

数学物理方法课堂教学创新的一些探索

许震明 王晓辉

(西北大学物理学院, 陕西 西安 710127)

摘要 结合新时代新工科的要求, 针对课程中教师如何教、学生如何学、课程如何评价的普遍性问题, 我们创新数学物理方法课程教学过程, 构建了教、学、评“一体循环”的教学模式。通过实施教师教学形象化、学生学习主动化、考核评价多元化等多项改革措施, 教、学、评三个环节相互促进、有机统一, 显著提升了学生的学业成绩、学习能力和科研素养。

关键词 数学物理方法; 课堂创新; 教研融合; 多元评价

EXPLORATION OF CLASSROOM TEACHING INNOVATION FOR MATHEMATICAL METHODS IN PHYSICS

XU Zhenming WANG Xiaohui

(School of Physics, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127)

Abstract Aim to solve the general teaching issues of how to instruct, how to learn and how to evaluate, in the Mathematical Methods in Physics course teaching. We've built an integrative loop model combining teaching, learning and evaluation. Through diversified approaches, this model enhances teaching with visualization, promotes active learning, and applies multifaceted evaluation. These three aspects are interconnected and mutually reinforcing. In teaching practice, students' academic performance, learning ability, and research literacy have significantly improved.

Key words mathematical methods in physics; classroom innovation; integration of teaching and research; multivariate evaluation

数学物理方法是物理学专业的专业核心课程, 通常在大二第一学期开设。它既是数学课程, 又是物理课程, 是理论力学、电动力学、量子力学、热力学与统计力学等高阶物理课程的基础, 其目的在于建立数学与物理之间的桥梁, 通过将物理实际问题简化, 抽象为具体的数学问题, 重点引导学生迅速掌握这些数学工具并应用于物理问题^[1,2]。

该课程教学内容繁多, 但主线却很明显, 即如何建立和求解数理方程。通过学习, 领悟如何从纷繁复杂的现象中提炼出本质, 如何认识离散和连续、整体和局部等。在教学过程中, 通过适时、适当地引入相关科学史的介绍, 反映追寻科学真理之路的艰难曲折以及科学家的科学精神, 同时注重知识与方法的科学且自然地引入, 启发学生主动

收稿日期: 2024-09-23

基金项目: 西北大学本科人才培养建设项目(课程教学创新项目, 编号: XM05232420; 教学成果培育项目(重点), 编号: JX2024004)。

通信作者: 许震明, zmxu@nwu.edu.cn。

引文格式: 许震明, 王晓辉. 数学物理方法课堂教学创新的一些探索[J]. 物理与工程, 2025, 35(4): 60-64.

Cite this article: XU M, WANG X H. Exploration of classroom teaching innovation for mathematical methods in physics[J]. Physics and Engineering, 2025, 35(4): 60-64. (in Chinese)

思考,培养学生科学素质和创新能力^[1,3,4]。

结合新时代新工科的要求,以及与“金课”的目标看齐,纯理论物理类课程势必也要在教学、评价等方面做出调整与创新,不但要将课程思政适时融入课堂教学,而且要让学生能够自主地去学习课程内容,探索更多课程以外的实践内容^[5,6]。为了实现这一过程,前提是要对目前存在的问题有比较清晰的认识^[3,7,8]。

1 课程教学中面对的主要问题

1) 教学过程的有效性

实变函数过渡到复变函数,涉及空间维数的转变,即由二维空间向四维空间的转变,内容抽象,学生很难直观地建立其图像。同时,课程内容的数学推导繁多,而且较难理解,教学过程中大量冗长的数学推导占用较多教学时间,直接开展“创新化”教学受阻。

2) 学生学习的主动性

数学类课程本身就是物理系学生的“拦路虎”,再加上复变函数自身的抽象性,导致学生容易气馁和失去学习兴趣。同时学习过程中往往会陷于各种数学细节之中,枯燥乏味的数理推导使得学生的学习主动性不高。

