach fosters the synergy between professional knowledge and ideological education, promoting the holistic development of students.

Key Words: Modern instrumental analysis; Course ideological and political education; Outcome-based education; Teaching practice

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上指出:“要坚持把立德树人作为中心环节,把思想政治工作贯穿教育教学全过程,实现全程育人、全方位育人,努力开创我国高等教育事业发展新局面。”为全面贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想,深入贯彻落实全国教育大会、全国高校思想政治工作会议精神,开展课程思政教育,培养德智体美全面发展的社会主义建设者和接班人,最终实现“立德树人”的根本任务,具有重要的意义^[1]。因此,如何有效开展课程思政教育,提高大学生创新实践能力、综合素质和政治素养,已成为高等教育的重要任务之一。

现代仪器分析是测定物质化学组成、状态、结构和进行科学研究及质量监控的重要手段,是化学、应用化学等专业本科生的重要专业课程。通过本课程的学习,要求学生掌握常用仪器分析方法

收稿: 2024-09-03; 录用: 2024-10-14; 网络发表: 2025-01-06

*通讯作者, Email: wuxiang@hfut.edu.cn

基金资助: 合肥工业大学现代仪器分析“课程思政”教学改革示范课程项目(KCSZ2022015); 安徽省省级研究生线上示范课程波谱原理及现代测试技术(2022xssfkc002)

的基本原理、仪器构造、特点及其应用，并了解仪器分析发展的新方向及新动向。近期，多所高校教师开展了仪器分析课程思政教学研究与探索。郭琳琳以原子吸收光谱法一章为例，挖掘课程中蕴含的思政元素^[2]；石宜灵以紫外-可见吸收光谱和核磁共振波谱为例，探索其中的思政元素^[3]；刘宝林从创新精神、人文素养、爱国主义等思政元素出发，介绍仪器分析课程思政教学案例设计^[4]；刘海燕分享了新农科建设背景下，农林院校开展仪器分析课程思政教学的经验与探索^[5]。上述研究从不同方面丰富了仪器分析课程思政教学元素和教学案例。张树永分析了化学类专业课程思政建设存在的主要不足，指出欲达到课程思政教育效果，必须解决“两层皮”问题，实现“知行合一”，坚持学生为中心和产出导向^[6]。成果导向教育(Outcome-Based Education, 简称OBE)是一种以成果为目标导向，以学生为本，采用逆向思维的方式进行课程体系建设的理念。郭琳琳以OBE理念为指导，以仪器分析绪论一章为例，分别在课前、课中、课后教学环节融入思政教学^[7]。进一步凝练基于OBE理念的仪器分析课程思政教学方法，丰富仪器分析课程各个章节的思政案例，对于高校教师开展仪器分析课程思政教育具有重要指导意义。

我校应用化学专业2021年获批国家级一流专业建设点，本文立足我校应用化学专业现代仪器分析课程教学，围绕构建全员、全程、全方位育人的三全教育理念，以OBE理念为导向，以典型社会事件和人物事迹为引领，引入高质量课程思政案例，探索教师主导性和学生主体性相结合，思政元素“融入”和思政元素“融出”相结合的现代仪器分析课程思政教学实践。

1 基于OBE理念的现代仪器分析课程思政实施方案

OBE理念强调在教学中采用“以学生为中心”的教学方法，实现培养学生取得课程目标预定的学习成果^[8]。基于OBE理念的课程思政教育包含两个方面，一是明确课程目标，开展能力导向教育；二是以学生为中心，积极发挥学生在课程思政教育中的主体性作用。我校应用化学专业现代仪器分析课程思政总体实施路线图如图1所示。

