

“基础—实践—创新”的新工科物理实验课程协同育人体系构建

余雪里 秦平力 张 昱 马 良

(武汉工程大学数理学院,湖北 武汉 430205)

摘 要 新工科物理实验课程建设面临传统课程体系中学生创新意识与能力培养不足、工程实践元素欠缺等困难,需要积极融入科学家和工匠精神提升学生工程素养,构建多样化的人才培养模式,以全面提升学生的卓越创新能力与扎实工程实践素养。实践表明,通过将课程教学、科研训练、产业实践与创新创业竞赛有机整合,形成“基础—实践—创新”一体化的协同育人体系,能够有效破除产学研分离的壁垒,显著提升学生的工程素养、实践能力与创新精神,为新时代背景下工程拔尖创新人才的培育提供了可行的路径与方案。

关键词 新工科物理实验课程;工程实践素养;协同育人体系;创新复合型人才

DOI: 10.27024/j.wlygc.2025.10.15.02

CONSTRUCTION OF A “FOUNDATION-PRACTICE-INNOVATION” COLLABORATIVE EDUCATION SYSTEM FOR NEW ENGINEERING PHYSICS EXPERIMENT COURSES

YU Xueli QIN Pingli ZHANG Yu MA Liang

(School of Mathematics and Physics, Wuhan Institute of Technology, Wuhan, Hubei 430205)

Abstract The construction of new engineering physics experiment courses should reform the traditional curriculum system's inadequacies in cultivating undergraduate students' innovative consciousness and capabilities, as well as engineering practice skills. It should incorporate scientific research qualities such as innovative thinking and craftsmanship spirit, and establish a diversified teaching model, cultivating students with outstanding innovative capabilities and solid engineering practice skills. Practice has shown that the integrated “foundation-practice-innovation” synergistic training system, which organically combines course teaching, scientific research training, industrial practice, and innovation and entrepreneurship competitions, can effectively break through the dilemma of separation between industry, academia, and research. It significantly enhances students' engineering practice literacy and innovative spirit, providing a feasible path for the cultivation of top-notch innovative composite engineering talents in the context of the new era.

Key words new engineering physics experiment course; engineering practice skills; collaborative education system; innovative and versatile talents

收稿日期: 2025-10-15; 修回日期: 2025-11-14; 出版日期: 2026-03-30

基金项目: 湖北本科高校省级教学改革研究项目(2024318)。

通信作者: 余雪里, xueliyu@wit.edu.cn。

引文格式: 余雪里, 秦平力, 张昱, 等. “基础—实践—创新”的新工科物理实验课程协同育人体系构建[J]. 物理与工程, 2026, 36(2): 152-158.

Cite this article: YU X L, QIN P L, ZHANG Y, et al. Construction of a “foundation-practice-innovation” collaborative education system for new engineering physics experiment courses[J]. Physics and Engineering, 2026, 36(2): 152-158. (in Chinese)

如何突出基础学科的支撑作用,逐步建立起拔尖创新人才选拔培养的有效机制,着力培养综合素质优秀的现代大学生,是当前教育改革的重大的挑战^[1-2],教育部的“强基计划”正是立足于此的国家战略决策。高等学校是人才队伍的培育引擎和输送源头,尤其是在全球数智化、资讯网络化的时代,各新型领域对交叉型、应用型、创新型等综合优秀人才的需求十分迫切。在此“新工科”背景下,物理实验课程又是工程类各专业的实践基础,肩负着新工科人才培养中“排头兵”的重要使命。因此,适应新形势发展下的新工科物理实验的课程革新尤为重要^[3-5]。

由此,全国各高校的工科物理实验课程体系的改革与探索此起彼伏,不少高校以教创研一体化融合为出发点,开展课程体系改革研究,结果发现这种课程体系不仅有利于培养本科生知识创新能力,更有利于培养本科生实践创新能力^[6-7]。在此基础上,本文总结出了以培养高水平拔尖人才为核心,依托“教—研—产—创—赛”五链协同,构建了新时代需求的本科生创新复合型人才培养模式。即,借助校企联合的工作站和创新科研实验室,在课程教学全过程中注重工程素质培育,让学生在实验课程学习后有机会深入到企业中去实践,再以工程实际应用难题为抓手,让学生实际参与项目建设,最后以此转化项目成果,参加各种全国性学生创新创业大赛,发展创新创业产业,突破实验室研究与企业社会需求隔阂困境,将教学、科研、产业和创业创新竞赛深度融合,实现新时代背景下工程拔尖创新复合人才的培养。

