

以“四维”能力导向的应用型本科院校大学物理及实验课教学模式创新与实践

韩星星 张安莉 刘会玲 谢 檬
(西安交通大学城市学院, 陕西 西安 710018)

摘 要 本文针对培养“应用型人才”的教学目标,本文提出了以“四维”能力为导向的大学物理及实验课程改革的思路,构建了“四位一体”循序渐进的课程体系,实行分层次、分级的教学模式,对教学内容进行模块化、分层次重构,采用“问题+研究性”教学方式,为探索出有一定特色的应用型本科院校大学物理及实验课程的建设之路作出有益的尝试。近年来,我们进行了基于“四维”能力为导向的教学实践,在具有不同专业背景的本科生参与的学科竞赛方面取得了显著成效,在教学成果奖、教改项目、教学论文等方面也取得了系列成果。

关键词 应用型;“四维”能力;大学物理;物理实验

THE INNOVATION AND PRACTICE OF THE TEACHING MODE OF COLLEGE PHYSICS AND EXPERIMENT COURSE IN APPLICATION-ORIENTED UNIVERSITIES GUIDED BY “FOUR-DIMENSIONAL” CAPABILITIES

HAN Xingxing ZHANG Anli LIU Huiling XIE Meng
(Xi'an Jiaotong University City College, Xi'an, Shaanxi 710018)

Abstract Aiming at the teaching goal of cultivating “applied talents”, the idea of college physics and experiment curriculum reform based on “four-dimensional” ability was put forward in this paper. A “four-in-one” progressive curriculum system has been constructed, implementing a tiered and graded teaching model. The teaching content has been restructured in a modular and hierarchical way, adopting the teaching method of “problem+research-oriented”. This paper makes a useful attempt to explore the construction of college physics and experimental courses in applied undergraduate colleges with certain characteristics. In recent

收稿日期: 2024-03-29

基金项目: 陕西高等教育教学改革研究重点攻关项目“基于‘OBE+生成性’的中西部高校应用型拔尖创新人才培养体系与深度学习路径探索与实践”(项目编号:23BG054);陕西高等教育教学改革研究项目“构建项目式学习社区,探索工程创新人才培养新路径”(项目编号:23BY193);陕西省“十四五”教育科学规划2023年度课题“构建大学物理‘四维融合’教学新模式,提高应用型人才自主培养质量”(项目编号:SGH23Y2713);西安交通大学城市学院第十一批教改重点项目“以学科竞赛为抓手的应用型院校学生实践创新能力培养模式研究”(项目编号:111005)。

通信作者: 韩星星,西安交通大学城市学院副教授, hxx_xd@163.com。

引文格式: 韩星星,张安莉,刘会玲,等. 以“四维”能力导向的应用型本科院校大学物理及实验课教学模式的创新与实践[J]. 物理与工程, 2024, 34(4): 53-59.

Cite this article: HAN X X, ZHANG A L, LIU H L, et al. The innovation and practice of the teaching mode of college physics and experiment course in application-oriented universities guided by “four-dimensional” capabilities[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(4): 53-59. (in Chinese)

years, based on the “four-dimensional” ability-oriented teaching practice, undergraduates with different professional backgrounds have achieved remarkable results in subject competitions, and a series of achievements have been made in teaching achievement awards, teaching reform projects, and teaching papers.

Key words application-oriented; “four-dimensional” ability; college physics; physics experiment

随着科学技术、文化的快速发展,社会需要高等教育能够培养出更多高素质应用型人才,也对培养的数量和质量、结构和效益方面都提出了新的要求^[1]。习近平总书记在全国教育大会上特别强调,高校要在增强综合素质上下功夫,教育引导培养学生培养综合能力和创新思维^[2]。在高素质应用型人才培养的过程中,包含物理在内的基础课程的教学模式是否满足新时代国家经济、科技和社会发展的要求,将直接决定本科人才培养的数量和质量^[3]。应用型本科院校经过十几年教学实践和探索,在培养应用型人才方面获得了许多宝贵的经验,但是还需要与时俱进、紧跟时代步伐不断进行教学改革。