3) 学生学习结果评价的多元性

纯理论课程的考核,大多是单一的期末闭卷考试形式,学生自身体验比较少,参与度不高,而且学生之间的相互评价少,不能全面反映学生的综合学习能力。

2 课程教学创新的主要举措

教学有效性、学习主动性和评价多元性是课堂教学过程中普遍存在的挑战。为了在数学物理方法这门课程中有效应对这三大难题,我们进行了一些探索性实践,按照“教学引导学习、学习反馈教学、评价监督教与学”的指引,始终把握“以学生发展为中心”的重要原则,构建了教、学、评“一体循环”的教学模式(如图1所示),形成了教师教学形象化、学生学习主动化、考核评价多元化互为一体、相互促进的良好局面。在几年的实践过程中,学生的学习能力有较大提高,尤其是成绩提高显著,科研素养和创新能力也得到了很好的培养。

3 课程教学的具体措施

根据我们提出的课堂教学思路,以“形象教、主动学、多元评”为指导,对“教、学、评”中遇到的一些难题逐一进行“尝试性”解决,全程适时贯穿课程思政的融合,凸显“以学生发展为中心”的教学理念,围绕“知识、能力、素养”三维度开展课堂教学创新,强化学生树立正确的科学观和世界观,具备一定的科研素养和创新能力,如图2所示。

