

以学启创 以创促学 构建物理学引领多学科融合的创新实践教学模式

唐笑年 段彬 王潇潇

(吉林大学物理学院, 吉林 长春 130022)

摘要 本文以激发学术志趣、提升创新能力及科学素养、提高创新人才培养质量为目标, 构建了物理学引领多学科融合创新实践教学模式。该教学模式下, 多学科学生融合组队, 以物理学专业学生为领队, 历经双创课程的前期理论培训、实训基地动手实操到成果输出, 协同完成创新研究项目。经过创新实践教学模式的全过程锤炼, 学生们意识到学习物理的重要性, 提高了对物理的学习兴趣。创新实践教学模式的实施, 全方位培养了本科生主动、探索、批判、思维、表达、适应环境及自主发展的科学素养, 有效提高其多学科融合能力、创新能力、发现和解决有价值问题及团队协作等综合能力。

关键词 物理学; 多学科融合; 创新实践; 教学模式; 双创课程

LEARNING TO INSPIRE INNOVATION, INNOVATION TO PROMOTE LEARNING: RESEARCH AND EXPLORATION ON INNOVATIVE PRACTICAL TEACHING MODEL OF MULTI-DISCIPLINARY INTEGRATION LED BY PHYSICS

TANG Xiaonian DUAN Bin WANG Xiaoxiao

(College of Physics, Jilin University, Changchun, Jilin 130022)

Abstract Focusing on motivating academic interest, enhancing innovation capabilities, scientific literacy, and improving the quality of innovative talent cultivation, an interdisciplinary integrated innovation practice teaching model led by physics is constructed in this article. Under this new model, undergraduates from various disciplines form a team led by a student majoring in physics, going through the early theoretical training of innovation and entrepreneurship courses, hands-on practice in training bases, to the output of results, and collaboratively complete innovative research projects. Through the whole process of the innovative practice teaching model, students are aware of the importance of learning physics, their interest in learning

收稿日期: 2024-02-02

基金项目: 国家自然科学基金项目: 玻璃衬底上 In 组分氮极性 InGaN 的范德华外延生长研究(62104079), 2022.01-2024.12; 吉林省高等教育学会高教科研课题: 新时代背景下创新研究型大学物理实验一流课程体系的构建研究(JGJX2023D15); 2023 年度吉林大学本科教学改革重点研究项目: 构建大学物理公共选修课程体系的探索与研究(2023XZD036)。

作者简介: 唐笑年, 吉林大学物理学院副教授, tangxn@jlu.edu.cn。

通信作者: 段彬, 吉林大学物理学院高级工程师, duanbin@jlu.edu.cn。

引文格式: 唐笑年, 段彬, 王潇潇. 以学启创 以创促学 构建物理学引领多学科融合的创新实践教学模式[J]. 物理与工程, 2024, 34(5): 69-73, 81.

Cite this article: TANG X N, DUAN B, WANG X X. Learning to inspire innovation, innovation to promote learning: Research and exploration on innovative practical teaching model of multi-disciplinary integration led by physics[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(5): 69-73, 81. (in Chinese)

is stimulated. And at the same time, the scientific literacy of undergraduates is cultivated in an all-round way, including initiative, exploration, critical thinking, expression, environmental adaptation, and independent development. Also, this new practical teaching model effectively improves students' comprehensive abilities such as multi-disciplinary integration ability, innovation ability, the ability to find and solve valuable problems, and the abilities of leadership and teamwork.

Key words physics; multi-disciplinary integration; innovative practice; teaching model; innovation and entrepreneurship courses