1 新工科物理实验课程体系改革背景

随着国家本科生招生规模不断扩大,给各专业本科生培养带来不少挑战。如何落实以社会需求为导向、着力改进本科生课程体系,提升本科生创新实践能力,培养高层次应用型人才,建立学校搭台、企业支持、高效对接、共建共享的创新人才培养模式,是目前工科专业本科生教育改革最迫切的问题。为了培养符合产业需求的高端人才,有许多学者和高校都做了大量研究,有的提出了高层次产教融合的人才培养模式,也有依托重点学科、特色专业、地区产业等,实现交叉学科联合

的人才培养模式,更有人提出了“重基础、触前沿、强动手”的创新型本科生人才培养模式^[8-9],值得积极研究与探索。

1.1 如何将工程实践元素潜化到新工科物理实验课程各教学环节

众所周知,国内多数高校的工科物理实验课程教学理念多年来只侧重物理知识、实验方法、实验技能和数据分析方法的传授,侧重学生发现问题、分析问题、解决问题能力的培养,很少涉及学生工程思维和精神价值观的培养。如何在工科物理实验课程的实验预习、课堂教学、实验操作、实验报告和实验创新等环节将科学思维方式与工程实践素养潜移默化融于其中,全面拓展物理实验课程教学内容的广度和深度,解决工科物理实验课程与工程实践能力间的协同育人问题^[10-11]。

1.2 如何解决本科生教育中创新意识和创新能力培养不足的问题

创新是推动国家发展的持久动力,目前,我国已经实现了“本科生人才大国”的目标,但如何实现从“本科生人才大国”蜕变为“本科生人才强国”是当前推进人才强国战略的核心目标,而创新实践型人才的培养就是实现的关键。目前,我国本科生培养的实况是创新意识不够强烈,创新能力得不到锻炼,本科生的科学创新素养严重不足,而且各学校的培养水平参差不齐,或多或少仍存在一定的不足。因此,新形势下的本科生培养方式改革刻不容缓,需要积极对接社会发展和企业生产需求,强化本科生的科学实践素养和创新能力,将本科生培养成新一轮科技革命亟须的具有宽视野、高水平、强实践的创新综合性人才。

1.3 解决本科生导师难以适应多学科交叉融合发展问题

新工科专业的本科生除了掌握本专业的核心课程知识外,为适应新的社会发展要求还需要涉及电子科学与技术、机械自动化仪器设计、编程与计算等交叉学科的相关知识,这就要求本科生导师本身具有多学科的知识积累^[12]。但在目前的师资建设过程中,往往只注重和强调导师的学术研究水平,而忽略了其工程实践水平和后续工程型导师的培养,使其难以适应多学科交叉融合发展的需求。同时,由于地方高校每年获得的经费投入少,先进的科研设备使用经费有限,且科研成

果转化途径不多,导致本科生导师队伍产研融合薄弱、各导师能力也差异明显,国际视野也需进一步开阔,知识创新能力严重滞后,不能较好地匹配企业技术和社会发展要求。

2 新工科物理实验课程体系改革目标

新工科物理实验课程体系改革要以夯实“三全育人,三做为先”的新时代育人目标,强化“知行合一,学以致用”的工程实践素养,转变教学观念,优化整合课程资源,在传统理论教学方式方法基础上,积极探索适应新时代本科生发展需求的探究式理论教学、现场实践式教学、启发式教学、项目式教学、案例式教学以及各种方式的混合教学^[13-15],全面提升学生综合素质和专业能力,推动全方位过程性评价,重构符合“教—研—产—创—赛”协同发展的高水平拔尖人才培养模式。

