

“总师育人文化”引领的光电类实践实训课程教学改革与实践

姜亚军¹ 程丽琴² 杨德兴¹ 肖发俊¹ 毛 珊¹

(¹ 西北工业大学物理科学与技术学院, 陕西 西安 710129; ² 西安高新科技职业学院, 陕西 西安 713700)

摘 要 根据教育部组织实施的“卓越工程师教育培养计划”, 结合我校“总师育人文化”引领的国防科技拔尖创新人才培养体系要求, 本文从课程思政、国防教育、科研育人、产学研人等多方面介绍了西北工业大学光电信息科学与工程专业实践实训课程的教学模式探索与改革。实践表明, 教学改革助推了国家和省级一流本科专业建设, 培养了学生的爱国奉献精神和家国情怀, 增强了学生的动手能力和创新意识, 形成了“总师育人文化”引领的高素质人才培养新格局、科研育人的新时代创新型人才培养新模式、产教融合校企合作协同育人的人才培养新机制。同时, 教学改革提升了学生的综合素质和培养质量, 使学生具备了“专业精、系统强、重实践、能担当”的“总师”雏形特质。

关键词 光电信息科学与工程专业; “总师育人文化”; 实践实训课程教学改革; 创新能力

TEACHING REFORM AND PRACTICE OF OPTOELECTRONIC PRACTICAL TRAINING COURSES LED BY THE “CHIEF DESIGNER EDUCATION CULTURE”

JIANG Yajun¹ CHENG Liqin² YANG Dexing¹ XIAO Fajun¹ MAO Shan¹

(¹ School of Physical Science and Technology, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710129;

² Xi'an Hi-Tech University, Xi'an, Shaanxi 713700)

Abstract According to the “Outstanding Engineer Education and Training Program” organized and implemented by the Ministry of Education, combined with the requirements of the national defense science and technology top-notch innovative talent training system led by the “Chief Designer Education Culture” of our university, we have explored and reformed the teaching mode of the practical training courses for the major of optoelectronic information science and engineering in our university from various aspects, such as curriculum ideology and politics, national defense education, scientific research and industry-education integration. This has promoted the construction of national and provincial first-class undergraduate majors, cultivated students' spirit of patriotism and dedication, and enhanced students' practical abilities and innovative consciousness. It has formed a new pattern of high-quality talent train-

收稿日期: 2024-02-13

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(项目编号: 230702116275252)和西北工业大学教育教学改革研究项目(项目编号: 2024JGY42)资助。

作者简介: 姜亚军, 西北工业大学物理科学与技术学院副研究员, yjjiang@nwpu.edu.cn。

通信作者: 杨德兴, 西北工业大学物理科学与技术学院教授, dxyang@nwpu.edu.cn。

引文格式: 姜亚军, 程丽琴, 杨德兴, 等. “总师育人文化”引领的光电类实践实训课程教学改革与实践[J]. 物理与工程, 2024, 34(5): 27-33.

Cite this article: JIANG Y J, CHENG L Q, YANG D X, et al. Teaching reform and practice of optoelectronic practical training courses led by the “Chief Designer Education Culture”[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(5): 27-33. (in Chinese)

ing system led by the “Chief Designer Education Culture”, a new mode of cultivating innovative talents in the new era of scientific research and education, and a new mechanism for talents training based on the integration of production and education with school-enterprise cooperation. It has effectively improved students’ comprehensive qualities and the quality of training. So that the students have certain embryonic characteristics of “Chief Designer” in “superb professional skills, strong systematic, emphasize practice, assume the responsibility”.