大学物理及实验作为高校本科生必修的重要基础课程,在培养应用型人才中具有举足轻重的作用,目前大学物理及实验还在较多地沿用传统的教学模式,侧重理论知识的传授,联系生活和工程实际应用欠缺。在应用能力和综合能力的培养方面,没有发挥大学物理及实验应用的优势,因此大学物理及实验课程应该遵循以学生为本、因材施教的教学理念进行改革,持续开展教学改革工作,制订更适应学生发展的培养方案,并依据教学的实际需要对其进行完善^[4]。我校在多年的教学实践基础上,确立了应用型本科院校大学物理及实验课程改革的思路 and 特色,对其教学内容和教学体系进行改革,为探索出有一定特色的应用型本科院校大学物理及实验课程的建设之路进行了有益的尝试^[5]。

本文围绕一流课程建设和应用型人才自主培养质量提升,首创以“自主学习能力、知识应用能力、解决问题能力、实践创新能力”之“四维”能力导向的教学理念,构建了“以能力为导向,层次化培养,多维度融合,追求卓越”为核心的人才培养模式,在教学内容、教学方法、教学手段等方面进行了历经数年的改革与实践,取得了一定的成效。

1 大学物理及实验课程的作用与地位

大学物理及实验是高校本科生必修的重要基础课程。是基础科学与科学实践结合得最普遍、最典型的一门课,它对学生独立学习、工程思维、创新实践、行为养成等具有不可替代的作用^[6]。我校每年要面向电信、机械、计算机、管理、应用经济、护理等6个系,近2300名学生授课;同时开出大学物理及实验3万多人次。课程影响面大,学生受益面广。

物理课程不同于高数和英语等基础课,是实践性较强的课程。通过开设大学物理,一方面为学生四年的系统学习打好物理知识和技能基础;另一方面使学生学会初步的科学思维和研究问题的方法;同时通过开设物理实验课程,提高其动手以及分析问题解决问题的能力,培养探索精神和创新意识以及严谨的科学态度。

学生通过一、二年级物理课程的学习,进一步端正学习态度、掌握科学的学习方法、养成良好的学习习惯,以尽快适应大学学习的规律。因此,物理课程的教学过程在对低年级学生进行“知识”“能力”和“素质”培养和教育方面具有其他课程不能替代的重要作用。

2 大学物理及实验改革的思路与创新

大众型高等教育是以培养应用型人才为主题的教育,高等教育大众化是应用型本科教育的一个重要发展条件。在此教育形势下,普通高校生源的知识结构及基本素质有了很大的变化,特别是应用型本科院校与研究型本科院校的学生相比较,有以下三点不足:学习基础较差;接受能力和自学能力较弱;学习方法欠妥当。而学生在物理课程教学中突出表现的是:学习之初,普遍认为在中学已学过,大学为何还要学?表现出学习积极

性不高,目的性不明确的倾向。

为了探索出有一定特色的应用型本科院校物理课程的建设之路,激发学生学习的积极性,加强学生应用能力的提高,切实提高课程的教学质量,本课程改革将“从顶层设计”的思路融到物理课教学过程中。

所谓顶层思路,有两层含义:一层是根据应用型人才培养目标,按照应用型本科生应具备的“知识”“能力”和“素质”的要求,把知识内涵成能力,提高素质培养,三者互相促进,形成闭环,发挥合力。改革大学物理和实验课程教学内容,构建新型教学模式和教学体系;另一层是建立和加强物理学与工程技术应用的关系,进一步加深学生对物理在工程技术领域前沿作用的认识与理解,强化应用能力的培养^[7]。

物理的基本知识、基本概念通过中学阶段及其高考的大量题海练习已初步建立,到了大学阶段需要借助于高等数学所解决的物理问题,从某种角度上来说是为后续专业课中的工程问题。因为物理学中的每一个重大发现几乎都会导致生产技术上的许多重大突破,而生产技术的进步又反过来促进物理学的发展,也就是说,物理学的发展与工程技术是息息相关的。因此,与其到了技术基础和专业课学习中,学生才能体会到学习物理的重要性,倒不如在学习物理课之初,使学生就对物理基础和技能在工程应用项目中的作用有初步的感性的认识,或者亲历其境的体验,那将激起学生极大的兴趣和求知欲。