统筹校企联合培养基地建设,积极推动双方资源、人员、技术、管理、文化全方位融合,探索健全以企业为主导、高校为支撑、产业关键核心技术攻关为中心任务的产教融合的保障与运行管理制度、行业产业导师选聘制度,以及校内“双师型”培养机制,依托学科现有的实验室平台,凝练现有的学科研究方向,探索组建项目导向的教研团队,协调行业、企业、协会,共同构成科研实验平台,支撑多学科交叉的本科生培养,有效实现本科生高水平复合型人才培养目标。

3 新工科物理实验课程体系改革实践

现有各专业本科生培养模式并未完全体现出其应用性、实践性、职业性等自身特色,难以满足社会经济发展和产业结构多元化的需求。因此,对本科生培养模式和机制进行全面、深刻的革新,是当前教育刻不容缓的重大任务。工科物理实验课程是以物理基础知识和实验技术为载体,对于本科生的工程实践创新能力的培育有着天然优势,课程教学过程中可以突出物理实验仪器的结构与思想文化内涵,展现物理创新思维和人文精神的融合,能较好地拓展学生的科学知识视野,培养学生分析问题、思考问题和实践动手解决问题的能力。同时,通过相关的物理实验仪器发展与改进的典型案列,再结合当下中国制造的实际情况,将社会主义核心价值观、家国情怀、社会责任、文化自信、人文情怀、工匠精神等相关工程实践元素融入课程教学的各环节,将创新工程思维培养潜移默化地全方位融入到工科物理实验课程的教学过程中,构建出具有物理实践课程特色的教学运行模式(见图1)。

3.1 以工程实践培养为核心,克服培养主体单一,促进教创研一体化融合

工科专业本科生教育人才培养必须克服本科生培养主体单一,实习实践平台和基地不足,实践技能匮乏,研发课题参与少,实践能力和创新能力

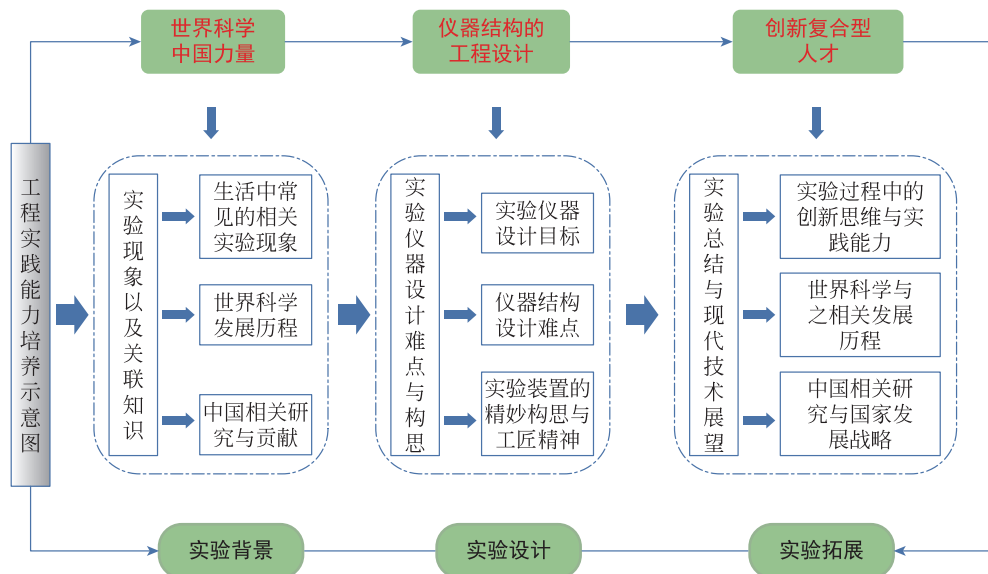


图1 工科物理实验课程的工程实践能力培养示意图

薄弱,不能满足产业结构调整与经济社会发展需求等困境。工程实践能力是工科专业学生培养中最重要的技能素质。因此,其培养体系就需要依托校企联合培养基地,以校企合作科研项目为抓手,以校科研团队和实验室平台为支撑,探索项目式教学与教法,孵化以工程难题为导向的研究项目,也要充分利用各实践环节的实验资源,打通所有实践环节,实施科教与创研融合,有效解决科学理论研究与实践环节的脱节问题,探索多元化混合式教学,提高本科生创新工程实践能力(见表1)。