Key words optoelectronic information science and engineering; “Chief Designer Education Culture”; practice and training teaching reform; innovation ability

随着新一轮科技革命与产业变革深入发展,新的重大任务和战略使命对高等教育和人才培养提出了更高的要求。高校须紧跟国家重大战略和社会经济发展需求,强化对重大科学问题和关键技术领域的攻关和创新能力,在更高起点、更高层次、更高目标上推进高校教育改革,持续提升人才培养质量,发挥高校在基础研究、技术攻关和社会经济发展中的支撑引领作用。要系统改造和优化学科专业知识结构、人才培养体系、人才培养模式、资源支撑体系和人才培养与评价方式,使所培养的人才能够更好地满足国家重大战略和社会经济发展的需求^[1],因此高校教育教学改革势在必行。

2010年教育部联合有关部门和行业协会共同在有关高校中组织实施了“卓越工程师教育培养计划”^[2]。2022年9月27日,包括西北工业大学在内的10所985高校入选了首批卓越工程师学院试点建设单位^[3]。卓越工程师学院就是为了服务国家重大战略需求,面向急需关键领域,培养行业领军人才,是高等教育高质量发展的重点,也是高校培养大国工匠的重要着力点,对于培养造就战略科学家和卓越工程师,具有重大意义。

西北工业大学作为典型的工科院校,始终以“铸国之重器、育国之栋梁”为使命,坚持为党育人、为国育才。以培养“具有家国情怀,追求卓越、引领未来的领军人才”为目标,构建了“价值塑造铸魂、五个一流筑基、机制创新引领”的国防科技拔尖创新人才培养体系,自主培养了一大批拔尖创新人才,为航空、航天、航海等国防科技领域输送了以“军机三总师”歼-20总设计师杨伟、运-20总设计师唐长红、直-20总设计师邓景辉等为代表的32万余名毕业生,素有“总师摇篮”之美誉,形成了特有的“总师育人文化”和人才培养领域的“西工大现象”^[4, 5]。目前全校上下正在全面落实

“总师型”人才培养体系,以“总师育人文化”引领课程体系建设、卓越工程师计划、思政课程建设等人才培养体系改革,打造多元化、特色化、个性化的人才培养方案^[6]。

具体到我校光电信息科学与工程专业,除培养学生要具有扎实的专业基础知识外,还需要培养学生具有强烈的国防献身意识和“低调务实、兼收并蓄,厚积薄发、为国铸剑”的“总师型”人才特质内涵。本专业起源于1985年建设的应用物理专业,经过15年的发展,在此基础上分别于2000年和2001年又进一步成立了材料物理专业和光电信息科学与工程专业。依托于光电信息科学与工程专业,已经建成了光学和光学工程两个硕士点、物理学(光学二级学科)和光学工程两个一级学科博士点,物理学和光学工程两个博士后科研流动站,形成了一套完整的人才培养体系。同时该专业分别于2019年和2021年成为陕西省省级和国家级一流本科专业建设点。

我校对本专业的建设定位是结合自身学科特色与学科优势,开展基础研究和应用基础研究,服务于传统的“三航”等优势学科,因此如何在基础学科中凝练“总师育人文化”值得深入研究。在“总师型”人才培养过程中,学生的实践能力和创新能力培养是极其重要的一环。

“光电信息科学与工程专业实验”和“生产实习”作为实践教学的核心课程,有助于全方位提升学生的综合素质和创新实践能力,为我国国防事业和高新技术行业培养“总师型雏形”的光电信息专业创新人才、研发骨干和工程技术管理专才。“光电信息科学与工程专业实验”的定位是通过学术性、前沿性、开放性和创新性的实验教学,深化学生对专业知识的理解,领悟专业知识的深刻内涵,使学生熟练掌握专业实验技能,全面提升学生的动手能力,开发学生的创造性思维,培养学生判

断、发现、分析和解释实验现象的能力。“生产实习”的定位是依托我校的国防背景,赴国防院所开展总师报告、实地参观、一线实践和与优秀校友座谈等多种实践教学,使学生接受“总师育人文化”的熏陶,学习前辈艰苦奋斗、精诚报国的优秀品质,掌握将专业知识与工程实践紧密结合的方法,提升学生提出、分析和解决实际问题的能力,引导学生将理想信念同国家前途命运紧密相连,树立爱国、强军、报国之志。

本文将以此两门实践实训课程为例,在课程建设过程中,通过不断完善实验教学平台、优化课程体系、总结教学经验、改革教学方法,在软硬件两方面均得到了较大改善,教师队伍的教学水平也得到了一定提高,学生的动手能力和创新意识得到了很大增强。