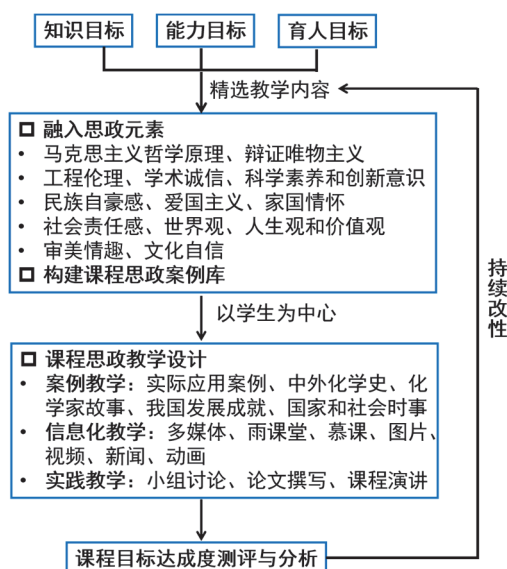


图1 现代仪器分析课程思政实施路线图

1.1 现代仪器分析课程目标

基于OBE理念设计课程目标，是以学生获取相应的能力作为学习成果目标，学生的学习成果包括知识、能力和思想等方面。围绕知识、能力和育人三个方面，根据预期学习成果反向设计课程教学目标。

(1) 知识目标: 学生能够运用现代仪器分析的基本概念和基本原理, 设计仪器分析方法, 解决实际定性和定量分析问题。

(2) 能力目标: 学生能够运用现代仪器分析技术, 针对应用化学及相关领域实际工程问题, 开发、选择与使用恰当的仪器分析技术和工具, 对实际工程问题进行解析与预测。

(3) 育人目标: 通过仪器分析发展史以及仪器分析科学家生平、成就与贡献, 结合仪器分析技术在经济社会发展中所起的关键作用, 培养学生科学的思维方法, 严谨求实的科学态度和创新意识, 工程伦理和工匠精神, 爱国主义精神, 社会责任感和综合能力。

1.2 现代仪器分析课程思政教学方法

在现代仪器分析课程思政教学过程中, 首先是围绕现代新工科教育理念和合肥工业大学以能力培养为导向的人才培养目标, 坚持“理工融合”的专业建设理念, 注重培养学生解决实际复杂工程问题的能力。

针对现代仪器分析课程理论性、技术性和应用性均较强的特点, 以实际应用典型案例为主线, 着重讲清、讲透其中所涉及的基本原理和实际应用技巧与要点。同时, 构建课程思政素材库, 运用多媒体、雨课堂、慕课教学辅助提供丰富的图片、视频和动画, 增加学生对教学内容的感性认识。主要教学方法为通过文字、图片、视频、小组讨论及课题演讲等, 讲述知识点中所蕴含的马克思主义哲学原理。通过讲述中外化学史、化学家的奋斗和工作历程, 培养学生工程伦理、学术诚信、科学素养和创新意识。通过发掘课程中的美学元素, 提高学生的审美情趣和文化自信。通过我国发展的成就展, 树立学生的民族自豪感, 培养学生爱国主义精神, 家国情怀, 使命担当, 准备好为民族复兴有所担当、有所贡献。通过国家和社会时事大事讨论, 培养学生的社会责任和价值观念, 并能够联系实际, 学以致用。

此外, 为有效推进课程思政建设, 须坚持以学生为中心的教学模式, 积极发挥学生在课程思政教育中的主体性作用。教师在授课过程中结合课程特点, 创新教学方式, 提炼思政案例, 在课程学习过程中巧妙融入思政元素, 从而达到“润思政”而细无声。同时, 引导学生发挥主体性, 开展课程思政方面的课堂讨论、课程演讲和课程论文撰写, 由学生展示课程相关的思政事件和事迹并讲述自己的感受和体会, 使学生能成为课程思政教育的主人翁。

2 现代仪器分析课程思政案例库的建设

现代仪器分析课程思政教学过程中, 通过教师发挥主导性作用, 积极提炼思政案例, 建设思政案例库, 同时将课程思政元素“融入”课程教学中。学生则发挥主体性作用, 一方面在课堂上接受思政教育, 另一方面则通过案例讨论、课程论文和课堂演讲的方式, 展示课程相关的思政事件和事迹并讲述自己的感受和体会, 实现课程思政元素的“融出”, 并进一步丰富课程思政案例库。

