

浅谈多维度融创链式人才培养模式探索与实践

——基于物理实验(下)课程的创新教学改革研究

高娜 张纯淼 吴雅苹 吴志明

(厦门大学物理学系,福建省半导体材料及应用重点实验室,福建 厦门 361005)

摘要 在国家创新驱动发展战略与高校“双一流”建设背景下,培养全方位的拔尖创新人才是高校的一项重要任务。基于对拔尖人才培养的基本要求,课程组对传统实验教学中存在的问题进行思考与分析,针对性地提出了多维度融创链式人才培养模式,在教学方式、教学内容、创新培养模式及评价体系等方面进行融合创新,以达到物理现象中链式反应的提升效果。相关数据表明学生的综合素养,尤其是创新能力得到较好的提升,同时也反映了该创新人才培养模式的有效性和前沿性。

关键词 创新驱动发展;实验教学问题;多维度融创;人才培养

A BRIEF DISCUSSION ON THE EXPLORATION AND PRACTICE OF MULTI-DIMENSIONAL INNOVATION AND INTEGRATION CHAIN-BASED TALENT CULTIVATION MODEL: A STUDY ON INNOVATIVE TEACHING REFORM BASED ON THE COURSE OF PHYSICS EXPERIMENT (PART II)

GAO Na ZHANG Chunmiao WU Yaping WU Zhiming

(Department of Physics, Fujian Key Laboratory of Semiconductor Materials and Applications, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005)

Abstract Under the background of the national innovation-driven development strategy and the “Double First-Class” construction of universities, cultivating all-round top-notch innovative talents is an important task for universities. Based on the basic requirements for the cultivation of top-notch talents, the course team has reflected on and analyzed the problems existing in traditional experimental teaching, and has proposed the Multi-dimensional Innovation and Integration Chain-based Talent Cultivation Model in a targeted manner. This model integrates and innovates in terms of teaching methods, teaching content, innovation cultivation models, and evaluation systems to achieve the enhancement effect of a chain reaction in physical phenomena. The relevant data indicates that the comprehensive quality of students, especially their innovation ability, has been well improved, which also reflects the effectiveness

收稿日期: 2025-02-09

基金项目: 高等学校教学研究项目(DWJZW202223hd);福建省本科高校教育教学改革研究项目(FBJY20240307)。

通信作者: 吴志明, zmwu@xmu.edu.cn。

引文格式: 高娜, 张纯淼, 吴雅苹, 等. 浅谈多维度融创链式人才培养模式探索与实践——基于物理实验(下)课程的创新教学改革研究[J]. 物理与工程, 2025, 35(4): 99-103.

Cite this article: GAO N, ZHANG C M, WU Y P, et al. A brief discussion on the exploration and practice of multi-dimensional innovation and integration chain-based talent cultivation model: A study on innovative teaching reform based on the course of physics experiment (Part II)[J]. Physics and Engineering, 2025, 35(4): 99-103. (in Chinese)

and cutting-edge nature of this innovative talent cultivation model.

Key words innovation-driven development; pain points in experimental teaching; multi-dimensional integration and innovation; talent cultivation

创新是发展的动力源泉。《国家教育事业发展规划“十三五”规划》和《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》明确指出:“为了适应国家和社会发展的需要,需要显著提高创新型、复合型、应用型和技术技能型人才培养比例,增强各类人才服务国家和区域经济社会发展、参与国际竞争的能力”^①。培养创新人才既是当前社会发展的主基调和主旋律,又是新形势下国家提升全球竞争力的根本保证。高校作为教育、科技、人才的融合高地,必将为推动和实现创新型人才的培养进程发挥举足轻重的作用。

物理学是研究物质运动最一般规律和物质基本结构的学科,不断向物质世界的深度和广度延伸,是其他自然科学和工程技术的基础和发源地^[1]。同时,物理学是一门以实验为本的科学,科学理论来源于实验,无论是物理规律的发现,还是物理理论的验证,都要依靠实验^[2]。因此,理工科学生学好物理实验,获得进行科学实验的技能和思维方法,是培养与科学技术发展相适应的综合能力和创新能力的重要前提。