对应用型本科生的物理教学在理论深度方面,无须像“一本”院校那样注重理论厚重,但在应用能力培养方面并不低于“一本”院校,甚至在某些方面还要超过他们,因为我们培养的学生通常为从事一线的生产、建设、管理、服务的高级应用人才。因此,确立物理课程教学建设与改革的指导思想——“加强实践,重在应用”,将“以应用能力培养为核心”的理念贯穿于物理课程的整个教学过程中。突出物理学的应用性和实践性,注重学生动手实践能力的培养,为学生将来从事实际应用和操作等方面的学习打下良好的基础。

物理实验从教学内容到组织形式树立“强化应用、压缩经典、重视现代”的指导思想,在实施方式方面,贯彻因材施教,按不同专业,不同要求,分模块教学。具体而言:(1)要从一、二年级开始就

应加强对动手能力、应用能力的培养。在开设经典实验的基础上,建立以培养应用能力为主体的实验教学基地。该基地以教师开发用于学生感性认识,或者亲历其境体验的侧重生活实际和工程训练的综合性实验,动手制作适合学生动手能力以及应用能力培养的教学仪器,加大学生动手能力培养的力度。同时适时组织学生参与部分仪器的制作、调试和操作以及物理实验技能竞赛、物理实验兴趣小组(开放实验)等。使该实验基地成为学生进入大学后(第一学年和第二学年上半学期),进行动手能力、分析问题解决问题能力培养的第一教学基地和实验场所。(2)按照工科类和经管类分为两大类,而工科类又分为电类和机类。按上述模块组织教学。不同的模块中理论和实验的内容、组织形式和教学模式以及教材均有所不同。(3)构建以虚拟实验室、演示实验和仿真实验为主,且包含虚拟课堂、线上辅导、线上测试、线上答疑、物理论坛等栏目的网络教学平台,补充和延伸应用教学和实践系统。

3 大学物理及实验教学改革的主要内容与措施

着力构建“教学+研讨+实践+竞赛”“四位一体”循序渐进的四层次课程体系(见图1),加快推进教学模式从传统的知识传授型教学向应用型教学的转变,努力建立以学生为中心、以教师为主导的人才培养模式,基础教学突出一般性原理、方法的训练,以讲清物理规律和知识应用为主;课后小班研讨课形成以应用实例、工程案例为中心的“探索、验证、求实”的教学模式。实践教学由基础、综合及开放实验构成,突出实验方法、动手能力、创新意识以及与现代科技的结合。

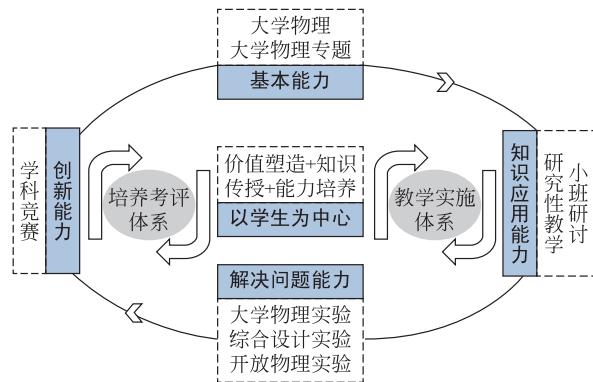


图1 “四位一体”教学体系

3.1 改革大学物理教学,培养学生知识应用能力

对大学物理课程的教学内容和教学体系进行改革,探索构建新教学模式,即以生活或工程实际应用项目引导教学实践,整合全部理论与实验教学内容,使整个教学活动以若干个生活或工程实际应用项目为引例,建立各部分的理论知识与工程项目相对应的关系,加强理论与实践、与技术基础课以及专业课的有机结合,从而激发学生学习的积极性,加强应用能力的培养力度,有效提高大学物理课程的教学质量。具体措施如下。

3.1.1 优化教学模式

采用“教、学、做”为一体的搭积木式教学方法,教学突出实际项目的引导地位,学习突出重点、难点,并将演示及实验融入其中。第一阶段,即课程教学初期,通过组织参观实验室的实际项目以及动手做相关工程项目简单的操作或组装实验,或者观看演示实验及相关的实景录像,使学生建立起物理与生活实际或工程项目之间的感性认识,初步了解物理在工程技术中的作用和地位。从而使学生学习的兴趣和目的性增强。第二阶段采用理论与实践相结合的方式,将积木模型(即实际项目)拆散,重新归类,按归类形式引入到课堂和实验教学中。从而使其对大学物理的学习有更加系统、深刻、完整的理解与认识。