1 现有课程的不足

目前“光电信息科学与工程专业实验”“生产实习”课程所设内容虽然能够很好地满足教学任务,能起到很好的教学效果。然而受当初课程教学大纲和教学平台建设思路限制,实践实训类课程体系设置还比较传统,偏重于对光电基础知识的学习。随着国家对光电类高素质应用型创新人才培养的不断需求以及我校“总师型”人才培养模式的不断深化,实践实训课程教学培养特色还不够明显,对学生服务国防的意识和“卓越工程师”和“总师”能力的培养还略显不足,与国家一流本科专业建设目标还有一定的差距,对我校“三航”学科和“总师育人文化”的支撑作用还有待进一步提高。主要体现在如下几点。

1.1 课程思政元素融入不足

在2016年全国高校思想政治工作会议上,习近平总书记强调,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^[7]。

实践实训课程是连接理论和实践的重要桥梁,是整个人才培养过程中的重要环节,对于提升学生基本实验技能和培养创新能力具有重要的作用,而在实际培养过程中,往往忽视了对课程思政元素的融入。因此,需要深入挖掘实践实训课程人才培养体系中的“总师育人文化”,开展具有国防特色的课程思政建设,不断凝练与实践实训课

程有关的课程思政元素,解决课程思政元素融入不足的问题。

1.2 国防背景融入不足

我校作为一所国防特色鲜明的多科性研究型国家重点大学,瞄准国防建设和国民经济建设主战场培养卓越人才为目标,超40%的毕业生献身国防,因此构建科学研究与国防背景相结合的特色专业实验教学课程是一项重要的使命^[8, 9]。而目前实践实训课程所设置内容偏重于对专业知识与技能的学习,缺少与国防“主机”院所和“总师”元素的深入融合,培养特色不明显,无法体现出基础理科从“0到1”过渡到优势工科的发力点^[10]。

需要深入挖掘实践实训课程中的国防元素以及光电技术在国防领域的应用,解决国防背景融入不足的问题。

1.3 人才培养模式与企业需求结合不足

我国光电产业已经进入飞速发展时期,在光伏产业、光电显示器件、激光器件和光通信器件等领域的技术不断提升和成熟,推动了光电产业的技术创新和产业升级,新材料、新技术、新工艺和新产品不断涌现,需要更多的创新型领军人才。而目前的培养体系已经不能满足企业对未来光电战略领域创新人才的需求。

需要进一步加强校企、校所合作,将企业和院所需求融入人才培养环节,解决人才培养模式与企业和院所需求结合不足的问题。

2 教学改革思路与方法

采取如图1所示的教学改革总体方案,基于我校的实验教学平台、科研平台和实践教育基地的创新创业平台,以“总师育人文化”为引领,加强课程思政建设、突出国防服务意识、完善课程建设体系、优化培养方案和教学大纲、深化课程教学内容、改革教学方法与手段、丰富课程教学资源,实现校所和校企联合共建、同频共振,达到协同育人效果。

2.1 全面推进课程思政进课堂,构建专业与思政协同育人

深入发掘课程思政优秀教学案例,不断完善现有课程教学大纲,在教学目标中增加课程思政教学的目标要求,根据课程思政目标设计相应教学环节,在教学团队建设、教学内容设置、教学组织形式、教学方法改进、教学实践活动等各环节将