2.1 教师主导性作用, 提炼思政案例

我校应用化学现代仪器分析课程组成员围绕现代仪器分析课程中的各个章节, 通过调研文献、查阅典故、搜集新闻报告等充分发掘本课程的思政素材, 并通过集体备课、交流讨论对相关内容进行删减或补充, 进而建设课程思政教学案例库, 部分思政教学资料见表1。通过“现代仪器分析课程中思政元素的凝练”党支部特色活动的开展, 来锤炼课程, 丰富课程思政教学素材。

2.2 学生主体性作用, 丰富思政素材

学生是教学过程的主体, 是知识和思政的接受者, 也是效果和目标的达成者。然而, 教师在课程思政教学过程中不能穷尽所有的思政素材及案例, 因此必须充分发挥学生的自主性、主动性和创造性。学生在现代仪器分析课程学习中, 由四位同学组成一个小组, 每个小组围绕指定章节, 搜集本章节所述内容的原理发现、仪器发明过程中值得传颂的古今中外的人和事以及困难; 我国发展的历史和趋势, 困难和成就; 当前最先进的仪器状况、先进之处以及发展趋势等。开展课程论文的撰写, 同时开展课程演讲。引导学生展示课程相关的思政事件并讲述自己的感受和体会(见图2), 从而

表1 现代仪器分析课程思政教学资料

教学章节	知识点	思政要素切入点	思政育人目标
1. 绪论	仪器分析技术的应用	新冠核酸检测；医院生化指标检测；农残检测；天问一号火星探测工程使用的仪器分析技术；纳米材料性质测试与表征	社会责任感、民族自豪感
2. 光谱分析法导论	光的性质	牛顿：光是一种微粒；惠更斯：光是一种波；麦克斯韦：光是一种电磁波；爱因斯坦：光电效应；光年的由来；X射线和电磁波在生活中的应用	辩证唯物主义、科学素养
3. 紫外-可见吸收光谱	光谱图及光吸收；紫外-可见吸收光谱应用	牛顿散射实验；朗伯和比尔发现朗伯-比尔定律；本课程本科生发表紫外-可见吸收光谱科研工作论文介绍	科学素养、创新意识、学术诚信
4. 红外吸收光谱	红外光谱及红外吸收光谱仪	Friedrich William Herschel发现红外光谱；“近红外之父”Dr. Karl H Norris的故事；傅里叶变换红外光谱仪的发明；红外光谱在有机物结构解析中的应用	科学素养、工程伦理、学以致用
5. 分子发光分析	荧光分析技术的应用	我国科技工作者率先自主研发用于新冠病毒核酸检测的试剂盒和分析技术；新型荧光蛋白用于活细胞超高分辨显微成像研究；本课程本科生发表“萤火魔法——荧光水凝胶的缤纷世界”论文；古代夜明珠与现代夜明珠制备工艺；新型荧光探针的制备与医学成像检测	民族自豪感、社会责任感、创新意识、学以致用、审美情趣
6. 原子发射光谱	原子发射光谱仪	本生和基尔霍夫研制第一台棱镜分光的光谱仪，发现原子发射和原子吸收光谱；罗兰圆的发现；电感耦合等离子体光谱仪(ICP-AES)的出现；北京第二光学仪器厂自主研制AES仪器；我国原子光谱分析技术专家黄本立院士曾说：“国家需要解决什么问题，我就做什么”；中国科学院上海光学精密机械研究所发明世界首创米级光栅新技术；原子发射光谱在地矿分析中的应用	科学素养、严谨治学、社会责任感、爱国主义精神、文化自信
7. 原子吸收光谱	原子吸收光谱原理；原子吸收光谱仪	澳大利亚瓦尔西开创火焰原子吸收光谱法；新元素铯和钷的发现；积分吸收法遇到的瓶颈；我国原子吸收光谱仪发展历程；黄本立研制国内第一台钨舟电热原子吸收光谱仪；中国原子吸收光谱事业的奠基者吴延照教授的故事；原子吸收光谱在食品和农产品检测中的应用	科学素养、创新意识、社会责任感、爱国主义精神
8. X射线光谱	X射线基本概念，X射线光谱的应用	德国实验物理学家伦琴发现X射线，劳厄发现X射线的衍射现象，布拉格父子建立布拉格定律，均获得诺贝尔奖；X射线衍射技术成功揭示DNA分子具有双螺旋结；合肥中国科学技术大学同步辐射国家实验室介绍；中国X射线晶体学的创建人陆学善的故事；李安宝，马祖光等人研制我国第一台X射线荧光光谱仪；我国成功研制新型X射线荧光光谱仪打破依赖进口格局；“探路者”机器人利用能谱色散X射线荧光光谱仪进行火星元素分析	科学素养、学以致用、民族自豪感、爱国主义精神、社会责任感
9. 电化学分析	电化学分析基本原理，电化学仪器	伏打制造伏打堆电池；能斯特提出能斯特方程；法拉第发现电解定律；海洛夫斯基发现极谱现象；最早pH玻璃膜电极和pH离子计的研制历程；中国“雷磁”电化学分析仪；80年技术沉淀与创新；我国现代科技工作者汪尔康院士和董绍俊院士在国际电分析化学研究领域做出的重要贡献；电化学传感器介绍	科学素养、创新意识、民族自豪感、爱国主义精神、社会责任感