3.1 形象教: 模块化与层次化教学内容

1) 图解课程教学内容,使之直观化,易于理解

复变函数的难点在于其变量和函数均是二维

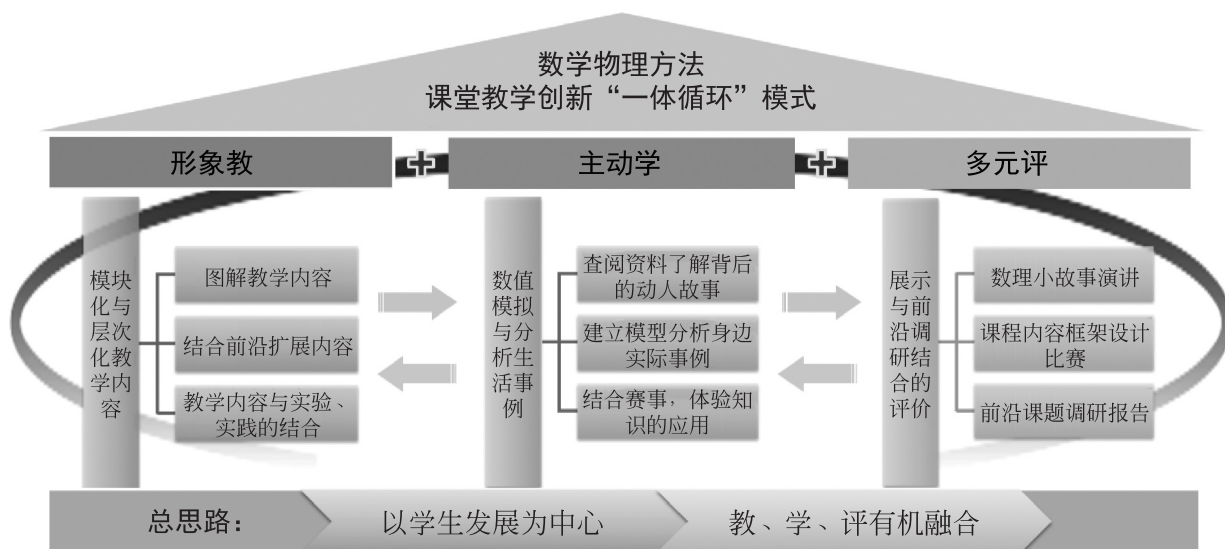


图1 数学物理方法课堂教学创新模式

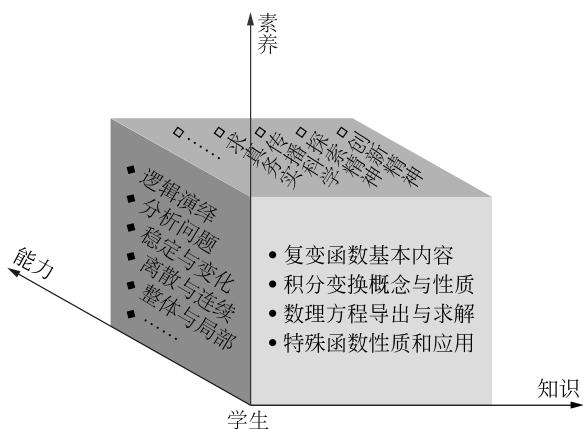


图2 数学物理方法课堂教学三大维度

的,导致整个函数图像是四维的,学生不易理解,教师也难以教学。通过利用计算软件将抽象的函数具象化,变抽象为具体,直观显示具体复变函数的图像,便于教,也便于学。另一方面,复变函数论中会涉及很多的定理和推论,对于物理系学生而言,并不要求掌握定理和推论的严格证明,故而采用形象的图示法,让学生抓住定义定理的本质即可。例如我们在教学柯西积分公式的推导时,直接利用复连通区域柯西积分定理,图示路径连续变形原理,直观获得柯西积分公式,易于学生理解,而更严格的求证过程则供学有余力的同学课后查阅。

2) 结合前沿适当扩展教学内容,使之高度化,激发兴趣

结合最新的科学研究适当扩充教学内容,有助于激发学生的兴趣,同时也对教师自身提出更高的要求,不断了解最新研究动态,及时、适当地补充相应内容,使教学更加现代化和前沿化。例如我们讲到解析函数的零点特性,可以扩充至黎曼猜想,一方面扩展了学生的视野,另一方面该内容又是一个重要的数学前沿课题,学生学的兴趣更浓,导致教的效果愈佳,同时结合华裔著名数学家张益唐先生关于黎曼猜想的重要研究,以科学家的故事感染启迪学生树立正确的科学观和人生观。

3) 教学内容与实验实践结合,使之落地化,增强自信心

课程内容中有很多知识点与实验及生活实例密切相关,通过具体的实验介绍或者实践调研,使学生切实感受到学习这门课程的有效性,理论与

实践结合,使得课程教学落地化。例如分离变量法的内容中会涉及非齐次方程的分离变量,通过周期性非齐次方程的求解,体会到共振背后的数学原理,从而理解共振现象的巨大作用,再结合学生查阅相关资料,深入了解共振的利用与避免,理实结合,增加学生对内容的理解,激发学习自信心。

3.2 主动学: 数值模拟与分析具体事例

1) 查阅相关内容的延展资料,了解背后的动人事迹

数学物理方法课程中一方面涉及很多定义定理,另一方面包含处理数学物理问题的不同方法。这些内容背后都有着很久的发展历程,通过学生查阅相关资料,拓宽了视野,补充了新知识;更重要的则是给学生留下一些持久的记忆,即知识发展的历史或者人物故事,能对学生学习起到积极的效果。例如柯西、魏尔斯特拉斯、黎曼等大数学家的事迹,分离变量法、积分变换法、格林函数法的由来等内容,动手查阅、整理、书写并厘清事实,培养学生主动学习能力。

2) 抽象建模,分析生活中常见现象

本课程是一门方法课程,通过学习,掌握如何处理实际问题的能力,尤其是抽象建模的能力,计算复杂、理论抽象。我们以身边常见的现象为例子进行加工抽象,深度融入 Mathematica、Matlab 等编程工具,通过解析分析、虚拟仿真等新技术来解决难题,最终探究得到其微观机制。例如波动方程的建立,以管弦乐器如何发声为例,通过一步步抽象和简化,最终获得均匀细弦在两端固定发生微小振动时所满足的方程,再通过 Mathematica 模拟所得结果,直观展现管弦乐发声的奥秘,学生学习愉快,同时也有很强的成就感。

3) 以赛促学,结合赛题,应用知识

以大学生物理学术竞赛、实验竞赛等赛事为契机,结合与数学物理相关的比赛题目,通过课程内容的学习,实现或者部分实现对比赛题目的理解和解决,使学生感受到课堂知识学习的应用就在眼前。例如 IYPT 中的欧拉摆,如何建模、如何求解方程,都是与本课程内容有密切关系。以拓展阅读资源为引导,以开放课题为出发点,鼓励学生以团队的形式参加竞赛,以赛促学,以赛促创,综合应用所学知识。

