

数理基础课程在创新人才培养中的源头驱动作用探索

张永昌¹ 方爱平¹ 杨孔庆²

(¹ 西安交通大学物理学院, 陕西 西安 710049; ² 兰州大学物理科学与技术学院, 甘肃 兰州 730000)

摘 要 在第四次科技革命方兴未艾、颠覆性技术日新月异的新世纪, 为了促进原始创新以竞争世界科技制高点, 国家对新时代人才培养提出了新要求, 即不断强化基础学科拔尖创新人才培养。数理基础课程在人才培养中起着奠基性关键作用, 创新人才培养需从基础抓起、从源头强化。为此, 本研究以数学物理方法课程为蓝本, 通过课程内容优化与学术课堂构建, 贯通数学工具与物理应用, 着力物理逻辑与实践能力的培养, 以突破本科数理基础课程的工具属性与基础特性, 深入挖掘其对于拔尖人才创新能力培养的源头驱动作用, 为新时代创新人才培养探索学生欢迎且成效显著的基础课程教学新模式。

关键词 数理基础课程; 人才培养; 源头驱动作用

DOI: 10.27024/j.wlygc.2026.01.23.02

EXPLORING THE SOURCE-DRIVING ROLE OF FOUNDATIONAL MATHEMATICS AND PHYSICS COURSES IN CULTIVATING INNOVATIVE TALENT

ZHANG Yongchang¹ FANG Aiping¹ YANG Kongqing²

(¹ School of Physics, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710049;

² School of Physics Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract Against the backdrop of the rapid development of the fourth technological revolution and disruptive technologies, new requirements have been put forward for talent cultivation in order to promote original innovation and gain a leading position in global science and technology. In this context, strengthening the cultivation of top innovative talent in foundational disciplines has become increasingly important. Foundational courses in mathematics and physics play a fundamental role in talent cultivation, and the development of innovative talent should begin with these basic courses and be reinforced at the source. Taking the course Mathematical Methods for Physics as an example, this study explores a new teaching model through course-content optimization and the construction of academic seminar classes. By integrating mathematical tools with physical applications, the model emphasizes the cultivation of physical reasoning and practical ability. It aims to move beyond the traditional view of un-

收稿日期: 2026-01-23; 修回日期: 2026-04-07; 出版日期: 2026-05-20

基金项目: 教育部高等学校物理学类教指委教学研究项目(JZW-23-SL-06, JZW-25-SL-03); 西安交通大学本科教学改革项目拔尖人才专项(24BJ02Y)。

通信作者: 张永昌, zhangyc@xjtu.edu.cn。

引文格式: 张永昌, 方爱平, 杨孔庆. 数理基础课程在创新人才培养中的源头驱动作用探索[J]. 物理与工程, 2026, 36(3): 97-102.

Cite this article: ZHANG Y C, FANG A P, YANG K Q. Exploring the source-driving role of foundational mathematics and physics courses in cultivating innovative talent[J]. Physics and Engineering, 2026, 36(3): 97-102. (in Chinese)

dergraduate foundational mathematics and physics courses as merely instrumental and basic, and to further explore their source-level driving role in cultivating the innovative abilities of top talents. This study provides a student-centered and effective teaching model for foundational courses in the cultivation of innovative talent in the new era.

Key words mathematics and physics courses, cultivation of talents, source-driving role

当前,第四次科技革命方兴未艾,世界各国都在激烈角逐量子、人工智能等新兴颠覆性技术制高点。我国在前三次工业革命中遗憾错失良机后,紧紧把握住了此次科技革命的历史机遇,在多个领域发展迅速,呈现鳌头引领之势。人才是推动科学技术发展的原动力^[1],现今日新月异的科技发展态势对新时代人才培养提出了更高的要求——拔尖创新人才是我们竞争世界科技新格局话语权的核心资源。为此,教育部从“基础学科拔尖学生培养计划2.0”^[2]到基础学科系列“101计划”^[3],持续对新时代创新人才培养进行重点引导和强化支持。

如何践行好创新人才培养的历史使命,怎样将国家高瞻远瞩的新时代人才培养精神落到实处,是当前高等教育需认真思考并不断探索的关键问题,也是一线教师开展教学改革尝试的核心目标。本研究以西安交通大学“基础学科拔尖学生培养计划”物理试验班数学物理方法课程教学为蓝本,通过优化课程内容设置与开设配套学术课堂,探索数理基础课程在创新人才培养中的源头驱动作用,在激发学生内在学习动力、熏陶学生自主创新意识、提升学生学以致用能力等方面取得了良好的教学效果。