过去的十几年里,随着“钱学森之问”的提出,国家越来越重视创新人才的培养。在教育部的的大力推广、扶持下,卓班教育计划相继出台,全国高校的各类“创新班”也如雨后春笋般相继成立^[1-2]。在此期间,人们也越来越意识到“创新人才”与“应试人才”的重要区别,怎样通过创新实践教学激发学生的创新意识、培养创新性思维、提高创新能力才是创新人才培养的重中之重^[3]。但是,目前国内高校创新实践教学依然面临如下几个亟须解决的问题:一是,当前我国科学技术出现瓶颈困难,致使创新发展遇到“卡脖子”的问题,其主要原因之一是由于基础学科创新能力不足^[4]。而基础学科创新能力不足则主要是由基础学科学生缺乏创新实践锻炼,以及其他学科学生忽视基础学科在生产实践中的重要性而导致的。二是,大多数创新实践教学模式存在严格按学科划分的弊端^[5-6],忽视了交叉学科团队协作创新的重要性,导致创新训练面过窄、创新课题缺乏、普及面低等问题。三是,一般的创新实践训练依然是指导教师预设题目、学生参与,忽视了锻炼学生发现问题能力的重要性^[7-8]。解决预设问题与解决自主发现问题并非同等价值的创新能力,它们是创新能力培养的递进关系,能够发现有价值问题的能力才是创新、探索、批判、自主发展的源泉。如何解决以上创新实践教学中的问题,则是我国高校创新人才培养能否到达教学目标的关键所在。

针对以上问题,本文以物理学引领科技创新为主线,依托“大学物理创新实训导论”双创课程,培养和激发多学科学生融合创新意识;通过完成一系列协同创新项目、学科竞赛,使学生体会物理学在实践、生产、创新中起到的重要指导作用,唤醒学生对物理学的学习兴趣;在实践育人过程中,以成果输出为激励,从物理原理出发,通过启发、引导、辅助的教学方法锻炼学生发现问题、解决问题的创新能力,达到“以学启创、以创促学”的创新实践教学目的。

1 构建物理学引领多学科融合创新实践教学模式

吉林大学物理学院面向全校理、工、农、医、信息等学部 75 个专业、7000 余名本科生开设大学物理及大学物理实验课程,基于教师团队长期以来在本科生创新实践方面取得的系列经验和成果,依托物理双一流基础学科的优势,我们构建了以项目为驱动,以物理学引领多学科融合为基础,以成果输出为激励并反哺教学的创新实践教学模式(如图 1 所示)。该模式主要面向已修完大学物理课程的本科学生。教师团队针对全校各学院有序组织宣讲,感兴趣、有余力的优秀本科生自愿报名加入创新实践活动。

1.1 申请并获批“大学物理创新实训导论”双创课程建设

由于创新实践活动的多元化,如开放性创新实验项目、大学生创新创业项目、全国大学生物理实验竞赛、中国大学生物理学术竞赛等,对于不同类别的项目(赛事),指导教师需要分别协调不同专业学生的课余时间,借用教室或实验室对项目进展进行面对面讨论、指导及推进,重复性劳动极大降低师生工作学习效率。为此教师团队于 2020 年 5 月申请并获批了双创课程——大学物理创新实训导论,在走进实验室开展实验之前,我们将所有报名的学生组织在同一课堂中。第一阶段,教师以授课方式为学生们讲解完成项目及赛事的一般流程、规则及相关基础知识,包括论文、专利、创新项目立项申请书的撰写方法等;组织物理学引领科技前沿讲座;对历年优秀或获奖项目开展案例教学,对项目设计背景、实验设计、方案实施及项目优点和不足等进行模块拆解分析,并组织学生讨论,使学生初步了解总体流程及框架。第二阶段,以物理学专业学生为负责人(凸显物理学知识、思想及方法在实践活动中的指导作用)、多学