然而,由于传统应试教育的教学模式与创新型人才培养的需求严重不匹配^[3,4],当前大多数高校的物理实验课程并未达到预期效果,特别是在学生科学素质、科学思维及创新能力的培养方面,仍有较大的提升空间。课程组基于多年来的实践教学经验,以物理实验(下)课程为切入点,提出了“多维度融创链式人才培养模式”,旨在解决传统物理实验教学中存在的问题。通过在培养目标、教学要求、教学内容、教学方式、创新模式及评价体系等方面的融合创新,有效提升了理工科学生的综合素养,并取得了良好的教学效果。

1 传统物理实验教学存在的问题

尽管近年来国内高校在物理实验教学方面取得了不少进展,并在一定程度上加强了对学生实验动手能力的培养,但实验教学仍普遍存在以下问题。

1.1 重结果,轻过程

在长期的物理实验教学过程中,我们发现教师往往重视学生实验报告的撰写、实验操作的规范性以及数据的记录与处理,而对学生在实验过程中的设计与思考能力考察不足,甚至相对忽视。恰恰这一环节是培养学生高阶思维和创新意识的关键。时间一长,许多学生认为实验课仅需按部就班地完成操作,记录数据即可达到实验目的,从而使实验课成为机械式的训练。当实验沦为流程复现,学生主动性和创造力持续下降,实验技能提升陷入瓶颈。追根溯源,传统结果导向的评价体系是主要诱因。为此,有必要构建包含过程性评价的新型考核机制,通过设计思维评估、创新方案加分等维度,激发学生的探究式学习,促进知识迁移应用。

1.2 重表象,轻内在

现代实验仪器趋于集成化、智能化和模块化的“黑箱式”封装设计,大多采用全封闭外壳,导致学生对其内部构造和工作原理了解有限。这种设计虽然提高了操作便捷性,却切断了学生与仪器内部的直接联系,削弱了“现象-原理”的重要认知链条。其次,虚拟仿真实验的普及为实验教学提供丰富资源,但也容易使学生依赖“可视化”操作,忽视仪器的真实内在。第三,部分教师自身存在“技术黑箱”,尤其是面对集成化仪器时,无法完整讲解设备工作原理,转而采用程序化操作教学,进一步削弱了学生的学习兴趣 and 探索热情。此外,学生在设计实验时往往遵循“教科书式”方案,缺乏创新性,习惯于观察现象,却缺乏探究背后原理的动力。长此以往,学生的自主深度学习意识逐步淡薄,实践创新能力不足,难以满足当前“两性一度”和“四新”建设的要求。我们认为,在实验过程中引导学生挖掘仪器原理和本质,通过深入理解仪器的光路、电路等内部构造,有助于激发学生的好奇心和求知欲,增强理论联系实际的知

① 教育部关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见。(2019-09-29). http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191011_402759.html.

识迁移能力,并拓展其深度学习和自主创新能力。

此外,传统实验教学模式过于统一、强调“共性”发展^[5],尽管当前一些高校开设了如物理创新实验、物理综合设计性实验、物理演示性实验等多种类型的实验课程,但其教学效果及适应当前教育形势的最佳选择仍需进一步的探索。

2 多维度融创链式人才培养模式的内涵

课程组提出了多维度融创链式人才培养模式,从目标、内容、方法和评价等多个维度出发,通过系统整合教学目标、教学内容、教学方法及评价标准,构建前后衔接、环环相扣的培养链条,实现学生从基础到创新的全程贯通式成长。我们打破传统模式,课程设计按知识难度分层推进;强调动手实践与创新,引导学生自主探索“黑箱”内部;同时改革考核方式,注重考察学生在实验中展现的创新思维;通过三位一体、参与科研课题等方式,提升学生解决复杂问题的能力,最终实现从知识掌握到创新能力的跨越。课程组具体从以下方面进行了改进。

3 创新思路与实践成效

3.1 阶梯式贯通培养体系构建

课程组结合物理学系学生的培养目标,设计了阶梯式贯通的实验课程教学体系(从基础性实验、提高性实验逐步到研究性实验)。从图1可知,物理实验教学贯穿整个本科培养过程,其中物理实验(下)课程主要面向物理学专业的本科二年级学生开设。二年级本科生正处于承上启下的关键阶段,既要求有实验基础能力的巩固,也要求有