3.3 多元评：多方位多层次综合评价

1) 分组演讲,分享数学物理小故事

课堂是舞台,是教师的舞台,更是学生的舞台。适当放宽学时给学生,分组进行演讲,一方面提供了学生展示自己、锻炼自己的机会,更重要的是通过学生自己查阅与课程相关的资料,整理加工再展示,演讲者会受益很多,而作为同龄人的听众同样收获颇多。数理小故事演讲作为课程考核的中间环节,贯穿课程教学全过程,是完全由学生自主参与的评价过程。演讲结果完全由其他小组成员扫码现场评分,极大调动学生的积极性。

2) 有奖评比,课程内容框架图设计比赛

此环节作为课程评价指标的一个重要内容,具有重要的作用。通过学生分组,自主设计课程内容的结构框架,进行限时投票,有奖比拼。一方面,学生的该部分课程成绩完全由小组协同努力而获得;另一方面也是为了调动学生的参与度和激发学习之热情。该环节设有一、二、三等奖,每项对应于不同的分数,具有竞赛性质,学生好胜之心愈烈,学习之情则愈高。

3) 教学科研结合,调研报告丰富知识

科教融合,结合自身科研以及团队成员科研成果,与时俱进,将先进的前沿成果恰当融入教学之中,为教学增添高端之色。比如近期热门的黑洞照片、引力波,其基本处理过程都会涉及课程中的分离变量法的思想,通过学生调研和整理加工,不但进一步增强了学生学习的信心和兴趣,而且有部分同学在教师指导下组建了引力与黑洞物理兴趣小组,更加深入地去学习相关科技前沿,加深对知识的理解。

4 教学创新成果

通过近几年的具体实践,在“形象教、主动学、多元评”的思路指导下,课程教学效果有了显著提升。就教师本人而言,积累了丰富的教学素材,课堂中能有效跟学生互动交流,提升了课堂氛围。

对学生来说,一方面他们的课程成绩逐年呈现出良好的上升趋势,班级课程成绩整体显著提升,如图3所示。

此外,以数学物理方法课程为基础支撑,近几年,课程团队组织并指导学生参加了大学生物理学术竞赛校级、省级、国家级比赛,取得了国赛二

等奖,省赛特等奖的历史最好成绩,在学生中引起较大关注,使得该项赛事成为物理学院重要的品牌活动,特别是在校赛中每届学生的参赛人数均超50%以上。西北大学是西北地区唯一一所连续13年入围中国大学生物理学术竞赛国赛的高校。在2019年中国大学生物理学术竞赛10年总结暨教学研讨会上荣获CUPT先进个人,西北大学荣获CUPT优秀组织单位和教育改革奖两项荣誉。

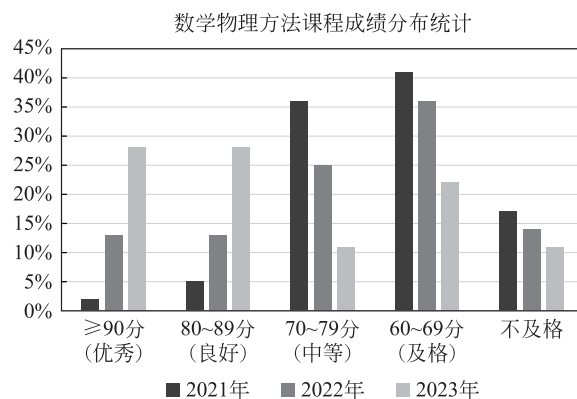


图3 近三年数学物理方法课程成绩分布

课程团队结合成员自身科研优势,面向物理学院本科生组建了西北大学量子信息学习小组、引力与黑洞物理兴趣小组,为学有余力、有志于从事物理研究的学生提供学习、讨论及创新研究的平台,指导学生申报并立项大学生创新创业训练计划项目校级14项,省级创新项目3项,国家级创新项目4项;指导学生完成“挑战杯”大学生课外学术作品竞赛3项,连续两届荣获陕西省级竞赛一等奖共2项。

