

基于新工科理念的物理实验教学 资源建设新途径的探索

吴小平, 朱晖文, 李超荣, 刘爱萍, 陈瑞品, 李小云
(浙江理工大学 理学院 浙江省物理实验教学示范中心, 杭州 310018)

摘 要: 根据新工科高素质人才批判性、跨学科、人文情怀等综合创新能力的培养要求, 探索将中华优秀传统文化元素、诺贝尔物理学奖系列事件、最新科研成果、产学研合作协同育人项目、现代信息技术等融入物理实验教学, 开辟教学资源建设新路径, 创建了“文化引领、自主学习、实践创新”的开放式教学体系和“三维现实+时间”的四维空间物理实验学习模式, 实现了“价值塑造、知识传授和能力培养”的有机统一。

关键词: 物理实验; 教学资源; 新经济; 建设途径

中图分类号: G 64; O 4 **文献标志码:** A

文章编号: 1006-7167(2021)04-0155-04



Exploration on the Way of Physical Experiment Teaching Resource Construction Based on the New Engineering Concept

WU Xiaoping, ZHU Huiwen, LI Chaorong, LIU Aiping, CHEN Ruipin, LI Xiaoyun
(Zhejiang Physical Experiment Teaching Demonstration Center, School of Science,
Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: According to the training requirements of high-quality talents under the new engineering background, that include critical and interdisciplinary spirit, humanistic feelings, and other comprehensive innovation capabilities, this paper explores a new path of teaching resource construction that integrates Chinese excellent traditional cultural elements, the Nobel Prize in physics series of events, the latest scientific research results, industry-university cooperative education projects, and modern information technology into physics experiment teaching, creates an open teaching system of "cultural guidance, independent learning, practical innovation" and a four-dimensional space physics experimental learning model of "3D reality + time", realizes the organic unity of "value shaping, knowledge transfer and ability training".

Key words: physics experiment; teaching resources; new economy; construction approach

收稿日期: 2020-06-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(11874323/51572242); 教育部高等教育司产学研合作协同育人项目(201702064066); 浙江省新形态教材建设项目(浙高教学会(2019)1号); 浙江理工大学优质课程建设项目(YZKC1801); 浙江理工大学育人示范课程建设项目(YRKC0902); 浙江理工大学课程改革项目(QYKC1607)

作者简介: 吴小平(1985-), 男, 江西九江人, 硕士, 实验师, 从事物理实验教学与研究工作。

Tel.: 18358155805; E-mail: wuxiaoping7802164@163.com

通信作者: 李小云(1966-), 女, 浙江永康人, 本科, 正高级实验师, 中心主任, 长期从事物理实验教学与研究工作。

Tel.: 057186843227; E-mail: lixiaoyun190@126.com

0 引言

新技术、新业态、新模式等新经济的发展对各类人才的基本科学素养、创新迁移能力等都提出了新的更高的要求。为了落实新时期人才培养, 引领我国高等教育改革、推动我国迈向高等教育强国, 教育部推出了以立德树人引领, 以应对变化、塑造未来为建设理念, 以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径, 以培养未来多元化、创新型卓越人才为主要目标的

新工科等建设的重要战略举措^[1-2],并于近期颁布了《教育部办公厅关于启动部分领域教学资源建设工作的通知》(教高厅函〔2020〕4号),决定启动部分领域教学资源建设工作,探索基于新工科理念的教学资源建设新路径,推动高等教育“质量革命”^[3]。我校理学院物理实验中心在推进“新工科”建设过程中,就如何进行新工科人才培养以及与之相匹配的物理实验教学资源建设上进行了一系列的探索,并取得了一些成效。

1 “新工科”人才培养的基本内涵与人才培养现状

《国家教育事业发展规划“十三五”规划》指出:要培养学生具有独立而有批判性思维和能够适应不断变化环境的能力^[4];中国工程教育专业认证协会在工程教育认证标准中对本科生毕业要求更突出地体现在利用科学原理解决问题的能力要求^[5];《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》也指出:未来新兴产业和新经济需要高素质复合型人才,他们不仅在某一学科专业上学业精深,而且还应具有学科交叉融合的特征^[6-7]。因此,创新能力成为新工科人才培养的核心指向,批判性、综合性、跨学科、人文情怀等已成为现代高素质创新人才培养的基本内涵^[8-13]。然而,在目前的创新人才培养中存在着批判性、创造性思维培养不足,人文、理学等基础知识学习不厚实,与新工科人才培养相匹配教学资源不足等问题。