实验创新能力的培养。为使课程满足高阶性、创新性以及挑战度,即符合“两性一度”的课程标准,课程组制定以下教学目标和教学要求,具体如表1所示。

表1 教学目标与教学要求

教学目标	教学要求
(1) 观察实验现象,加深对物理学原理的理解;	(1) 掌握基本理论知识、测量原理以及仪器操作规范;
(2) 解剖实验仪器,使学生掌握原理及使用方法;	(2) 掌握数据记录与处理方法,规范撰写实验报告;
(3) 塑造学生科学思维能力与创新意识。	(3) 培养学生细致观察、深入分析和独立设计实验的能力;
	(4) 培养学生实事求是、科学严谨的实验态度,注重实验的重复性和准确性;
	(5) 培养学生不断探索、勇于创新的科学意识,提高科学素养和创新能力。

物理实验(下)课程的教学目标是培养学生对物理实验现象和理论的深刻理解,使其能够运用这些知识来探索、发现并解决实际问题。掌握基本理论知识、测量原理以及仪器操作规范,规范撰写实验报告是对学生最基本的要求。通过解剖实验仪器,我们着重培养学生观察、分析和设计实验的能力,以及实事求是、科学严谨的实验态度,全面提升学生的科学素养和创新能力。

3.2 分层递进式实验内容设计

物理实验(下)课程主要涵盖力学、热学、光学与电磁学等多领域内容,具有覆盖面广、实践性强的特点。课程组基于学生认知规律与发展需求,设计了“基础→进阶→探究→自选”四梯度实验模块(图2),通过分层递进的设计实现差异化培养。其中,基础实验模块强化物理原理认知与操作规

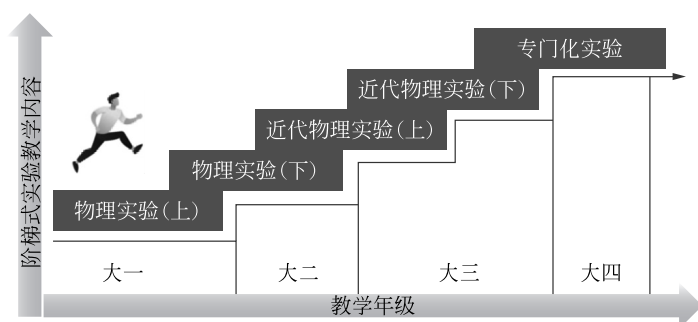


图1 阶梯式实验课程教学体系

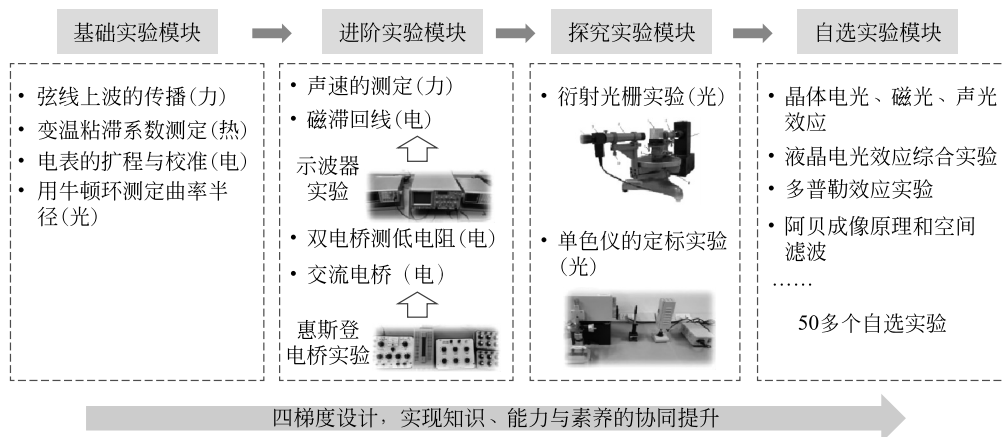


图2 四梯度实验模块设计

范;进阶实验模块深化理论与实际的关联性分析;探究实验模块侧重复杂问题解决与高阶思维训练;自选实验模块则支持个性化探索。四模块的有机融合兼顾了不同能力水平学生的需求,实现知识、能力与素养的协同提升。

