

文章编号:1005-4642(2024)04-0031-06

基于“三位一体”理念的大学物理实验 多维度协同育人体系的探索与实践

王晓萌^a, 张亚萍^a, 凌翠翠^b, 李静^a, 王龙^a

(中国石油大学(华东) a. 理学院; b. 材料科学与工程学院, 山东 青岛 266580)

摘要: 高等学校教学改革重点是践行“知识传授、能力培养、价值引领”的“三位一体”教育理念, 培养肩负使命、追求卓越的创新性人才是双一流高校人才培养的目标。本文以光纤的光学特性及其测量作为教学案例, 构建实验教学(课内常规)+项目设计(课外个性)的双主线大学物理实验教学新模式, 采用互动启发式教学方法为学生赋能, 全过程全方位厚植育人理念, 搭建多维度协同育人体系, 实现“三位一体”的教育理念。教学实践表明, 改革成效显著, 学生实验学习的主动性和积极性明显增强, 实验综合能力和创新能力得以提高, 具有较好的示范作用和推广价值。

关键词: 三位一体; 双主线实验教学; 创新互动; 立德树人

中图分类号: G642.423; O435

文献标识码: B

DOI: 10.19655/j.cnki.1005-4642.2024.04.006

以当下教育改革内涵为指引, 将高校教学改革集中到实现“知识传授、能力培养、价值引领”的三位一体的目标上来。中国石油大学(华东)理学院物理实验中心所开设的大学物理实验是面向全校理工科专业的开放性实验课程。课程受众面广、知识丰富, 是提升学生综合素质, 培养学生工程思维能力和创新精神以及实践动手能力的重要环节。建立“三位一体”协同教育体系, 充分发挥物理实验教学对人才培养的重要作用。

1 协同教学体系和目标

以“知识传授、能力培养、价值引领”教育理念为指导, 制定大学物理实验课程教学目标; 以学生发展和创新能力获得为主线丰富教学内涵, 改革教学模式; 以立德树人为根本任务挖掘课程思政元素, 形成全过程多维度的“创新能力培养+育人”的协同教学新体系^[1]; 实现夯实物理实验基础、拓宽能力培养口径、提升科学实验素养(厚基础+宽口径+重素养)的教学目标, 协同育人教学体系如图1所示。

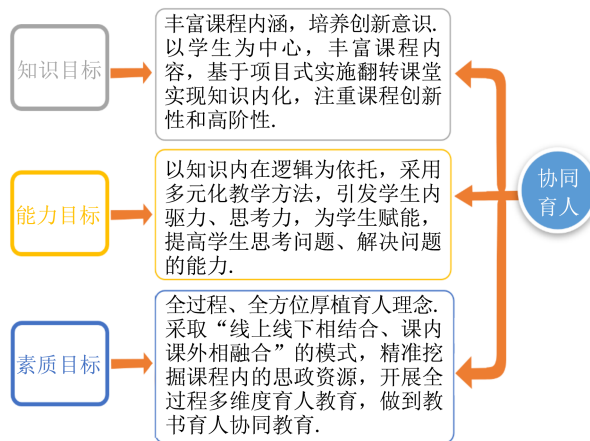


图1 协同育人教学体系

2 教学实施方案

2.1 丰富课程内涵, 增加挑战度

在现有大学物理实验教学的基础上, 构建系列专题性、设计研究性、前沿探索性等课题性实验教学资源。基于项目式课题, 实施翻转课堂, 实现知识内化, 形成实验教学(课内常规)+项目设计(课外个性)的双主线实验教学新模式^[2-3]。

收稿日期: 2023-09-08; 修改日期: 2023-12-01

基金项目: 山东省本科高校教学改革研究重点项目(No. Z2021216, No. Z2022052); 中国石油大学(华东)教学改革项目(No. QN2022022, No. CZ2022032)

作者简介: 王晓萌(1989-), 女, 山东菏泽人, 中国石油大学(华东)理学院实验师, 硕士, 研究方向为实验室管理与实验教学。E-mail: wangxiaomeng@upc.edu.cn

通信作者: 凌翠翠(1982-), 女, 山东潍坊人, 中国石油大学(华东)材料科学与工程学院副教授, 博士, 研究方向为智能敏感材料。E-mail: lingcuicui@upc.edu.cn