物理实验是现代科学发展的先驱和创新的源泉,物理实验教学可以激发学生创新天性,引导学生掌握创新工具(方法论、方法、技术),形成创新习惯,物理实验在培养学生与科学发展相适应的综合能力中有着无可替代的作用。因此,探索新工科理念下物理实验教学资源建设途径和人才培养新模式,解决创新人才培养过程中由于物理基础知识学习不深厚,而严重影响新工科人才的创新能力与水平的问题是非常有必要的^[12,14]。

2 物理实验教学资源建设新途径

2.1 中学为体,用中华智慧创建新工科理念的物理实验教学新体系

继承和弘扬中华优秀教育思想,用中华智慧创新新工科人才培养新体系。所谓的学习,《辞源》说:“学”乃“仿效”也,通过观察、模仿、复制、内化来获得知识,“习”乃“复习”也,即以复习巩固来提升个体的能力,以便能够适应现实的自然环境和社会环境。《论语》中“学而时习之,不亦说乎?”朱熹在《四书集注》中的见解是:学而又时时习之,则所学者熟,而中心喜说,其进自不能已矣。《礼记大学》中有云:物格而后知至,知至而后意诚,意诚而后心正,心正而后

身修。

中学为体,依据以上的中华智慧,创建“文化引领、自主学习、实践创新”的物理实验教学体系。设计开放式的物理实验教学模式,即更加注重实验的开放性而非验证性。如增加无形的力、空中成像、穿墙而过、液晶玻璃、会导电的布、意念弯勺、太阳能发电等趣味性、探索性和启发性的物理实验项目^[15-16];学习拓展系列经典的、具有里程碑作用的物理实验,形成一批综合性、设计性、创新性的实验项目,如光电效应、激光原理等实验;引导学生改进实验方法、自制实验仪器,如:分光计可视化调节支架及设备^[17-18]、一种原子力显微镜模拟实验装置^[19]、一种热电压电装置控制系统^[20]、利用PSD器件的固体线膨胀系数测量实验装置等。营造独立思考、自由探索、勇于创新的学习环境,倡导一种启发式、讨论式、参与式、探究式的学→习→创新教学模式,实现学思结合、知行统一。

这部分趣味性、探索型的物理实验内容还很好地满足了人文、社科类学生和青少年对自然科学学习的需求。为普及科学知识、促进学生学以致用服务社会,学院依托物理实验教学示范中心成立青少年科普教育基地,并于2018年获浙江省科普教育基地称号。近年来,科普基地年均服务近万人,让科学知识与科学精神在青少年心中扎根,激发他们的创新创造能力,为提高全民科学素养贡献智慧和力量。

2.2 西学为用,挖掘系列诺贝尔物理学奖实验中蕴含的隐性教学资源

诺贝尔物理学奖系列事件是一座丰富的知识宝库,是学生学习物理实验不可或缺的内容。诺贝尔物理学奖系列实验中除了具有巧妙的方法和精湛的实验技术外,科学巨匠们身上具备的坚韧研究品质、敢于质疑权威的创新思维和探索真理的执著精神更是学生学习物理实验不可或缺的内容。因此,在物理实验教学中,通过诠释迈克尔逊干涉、拉曼效应、光电效应、霍尔效应、塞曼效应、扫描隧道显微镜、原子光谱、居里温度测量、X射线衍射等这些具有里程碑作用的诺贝尔物理学奖实验的背景,展示其中物理学家的人文情怀、科学思想和实验方法以及实验中呈现的美学特征,有效促进爱国情怀、社会责任、国际视野的高素质创新创业卓越人才的培养^[19]。例如,美国物理学家迈克尔逊和莫雷为研究“以太”漂移而设计制造出迈克尔逊干涉仪,迈克尔逊干涉实验结果否定了“以太”的存在,被称为物理史上“两朵乌云”之一。通过诠释迈克尔逊干涉实验的背景,培养大学生的批判、创新精神。通过光电效应实验、居里温度测量等实验,引导学生查阅背景资料以及课外阅读爱因斯坦的《我的人生观》《居里夫人传》等资料,培养大学生探索未知、追求真理的科学精神,树立奉献社会的人生观,倡导爱国、敬

业、诚信、友善的人文情怀。通过霍尔效应实验,介绍美籍华裔崔琦以及清华大学薛其坤院士及其团队在量子霍尔效应的最新成就,培养学生探索未知、勇攀科学高峰的责任感和使命感以及家国情怀。隐性资源在教学中的应用可以贯穿于课前预习、课堂汇报、实验报告以及期末考试中。也可以把这些背景资料整理成文本,录制成音频、视频,以音频、视频二维码等形式落实于教材里。挖掘并利用实验中蕴含的隐性教学资源,不仅可以增加学生的学习兴趣,更重要的是让学生感受科学发展中蕴藏的人文精神,从而促进新工科人才批判性、创新性、人文情怀的养成,在教学中进行立德树人的引领。