课程组同步推进实验教材建设,2011至2021年间完成4版修订,增设引力波探测、量子加密通信等前沿性实验,新增50余项自选实验(涵盖晶体电光/磁光/声光效应等主题),并开发40余项虚拟仿真实验(如Ⅱ-VI族半导体外延及探测器制备)。目前,虚拟实验平台累计使用量已逾万次,有效拓展了教学时空边界。

3.3 三阶段联动实验教学体系重构

为解决考核评价过于侧重结果的问题,课程组构建了实验前、中、后三阶段联动的教学体系,引导学生全程参与实验学习。实验前,学生通过预习资源、多媒体平台等线上途径自主学习,明确实验目的与原理,梳理实验步骤和注意事项,并带着问题进入课堂。实验中,采用线上线下融合、虚实结合的混合式教学模式^[6],以学生为主体开展教学;通过启发式引导,鼓励学生自主设计实验方案;依托信息技术强化师生互动,规范实验操作与数据记录流程。实验后,要求学生基于数据独立分析结果、提炼结论(而非机械照搬教材表述),同时通过线上测验巩固知识并完成教学反馈。此外,教师对学生在各阶段的表现进行动态跟踪与综合评价,避免仅依赖实验报告和期末考核的结果性评价。

3.4 全流程启发性教学模式创新

课程组以“归纳旧知、提示新课”为教学主线,

通过案例引导与思维启发强化师生互动。实验环节注重“黑箱”解密:教师结合实物拆解演示仪器内部构造(如光路、电路设计与搭建),帮助学生从本质上理解实验原理。以“单色仪的定标”实验为例,传统教学中学生仅通过外部光路调节和观测光谱,而仪器内部光栅分光过程处于黑箱状态。改革后,教师将单色仪拆解展示,引导学生观察光栅偏转角度与分光波长的关联,从而直观理解光栅分光原理。类似方法已拓展至《衍射光栅实验》《双电桥测低电阻》等涉及黑箱的实验教学,显著提升学生的原理认知深度。

此外,课程组还将课程思政与学科特色深度融合^[7]。通过引入前沿科技、关乎国之重器和国计民生的“卡脖子”技术案例,以及我校在相关科学领域的研究突破,激发学生的民族使命感与科研责任感,使其深刻体会物理学科对国家战略发展的支撑作用,实现知识传授与价值引领的协同推进。

3.5 过程导向的评价标准运用

传统评价体系过度依赖实验报告与期末考试成绩,难以全面反映学生的综合能力^[8]。为此,课程组提出了“五位一体”全过程评价体系:通过实验预习、实验过程、实验报告、创新性实验、期末考试的动态评估,实现教学全周期覆盖。秉持以学生为中心的理念,既能实时追踪学习进展夯实基础,又通过个性化实验环境设计,为创新拔尖人才的培养提供支撑。

3.6 创新实践模式与人才培养

通过“课上教学+课下科技活动”的深度融合,构建了“实验教学-竞赛实践-科研创新”三位

一体的创新实践教学体系。指导本科生参加全国大学生物理学术竞赛和物理实验竞赛等全国性赛事,拓展实验的高度和深度。学生将《声速的测定》实验中的声学原理创新应用于声音定位装置设计,利用声学超构表面对垂直入射声波的选择性透射,将定位精度提高到 0.01m;将《单色仪的定标》实验中的光谱知识拓展至量子能级测量,开发出新型光谱分析方法,相关成果均获全国大学生物理实验竞赛一等奖。近三年,基于课程知识点指导学生获物理类国家级竞赛奖励 30 余项(一等奖 12 项),发表论文 14 篇,申请发明专利及软件著作权 10 余项,充分展现了创新实践体系的成效。