2.1.1 延续经典常规性实验内容

大学物理实验课程是面向理工科专业一二年级学生开设的基础实验必修课,通过对物理实验现象的观察、分析和对物理量的定量测量、数据处理和结果评价等过程,培养学生认知问题、提出问题与解决问题的能力,是大学生接受系统实验方法和实验技能训练的重要环节。目前,中国石油大学(华东)物理实验课程涵盖了杨氏模量(静态及动态测量)、声速测量等力学实验,空气比热、电热法测量液体的比热容等热学实验,分光计的调节与应用、迈克耳孙干涉仪及其应用等光学实验,电学元件伏安特性研究、直流电桥及其使用等电磁学实验,光电效应、弗兰克-赫兹等近代物理实验。这部分常规性实验涉及的知识领域均衡,能够较好地满足基本的实验知识、实验方法和实验技能等对学生基本实验素养培养的需求。

2.1.2 增加个性化课题式实验模块

构建物理模型提升学生分析和解决复杂问题

的能力,注重学生在创新意识、创新能力等方面的提升,是基础物理实验对一流专业建设的有效支撑^[4]。遵循“两性一度”原则,以“跨学科、多主题、重实践”为主线,整合实验内容,选择实验课题,优化知识结构,以核心问题为驱动进行学习研究^[5]。例如,以测量油品中的含水率展开课题式研究,以核心问题为驱动进行调研,探索解决问题的方法。

通过调研和文献汇总^[6],建立了6个基于课题式的实验模块,如图2所示。随着课题式实验模块教学的不断开展,实验课题选题会越来越多,逐步形成动态更新和完善的课题式实验模块库。这部分课题式实验项目模块供学生课下进行拓展研究,基于各类竞赛,有针对性地进行科学“增负”,从而激发真正有兴趣的学生进行拓展研究,实现知识的内化迁移,在自主研究的过程中得到能力的提升和思维的锻炼,也做到了课程内容有深度,拓展有广度,满足了课程的高阶性、创新性和挑战度的要求,实现了知识目标。

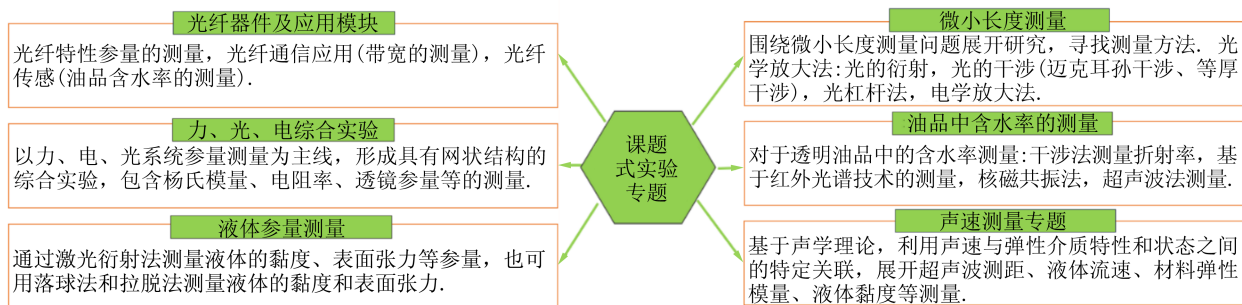


图2 课题式实验模块

2.2 互动式教学为学生赋能

学生作为学习的主体、课堂教学的共同参与者,如何真正做到以学生为中心,让学生主动学习,达到优学,这与教师的优教密不可分^[7]。传统的实验教学模式,一般是通过实验背景→实验目的→实验原理→实验操作→实验内容→数据处理与讨论这样的流程进行。这样的授课方式不能有效地调动学生的学习主动性、能动性。

在本文的研究中,以学生已有的知识储备为基础,存在的问题为切入点设计课堂教学(思),引导学生进行探究性学习(悟),以抓好知识内在逻辑为突破口,依托问题启发学生主动思考。例如在稳态法测量不良导体导热系数实验中,学生在教师的讲解下认识了导热系数的物理含义,接下

来面临的问题是如何用实验方法测量不良导体的导热系数。常规教学设计通常直接给出实验装置即实验物理模型,以此推导出实验测量的数学模型,如图3所示。然而物理模型的建立往往是实验的内含和本质所在,也是学生的困惑点。知识是承载问题的媒介,面向的是物,而问题本身面向的则是人^[8]。基于问题开展教学可以调动学生的积极性和思考力。

在课堂教学中,采用以问题为切入点,通过互动讨论、引导探究、试错纠错等形式引导学生探究,真正思学生之所思,将领悟的过程交还给学生。从实际实验问题出发,引导学生领悟探究、建立模型,最后再回归到实际实验测量,让学生在试错纠错的过程中体验认知,内化吸收,从学生的视

角出发,将思考和领悟的过程交还给学生.从实际问题出发到理论知识建立,再从理论模型应用到实际测量,形成知识、高阶能力培养的闭环,如图 4 所示.