3.1.2 重构课程内容

加强理论与实际应用的有机结合。将压缩经典、强化应用、重视现代这一理念贯穿于理论与实际应用中去。在内容上突出以生活或工程实际项目组织物理课程的教学,并对知识的结构按照搭积木的形式重新构建。例如以力学、电磁学、热、光分别组织或者贯通几部分理论的学习。引导与组织物理教学,重新组织理论教学模式。例如:以电动机和电磁仪表引导电磁理论部分的学习;以医学用B超引出振动与波动知识的学习等。

课堂讲授内容贯彻“以应用为目的,以必须够用为度”的原则,始终以掌握物理概念,强化应用,

培养学生技术应用能力为主线来构筑物理教学内容体系。在每一部分的讲述中尽可能地将工程应用背景与物理学原理相配套,使学生拓宽视野,加深其对物理原理在工程技术应用作用的理解。授课时应减少理论推导,以讲清物理规律的意义和应用为主。加强物理应用例题的讲解,培养学生的应用能力。同时要在教学内容中反映现代工程技术和现代物理的新进展和重大科技成果,扩大学生的知识面。根据我校电信、机械、计算机和经管类等专业的特点以及培养能力和素质的要求,精选经典物理教学内容,注重物理知识在科学技术及生活实际中的应用,特别是在电信工程、机械工程中的应用。

3.1.3 采用分级教学方式

确立以加强学困生的基础学习和提高学优生的能力为侧重的“抓两头带中间”的教学思路。在充分调研同类学校,征求本校内各个系的意见的基础上,根据人才培养和数理基础的差异,在工科类的物理教学中实施“分级教学”,设立试验班和普通班。将数理基础较好、发展目标较高的学生分为Ⅰ级,其他的分为Ⅱ级,同时,设立可进可出的动态流动机制。按照不同学生群体的实际情况,更好地进行因材施教,培养一部分学生的知识应用能力和创新能力,具体做法如表1所示。

3.2 进行小班研讨,提高学生自主学习能力

根据学生个性化发展要求,利用晚自习开设“物理专题”小班研讨课,小班研讨采用“SPOC+翻转课堂”形式进行,在整个教学环节中采用了以“问题+研究性”学习为主的教学方法。其中,研究性学习是学生自主地获取知识和技能、体现和了解科学探讨的过程和方法、形成树立科学价值观的活动过程。教师课前在SPOC平台下发工程案例、前沿科学、时政素材、科学史等应用案例的教学资源进行自主预习,引导学生积极思考去发现问题。课中老师组织学生对案例进行思考、分析、讨论和交流,学生以小组为单位完成协作学

表1 大学物理课程分级教学要求

分级	预习要求	作业要求	适用对象	发展目标
Ⅰ级	使用发布的网上资源预习	开放应用型题目	自主学习能力较强,有志于考研深造	上研深造、进入大企业
Ⅱ级	一般要求	一般要求	满足后续专业需求,考核合格	顺利完成学业,找到工作
动态进出	根据个人学习情况和兴趣意向进行动态进出,Ⅰ级可转入Ⅱ级,Ⅱ级经过相关考试达到要求者可转入Ⅰ级			

习,并展示讨论成果。在指导学生实践过程中,特别强调严谨的学习态度和一丝不苟的科学精神,培养学生自主学习的能力和评判性思维,提高学生的学习热情和主动性。

3.3 优化物理实验教学,培养学生解决问题能力

物理实验是每个新生进入大学之后接受系统实验方法和技能训练的一个开端。也就是说,是他们的第一实践教学基地或实验场所。我们采用分层次、递进式教学模式构建实验教学体系。

3.3.1 递进式、分层次实验教学体系

1) 递进式实验教学体系

递进式实验教学体系为:体验性实验→经典基础性实验→综合性选作实验→小型设计性实验。

体验性实验:(1)以感受物理基础和技能在生活实际和工程项目中应用作用的“体验性实验”;(2)亲自动手制作或操作,加强动手能力培养的“感受性实验”。增加学生自己搭建、拆装和调试内容,使学生有充分的动手机会。以加强动手能力的训练以及基本仪器、仪表的使用。例如组装万用表、搭建温控电路等等。