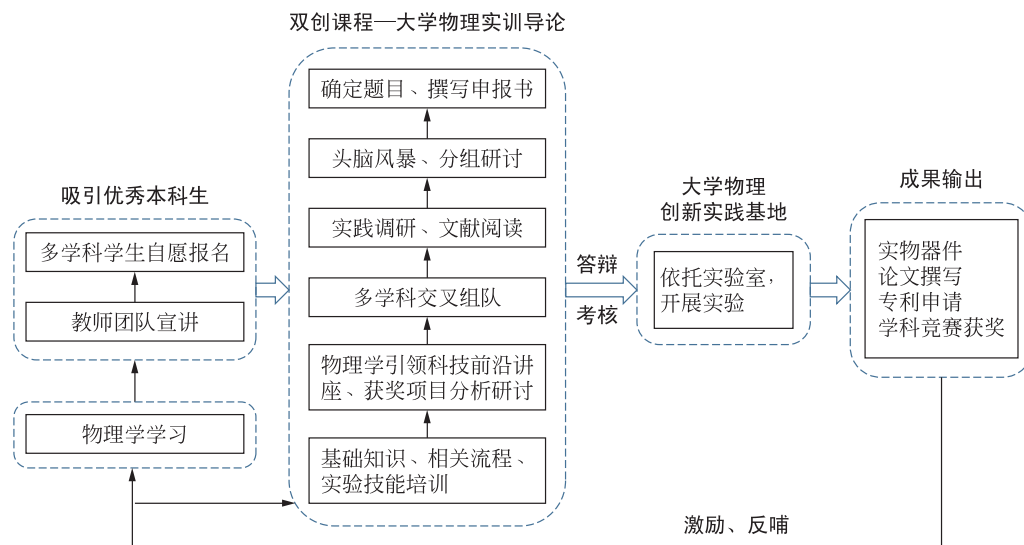


图1 创新实践教学模式整体框架图

科学生自主组队,以团队形式落座,在教师团队引导和辅助下,学生独立完成与项目匹配的实践调研、查阅文献、确定选题、设计方案及分析、解决可能遇到的问题等。学期末,学生撰写立项申报书,通过现场答辩后,进入到实验室开展实验阶段。

大学物理创新实训导论课程经过三个学期的尝试和运行,得到师生的一致认可。双创课程的开展,化零为整,避免了师生的重复性工作、提高了效率;畅所欲言、自由的课堂形式激发了学生的学习兴趣,拓展了学生思维与探索的空间,搭建了友谊的桥梁。

1.2 依托国家级物理实验教学平台,建设大学物理创新实践教学基地

整合优化校院优质教研资源,充分调动师生积极性,经过调研、设计及实施,我们建设了大学物理创新实践教学基地。目前学院已开设8个专用创新实践活动室,面积约500平方米,室内配置实验所需所有基本仪器及实验附件,教师团队根据具体项目情况实时补充或更新仪器及备件。为提高学生学习质量及效果,学院正进一步将其打造成开放的、现代化管理的智能实践教学基地^[9-12],有利于引导和鼓励学生广泛开展自主学习、合作学习和研究性学习。

1.3 以成果输出为激励,唤醒学习物理的原动力、激发学习兴趣、反哺物理教学

学生参与创新实践活动,历经项目申报书撰写、立项答辩、结题答辩等流程最终完成项目,成

果输出包括实物器件展示、专利申请、论文撰写及学科竞赛获奖等形式。在此过程中,学生能够深刻体会到物理学对几乎所有应用学科的实践都是有指导作用的,并理解近代几乎所有科技变革都是由物理学研究突破引发的,进而意识到学习物理的重要性,唤醒学生学习物理的原动力。

若干优秀成果将陈列于演示实验室或课堂中介绍给学生,激发学习兴趣、反哺物理教学。成果输出使学生体会到成就感和自豪感,有些学生会参加下一轮的创新实践活动,或口碑相传给学弟学妹们。近三年来,我校本科生的创新实践活动参与度呈明显上升趋势,不少学生是慕名而来,人数逐年递增,充分体现了“物理学学习—多学科融合—创新实践—成果输出”闭环实践教学模式的培养优势。

2 创新实践教学模式下成果举例

基于以上创新实践教学模式,以学生为主体,课堂上实验室中教师适度启发、引导学生思考、拓展、延伸,学生们相互支撑、相互补充、共同配合,逐步完成全过程创新活动。下面列举一个实例。

在学年开学初,指导教师团队对全校各个专业本科生做校级公选课“大学物理创新实训导论”开课宣讲,介绍课程内容、先期实践成果及教学模式,学生报名选课,学生人数上限暂定为30。课程主要分为两阶段,第一阶段教师授课为主,以讲