(待续)

(续表1)

教学章节	知识点	思政要素切入点	思政育人目标
10. 色谱分析法	色谱分析理论, 气相色谱分析仪	俄国植物学家Tswett植物色素分离实验, 出色谱法; Martin和Synge一同提出著名的色谱塔板理论, 获得诺贝尔奖; 范第姆特出色谱速率理论; James和Martin提出气液相色谱法, 同时也发明了第一个气相色谱检测器; 珀金埃尔默仪器有限公司推出世界上第一台商品化气相色谱仪; 卢佩章院士开创中国色谱学科; 我国老一辈色谱研究专家傅若农教授的故事; 色谱在农药和药品分析中的应用	工匠精神、科学素养、创新精神、民族自豪感、爱国主义精神
11. 核磁共振波谱法	核磁共振基本原理, 核磁共振谱图解析	斯特恩-盖拉赫实验; 美国斯坦福大学物理学家费利克斯·布洛赫团队和哈佛大学爱德华·珀塞团队发现质子的核磁共振现象; 从大提琴手到化学家——理查德·恩斯特与脉冲傅里叶变换核磁共振技术; 梁晓天院士编著《核磁共振高分辨氢谱的解析和应用》; 深圳安科高技术股份有限公司与国产首台核磁共振成像仪; 核磁在有机物结构解析中的应用案例	科学素养、创新精神、工匠精神、爱国主义精神、学以致用
12. 质谱分析法	质谱分析基本原理, 质谱仪	尤金·戈尔德斯坦观察到正电荷粒子; 威廉·维恩发现正电荷粒子束在磁场中发生偏转; 弗朗西斯·阿斯顿研制第一台质谱仪, 发现至少212种天然存在的同位素, 获得诺贝尔奖; 世界名校生归国创业——周振, 人生信条: 做出属于中国人自己的质谱仪器; 色谱与质谱联用技术, 及其在多项国家标准中的应用	工匠精神、科学素养、创新精神、爱国主义精神、学以致用
13. 电子显微分析	电子显微镜及其应用	光学显微镜的局限性与科学家探索微观世界的需要; 29岁的科学家卢斯卡制成第一台透射电子显微镜; 西门子公司在电子显微镜研制和商业化上的成功; 我国第一台电子显微镜的研制及相关纪念邮票发行; 我国电子显微镜仪器事业第一人黄兰友的故事; “泰坦尼克号”铆钉断面形貌分析与沉船之谜; 电子显微分析在新冠病毒、纳米材料以及半导体材料形貌表征中的应用; 显微摄影比赛	创新精神、工匠精神、爱国主义精神、审美情趣、学以致用