基础性实验:以基本实验方法、实验技能训练为主的“基础性实验”。

综合性实验:(1)以综合运用各部分基础知识为主的“综合性实验”,这一部分实验打破力、热、电磁和光的严格界限;(2)综合运用多种仪器和实验方法的“综合性实验”。这一阶段主要训练学生运用基础知识和仪器设备进行部分调试、排除故障、数据测试与处理的综合分析应用能力。

设计性实验:(1)按照设计要求在仿真平台上完成实际仿真实验的训练;(2)在教师指导下,由学生自行设计实验方案并独立完成全过程的“设计性实验”;(3)组织若干个围绕基础物理实验研究课题,由学生参与讨论提出方案实施的实验。这一阶段的实验教学理念是:允许失败,允许重做,鼓励勇于探索与实践。

2) 分层次实验教学体系

分层次实验教学体系是指按照不同专业、不同要求将上述递进式实验体系分不同的层次开设^[8]。

第一层次面向经管类学生。实验体系为:体验性实验(1)→基础性实验→综合性实验(1)或者设计性实验(1);

第二层次面向工科类学生。实验体系为:体验性实验→基础性实验→综合性实验(1)或者(2)→设计性实验(1);

第三层次面向工科类试验班学生。实验体系为:体验性实验→基础性实验→综合性实验(1)或者(2)→设计性实验(2);

第四层次面向工科类有兴趣且物理基础比较好的学生,以选修课或者兴趣小组的形式完成。实验体系为:综合性实验(1)(2)(3)→设计性实验(1)(2)。

3) 建立实验教学基地,举办全院性“物理实验技能大赛”

上述前四个层次实验满足了不同学生的学习需求,提高了学生的学习兴趣,促进了不同层次学生全面发展。在此基础上,为了进一步提高学生动手能力的兴趣,促进其物理实验技能的进一步提高,同时也为了满足部分优等生学生的需求或者将来求职的需求,在每一年下半年举办一次全院性“物理实验技能大赛”。

4) 组织物理开放实验或兴趣小组,满足部分兴趣爱好者的需求

从低年级开始注意加强对部分有潜能学生在动手能力、设计制作、研究开发等初步科研能力方面的培养,营造气氛,带动多数。同时为后续的电子设计大赛、机械设计大赛等打下基础。兴趣小组以自愿为原则面向对物理实验动手能力训练感兴趣的学生开设。每学年第一学期吸收若干名新组员,由指导教师和老组员指导开展活动,保持可持续发展。活动从熟悉每一个演示实验或由指导教师制定项目开始,之后可结合兴趣和专业重点选择一个或多个项目进行深入研究。

3.3.2 合理选择实验教学内容

针对学生物理基础参差不齐的现实以及不同专业对物理知识的不同要求,开放实验依据学生专业不同,教学侧重点不同,根据学生的学科差异、专业差异和个体差异,按需定制教学内容,对经管专业侧重于视野拓展,课题内容多来源于与人类生产、生活密切联系,学生熟悉、感兴趣的演示实验项目,为工科学生开设仪器改进、实用小制作和科研小课题,旨在培养学生创新能力和塑造科学精神,如图2所示。比如对电信专业侧重于电学和信号检测方面的仪器改进项目。对计算机专业侧重于 Unity3d 虚拟仿真实验的开发。其