2.3 因势而新 把最新研究成果及时融入实验教学

因时而进、因势而新,依托我校物理系浙江省光场调控技术重点实验室、浙江省凝聚态物理重点学科、浙江省一流学科(A类材料科学与工程方向)、浙江省新兴特色专业(光电材料与器件方向)建设、浙江省“双万计划”一流专业(应用物理学),紧密结合浙江省新材料、新能源、高端制造、信息处理等九大新兴产业战略布局和特色小镇建设规划对人才培养的需要,对系列诺贝尔物理学奖实验在内容上由浅入深、在环节上由理论到应用拓展,落实“文化引领、自主学习、实践创新”的学习体系,开展“回顾历史,触摸现在,预见未来”的教学模式,学习范例见表1。

表1 “文化引领、自主学习、实践创新”的学习模式(范例)

诺贝尔奖事件(学:回顾历史)	课堂实验(习:触摸现在)	因势而新(创新:预见未来)
1921年,爱因斯坦 光电效应定律的发现	光电效应实验	薄膜光电器件结构分析; 薄膜太阳能电池材料表征及测试
1986年,鲁斯卡、宾尼希、罗雷尔, 发明电子显微镜与扫描隧道显微镜	扫描隧道显微镜	扫描电镜微观结构及表面成分分析; 原子力显微镜实验应用
1905年,伦纳德·关于阴极射线的研究; 1906年,汤姆逊·电子的发现	汤姆逊实验	静电纺丝实验; 柔性器件设计
1955年,兰姆, 氢光谱的精细结构	氢氘原子光谱实验	光谱技术分析实验; 金属/石墨烯自组装结构的表面增强拉曼特性及环境污染物测定
1971年,伽博, 全息术的发明	全息成像实验	增强现实全息实验; 全息透镜的制作
1964年,巴索夫等, 发明了产生激光光束的振荡器和放大器	激光原理实验	矢量光场的产生与测试; 脉冲激光沉积 LSCO 超导薄膜

特别是结合我校以纺织为特色的浙江省重点建设大学的特点,根据纺织工程学科的特点及发展趋势,针对智能服装、可穿戴设备的发展要求,自主研发柔性器件、静电纺丝、光谱技术分析等新实验。校企合作,开发薄膜太阳能电池材料表征及测试、薄膜光电器件结构分析、矢量光场的产生与测试、增强现实全息实验、扫描电镜微观结构及表面成分分析、虚实结合的传感器原理及应用等实验;开展高可靠多路输出电源的研究、基于蓝牙通信的物联网智能表的设计、基于无磁检测技术的智能表研究等创新性研究。为将这些教学成果固化,新编出版《光电材料与器件综合实验》《近代物理应用实验》等教材,新增近代物理应用实验、材料表征技术实验等课程。到目前为止,全校每年有近700多名学生修学近代物理应用实验这门课程,有效推进了物理实验技术在工程实践中的应用,提高了新工科人才跨学科、综合性等创新能力,对产业经济的转型与持续发展起到有效的支撑作用^[17]。

2.4 运用新技术创新物理实验教学新模式

推进现代信息技术与物理实验教学的融合。一方

面,将传统教学中缺少的物理人文文化录成音频,将实验内容与步骤以及学生学习成果拍成视频,将视频与音频以二维码的形式印于教材,作为预习内容,支持学生建构式学习与创新能力培养。另一方面,把互联网新技术和基于人工智能概念的传感器技术引用到实验教学中来,实现实验远程共享操作功能。比如,利用蓝牙技术、无线传感器和 Sparkvue 软件,实现用手机进行光电效应实验、弗兰克-赫兹实验、霍尔效应、理想真空二极管综合实验、PN 结特性和玻尔兹曼常数测量等实验数据测量与分析;利用软件接口共享功能,实现电脑、平板、手机等设备在同一个局域网或不在同一个局域网内共享,这样学生在家也可以在自己的电脑、平板或者手机上看到老师做实验和实验数据采集过程;同时老师设置放权功能,学生在自己软件页面也能控制实验数据的采集,从而实现实验远程共享操作功能。现代信息技术与实验教学项目深度融合,有效拓展了物理实验教学内容广度和深度、延伸实验教学时间和空间,为创新人才培养提供了超越时空限制的知识获取途径,可以有效解决与新工科人才培养相匹配的实