达到让学生由被动接受转化为主动求知、从单一学习转化到系统探究的目的, 同时起到丰富思政素材库的效果。

3 现代仪器分析课程思政教学实践

我校应用化学专业现代仪器分析课程思政建设的主要特色和创新之处为“两个结合”, 即: 教师主导性和学生主体性相结合; 课程思政元素“融入”和课程思政元素“融出”相结合。

3.1 教师主导性和思政元素融入

以“色谱原理”这一章节的教学为例, 首先对课程思政教学流程进行设计, 如图3所示。这一章节主要包括四部分教学内容。第一部分从课程思政案例“1906年俄国植物学家茨维特首次分离植物色谱”“1948年Tiselius, A. W. K.发明吸附色谱获得Nobel化学奖”和“1952年Martin, A. J. P.和Synge, R. L. M.发明分配色谱获得Nobel化学奖”等色谱发展历史案例出发, 介绍色谱分析的起源和历史, 培养学生探索精神和创新意识。第二部分介绍色谱分析法的色谱流出曲线及常用术语和色谱分离过程与分配系数, 从精确的概念介绍培养学生科学素养、严谨的科学态度。第三部分详细讲述色谱分析法的基本理论, 并加入工业生产中精馏塔案例分析, 引入色谱分析法中塔板理论的讲解, 使学生掌握塔板数和塔板高度的概念和计算。通过塔板理论案例的优缺点分析, 进一步引入色谱分析法中

的速率理论，使学生掌握范第姆特方程的含义，培养学生辩证唯物主义和工匠精神。在具体教学实施过程中，这三部分的课程思政案例与教材内容息息相关，主要通过图片、视频、文字展示和教师讲解的方法，在无形中穿插入授课内容。第四部分通过教师和同学们分享色谱分析的国内外故事和案例，加深学生对色谱分析的理解，使学生认识到色谱分析的重要性，培养学生学以致用、勇于探索和爱国主义等精神。这一部分的课程思政案例是教材内容的补充，不同班级分享和讨论的思政案例也不同，在具体实施过程中，主要通过教师引导，学生主导的方式，以演讲、讨论、论文、雨课堂弹幕等方式进行。

X射线的发现 ▶▶▶

1861年，克鲁克斯想要拍下阴极射线管放电时发光，却发现无法显影，他只以为是干版旧了，换了三次新干版，依旧无法显影，他仍认为是设备老旧的问题。他也曾发现保存在暗盒里的交卷莫名感光报废，却错误的认为是质量问题。