3.2 完善“双导师制”制度,统筹建设校企联合本科生培养基地,推动全方位过程性评价,促进产创研一体化融合

工科本科生不仅要具有广博的理论基础知识,而且还要具有职业素养和工程实践能力。坚持积极开展校企合作,按照“优势互补,资源共享,互利共赢,协同育人”的指导思想,充分挖掘各类相关实验实践平台资源,积极推进在具有一定本科生培养经验的大型骨干企业建立本科生工作站和稳定的实践实习基地。学校要聘请具有丰富实

表1 物理实验课程体系的工程素养融入教学设计(节选)

实验项目	工程素养映射与融入点
液体表面张力系数的测定	<p>课程开始:通过日常现象让学生初步认识液体表面张力现象,介绍中国航天事业历程和空间站的液体表面张力验证实验,引发学生科学探究的好奇心,强化民族自豪感。</p> <p>实验拓展:与生活实际需求结合,讲解新型纳米防水材料,拓宽视野,让学生体会到材料改变生活的美妙,激发科研兴趣培养的课程目标</p>
超声波声速测量	<p>课程开始:强调学生宿舍用电安全,通过大学生在超声波无线电充电领域创新成果案例,让学生切身体验增强创新创业的信心。</p> <p>实验拓展:超声波在深海通信中的应用,引申出中国的深海探测利器,深化工程创新思维</p>
迈克尔逊干涉仪的调节	<p>课程开始:从生活中光的干涉现象到迈克尔逊干涉仪的精妙设计,让学生理解实验仪器设计的巧思以及新时代焕发新的生命力;世界和中国的引力波计划。</p> <p>实验拓展:实验物理学设计的精美,蕴含的“一分为二,合二为一”的辩证思维,体会到文理融合的复合型创新人才的重要性</p>
磁悬浮动力学实验	<p>课程开始:引入生活中常见的交通运输工具,举例各种能源交通的污染问题,国家的节能战略。通过磁悬浮技术世界发展历程以及中国贡献,领会大国工匠精神。</p> <p>实验拓展:实验工程技术涉及的工业制造,中国制造的高铁名片,世界技术前沿的中国新时代的“四大发明”</p>
PN结物理特性实验	<p>课程开始:介绍日常现象中PN结元件及其广泛应用,加深学生对PN结的理解,明白国产芯片和5G通信发展的重大意义。</p> <p>实验拓展:从华为公司的麒麟手机处理器发布会视频开始,讲述了国产处理器的艰难历程以及中国半导体产业发展规划和广阔前景</p>
密立根油滴实验	<p>课程开始:以汤姆逊发现电子入手到科学发现历史,再到实验测量技术设计的重要性,增强学生科学求知的欲望!</p> <p>实验拓展:实验中蕴含的如何把电量(微观量)测量转化为时间(宏观量)的转换思维。鼓励学生在科学探究中勇于除旧立新,大胆前行</p>
用霍尔元件测量磁场实验	<p>课程开始:介绍霍尔元件在自动控制领域与日常生活的广泛使用,以及相关发现在诺贝尔物理学奖上的惊人成就,并着重介绍中国科学家薛其坤院士的重大发现,促进学生的科学研究兴趣。</p> <p>实验拓展:从霍尔元件在汽车工业发展的突出作用,到中国新能源汽车后来居上再到反常量子霍尔效应对未来半导体业发展的革命性影响</p>
拉伸法测量钢丝的杨氏模量	<p>课程开始:从蜘蛛丝到北京鸟巢的新颖设计,说明材料特性的关键作用,再到人类“梦想天梯”对材料的渴求,让学生理解新材料发现的巨大作用。</p> <p>实验拓展:介绍纳米材料的独特魅力,憧憬未来现代科技生活的奇妙</p>