1 数理基础课程在创新人才培养中的源头驱动作用

如图1所示,本科物理专业的课程设置按照时间先后顺序一般为:微积分、线性代数、数学物理方法、力热光电原、四大力学、专业课。如果把本科物理专业人才培养过程看作一条河流,那么数学物理方法课程正位于靠近源头的位置,扮演着承前(高数、大物)启后(物理专业课)的关键角色,对后续物理课程的学习起着关键奠基性作用^[4]。数学物理方法为后续物理专业课程服务的本质属性,使人们往往较为关注它的数学工具特性,而易忽视其在拔尖人才创新能力培养中的源头驱动作用。

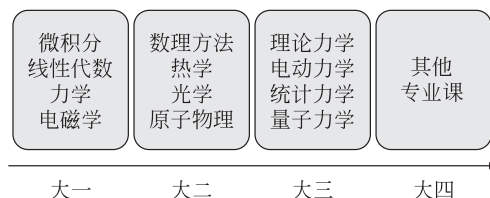


图1 本科物理专业基本课程设置

对于创新人才的培养,不仅要通过专业课程向学生传递前沿知识、先进技术与科研突破,更关键的是对学生创新思维的激发、创新意识的熏陶、创新惯性的强化,这是一个长期且潜移默化的过程,需贯穿从低年级到高年级、从基础课程到专业课程各个环节。虽然数学物理方法课程中的各类基本数学处理方法大多是长时间积累下来的成熟工具,但它们与物理问题的联系、对应的物理过程与意义以及在实际技术中的应用等,可以进行多角度的发散性理解与创新性拓展,为基于该课程进行创新人才培养提供了理想条件。即书本内容仅仅只是一个引子,在掌握这些往往以理想条件为前提的基本方法的同时,还应让学生能够跳出课本,去思考如果自己身处当年科学家们相同的时空环境、面对相同的问题,应当如何分析解决思路、创新解决方案,去探索当实际条件发生变化、现有方法前提条件不再满足时又当如何处理;否则,如果课程教学只是简单将书本知识点及其推导过程灌输给学生,这种机械式的知识填塞本身就与灵活发散的创新思维相悖,只会使学生养成依赖现成工具的拿来主义潜意识,何谈能够培养出具有创新能力的拔尖人才,更遑论当前一再强调的原始创新。因此,创新人才培养不只是专业课程的任务,基础课程在其中也起着关键作用,对学生创新能力的构建应该从基础开始、从源头强化^[5-7]。

2 数学物理方法课程教学模式改革具体措施

为了深入挖掘数学物理方法课程在创新人才

培养中的源头驱动作用,本研究立足该课程“数为理用”的本质属性,以基本数理知识为载体,聚焦能力培养,强化创新思维养成。一方面,追求数学抽象性与物理形象性相统一,以物理思维讲授数学方法,将物理应用、前沿研究和实际技术等自然融入整体教学过程,深化学生对于基础知识推动前沿科技的认识,激发学生内在学习动力,促进学生物理逻辑的构建;另一方面,通过学术课堂设置与课程知识点相关的自由探索课题,引导学生突破书本框架,从多视角理解数学方法背后的物理意义与应用,促使学生从被动接受到主动求索的学习方式与态度转变,熏陶学生勤于思考的自主创新意识,助力创新思维养成;此外,课外通过科研训练为学有余力的同学提供多样化的持续培养渠道,不断强化学生学以致用、解决实际问题的能力。

2.1 优化课程内容,物理应用贯穿课程体系,强化数为理用核心目标

在数学物理方法课程教学中,本研究致力于探索各章节内容对应具体物理应用与相关科学技术研究的自然融入方式,以形象物理问题促进对抽象数学方法的理解掌握与灵活应用,为后续物理课程奠定坚实基础。图2围绕杨孔庆老师的《数学物理方法》教材^[8],列举了部分核心知识点与其他物理课程的关联、拓展方案以及科研和技