1895年，伦琴偶然发现干版底片“跑光”现象，独自连续做了七周的秘密实验，反反复复用不同物品验证，最终向世界宣告发现了X射线，并获得第一次的诺贝尔奖。




启示：科学现象是隐藏在生活中的，科学发现是偶然的，保持对未知事物的警觉才能收获结果，而证实“现象是科学”需要严谨而大量的实验研究。

图2 X射线光谱章节课程思政教学活动学生演讲PPT及学习感悟截图

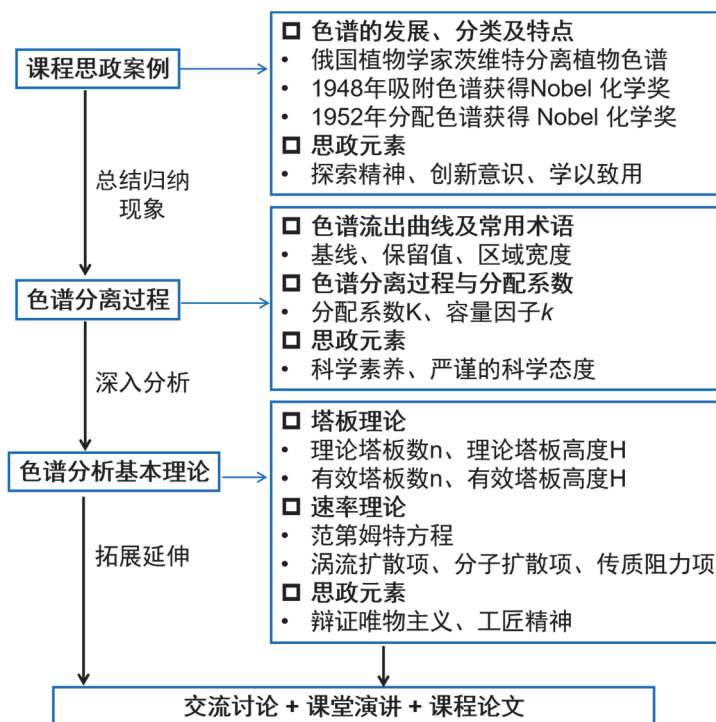


图3 色谱分析章节课程思政教学流程设计图

在色谱分析章节课程思政教育的交流讨论中,教师以2022年第24届冬季奥林匹克运动会即将在我国的北京-张家口市联合举办为例引入课程。运动会的成功举办离不开公平公正的竞争环境,赛前兴奋剂的分析与检测即可利用具有高效分离效能的色谱方法进行。授课时还插入了一些介绍兴奋剂知识及兴奋剂检测视频作为辅助,使学生有更加直观的了解。同时,冬奥会的成功举办,有助于增强我国的软实力,提高中国在国际上的形象和地位,证明和巩固中华民族在世界民族之林中的地位。由此,引导学生将个人成才与国家富强相结合,引导学生切实增强民族复兴“中国梦”的历史使命感和奋斗精神。

3.2 学生主体性和思政元素融出

同样是“色谱”这一章节,学生小组四名同学,围绕“气相色谱法”开展了课程思政论文的撰写和课堂演讲的展示。他们通过查阅资料了解到,傅若农教授是我国老一辈色谱研究专家,见证了我国气相色谱研究的发展,为我国培养了众多色谱研究人才。起初,傅若农教授并没有对分析化学感兴趣,而是为了响应国家的号召,积极投身到新中国的建设中。1958年,傅若农教授开始带领学生初步进入吸附柱色谱和气相色谱的探索。1966到1976年文化大革命的后期,傅若农教授在干校艰苦劳动的间隙,仍然没有放弃对知识的渴求,系统地阅读并翻译了两本气相色谱启蒙书,从此进入其后半生一直从事的事业——色谱研究。同学们体会到老一辈科学家伟大的爱国情怀、不畏艰难的坚强意志和投身事业的敬业精神。他们查找的思政元素又进一步丰富了本课程的思政案例库,实现思政元素的融出。

4 现代仪器分析课程思政实施成效

(1) 现代仪器分析课程教学评价及持续改进。每学期课程结束后,根据本课程的课程目标,通过教务处评教系统向学生发放课程目标实现情况评测表,学生从自我评价课程目标达成度、教学内容与目标匹配、教学设计、教学技术、教学方法、课堂调控、教学效果、知识拓展与延伸等方面,对课程教学情况进行评价。近三年课程目标达成度评价统计结果如表2所示。此外,授课教师通过课堂讨论、雨课堂、课程论文等形式,收集学生关于本课程思政教学效果的具体评价。大部分学生对本课程思政教学效果给予了肯定和积极的评价。部分学生评价反馈如下,“现代仪器分析课程思政案例不仅给我们带来了宝贵的启示,鼓励我们坚持不懈地探索,也激励我们在科学研究和技术创新中保持前行的勇气和动力。”“相关仪器的思政案例展示了一系列令人激励的故事和成就,为我们提供了深入了解该技术的机会,并为我们以后学习提供启示。我们应当珍惜这些案例故事,汲取其中的经验和智慧,为我们自己的科学研究和工程创新提供借鉴。”之后,本课程的授课教师进一步对课程目标达成度情况及授课过程中所遇到的问题进行分析,并填写课程目标实现情况教师评测表。根据学生评价及授课教师反馈,课程组对本课程教学情况进行总结。最终,基于OBE理念,根据实际情况,对现代仪器分析课程的教学内容和思政教学设计进行优化调整,实现课程教学效果评价及持续改进。