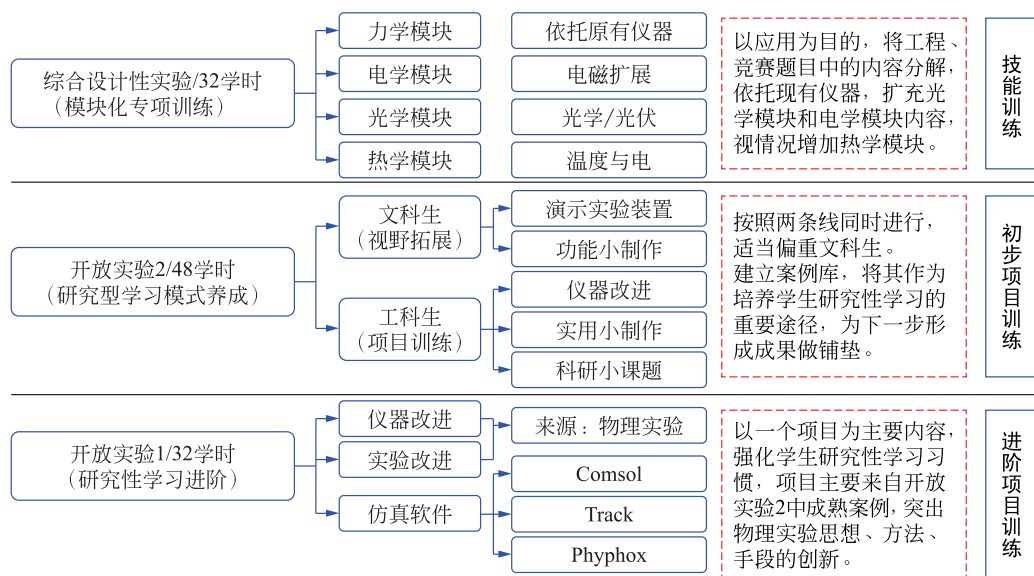


图2 开放实验教学内容体系

次,对于学有余力的学生,我们采用大学生物理实验竞赛课题,将各个专业的学生凝聚到一起,组成一个创新团队,这样各学科学生可以在一个团队中深入交流,发挥各自学科特点与优势,通过学科交融的方式提高学生的综合素质。

3.4 参加学科竞赛,创新能力显现

围绕应用型本科人才实践能力和创新能力培养目标,加大学科竞赛规模,探索教学与竞赛相互促进的新思路,形成一套分级分层、逐步升级、学生自主的具有我校特色的大学物理竞赛体系。根据竞赛难易程度及对学生物理知识的要求分为两层:低年级从开放物理实验小组中选拔学生参加“西北地区大学生物理实验竞赛”和“全国物理实验竞赛”,旨在培养学生的创新思维 and 实践能力;中高年级学生选定专业以后,参加“挑战杯”和“西北地区大学生物理学术竞赛”,重在训练学生针对实际物理展开研究,提高物理学术思维及理论联系实际能力,同时培养学生团队协作和表达能力。

4 大学物理及实验教学实践改革成效

4.1 “四层次”课程体系模式,发挥“示范点”作用

大学物理及实验两门课程均为省级一流课程,获校级教学成果特等奖1项,二等奖2项,三等奖1项,自编教材5部。展开的四层次课程体系,辐射至全校工科学生,年均各1000人左右。

从2018年开始在学期初和学期末分别对学生进行学情调查,分析学生在学习兴趣、学习能力等方面的变化,从调查结果看,学生慢慢从中学机械“刷题”迁移到重知识的应用,能力导向显现。

近些年督导和学生对团队教师评价均为优秀,学生在评价中写道:“大学物理课堂让我对学习产生了极大的兴趣,提高了我们的动手能力”,“通过学习我掌握了科学的学习方法,为后续专业课也奠定了基础”。

自2020年起首先在学院实施了过程教学试点,在成绩方面也达到了“优秀学生提高能力,后进学生提高成绩”的成效。

4.2 竞赛育人卓有成效,发挥“引领者”作用

学生创新能力初见成效。近三年来共有115名学生参加各级A类学科竞赛获奖共23项,其中在全国大学生物理实验竞赛共获得一等奖1项、二等奖5项、三等奖5项,优秀奖3项,“挑战杯”陕西省大学生课外学术科技作品一等奖1项,二等奖1项,获奖数量在陕西省同类院校中排名第一。

4.3 团队引领,发挥“人才库”作用

近三年获陕西高校青年创新团队1项,1人获全国高校物理授课比赛三等奖,3人获西北复赛一、二等奖,6人获陕西省赛区一、二、三等奖,获奖数量在陕西同类院校中领先。校级以上教改项目17项,发表教改论文30余篇,其中有5篇在《物理与工程》上发表^[5,9-11]。

5 结语

以“四维”能力导向新理念构建大学物理及实验教学体系,形成了可持续发展的新的教学格局,在此理念指引下,在教学体系、教学内容、教学方法、教学手段以及考核体系方面进行了探索与实践,针对学生物理基础参差不齐的现实以及不同专业对物理知识的不同要求,分层次修订教学大纲,调整教学内容,以项目驱动、问题导向等探究式学习模式,注重加深学生对基础知识的理解和拓展,将开放实验、学科竞赛有机衔接,构建完善的实践环节,实现四个维度的融合——线上与线下融合、课上与课下融合、项目与教学融合、竞赛与教学融合,有效促进学生知识认知、创新思维和实践能力的融合。