为深化创新实践,课程组推动本科生尽早参与科研训练,将前沿研究融入实验教学。学生自主搭建的“多功能共聚焦光谱光电测试系统”可开展自旋光电性能等测试,其性能指标接近商用设备,获全国教学仪器评比一等奖;开发的“基于气体多方过程的数字化实验仪”为热力学过程测量提供了新思路,获全国大学生物理实验竞赛一等奖。参与科研训练的本科生中,80%以上认为科学思维和解决复杂问题的能力显著提升,超 50% 的学生选择继续深造。跟踪调查显示,参与创新实践的学生在实验设计能力(提升 62%)、数据分析能力(提升 58%)和创新思维水平(提升 71%)等方面均有显著进步。

依托创新模式,部分竞赛项目和实验室开放项目已延伸转化为大创项目、毕业论文或科研课题,形成了“实验教学-竞赛实践-科研创新”的完整培养链条,为培养具有创新意识的拔尖人才打造出一条有效路径。

4 结语

物理实验是提升学生动手技能、科学创新思维和科学研究能力的关键环节。面向国家“双一流”大学建设目标,培养具有物理核心素养的全面创新型人才已成为当前的重要任务。本文针对传统实验教学模式中结果性评价导向、学生对实验装置“黑箱”了解不足等问题,提出多维度融创链式人才培养模式,从培养目标、教学要求、教学内容、教学模式、创新培养模式及评价体系等方面进行了改革创新。通过具体的教学探索与实践,在

教材与课程建设、科创竞赛、拔尖人才培养等方面均取得了显著成效,充分证明了该创新人才培养模式的有效性与前沿性。

参 考 文 献

- [1] 陈佳洱,赵凯华,王殖东. 面向 21 世纪,急待重建我国的工科物理教育[J]. 物理与工程, 1999(5): 1-3.
CHEN J E, ZHAO K H, WANG Z D. Physics education of the engineering course in China towards the 21st century needs prompt reestablishment[J]. Physics and Engineering, 1999(5): 1-3. (in Chinese)
- [2] 陈雪,于冰. “实验”内涵的演变及其教育启示[J]. 物理实验, 2023(9):55-59.
CHEN X, YU B. Connotation evolution of experiment and its educational enlightenment[J]. Physics Experimentation, 2023(9): 55-59. (in Chinese)
- [3] 彭柳婷,陶扬,邢红军. 义务教育阶段物理实验方法研究及其启示[J]. 物理实验, 2024(1):59-63.
PENG L T, TAO Y, XING H J. Research on physics experiment methods in compulsory education and its enlightenment[J]. Physics Experimentation, 2024(1): 59-63. (in Chinese)
- [4] 安宇. 为什么传统的课堂讲授模式需要改变[J]. 物理与工程, 2018(6): 21-23.
AN Y. Why the conventional classroom teaching mode needs to be changed [J]. Physics and Engineering, 2018(6): 21-23. (in Chinese)
- [5] 赵贺伟,李蕊,梁勇,等. 关于实践课程建设的探索与思考[J]. 教育教学论坛, 2020(46): 205-207.
ZHAO H W, LI R, LIANG Y, et al. Exploration and reflection on the construction of practical courses[J]. Education Teaching Forum, 2020(46): 205-207. (in Chinese)
- [6] 乐永康,龚新高,苏卫锋,等. 虚实结合的物理实验教学[J]. 物理实验, 2019(1): 39-43.
LE Y K, GONG X G, SU W F, et al. Physics experiment teaching integrated with virtual-reality technology [J]. Physics Experimentation, 2019(1): 39-43. (in Chinese)
- [7] 穆良柱. 物理课程思政教育的核心是科学认知能力培养[J]. 物理与工程, 2021(2): 9-15.
MU L Z. The key point of cultural education in physics teaching is the training of scientific cognition[J]. Physics and Engineering, 2021(2): 9-15. (in Chinese)
- [8] 张金,姚莹,王鑫,等. “创-探-试-研-拓”五步混合式教学创新实践[J]. 高教学刊, 2021(26): 1-5.
ZHANG J, YAO Y, WANG X, et al. Innovation practice of five-step mixed teaching of “Innovation, Exploration, Interpretation, Research and Extension”[J]. Journal of Higher Education, 2021(26): 1-5. (in Chinese)