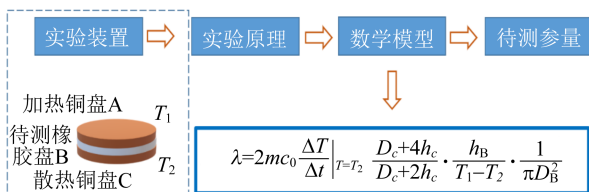


图 3 导热系数测量实验

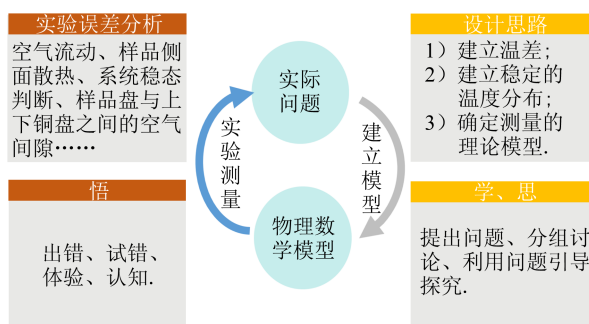


图 4 “学思悟”实验教学模式

2.3 全过程全方位厚植育人理念

为了落实立德树人的任务,必须将知识传授、能力培养和价值引领三者融为一体^[9-10].将价值引领的任务贯穿于知识传授和能力培养的全过程.大学物理实验蕴含丰富的思想价值和精神内涵^[11],具有项目多、互动性强、可操作性空间大的特点^[12].挖掘物理实验课程中可以用来培养大学生理想信念、价值取向、政治信仰、科学思想、创新思维等课程思政元素,提高学生缘事析理、明辨是非的能力,让学生成为德才兼备、全面发展的人才.

2.3.1 遵循教学育人规律,挖掘思政元素

结合学生的学习特点,根据课程相关知识内容,找准思政教育的切入点,避免千篇一律同质化的思政教育,真正做到知识传授和价值引领,以及教师和学生的同频共振.

2.3.2 线上线下相结合,课内课外相融合

通过对大学物理实验课程的深入挖掘,以相关育人角度为切入点建立思政案例库^[13],形成可借鉴推广的经验做法,如表 1 所示.

表 1 思政资源案例设计

切入点	教学设计(案例举例)	思政内容
诺贝尔物理学奖实验	100 多年前美国物理学家迈克尔孙利用干涉仪测定了光速,测出红镉线的波长作为标准长度等,并因系列成就获得了 1907 年诺贝尔物理学奖.2017 年诺贝尔物理学奖授予引力波的发现,而这一发现正是得益于 100 多年前的迈克尔孙干涉结构.	科学精神、创新思维: 在迈克尔孙干涉仪实验中通过此背景知识引入课程,不仅可以让学生聆听伟大科学成果背后的故事,感受物理大师的魅力,更可以激发学生的创新思维,学习科学精神.实验仪器也许会过时,但是好的科学精神和思想永远不会过时.
国家认同、国情认知、理想信念、大国工匠精神	光强实验中讲解单缝衍射时,通过如何提高光刻机的精度这一问题展开对单缝衍射的实验探究.介绍目前国内光刻机仍需依赖进口,主要原因是因为关键技术被“卡脖子”.	忠诚爱国的家国情怀: 只有对基础研究工作抱有精益求精的态度,加大投入才能取得科技层面的进步,解决“卡脖子”问题,实现科技安全.激励学生科技报国的使命和担当.
诚信意识、学术共同体意识、良好学风	在实验教学活动中,对实验操作过程力求严谨客观,对实验数据求真求实,培养学生严谨细致求真的学术态度.	严谨求实的学术道德.
培养思维方法、分析问题、解决问题的能力	测量材料的杨氏模量实验,对于不同的材料可以采用不同的方法;对于如何测量微小位移这一问题进行探究发现可以用机械放大法、电学放大法、光学放大法(光的衍射、光的干涉等).	辩证唯物主义(过程与思维、方法与逻辑): 启发学生对于同一个问题可能有多种解决问题的思路和方法,具体采用哪种方法要辩证分析.