课、案例分析、讲座、成果分享等课堂模式使学生了解项目及赛事相关内容;第二阶段学生以组/团队为单位圆桌落座,各团队课堂汇报讨论为主,教师适度参与引导为辅。第一次即首次开课教师拟题为主,第二轮熟悉课程及教学模式后学生拟题为主,教师拟题为辅。其中一个题目出自2018年中国大学生物理学术竞赛(CUPT)关于莫尔条纹形成原理的探究,莫尔条纹是指光栅常数在毫米、微米级的粗光栅成一定角度叠加在一起后,形成的规律性的明暗相间的条纹,这在生活中是十分常见的物理现象,遮阴视觉原理可解释这一现象。指导教师与学生针对题目内容进行深入探讨,当学生学习了光栅知识、查阅文献了解到莫尔条纹现象后,第二阶段课堂中(各团队汇报拟研究内容及初步方案)教师继续组织学生开放性讨论,引导学生思考莫尔条纹成像规律在现实生活中会有哪些应用。仔细观察、分析与讨论后,学生发现莫尔条纹形成的规律性图案与光栅常数有紧密的相关性,那么就可以利用莫尔条纹的成像原理检测毫米及微米级光栅的光栅常数,再进一步,若已知光栅常数,即可测量织物的密度,而织物密度是衡量织物质量与用途的最重要参数,测量织物密度在工业生产中是十分重要的一环。经过多次探讨确定了研究内容及方案,该小组同学完成了大学生创新创业项目立项申报书的撰写,通过答辩考核结束选修课程的学习。

为了验证可行性,学生们进入实验室开展研究。如图2所示,在亚麻布上放置我们自制的粗光栅,的确出现了相当明显、规律的莫尔条纹。利用遮阴原理进行几何推导出

$$\tan\alpha = \frac{a+b}{\frac{q+p}{\sin\theta} - \frac{a+b}{\tan\theta}} \quad (1)$$

我们发现亚麻布的经、纬织物密度仅与粗光栅的

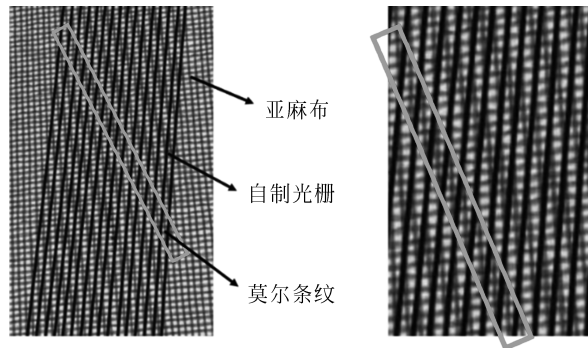


图2 亚麻布莫尔条纹成像图

光栅常数($q+p$)、光栅与亚麻布线的夹角 θ 、莫尔条纹与水平线的夹角 α 有关,只需测量出这几个量就可算出亚麻布的“($a+b$)常数”,进而计算出亚麻布的织物密度,如图3所示。

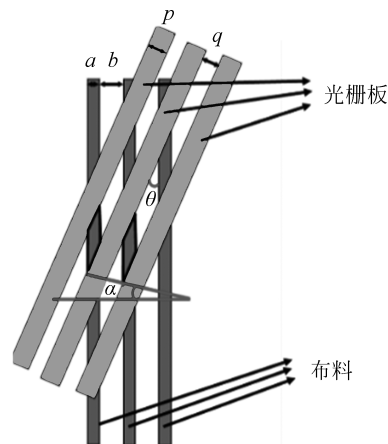


图3 莫尔条纹织物密度测量原理图

为了进一步验证结论的正确性,我们利用显微镜人为数出亚麻布的线根数作为标准值与实验测量值进行比较,结果如表1(经线密度测量表)、表2(纬线密度测量表)。在实验中我们采用不同光栅常数的标准粗光栅进行测量,在选用比较恰当的光栅常数及织物与光栅夹角时,测量结果的

表1 亚麻布经线密度测量数据表

不透光宽度 p/mm	透光宽度 q/mm	$\theta/^\circ$	$\alpha/^\circ$	$a+b/\text{mm}$	60mm内线条的 测量值	60mm内线条的 实际值	相对误差
0.50	1.50	14.036	63.435	1.286	46.656	45	2.7%
0.50	1.50	9.481	71.565	1.350	44.444	45	1.2%
0.50	1.50	4.745	81.003	1.316	45.627	45	4.0%
0.70	1.30	14.036	67.380	1.286	46.656	45	3.7%
0.70	1.30	9.481	72.863	1.316	45.593	45	1.3%
0.70	1.30	4.972	79.612	1.369	43.828	45	2.6%