表2 合肥工业大学评教系统本课程学生课程目标达成度评价统计结果

学期	达成度	学生人数	问卷回收率	评教总分
2023-2024第一学期	100%	51	96.1%	98.53
2022-2023第一学期	100%	67	98.5%	95.2
2021-2022第一学期	98.1%	63	85.7%	93.78

(2) 建成了一支“想思政、会思政”的现代仪器分析课程思政教学团队,团队教师通过平日的思政研讨以及教学实践,明白了思政的必要性,学会了课程思政的思路和方法,并积极地付诸教学实践。

(3) 修订了一个具有明确的“思政育人目标”的现代仪器分析课程教学大纲，以及一套课程思政元素丰富的现代仪器分析课程教案，使课程思政教学有纲可依。建成一组现代仪器分析课程思政教学PPT素材库，将课程思政加入到每一堂课的课程设计中，思政内容包含科学发展史、科学家名人轶事、生活实践、学科发展史、科学前沿等多个方面，供教师教学时使用。

(4) 积极开展教学研究，同时带领本科生开展课程相关教学及创新实验设计与研究，在全国高等教育权威教育学期刊《化学教育》和《大学化学》正式发表教学教研论文3篇^[9-11]。

(5) 完成“现代仪器分析示范教学视频”的录制，在合肥工业大学智慧教学平台开通现代仪器分析线上课程。

5 结语

现代仪器分析课程教学中，我们基于OBE理念，在明确课程目标后，精心设计每个课程教学环节和思政育人环节，建立课程思政案例库。通过教师主导性和学生主体性相结合，课程思政元素“融入”和课程思政元素“融出”相结合，在实现“知识传授”和“能力培养”的基础上，促进“价值塑造”的培养，为实现培养具有社会主义核心价值观、爱国情怀、科学素养和创新精神的高层次人才思政目标提供可参考的实施方案。

参 考 文 献

- [1] 习近平出席全国高校思想政治工作会议并发表重要讲话. [2025-01-03]. http://www.81.cn/dblj/2016-12/08/content_7398878.htm
- [2] 郭琳琳, 张金君, 范小振, 刘博静, 苗成朋. 化学教育(中英文), **2024**, *45* (10), 25.
- [3] 石宜灵, 孔德明, 唐安娜. 大学化学, **2024**, *39* (1), 44.
- [4] 刘宝林, 宋丹萍, 李维杰, 袁敏, 宋晓燕, 姚秀雯. 大学化学, **2021**, *36* (3), 2005020.
- [5] 刘海燕, 杨秀敏, 郝琳, 张帅华, 赵孝先, 崔鹏雷, 臧晓欢. 大学化学, **2022**, *37* (8), 2108073.
- [6] 张树永. 中国大学教学, **2021**, No. 8, 42.
- [7] 郭琳琳, 张金君, 苗成朋, 刘博静, 范小振. 大学化学, **2024**, *39* (11), 87.
- [8] 李志义. 中国大学教学, **2016**, No. 11, 10.
- [9] 李芳, 吴祥, 李冰, 李有桂. 化学教育(中英文), **2022**, *43* (2), 57.
- [10] 韩书, 杨淑涵, 卢裕杨, 李芳, 李有桂. 大学化学, **2022**, *37* (9), 2206099.
- [11] 吴祥, 朱成峰, 李芳, 李冰, 付延明, 程岚军, 李有桂. 大学化学, **2024**, *39* (2), 280.