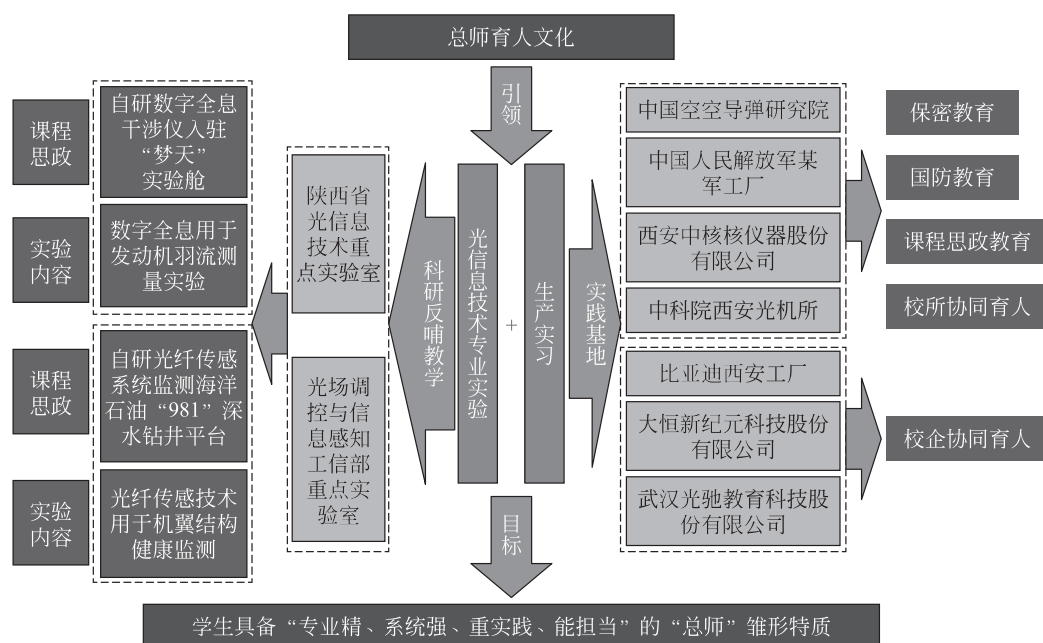


图1 实践实训课程教学改革总体方案

课程思政元素融入到学生的教学任务中。鼓励任课教师探索多元化的课程思政教学方法,依托在线网络平台,采用专题式、案例式、实地考察式等多种教学方法,潜移默化地将课程思政教学内容融于教学体系中。

不断加强课程思政与实践实训教育教学的融合。根据本专业人才培养特点和能力素质要求,科学合理地设计实践教育教学中的思想政治教育内容,将“中国光学之父”——王大珩院士,诺贝尔奖获得者、著名华裔科学家、“光纤之父”——高琨,“中国光纤之父”——赵梓森院士等事迹与本专业息息相关的思政元素有机融入到专业实验教学中,形成专业实验教学与课程思政教学紧密融合、同向同行的育人格局。把立德树人融入到实践教育教学的各个环节,强化了每一位任课教师的立德树人意识。组织任课教师进行思政课程培训,强化任课教师思政教育能力的同时,寻找实践教育课与思政课的协同点,推动实践教育课与思政课的协同育人发展。

2.2 深化国防教育,筑牢国防意识,厚植家国情怀

结合我校强大的“新工科”和“三航”特色国防背景,针对光电技术在航空飞行器、载人航天、卫星导航、大飞机制造等领域的需求,对现有课程内容进行重新凝练和提升,深入挖掘光电探测技术

在国防领域的应用,增强学生国防意识,培养爱国栋梁之材。形成鲜明的具有国防特色的光电专业人才培养格局,努力推进我校基础理科向优势工科转化。

将我国在新时代国防领域取得的新成就和我校“总师育人文化”融入课程教学体系,增强学生的民族自豪感,引导学生将理想信念同国家前途命运和学校的发展紧密相连,树立爱国、强军、报国之志。通过带领学生赴中国空空导弹研究院、中国人民解放军某军工厂、西安中核核仪器股份有限公司、中科院西安光机所等军工单位和科研院所开展实践教育教学,开展保密教育、国防教育和课程思政教育。实现浸润式国防军工文化熏陶,引导学生心系祖国、献身国防,到祖国最需要的地方建功立业。组织学生参与国防科研项目,指导学生参加各类学科竞赛,完善“第二课堂”课程体系来提高人才培养质量。

将习近平强军思想融入课程教育各领域、全过程。将我校杰出校友在“三航”领域取得的非凡成就引入课堂,点燃学生心中的强国、强军梦,激励学生以“大国工匠”和“总师”人物为榜样,自立自强,奋发有为,努力成长为能够担当民族复兴大任的时代新人,形成“总师型”人才雏形。例如以我校的杰出校友运-20 总设计师唐长虹、歼-20 总设计师杨伟、歼-15 副总设计师赵霞为例,讲述