术应用。例如,(1)讲授解析函数的保角变换性质时,引入对茹科夫斯基变换^[9]的介绍,展示其将规则圆形变换为机翼形状的原理,并进一步阐述这种变换在解决复杂系统电磁场分布、流体动力学等问题中的应用;(2)在波动方程部分,通过向学生强调其成立的前提条件,即对实际系统理想化与简单化近似处理(小幅振动的均匀细弦),引导学生思考在大幅振动、不均匀介质等非理想条件下振动问题应该怎么处理。这种大振幅振动是航空等工程领域常见且重要的问题,由此切入对描述该问题的卡门方程组^[10]的介绍,进而引出钱伟长先生(卡门先生的学生)在相关领域的开创性贡献。钱伟长先生作为我国近代力学之父与应用数学之父,在1947年通过发展新方法解决了卡门方程组这一挑战性难题,在世界范围内影响深远,该方法后来被称之为钱伟长方法^[11-13]。通过回顾这样一段历史,不仅能够让学生明白这门课程讲授的虽然都是基础的理论方法,但基础恰是创新的源头,基本理论的拓展可能就对应着科学与工程领域的难点问题,从而使学生认识到既要深入课本夯实基础,又要跳出课本开拓思维,以培养其创新意识;另外,还能够增加课堂兴趣,引导学生向前辈科学家学习,树立自强不息做出引领世界成果的理想与信念,达到润物细无声的课程思政效果。然而受限于有限的课时,可能无法在课堂上

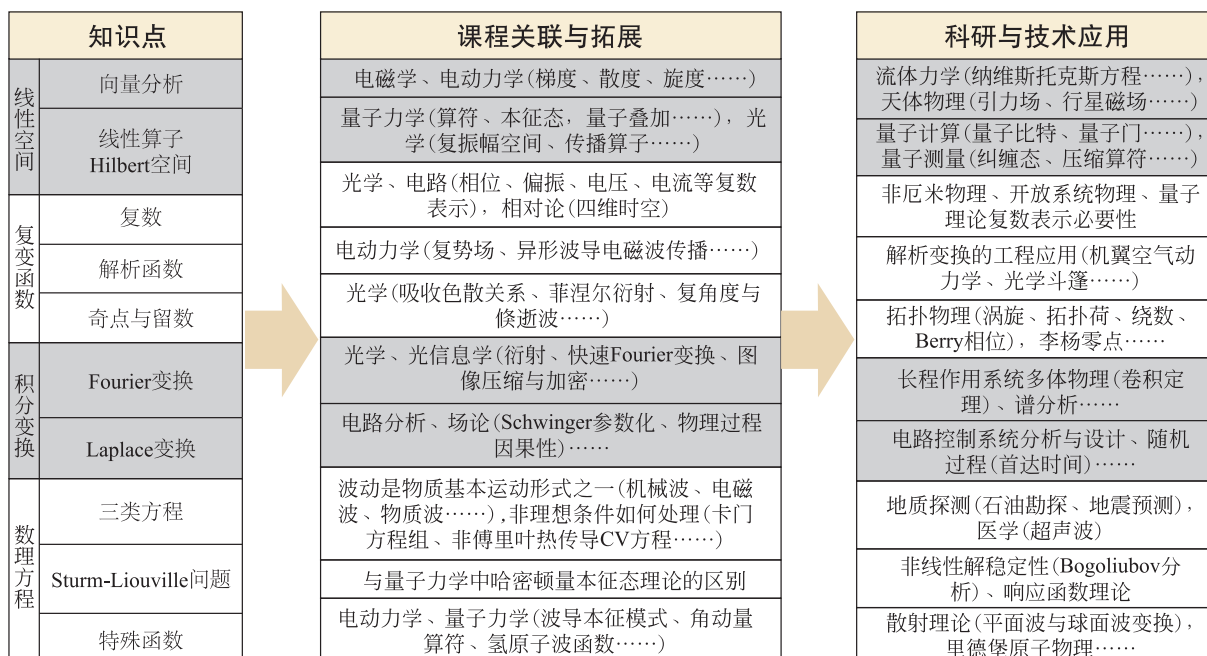


图2 数学物理方法课程主要知识点与其他课程的关联、拓展及其在科研和技术中的应用部分举例^[14-23]

对各个例子都能详细展开;为了解决此问题,本研究利用学校“思源课堂”线上平台围绕每个知识点的相关应用做了对应课件,并附有针对性的参考资料,便于学生在课后进一步深入了解相关知识点在后续课程与科研中的丰富应用。