实践经验的企业高级专业技术人员和校内导师组成导师团队,组建由学科专家领衔,骨干教师、技术人员、企业兼职导师组成的教学团队,坚持“老带新”“双师化”教师培养模式,定期召开跨学科研讨会(每月1次),共同制定培养方案、课程建设计划。除校内常规培训外,每年选派1~2名导师赴企业挂职,并邀请聘用企业导师担任第一或第二导师,指导本科生毕业论文。校企双导师团队参与跨学科项目,团队至少要包含光学、计算机、机械专业等专业学生,组织学生定期到企业进行工程观摩、实习实践,一对一指导,交流讨论,现场答辩,并提交实践报告,形成“实验预习+实验报告”+“实验操作”+“现场实验考查”+“实验创新”+“企业导师考评”+“创新创业拓展”的多元过程化实验成绩评价模式,构建人才培养、科学研究、成果转化、社会服务、文化传播等多元体系,促进教育链、人才链、产业链、创新链有机衔接,满足社会多元化需求和学生个性化培养的有机统一,形成教育和产业互惠共赢、资源共享的发展格局,提升学生创新能力和工程素养。更鼓励团队师生海外研学、参加各类教学比赛,力推科研、创新促教学,提升师生创新意识、工程实践及国际化视野。

新的工科物理实验课程体系要积极探索组建本科生分层次科研与教研团队,重构本科生教育课程体系,深化校企合作,充分挖掘整合校内各科研团队,强化本科生创新创业,将科研、教学、生产、学习、实践和竞赛深度融合,引导并培养本科生自主学习 and 创新能力的理念,积极支持专业本科生的自主科研创新,提升本科生的技术创新能力,达到创新复合型人才培养目标(见图2)。

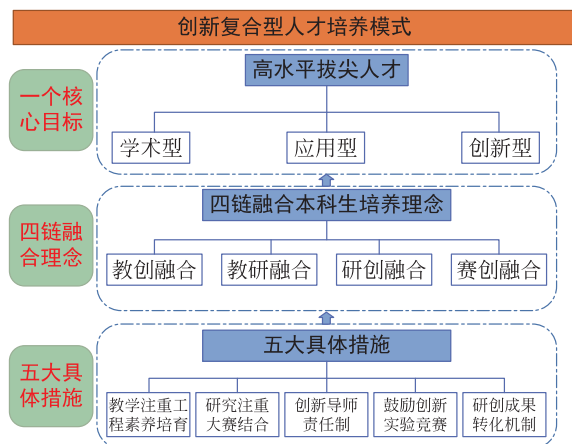


图2 创新复合型人才培养模式示意图

3.3 以校企联合创新创业项目成果为导向,强化本科生创新创业活力,促进创研赛一体化融合

新工科物理实验课程评价有必要建立包括理论、实践、创新赛等在内的全方位本科生分层次创新能力评价体系,达成“知识传授、能力培养、价值塑造”的有机统一,切实支撑强化实践工程能力的培养模式,达成创新实践能力培养目标。除此之外,还要积极探索以校企联合科研项目为导向的科研团队、凝练现有的学科研究方向,为专业本科生培养所必需的实践环节和开展相关科研工作提供保障,协调行业、企业、协会在平台建设、科学研究、师资队伍、学生实习实训等方面展开深度合作。

参与高水平学科创新创业竞赛已逐渐成为当今本科生学习生涯中不可分割的重要组成部分,无论是从推进课题研究进展的角度,还是从提升本科生自身创新能力的角度,都起到了至关重要的作用。如何更好地利用学科竞赛平台,充分发挥企业在工程学科建设上的优势,以科研项目成果和企业关键需求为依托,调动导师参与竞赛工作积极性,积极探索“项目+竞赛+创业”的教学模式。项目成果以“中国国际大学生创新大赛”“全国大学生课外学术科技作品竞赛”“全国大学生物理实验竞赛”等为载体,完成相关的竞赛作品,进而有效提升本科生在学科竞赛中的创新能力,切实达到“以赛促学、以学促用、学用结合”的良好效果,激发本科生创新创业活力,为未来创业打下坚实的基础。以本学院能源与动力工程专业为例,新工科物理实验课程协同育人体系实施五年以来,考研、出国成绩优异,一批优秀毕业生成功考取了北大、清华、美国哥伦比亚大学、英国伦敦大学、复旦大学等著名大学,考研率从20.1%增加到38.2%,就业率稳定在96%以上。特别是本科生“推免”工作,团队成员中一共成功“推免”研究生共26名,其中23名“推免”至985高校,引领作用显著。近5年共获奖222项,其中国家级73项,省级149项。尤其是2023年,团队将科研成果转化为学科竞赛项目,在第十八届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛中荣获“累进创新专项奖”1项(我校首次获得,全国仅17项),在中国国际大学生创新大赛中获得全国总决赛高教组金奖1项(最高奖),专利成果转化27项,为其