他们的成才历程和杰出贡献,积极引导“立大志向,上大舞台,入主战场,干大事业”,争做“低调务实、兼收并蓄,厚积薄发、为国铸剑”的“总师型”人才。将价值导向与知识传授相融合,在传授专业知识、培养学生能力的过程中弘扬社会主义核心价值观,传播爱党、爱国、积极向上的正能量,帮助学生树立正确的价值观。教育学生养成“隐姓埋名,为国铸剑”的爱国奉献精神。

2.3 科研反哺教学,提高育人质量

依托陕西省光信息技术重点实验室和光场调控与信息感知工信部重点实验室强大的科研能力,将实验室最新的国防科研成果转化融入到实践教学,不仅保持实践教学内容的不断更新,还通过设置探索性和创新性较强的实践教学环节,增强了学生的创新意识和创新能力,使得课程内容既有广度,也有深度,实现国防科研与实践教学的有机融合。形成科研育人的培养新模式^[11],提升了人才培养实效。

对现有的专业实验教学内容进行升级改造,瞄准工程应用,特别是军事应用,深入挖掘现有专业实验教学中的军事应用潜力,重点分析光电技术和光电实验在军事装备升级改造方面的重要作用,例如将实验室自研的光纤光栅传感系统在中国海洋石油“981”钻井平台监测和航空发动机监测领域的应用作为课程思政元素,将粘贴在悬臂梁上的光纤光栅传感器测量应变的实验,改造成将其粘贴在飞机机翼模型上实现机翼整体结构的健康监测实验。将实验室自研的数字全息干涉仪入驻梦天实验舱的流体物理实验柜用于课程思政元素,将利用数字全息术测量酒精灯温度场实验改造成模拟的航空发动机羽流场实时监测实验。

2.4 深入开展校企联合、产学研协同育人

结合实践教育基地特点,借力其育人资源,依托国防行业优势,与实践教育基地紧密互动,加强校企合作,探索校企育人新方式。结合学科发展过程中的前沿科研成果,利用有限的资源投入,自主设计和开发适用于学生操作的新型教学内容,采取研究型教学模式,开展多元化的考核评价方式,注重将学生的实践教育课程与前沿科研成果有机结合,以学促研、以研促教、以教促改、改为教用。

依托实践教育基地在空空导弹研制、航空发

动机维修、轰炸机维修等方面的独特优势资源,与实践教育基地开展“协同育人、协同创新、协同服务、协同资源”的深度合作,深化产教融合,探索灵活多元的育人模式。构建校企联动发展机制,实现教育链、人才链、产业链的贯通融合。引入前沿的科研成果,采用案例式、探究式、体验式、互动式、专题式、分众式教学,借助现代虚拟仿真技术,运用多模式实践教学手段,开展多元化教学模式,完善教学评价体系,建立实践教育课程的新体系、新内容、新模式、新方法、新评价。加强师资队伍建设,引入高水平的实践教育教师,打造一支优秀的教师团队,解决现有教师人数不足的问题。不断增强实践教育教学课程创新,努力建成与国家级“双一流”专业相匹配的专业实践教育基地。

面向高新企业对光电类创新性、实践性、应用性、交叉性、多元性和引领性复合人才的需求,建立全方位、多主体、各方面合作协同育人的新机制。依托比亚迪西安工厂、大恒新纪元科技股份有限公司和武汉光驰教育科技股份有限公司等,构建产学研融合创新人才培养体系,促进高校科研成果在企业转化,企业研发新产品,提升企业产品的核心竞争力,引导和带动学生实践创新。形成合作共赢、互惠协作的人才培养新机制。

3 改革成效

通过深化光电信息科学与工程专业的实践实训教育教学改革,使得人才培养特色更加明显,拓展了具有国防育人背景的实践教育单位平台,加大了科教融合、产学研合作协同育人,汇聚了实践教育单位资源支持高校教学内容和课程体系改革。以产业和技术发展的最新需求为导向的教学改革,推动了我校人才培养体制改革,促进了我校人才培养与实践教育单位发展的合作共赢,形成了以下建设成效。