验教学资源 and 实验实践平台短缺的问题。

3 实践效果

基于新工科理念,探索了将中华优秀传统文化元素、诺贝尔物理学奖系列事件、科研成果及时转化、产学研合作协同育人项目、现代信息技术融入物理实验教学的物理实验优质教学资源有效建设的新途径,推进了“文化引领、自主学习、实践创新”物理实验教学体系的构建和物理实验学习模式的创新。学生通过课前预习,回顾历史,了解科学知识、实验技术、实验方法产生的历史背景,感受其中人性光辉,培养学生具有独立思考而有批判性思维和能够适应不断变化环境的能力;通过课堂实验,触摸现在,掌握科学知识、实验技术、实验方法;通过课后探索,对所学知识的进行创新实践,预见未来。这种“三维现实+时间”的四维立体物理实验学习模式帮助学生确立正确的世界观和科学思想,启发学生的创新思维与创新意识,提高了学生学习物理的有效性,从而解决了由于物理基础学习不厚实,严重影响创新人才创新能力与水平的问题。物理实验教学育人效果显著,以我校应用物理学专业学生培养为例,3年来,本科生获大学生“挑战杯”“互联网+”创新创业大赛等省赛二等奖及以上17项;学生发表SCI、EI收录论文10余篇,获国家专利20项,国家大学生创新创业训练计划项目12项,新苗项目28项。升学率屡创新高,2017~2019年的升学率分别为33%,50%和51%。“文化引领、自主学习、实践创新的物理实验教学体系的构建与实践”获2016年浙江省教学成果二等奖,“近代物理技术助力现代纺织创新人才培养的探索与实践”获2019年中国纺织工业联合会教学成果三等奖。

4 结 语

面对新技术、新业态、新模式、新产业等新经济的发展,基于新工科人才培养的要求与“中学为体,西学为用,因时而进、因势而新”的理念,有效建设了物理实验优质教学资源库,优化教育教学条件,推进了物理实验教学方法改革,在资源建设中培养教师队伍,激发文化传承,树立文化自信,推动物理实验教学从以“教”为中心向以“学、习”为中心转变,实现了“价值塑

造、知识传授和能力培养”的有机统一。

参考文献(References):

- [1] 成洪波. 地方理工类高校新工科建设: 价值审视与实施路径[J]. 高等工程教育研究, 2019(4): 26-32.
- [2] 周珂, 赵志毅, 李虹. “学科交叉、产教融合”工程能力培养模式探索[J]. 高等工程教育研究, 2019(3): 33-39.
- [3] 教育部办公厅关于启动部分领域教学资源建设工作的通知[EB/OL]. 2020. <http://www.moe.gov.cn>.
- [4] 国务院印发《国家教育事业发展规划“十三五”规划》[EB/OL]. 2017. <http://www.mohrss.gov.cn>.
- [5] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证通用标准解读及使用指南(试行)[EB/OL]. 2020. <http://www.ceeaa.org.cn/>.
- [6] 教育部高教司. 关于开展新工科研究与实践的通知[EB/OL]. 2017. <http://www.moe.gov.cn>.
- [7] 教育部高教司. 新工科建设复旦共识[EB/OL]. 2017. <http://www.moe.edu.cn>.
- [8] 孙存英, 王宇兴, 王锦辉, 等. 大学物理实验课堂教学探索[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(8): 189-191.
- [9] 林健. 新工科人才培养质量通用标准研制[J]. 高等工程教育研究, 2020(3): 5-16.
- [10] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
- [11] 鲍德松, 王业伍, 郑波. 探究性物理实验教学平台建设的探索[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(9): 252-255.
- [12] 刘进, 吕文晶. 人工智能创新与中国高等教育应对(上)[J]. 高等工程教育研究, 2019(1): 52-61.
- [13] 袁吉仁, 韩道福, 邓新华, 等. 国家级物理实验教学示范中心教学方法改革实践与探索[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(10): 135-138.
- [14] 樊英杰. “新工科”背景下物理演示与探索实验的自主开发与创新研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(5): 200-202.
- [15] 李小云, 董文钧, 崔灿, 等. 利用新材料的制备与特性测试方法构建创新型物理实验教学体系[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(3): 150-153.
- [16] 程琳, 李小云, 吴小平, 等. 大学物理实验教学的困局与破冰——“演示派”与“穷折腾”[J]. 大学物理实验, 2019(4): 124-127.
- [17] 吴小平, 张丽滢, 金立, 等. 分光计可视化支架及设备, 中国, 201711373353.6[P]. 2020.
- [18] 吴小平, 苗青, 程琳, 等. 分光计可视化调节支架及设备, 中国, 201711373023.7[P]. 2020.
- [19] 李小云, 朱晖文, 章海军. 虚实一体的原子力显微镜实验系统[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(8): 70-74.
- [20] 吴小平, 王顺利, 李小云, 等. 一种热电压电装置控制系统, 中国, 201710445872.2[P]. 2019.

• 名人名言 •

只要你有一件合理的事去做,你的生活就会显得特别美好。

——爱因斯坦