2.2 开设学术课堂,自由探索课题引导学生充分发散思维,熏陶创新惯性

上述课程知识点与其他物理课程的联系及其潜在科研和技术应用只是一个引子,在有限课堂学时内利用部分典型例子为同学们构建一个“基础数理知识→物理课程关联→科研技术应用”的有机框架,引导学生充分理清学习基础数理知识意义所在,进而积极探索各基本知识点更为广阔的应用场景,促使学生从被动吸收到主动求索的学习方式转变,在此过程中实现对学生学习能力、思考能力、实践能力的塑造。为此,本研究在优化课程内容设置同时,还开设有学术课堂——基于课程内容设置与物理专业课、科研与技术应用相关的发散性课题,学生自由分组、自由选题、自由探索,充分赋予学生主动权,这是本课程学术课堂的鲜明特点,以此调动学生主动思考积极性、塑造学生深入求索惯性,促使他们深入理解数学方法背后的物理意义,广泛了解基础知识在科学研究与技术发展中的重要应用,助力其创新思维与能力养成。该学术课堂自2020年杨孔庆老师在西安交通大学物理试验班教学中开始引入,一直坚持至今,从最初的板书、小论文发展到现在包含PPT课件、视频等丰富的报告形式,获得了学生的积极反馈与广泛欢迎。在过去五届学生教学实践中共形成了自由探索书面报告40份和口头报告52份,部分现场讨论情况如图3所示。



图3 学术课堂部分现场讨论照片

如图4所示,学术课堂选题既有教师设置好的题目,像“解析函数变换的应用”“虚数 i 的数学

1	线性空间的物理意义
2	解析函数变换的应用
3	虚数 i 的数学及物理意义
4	积分变换与概率论
5	FFT算法和卷积及其应用
6	音乐中的物理学——音色的秘密
7	茹科夫斯基变换在流体力学中的应用
8	对麦克斯韦方程组求解电磁波动方程的理解

图4 学术课堂部分自由探索课题

及物理意义”“对麦克斯韦方程组求解电磁波动方程的理解”等。其中,利用麦克斯韦方程组推导出的电磁波动方程与课程中用微元法得到的弦振动波动方程虽然形式一致,但是二者有本质区别:弦振动作为机械波,其对应波动方程中的波速并不固定,依赖于介质(弦)本身的密度、弹性系数等物理性质;与此不同,电磁波动方程在真空中的波速(光速)仅取决于真空磁导率与介电常数^[10],即光速为常数,这个例子可以加深学生对机械波与电磁波区别的认识,进一步理解真空中其实并不存在以太这种电磁波介质。此外,还有学生大胆创新自己提出的题目,例如“音乐中的物理学——音色的秘密”“积分变换与概率论”等。在“音乐中的物理学”这一题目中,学生别出心裁运用课程中波动方程相关知识来解释影响音色的物理因素,充分展现了学生思考问题的丰富视角和想象力,也凸显了基础类课程在创新能力培养中的重要性。

3 教学实践初步效果

丰富的物理与技术应用为抽象数学概念和方法的理解提供了别样视角,有助于激发学生的好奇心与探索兴趣,提升学生课堂参与度,在促进对课程基本知识理解与掌握的同时,能够引导学生积极思考、大胆尝试,助力创新意识养成。例如在学术课堂环节,有同学将保角变换应用于非规则电荷分布对应电场的求解问题,也有同学将积分变换应用于光学课程波前传播的理论分析;并主动探索、尝试不同专业工具,将AI、Mathematica、Python等人工智能或科学计算软件用于相应问题的处理。这一自由探索过程不但强化了学生对课程知识的掌握,同时还能够帮助学生了解课本

框架以外的复杂问题与处理手段,提升解决实际问题的能力,为后续学业发展奠定基础。学术课堂在实践过程中,得到了学生的广泛认可与积极回应,部分学生反馈如下:(1)“可以跳脱出书本知识,将所学知识进行进一步拓展和深化学习,对于物理本质的理解是学术课堂带给我最大的收获”(沈腾阳);(2)“不仅能够促进对书本知识的钻研和理解,而且能够激发同学的发散性思维”(梅圣超);(3)“这是很好的平台,让我们有机会交流想法,而不是被动地学习”(周瑞)。

经过上述课程内容与学术课堂建设,显著激发了学生们对前沿研究的求知欲和好奇心,有部分学生在当学期结束后就表达了通过科研训练继续围绕自由探索课题或者相关方向进行深入探索的强烈意愿,基本实现了利用基础课程激发学生内在驱动力的初衷。为了满足学生需求,本研究紧密结合课程核心知识点、学术课堂选题与教师研究方向,在课程结束后继续为学生提供科研训练课题,围绕科研当中的具体物理问题引导学生了解前沿研究趋势、掌握基本科研技术,通过具体实践强化锻炼解决问题能力与创新思维。该科研训练与课程教学无缝衔接,在当学期结束后持续为学生提供进阶培养渠道;更重要的是,经过一个学期课程互动后,教师与学生互相都比较了解,使教师可以较为全面地结合每一位学生自身特点为其量身设置科研训练课题,以充分发挥学生特长、促进创新能力培养,提升科研训练效果。本研究在近些年教学中累计指导 12 名学生,其中 8 名学生基于科研训练工作完成了本科毕业论文,有 4 名学生获全额奖学金赴国外一流高校深造,其他同学均保研至国内高校与科研院所。