当然,精准的思政元素也需要好的方法和措施去实施.采取“线上线下相结合,课内课外相融合”的全过程多维度育人模式推进思政教育^[14-16].通过物理实验中心微信公众号、富媒体新教材二维码、学习网站等发布相关实验项目的发展背景、主要研究方法、应用领域、该实验领域著名科学家介绍、诺贝尔奖系列实验等课程资源,拓宽实验知识领域,将育人从课上延伸到课下,从线下延伸到线上,由教师引领延伸到学生自省.

3 多层次、多维度、全过程评价体系

基于培养目标,从知识、能力和素养 3 方面对学生课程学习的获得情况进行多维度评价,如图 5 所示.

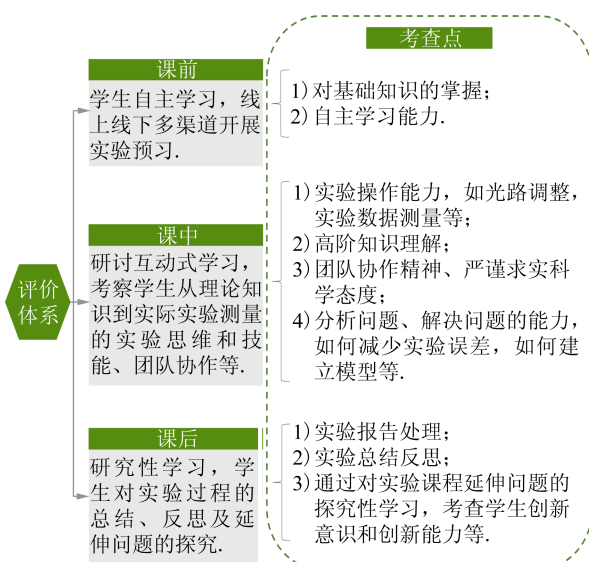


图 5 评价体系

实施分类式、过程化、非标准化和多元化考核,坚持师生平等原则.在每个维度下,对学生的具体表现进行教学环节和层次考核,如课前预习情况、基础知识掌握、高阶知识理解能力,以及创新意识、创新思维、创新能力,与团队合作的能力、正确的价值观、辩证看问题的科学态度、严谨求实的作风等科学实验素养的考核.

4 教学案例设计

以光纤的光学特性研究及其测量为例,介绍协同育人体系下的教学研究.

4.1 教学目标

知识目标:了解光纤的结构、传输模式,掌握光纤基于全反射的导光原理,会利用实验方法测量数值孔径、耦合效率、传输时间等参量.

能力目标:掌握利用光波的运动学理论测量基本长度的物理思想和能力,通过动手实践,培养学生的操作能力,通过“学、思、悟”的方式对实验进行探究,培养学生提出问题、分析问题以及解决问题的能力.

素质目标:通过学习,引导学生探究物理实验的思维方式和实验方法,培养学生追求卓越的工匠精神,激发学生的科技报国情怀,并在实验操作过程中体会科学实验的严谨、客观,培养其严谨求真的科学素养.

4.2 案例建设思路

案例采用课上与课下相结合,常规实验内容与个性化实验内容共同驱动学生自主探究式学习,完成“学、思、悟”的过程.具体建设思路如图 6 所示.