3.1 形成了“总师育人文化”引领的高素质人才培养新格局

通过挖掘实践实训教育教学中的课程思政元素,以“润物细无声”的方式,将国防教育融入新时代的实践教育课程思政,将学校的“三航”特色、人才培养领域的“西工大现象”“总师育人文化”和献身国防精神融入课程思政。通过模块化的教学设计,把课程思政融入专业实践教育教学的全过程,

全面提升了学生实践教育教学的获得感,培养了大学生的爱党爱国爱校精神、家国情怀、共同理想、崇高信仰。

3.2 形成了科研育人的新时代创新型人才培养新模式

课程内容不断得到丰富和深化,教学方法不断得到改革和完善。瞄准新时代要求的创新型人才培养体系和“三全育人”体系,依据国家级“双一流”专业建设目标,结合实践教育教学在“新工科”建设中的特点,构建科研反哺育人机制,推动国防科研项目成果和前沿科研成果进课堂,鼓励和引领学生通过参与科研项目和各类学科竞赛,以赛促教、以赛促学,形成了科研育人新模式,助推了高质量人才培养。使学生的专业知识得到有力增强,实践能力和创新能力得到显著提升,促进了我校人才培养体系高质量发展,主要体现在 2021—2023 年学生主持并获得了国家级大学生创新创业训练计划项目 4 项、省级项目 5 项,全国大学生光电设计竞赛国赛一等奖 3 项、二等奖 2 项、三等奖 1 项,西北赛区一等奖 6 项、二等奖 6 项、三等奖 14 项,中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛陕西赛区高教赛道银奖 1 项,iCAN 大学生创新创业大赛西北赛区选拔赛二等奖 1 项以及其他各类校级竞赛获奖 60 余项等。

3.3 形成了产教融合校企合作协同育人的人才培养新机制

深化了产学研深度协同育人平台建设,推动了专业主动对接科技发展和产业需求,吸引行业企业深度参与到专业人才培养过程中,构建了我校和企业专业共建、人才共育、过程共管、资源共享、使命共担、成果共享的长效机制,充分利用产业优势与学校教学资源优势,有力促进了教育链、人才链、科技链、产业链、创新链的有效衔接,实现了校企共创共赢发展。

通过以上教学改革措施的实施,经对 2021—2023 年共 112 名学生的问卷调查,统计结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,学生的保密意识得到了一定增强,毕业后服务国防的意愿有了明显提高,对课程的兴趣和满意度也得到了很大提升,通过本课程的学习,自身的动手能力和创新意识有了很大增强,学生的平均成绩也有了一定提高。

表 1 学生问卷调查统计结果

名称	2021 年	2022 年	2023 年
保密意识/%	58	63	67
服务国防意愿/%	74	86	92
对课程感兴趣程度/%	78	88	94
对课程设置满意程度/%	72	94	88
动手能力提升程度/%	86	91	96
创新能力提升程度/%	77	92	90
学生的平均成绩	86.92	92.94	91.60

4 结语

针对光电类实践实训课程教学模式和人才培养过程中遇到的问题,以“总师育人文化”为引领,我们通过改革现有教学模式,努力推进课程思政进课堂,“总师”特质进课程,科教融合,积极践行校企协同育人,开展“新工科”建设和国防背景下协同育人模式的探索与实践。实践表明,教学改革创新了课程教学新内容,丰富了实验教学新手段,拓展了实践教学新平台,加强了校企产学研合作,开拓了协同育人新渠道,培养了学生的爱国意识和创新创业思维,提高了学生的实践创新能力,提升了学生培养质量,使学生具备了“专业精、系统强、重实践、能担当”的“总师”雏形特质。

参 考 文 献

- [1] 董秀华. 深化高校综合改革, 服务支撑国家战略[N]. 中国教育报, 2023-07-19(2).
- [2] 王峥, 安伟, 王文文, 等. 面向工程师人才培养的基础实验类课程建设探索与实践: 以“物理实验(光学)”课程为例[J]. 物理与工程, 2023, 33(4): 129-132.
WANG Z, AN W, WANG W W, et al. Exploration and practice of basic experimental courses construction for the training of engineers-Case study on course of physics experiment (optics)[J]. Physics and Engineering, 2023, 33 (4): 129-132. (in Chinese)
- [3] 教育部国资委联合召开卓越工程师培养工作推进会[EB/OL]. (2022-09-27)[2024-02-13]. http://www.moe.gov.cn/jyb_zzjg/huodong/202209/t20220927_665483.html.
- [4] 张炜. 国防特色高校在军民融合中的地位与作用[J]. 国防科技工业, 2017(6): 39-41.
ZHANG W. The status and role of national defense characteristic universities in the integration of military and civil affairs[J]. Defence Science & Technology Industry, 2017 (6): 39-41. (in Chinese)