经过多年的实践和探索,取得了一定的效果,得到了学院师生的好评。但是,我们也清楚地认识到伴随着数字化、智能化时代的到来,高等教育数字化发展是高等教育高质量发展的必然要求,也对应用型人才自主培养模式提出了新的要求,为此我们将在实践教学当中不断地摸索和完善,以求达到更好的效果。

参 考 文 献

- [1] 聂琴,杨迪,王衍. 面向应用型人才培养的大学物理一流课程建设探索与实践[J]. 大学物理实验, 2023, 36(3): 127-133.
NIE Q, YANG D, WANG H. Exploration and Practice on Construction of College Physics First-Class Curriculum for Applied Talents[J]. Physical experiment of College, 2023, 36(3): 127-133. (in Chinese)
- [2] 张毅. 燃气: 中国实现“双碳目标的主力军”[EB/OL]. (2021-10-28) [2024-02-29]. [http://www. Shushizhineng. cn/news/show. php? itemid=50082](http://www.Shushizhineng.cn/news/show.php? itemid=50082).
- [3] 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 interdisciplinary innovative undergraduate talents[J]. Research and Exploration In Laboratory, 2022, 41(8): 236-241. (in Chinese)
- [4] 韩强. 应用型人才培养模式下大学物理教学改革策略[J]. 黑龙江科学, 2022, 13(9): 87-89.
HAN Q. Teaching Reform Strategies of College Physics Under Applied Talent Training Mode[J]. Heilongjiang Science, 2022, 13(9): 87-89. (in Chinese)
- [5] 韩星星,竹有章,焦春红,等. “一体两课三合作”的应用型本科大学物理过程教学改革与实践[J]. 物理与工程, 2022, 32(1): 103-108.
HAN X X, ZHU Y Z, JIAO C H, et al. Teaching reform and practice of “one system, two courses and three cooperation” in physical process of applied undergraduate universities[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(1): 103-108. (in Chinese)
- [6] 王亚伟,乐永康,钱飒飒,等. 大学物理、大学物理实验两门课程现状调查报告及总结[J]. 物理与工程, 2016, 26(4): 45-54+57.
WANG Y W, LE Y K, QIAN S S, et al. Investigation report and summary on present situation of college physics and college physics experiment courses in China[J]. Physics and Engineering, 2016, 26(4): 45-54+57. (in Chinese)
- [7] 李宏,谷建生,莫文玲. 结合专业特色的大学物理课程教学改革探索[J]. 物理与工程, 2014, 24(3): 48-50.
LI H, GU J S, MO W L. Exploration on the teaching reform of university physics course combined with professional features[J]. Physics and Engineering, 2014, 24(3): 48-50. (in Chinese)
- [8] 王桂英,毛强,彭振生. 大学物理课程按专业分层次教学的研究与实践——以宿州学院为例[J]. 淮南师范学院学报, 2011, 13(5): 101-103.
WANG G Y, MAO Q, PENG Z S. Research and practice of college physics teaching at different professional requirements[J]. Journal of Huainan Normal University, 2011, 13(5): 101-103. (in Chinese)
- [9] 赵丽华,牛海波,王小克,等. 对分课堂在应用型院校基础物理实验中的探索与实践[J]. 物理与工程, 2021, 31(3): 59-66.
ZHAO L H, NIU H B, WANG X K, et al. Exploration and practice of pad class in basic physical experiment in applied universities[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(3): 59-66. (in Chinese)
- [10] 竹有章,韩星星,牛海波,等. 应用型院校大学物理课程线上教学探索与实践[J]. 物理与工程, 2020, 30(6): 175-180.
ZHU Y Z, HAN X X, NIU H B, et al. Exploration and practice of college physics online teaching in application oriented universities[J]. Physics and Engineering, 2020, 30(6): 175-180. (in Chinese)
- [11] 刘会玲,王小克,牛海波,等. Matlab 在绘制两相互垂直斜锯齿振动与简谐振动合成运动轨迹图形中的应用[J]. 物理与工程, 2019, 19(1): 110-115.
LIU H L, WANG X K, NIU H B, et al. Application of Matlab in drawing resultant motion trajectory two vertical of oblique tooth[J]. Physics and Engineering, 2019, 19(1): 110-115. (in Chinese)