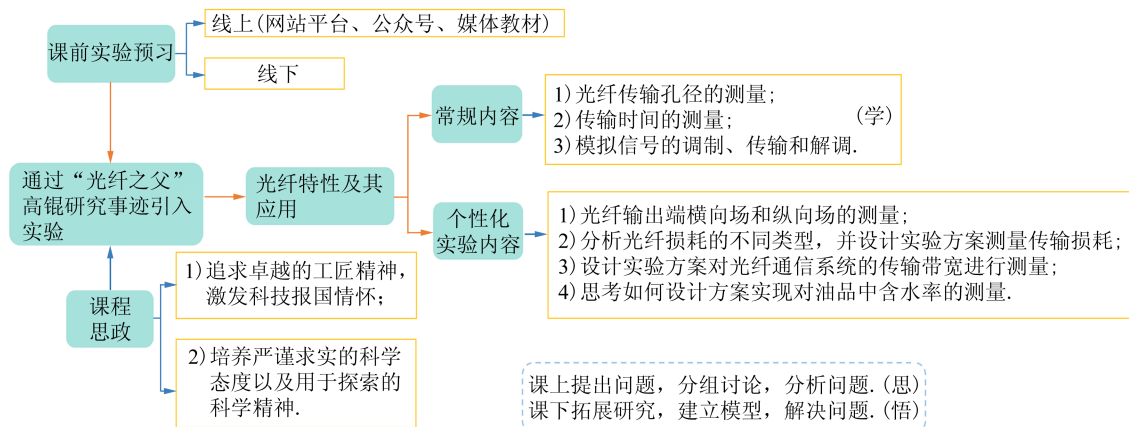


图 6 案例建设思路

4.3 具体教学设计

4.3.1 课前预习

课前教师发布实验预习任务,在物理实验网站等相关线上平台上传实验预习资料.学生通过线上资源及实验教材自主预习实验内容,锻炼学生的自主学习能力.

4.3.2 结合实际引出实验

介绍光纤在通信领域的应用,光纤通信的发展历史背景引出实验.

提出问题:为什么如此细的光纤有着如此大的传输容量和较快的传输速率?光纤的结构是什么样的?光在光纤中是如何传输的?

课程思政:通过引入“光纤之父”高锟先生研究光纤通信的心路历程,让学生产生共情,并且学习其宝贵的科研精神.

4.3.3 讲授实验原理,讨论实验方法

讲授光纤的结构及分类方法,与学生就光纤模式与传输波长的关系展开讨论.结合几何光学知识,推导出光在光纤内稳定长距离传输的原理——全反射.

课程思政:通过介绍光纤模式,学会辩证地看待事物和问题.

4.3.4 常规化实验内容

与学生一起熟悉光纤的各特性参量的定义,如数值孔径、耦合效率和传输时间等.重点体会各参量的实际物理意义,并启发自主思考如何利用测量传输时间来测实现距离的测量.

4.3.5 个性化实验内容设计

1) 光纤输出端纵向场和横向场的测量.

2) 分析光纤损耗的不同类型,并设计实验方案测量传输损耗.

3) 设计实验方案对光纤通信系统的传输带宽进行测量.

4) 思考如何设计实验方案实现对油品中含水率的测量.

对于这部分个性化的实验内容,学生可根据自己的兴趣、基础以及专业等因素自主选择一项进行学习.这种基础+个性创新的实验内容体系设置在具有鲜明的实验设计思想和重视实验技能培养的基础上,不仅仅体现物理理论知识,更多的是具备学科交叉、创新能力培养的内容.实验内容既包含经典,又反映现代,还体现石油专业特色.结合学校的石油专业特色,设计与石油领域

相关的实验内容,如测量油品中含水率的实验方案设计.学生在过程中可以发现问题、思考问题进而解决问题,实现目标精准化的个性化学习.

4.3.6 介绍实验仪器,演示实验操作

课程思政:规范实验操作过程,严格实验数据记录要求,塑造学生实事求是的科研精神.

课后进行数据处理,撰写实验报告.对个性化实验内容课下进行深入研究.

4.3.7 教学评价

按照知识、能力和素养3方面对学生课程学习获得情况进行多维度评价,具体该案例的评价指标及考查点设计如图7所示.

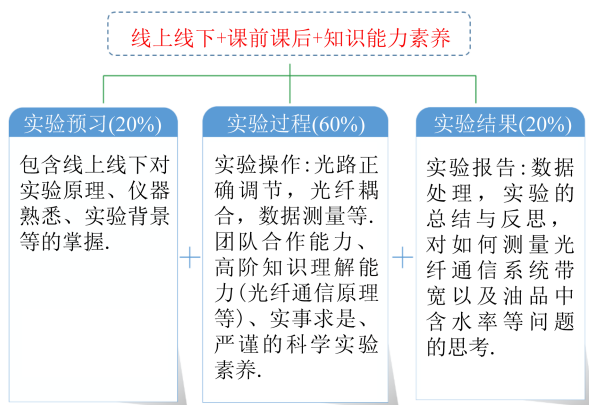


图7 教学评价

5 结束语

本文以“知识+能力+素养”协同教育培养体系为目标,在大学物理实验课程中展开教学改革.通过在标准化的课程建设下建立差异化、个性化、特色化的实验教学资源,引导学生成为课堂学习的中心,有机融入思政元素,建立大学物理实验思政教学案例库.逐步将改革的创新之处在各个教学环节中落地实施.近几年,学生学习的主动性和积极性明显提高,学习兴趣浓厚.与此同时,学生的创新能力也有提高,并且荣获了一系列创新成果,包括全国大学生物理实验竞赛在内的国家级、省级等各项竞赛成果40余项,指导本科生发表研究论文二十余篇,指导依托实验教学的大创项目50余项.