- [5] 汪劲松, 张炜. “双一流”建设背景下国防军工高校转型发展的探索与实践[J]. 高等教育研究, 2021, 42(3): 50-53.
WANG J S, ZHANG W. The transformation development of national defense and military universities under the background of “double first-class” construction[J]. Journal of Higher Education, 2021, 42 (3):50-53. (in Chinese)
- [6] 宋保维. 加强有组织科研 培养“总师型”人才[N]. 中国教育报, 2023-12-25(5).
- [7] 把思想政治工作贯穿教育教学全过程 开创我国高等教育事业发展新局面[EB/OL]. (2016-12-08)[2024-02-13]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/201612/t20161208_291306.html.
- [8] 金克新, 王民, 王建元, 等. 国防特色高校应用物理类本科专业实验教学的改革和实践[J]. 物理与工程, 2022, 32(3): 56-60.
JIN K X, WANG M, WANG J Y, et al. Reform and practice of experimental teaching of applied physics in national defense characteristic universities[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(3):56-60. (in Chinese)
- [9] 李均, 钱程屹, 袁承勋, 等. 中国航天工程视角下的大学物理课程思政建设探索与实践[J]. 物理与工程, 2023, 33(3): 28-33.
LI J, QIAN C Y, YUAN C X, et al. Exploration and practice of ideological and political construction of college physics in hit from the perspective of Chinas aerospace[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(3): 28-33. (in Chinese)
- [10] 李言荣. 当前我国科技创新的关键是解决从 1 到 0 的问题[N]. 中国科学报, 2024-01-25(1).
- [11] 韦玮, 杨利平, 冯鹏, 等. 新工科背景下“光电器件”课程科研反哺教学新模式探索[J]. 教育教学论坛, 2023, 23: 137-140.
WEI W, YANG L P, FENG P, et al. Exploration on the new mode of scientific research feeding back teaching of optoelectronic devices under the background of emerging engineering education[J]. Education and Teaching Forum, 2023, 23:137-140. (in Chinese)
- (上接第 26 页)
- ZHOU Y Q, HUANG W T, ZHOU K Y. Evaluation of infinite sum by residue theorem and its generalization[J]. College Physics, 2015, 35(4): 26-28. (in Chinese)
- [7] 王春. 广义留数定理在 Laplace 逆变换中的应用[J]. 高等数学研究, 2015, 22(4): 70-73.
WANG C. Applications of generalized residue theorem for inverse Laplace transforms[J]. Studies College Mathematics, 2015, 22(4): 70-73. (in Chinese)
- [8] 邱为钢. 无穷求和与留数定理[J]. 大学物理, 2020, 39(9): 31-33.
QIU W G. Infinite sum and residue theorem[J]. College Physics, 2020, 39(9): 31-33. (in Chinese)
- [9] 周文平, 刘奕帆, 宋铁磊. 由留数定理求解的两类无穷积分[J]. 物理与工程, 2022, 32(1): 56-59.
ZHOU P W, LIU Y F, SONG T L. Two types of infinite integrals handled by residue the theorem[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(1): 56-59. (in Chinese)
- [10] 张子啸, 杜学瑞, 马永利. 利用留数定理对一类广义积分的推广[J]. 物理与工程, 2023, 33(4): 12-17.
ZHANG Z X, DU X R, MA Y L. The generalization of a kind of generalized integral by the residue theorem[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(4): 12-17. (in Chinese)
- [11] 梁昆淼. 数学物理方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [12] 华东师范大学数学科学学院. 数学分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [13] 同济大学数学系. 高等数学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.