后续创新产业发展奠定了坚实的基础。

以学科“双创”融合助推“科教”与“产教”融合,构建各工程专业“教—产—创”和“产—创—赛”的“双线”协同发展的本科生拔尖创新人才培养模式,深度融合科研成果和实践产业创新创业,实现共建共享共有的命运共同体格局(见图3)。

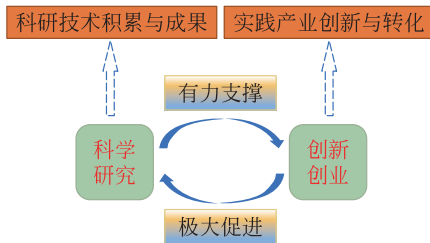


图3 “教—研—产—创—赛”融合本科生创新人才培养示意图

4 结语

围绕习近平新时代教育理念,以工程专业相关产业需求为导向,确立培养学术型、产业型及创新型高水平拔尖人才的核心目标,树立“教研融合”“产研融合”“产创融合”“创赛融合”的全面协同育人的培养理念,提出在新工科物理实验课程体系改革中教学要注重工程素养培育、研究注重大赛结合、落实创新导师责任制、鼓励创新竞赛、夯实研创成果转化机制的五大举措,保障培养理念的有效落实。

从“产研项目训练”和“创新创业竞赛”两个层面出发,积极践行“教—研—产—创—赛”融合的本科生创新人才培养,还原了本科生培养的“初心”,构建了全面的产研实践训练的全过程质保保障体系,能够有效形成产业问题意识和提升学生的创新创业能力,也创建了科学研究与技术成果的产业应用的有效机制,使学生在技术成果的产业应用中,悟出科学研究的真谛,对后续的进一步产业规模化扩大有极大的促进作用,实现“个人发展+社会本位”的多元化人才培养目标。

参 考 文 献

[1] 李鹏,李志坚,马杰.“双一流”建设地方高校基础学科拔尖创新人才培养的协同创新模式研究[J]. 中国大学教学, 2025(6): 11-16.
LI P, LI Z J, MA J. Research on the collaborative innovation model for cultivating top innovative talents in basic dis-

ciplines at local universities under the “Double First-Class” initiative[J]. China University Teaching, 2025(6): 11-16. (in Chinese)

- [2] 王新风,钟秉林.拔尖创新人才选拔培养的政策协同研究[J]. 清华大学教育研究, 2023, 44(1): 38-45.
WANG X F, ZHONG B L. Research on the policy coordination mechanism for the first-class innovators in China[J]. Tsinghua Journal of Education, 2023, 44(1): 38-45. (in Chinese)
- [3] 陈淑妍,孟霆,张晓峻,等.新工科大学物理实验多维度教学模式的探索[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(3): 169-172, 183.
CHEN S Y, MENG T, ZHANG X J, et al. Exploration of multi-dimensional teaching model of college physics experiment in the background of new engineering[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2024, 43(3): 169-172, 183. (in Chinese)
- [4] 周国泉,徐一清,樊艳,等.面向工程教育专业认证的“三性四度”大学物理实验教学探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(11): 225-231.
ZHOU G Q, XU Y Q, FAN Y, et al. Exploration and practice on “three natures four degrees” experiment teaching of college physics oriented by engineering education professional accreditation[J]. Experimental Technology and Management, 2023, 40(11): 225-231. (in Chinese)
- [5] 樊代和,魏云,常相辉,等.基于跨学科创新型本科人才培养的“立”型大学物理实验课程教学模式研究[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(8): 236-241.
FAN D H, WEI Y, CHANG X H, et al. Research on li-type teaching method of college physics experiment course based on the cultivation of inter disciplinary innovative undergraduate talents[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2022, 41(8): 236-241. (in Chinese)
- [6] 刘树青,卞荣,朱松青,等.基于产教融合和项目引领的卓越工程师实践课程体系构建[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(3): 166-169, 173.
LIU S Q, BIAN R, ZHU S Q, et al. Practical curriculum system construction for excellent engineers cultivation based on integration of industry and education and engineering project[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2025, 44(3): 166-169, 173. (in Chinese)
- [7] 杜江峰.产教融合再造卓越工程师培养课程体系的思考与实践[J]. 中国高等教育, 2024(22): 24-28.
DU J F. Reflections and practice on reengineering the cultivation curriculum system for outstanding engineers through industry-education integration[J]. China Higher Education, 2024(22): 24-28. (in Chinese)
- [8] 潘军.产教融合视域下的高职院校创业书院制:价值意蕴、现实挑战与实践进路[J]. 大学教育科学, 2025(4): 118-126.
PAN J. Entrepreneurial academy system in higher vocational colleges from the perspective of industry-education inte-