参考文献:

- [1] 李明雪. 基于创新人才培养的大学物理实验五维一体教学改革[J]. 高师理科学刊, 2015, 35(3): 87-90.

- [2] 马宁,郭佳惠,温紫荆,等. 大数据背景下证据导向的项目式学习模式与系统[J]. 中国电化教育,2022(2):75-82.
- [3] 张安富. 项目化教学是提高工程型人才培养质量的有效之法[J]. 高等工程教育研究,2019(3):166-169.
- [4] 樊英杰. 以工程思维能力培养为导向的物理学实验教学改革创新[J]. 实验室研究与探索,2021,40(4):171-175.
- [5] 胡仁杰,堵国梁,郑磊. 电工电子实验教学体系改革与建设[J]. 实验技术与管理,2022,39(7):206-211.
- [6] 张亚萍,张令坦,马红章,等. 物理实验创新平台环境协同体系建设与实践[J]. 实验技术与管理,2017,35(4):30-33.
- [7] 杨坤杰,刘悦林,刘燕,等. “以学生为中心”的教学理念在高校实验教学中的应用[J]. 实验室科学,2022,25(1):237-240.
- [8] 朱铁壁,张红霞. 高校分类新思考:知识生产与学生学习双重视角[J]. 高等教育研究,2015,36(11):24-30.
- [9] 李伟胜. 以教育活动为着力点建设立德树人的能力系统[J]. 中国电化教育,2021(7):62-68.
- [10] 朱鋈雄,王向晖,尹亚玲. 课程思政的“根、本、魂”和相应教育“三观”的理性探讨:从思政视角探讨大学物理课程思政[J]. 物理与工程,2023,33(1):54-60.
- [11] 李林,吕秀品,池凌飞,等. 大学物理实验实例的思政挖掘[J]. 物理与工程,2022,32(1):190-198.
- [12] 王旗,朱雨莲. 在大学物理实验教学中开展课程思政的探索[J]. 大学物理实验,2020,33(4):125-128.
- [13] 朱丽霞,吴棒. 高校课程思政教学案例库建设研究[J]. 黄冈师范学院学报,2021,41(5):92-96.
- [14] 马乐. 大学生“互联网+思政教育”工作方法 with 路径探究[J]. 中国管理信息化,2019(5):182-183.
- [15] 孙晖苑. “互联网+”视域下高校思想政治理论课优化路径创新研究:评《“互联网+”视域下大学生思想政治教育创新研究》[J]. 教育教学论坛,2019(20):259-260.
- [16] 马红章,李书光,张令坦,等. 大学物理实验 O2O 教学研究与实践[J]. 高等理科教育,2020(6):82-86.

Exploration and practice of multidimensional collaborative education in physics experiments based on the “trinity”

WANG Xiaomeng^a, ZHANG Yaping^a, LING Cuicui^b, LI Jing^a, WANG Long^a

(a. College of Science; b. School of Material Science and Engineering,
China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China)

Abstract: Key points of teaching reform in universities is to practice the “trinity” education concept, which involves imparting knowledge, cultivating abilities, and shaping values, as well cultivate innovative talents who shoulder the mission and pursue excellence. Relying on the college physics experiment course, a double main line experimental teaching mode based on experimental teaching and project design was formed. The multi-dimensional interactive heuristic teaching method was used to empower students, and the whole process was fully planted with the concept of educating people to form the ideological and political case base of the course, so as to truly realize the educational goal of three in one. The teaching practice showed that the reform was obviously effective, the students’ initiative and enthusiasm for the experiments learning were enhanced, the experiment and innovative ability were promoted, which confirmed that the reform mode could be an exemplary role.

Key words: trinity; double mainline experimental teaching; innovative interaction; moral education

[编辑:郭伟]