另外,针对课堂内容优化与学术课堂建设的实践效果,本研究面向近五届学生进行了问卷调查,共收到 96 份有效反馈,目前这部分学生大多已进行过高年级物理专业课学习、科研训练,也有部分同学已经进入研究生阶段,他们对于本课程优化改进对科研的辅助作用有了更加具体的切身感受。如图 5 所示,七成以上同学认为本课程在内容设置对科研训练以及研究生阶段的科研起到了积极促进作用,认为有帮助或帮助很大;对于学术课堂建设,六成同学感觉与课程核心内容、前沿研究都有紧密关联,从中收获很大,并认为应当坚持和推广。

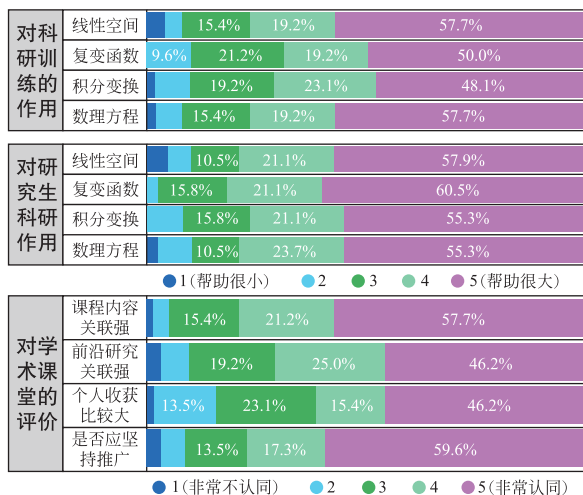


图 5 近五届学生对课程内容与学术课堂建设的评价与反馈调查问卷结果

4 结语

近年来,在数学物理方法课程教学实践中,本研究致力于突破数理基础课程的传统工具属性、强化物理逻辑与创新思维培养,取得了初步成效。不断优化物理应用贯穿课程体系的课程内容设置,并开设旨在塑造创新惯性的学术课堂,这些措施获得了学生的广泛认可与好评,为进一步按照学生期待的内容、以学生欢迎的方式优化教学模式奠定了良好基础,进而充分挖掘并发挥本科基础课程在创新人才培养中的源头驱动作用。

在教学实践中,本研究也发现以物理应用贯穿数学物理方法课程体系的授课方法,虽然能够有力促进学生对基本知识的掌握与创新能力培养,但同时也对授课时间提出了较高要求,在有限的课时内难以彻底解决基础课程与后续专业课程连贯性薄弱的问题。因此,在今后教学实践中,可考虑利用数学物理方法课程与热学、光学、四大力学等其他物理专业课程联系广泛的特点与优势,突破单一课程的局限,探索基于数学物理方法的多课程互动的灵活教学模式,增强知识脉络的连贯性和整体性,这也契合当前知识图谱建设的指导方向,通过多课程协同促进,助力拔尖创新人才培养。

参 考 文 献

- [1] 黄福特. 创新的根本在人才[N]. 人民日报, 2023-01-13(04).