表 2 亚麻布纬线密度测量数据表

不透光宽度 p/mm	透光宽度 q/mm	$\theta/^\circ$	$\alpha/^\circ$	$a+b/\text{mm}$	60mm 内线条的 测量值	60mm 内线条的 实际值	相对误差
0.50	1.50	14.036	59.739	1.439	41.696	40	4.2%
0.50	1.50	9.481	58.154	1.620	37.037	40	7.4%
0.50	1.50	4.118	77.761	1.506	39.841	40	4.0%
0.70	1.30	14.036	60.823	1.404	42.735	40	6.8%
0.70	1.30	9.926	67.380	1.433	41.870	40	4.7%
0.70	1.30	4.004	80.538	1.412	42.493	40	6.3%

相对误差最小可以控制在 1% 左右,远高于工业生产的测量精度要求。

最后在成果输出方面。该团队成功申请了国家级大学生创新创业项目立项,并获得优秀结题;同时,指导教师将此项目内容在校内申请了开放性创新实验,学生可根据兴趣选修学习;师生依据项目研究结论,撰写了一项发明专利(专利号:201910715525.6)和一项实用新型专利(专利号:ZL201921250075)。

3 实施效果

物理学引领多学科融合创新实践教学模式,从 2020 年实施至今,已有 100 多名学生参与,师生获得国家级、省级竞赛奖项 30 余项;授权实用新型专利 6 项;授权发明专利 4 项;发表教研论文 5 篇。70% 的学生选择读研、读博或继续从事科研深造,并在相关研究部门受到师生的一致好评。未来我们计划依托该创新实践教学模式,建设并壮大指导教师团队,使更多的学生受益。

4 结语

围绕重视基础学科学习、激发学术志趣、提升创新能力及科学素养、提高创新人才培养质量为目标,本文构建了以项目为驱动、以物理学引领多学科融合为基础、以成果输出为激励并反哺教学的创新实践教学模式。多学科优秀本科生以双创课程为入口,历经相关理论培训及课程考核后,进入大学物理创新实践教学基地开展实验,完成成果输出。创新实践教学模式经过近三年的探索与实践,取得了较好的效果;提高本科生学习物理学兴趣的同时,有效激发本科生学术志趣、提升科学

素养、培养融合创新等诸多综合能力。

参 考 文 献

- [1] 孟洲,钟玮,汪洋. 拔尖创新人才培养模式优化研究和思考[J]. 高教学刊,2021,7(31):59-63,68.
MENG Z, ZHONG W, WANG Y. Optimization research and thinking of top-notch innovative talent training mode[J]. Journal of High Education, 2021,7(31):59-63,68. (in Chinese)
- [2] 郁悦,张绍文. 论“强基计划”提升基础学科的逻辑与出路[J]. 教育评论,2021,10:30-35.
YU Y, ZHANG S W. The “Strong Foundation Plan” enhances the logic and way-out of basic disciplines[J]. Education Review, 2021,10:30-35. (in Chinese)
- [3] 权龙哲,张影微,刘立意. 依托“双创”育人的实践型拔尖人才培养模式研究——以东北农业大学机电研究中心为例[J]. 教育教学论坛,2021,39:24-27.
QUAN L Z, ZHANG Y W, LIU L Y. Research on the training mode of practical top talents relying on education of “innovation and entrepreneurship”: Taking electromechanical research center of northeast agricultural university as an example[J]. Education and Teaching Forum, 2021,39: 24-27. (in Chinese)
- [4] 赵伟,王中平,韦先涛,等. 拔尖人才培养背景下开展英才物理实验教学试点的总结和展望[J]. 物理实验,2021,41(9):23-28.
ZHAO W, WANG Z P, WEI X T, et al. Pilot teaching of elite physics experiment under the background of top-notch talent training[J]. Physics Experimentation, 2021, 41(9): 23-28. (in Chinese)
- [5] 廖冬梅,顾昌,石端伟,等. 建设学科交融式的创新实践教学体系[J]. 实验技术与管理,2012,29(8):151-153.
LIAO D M, GU C, SHI D W, et al. Constructing system of innovative practice teaching based on subject blend[J]. Experimental Technology and Management, 2012, 29(8): 151-153. (in Chinese)
- [6] 张颖. 以多学科交叉融合提升科研创新能力[N]. 中国社会科学报,2021-11-10:008.

(下转第 81 页)