5 结语

数学物理方法课程教学内容繁多,既是物理课,又是数学课,贯穿课程的主线是如何建立和求解数理方程。通过学习,领悟如何从纷繁复杂的现象中提炼出本质,如何认识稳定和变化、离散和连续、整体和局部等辩证思维。

结合新时代新工科的要求,针对课程中存在教师如何教、学生如何学、课程如何评价等问题,我们始终把握“以学生发展为中心”的重要原则,在教学过程中,通过插入相关科学史的介绍,用以反映追寻科学真理之路的艰难曲折以及科学家的科学精神,同时注重知识与方法科学地、自然地引

入,启发学生主动思考,做到教学、学习、评价三者的有机融合,实现“形象教、主动学、多元评”的一体循环教学模式,持续推进数学物理方法课堂的创新教学,迈向“金课”的标准,培养学生适应新时代要求的科学素质和创新能力。

参 考 文 献

- [1] 赵佩,王晓辉,金康,等. 物理学基地班“数学物理方法”课程教学改革探索[J]. 高等理科教育, 2014(3): 107-113.
ZHAO P, WANG X H, JIN K, et al. To explore the teaching reform on the curriculum of “Methods of Mathematical Physics” in the physics base class[J]. Higher Education of Sciences, 2014(3): 107-113. (in Chinese)
- [2] 余招贤. 数学物理方法与理论物理专业课程的融合衔接性研究[J]. 教育教学论坛, 2020(46): 290-292.
YU Z X. Research on the integration and connection of mathematical physics methods and theoretical physics courses[J]. Education and Teaching Forum, 2020(46): 290-292. (in Chinese)
- [3] 黄兴勇,杨明,周桂宇,等. “数学物理方法”混合式教学与课程思政有机融合的探索[J]. 教育教学论, 2023(25): 152-155.
HUANG X Y, YANG M, ZHOU G Y, et al. Exploration on organic integration of mixed teaching and curriculum ideological and political education for methods of mathematical physics teaching [J]. Education and Teaching Forum, 2023(25): 152-155. (in Chinese)
- [4] 陈聪,杨海彬,姚琨,等. 将物理知识融入数学方法:细推物理润物无声——“数学物理方法”课程思政案例剖析[J]. 物理与工程, 2024, 34(2): 92-97.
CHEN C, YANG H B, YAO K, et al. Blending physical knowledge into mathematical methods teaching and developing curriculum ideological and political education in the course of mathematical physical methods[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(2): 92-97. (in Chinese)
- [5] 王畅,王翹楚,刘伟,等. 数学物理方程求解中的创新思维探源[J]. 大学物理, 2018, 37(9): 56-59.
WANG C, WANG Q C, LIU W, et al. Exploration of the innovative thinking in solving mathematical physics equations[J]. College Physics, 2018, 37(9): 56-59. (in Chinese)
- [6] 祝俊,李禄,李志坚,等. “格物致理、慎思笃行”——数学物理方法课程教学改革、创新与实践[J]. 大学物理, 2022, 41(5): 41-46.
ZHU J, LI L, LI Z J, et al. “Measure and object to reason, deliberate thinking and earnest action”—Teaching reform, innovation and practice of mathematics and physics method course[J]. College Physics, 2022, 41(5): 41-46. (in Chinese)
- [7] 季孝达,汪芳庭,陆英. “数学物理方法”课程建设的设想和实践[J]. 教育与现代化, 2004(1): 34-37.
JI X D, WANG F T, LU Y. Reflections on and practice in the development of the “Course in Mathematical Physical Methods”[J]. Education and Modernization, 2004(1): 34-37. (in Chinese)
- [8] 周天. “数学物理方法”课程的教学认识和改革探索[J]. 教育教学论坛, 2020(10): 316-317.
ZHOU T. The teaching cognition and reform exploration of “Mathematical Methods for Physics”[J]. Education and Teaching Forum, 2020(10): 316-317. (in Chinese)