- gration; value connotations, practical challenges, and implementation approaches [J]. *University Education Science*, 2025(4): 118-126. (in Chinese)
- [9] 王淑营, 邢焕来, 杨燕. 产教融合与数智赋能的计算机类人才培养模式研究与实践[J]. *中国大学教学*, 2025(5): 9-15.
WANG S Y, XING H L, YANG Y. Research and practice on the cultivation model of computer majors empowered by industry-education integration and digital intelligence [J]. *China University Teaching*, 2025(5): 9-15. (in Chinese)
- [10] 张映辉. 贯彻“三位一体”要求提高实验教学育人效果[J]. *物理与工程*, 2024, 34(2): 81-86.
ZHANG Y H. Implementing the “trinity” requirement to enhance the educational effectiveness of experimental teaching [J]. *Physics and Engineering*, 2024, 34(2): 81-86. (in Chinese)
- [11] 史新伟, 李杏瑞, 祝柏林, 等. 实践育人, 践行思政——基于大学物理实验的课程思政教学设计[J]. *物理与工程*, 2023, 33(1): 77-82.
SHI X W, LI X R, ZHU B L, et al. Practical education and political practice—ideological and political teaching design based on college physics experiment [J]. *Physics and Engineering*, 2023, 33(1): 77-82. (in Chinese)
- [12] 张海生, 张瑜. 多学科交叉融合新工科人才培养的现实问题与发展策略[J]. *重庆高教研究*, 2019, 7(6): 81-93.
ZHANG H S, ZHANG Y. Practical problems and development strategies of talents training for the mul-tidiscipline integration [J]. *Chongqing higher education research*, 2019, 7(6): 81-93. (in Chinese)
- [13] 伍醒, 顾建民. “课程思政”理念的历史逻辑、制度诉求与行动路向[J]. *大学教育学*, 2019(3): 54-60.
WU X, GU J M. Historical logic of the concept “Curriculum Ideology and Politics”: institutional appeal and action orientation [J]. *University Education Science*, 2019(3): 54-60. (in Chinese)
- [14] 刘鹤, 石瑛, 金祥雷. 课程思政建设的理性内涵与实施路径[J]. *中国大学教学*, 2019(3): 59-62.
LIU H, SHI Y, JIN X L. Rational connotation and implementation path on ideological and political curriculum construction [J]. *University Teaching in China*, 2019(3): 59-62. (in Chinese)
- [15] 李鹏, 李志坚, 马杰. 课程思政的关键在于“潜移默化”和“润物无声”——大学物理课程开展课程思政的实践与思考[J]. *物理与工程*, 2022, 32(1): 184-189.
LI P, LI Z J, MA J. The key of curriculum ideology and politics lies in “imperceptible influence” and “moistening things silently”—The practice and thinking of carrying out curriculum thought and politics in college physics course [J]. *Physics and Engineering*, 2022, 32(1): 184-189. (in Chinese)