- HUANG F T. The essence of innovation lies in talent[N]. People's Daily, 2023-01-13(04). (in Chinese)
- [2] 教育部等六部门关于实施基础学科拔尖学生培养计划 2.0 的意见 [OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351895.html
Opinions of the Ministry of Education and six other departments on implementing the top-notch students training program 2.0 for basic disciplines[OL]. (in Chinese)
- [3] 教育部推进基础学科系列“101 计划”——为拔尖创新人才培养筑基 [OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/202404/t20240422_1126824.html
The Ministry of Education promotes the series of “101 Plans” for basic disciplines—Laying the foundation for training top innovative talents[OL]. (in Chinese)
- [4] 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.
XU Z 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)
- [5] 周建中. 加强数理化基础教育, 破解创新人才培养难题[N]. 科技日报, 2024-11-25(08).
ZHOU J Z. Strengthen basic education in mathematics, physics, and chemistry to solve the problem of cultivating innovative talents[N]. Science and Technology Daily, 2024-11-25(08). (in Chinese)
- [6] 杨超舜, 田芬, 李东, 等. 高校“强基计划”拔尖人才培养的探索与实践——以应用物理学专业为例[J]. 物理与工程, 2023, 33(6): 10-18.
YANG C S, TIAN F, LI D, et al. Exploration and practice of cultivating top-notch talents for the “Plan for strengthening basic academic disciplines” in university: Taking applied physics as an example[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(6): 10-18. (in Chinese)
- [7] 张晚云, 曾交龙. 面向优秀拔尖人才培养的大学物理新教学模式的探索[J]. 物理与工程, 2014, 24(S2): 73-77.
ZHANG W Y, ZENG J L. Exploration of a new university physics teaching model aimed at cultivating outstanding and top talents[J]. Physics and Engineering, 2014, 24(S2): 73-77. (in Chinese)
- [8] 杨孔庆, 黄亮. 数学物理方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2024.
YANG K Q, HUANG L. Methods for Physics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2024. (in Chinese)
- [9] 拉夫连季耶夫 M A, 沙巴特 B V. 复变函数论方法[M]. 施祥林, 夏定中, 吕乃刚, 译. 6 版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
LAVRENTIEFF M A, SHABAT B V. Methods of functions of a complex variable[M]. SHI X L, XIA D Z, LV N G, Trans. 6th ed. Beijing: Higher Education Press, 2006. (in Chinese)
- [10] POLYANIN A D, ZAITSEV V F. Handbook of nonlinear partial differential equations[M]. 2nd ed. New York: Chapman and Hall/CRC, 2012.
- [11] 程昌钧. 钱伟长先生对力学和应用数学的贡献[J]. 力学进展, 2010, 40(5): 480-494.
CHENG C J. Qian Weichang's contributions to mechanics and applied mathematics [J]. Advances in Mechanics, 2010, 40(5): 480-494. (in Chinese)
- [12] 嵇醒. 应用数学和力学的结合—II [J]. 力学与实践, 2014, 36(5): 670-672.
JI X. The combination of applied mathematics and mechanics—II [J]. Mechanics and Practice, 2014, 36(5): 670-672. (in Chinese)
- [13] CHIEN W Z. Large deflection of a circular clamped plate under uniform pressure[J]. Acta Physica Sinica, 1947, 7(2): 102-107.
- [14] 郭光灿. 量子密码——新一代密码技术[J]. 物理与工程, 2005, 15(4): 1-4.
GUO G C. Quantum cryptography—A new cryptology technology[J]. Physics and Engineering, 2005, 15(4): 1-4. (in Chinese)
- [15] RENOU M O, TRILLO D, WEILENMANN M, et al. Quantum theory based on real numbers can be experimentally falsified[J]. Nature, 2021, 600: 625-629.
- [16] CHEN M C, WANG C, LIU F M, et al. Ruling out real-valued standard formalism of quantum theory[J]. Physical Review Letters, 2022, 128(4), 040403.
- [17] LI Z D, MAO Y L, WEILENMANN M, et al. Testing real quantum theory in an optical quantum network[J]. Physical Review Letters, 2022, 128(4), 040402.
- [18] REN Z J, LIU D, ZHAO E T, et al. Chiral control of quantum states in non-Hermitian spin-orbit-coupled fermions[J]. Nature Physics, 2022, 18: 385-389.
- [19] 邵凤云. 略论虚数进入物理学[J]. 淮北煤炭师范学院学报(自然科学版), 2005, 26(2): 35-36.
SHAO F Y. Action of imaginary number on physics[J]. Journal of Huaibei Coal Industry Teachers College (Natural Science Edition), 2005, 26(2): 35-36. (in Chinese)
- [20] 张立新. 复数的逻辑真理性与物理存在[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2016, 37(4): 35-40.
ZHANG L X. The logical truth of the plural and its physical existence[J]. Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition), 2016, 37(4): 35-40. (in Chinese)
- [21] LEONHARDT U. Optical conformal mapping[J]. Science, 2006, 312: 1777-1780.
- [22] WANG J, GUDIEN M S, DUAN X, et al. Highly polarized photoluminescence and photodetection from single Indium phosphide nanowires [J]. Science, 2001, 293: 1455-1457.
- [23] 王振林. 现代电动力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2025.
WANG Z L. Modern Electrodynamics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2025. (in Chinese)