

新工科背景下数理课程融合改革的探索与实践

吴亚军, 胡凯, 张康群

南京工程学院 数理学院, 江苏 南京 211167

DOI: 10.61369/SDME.2025210008

摘要 : 在新工科建设的大背景下, 社会对具备综合素养与创新能力的工程人才需求极为迫切。“大学物理”与“高等数学”作为工科专业重要的基础课程, 两门课程的教学融合对于提升学生解决复杂工程问题的能力意义重大。本文分析二者教学融合存在的问题, 提出构建以问题为导向、双科紧密联动的内容体系, 创新虚实结合、协同探究的教学方法, 建立契合学生认知、阶梯递进的学习支持系统, 完善团队协同、多元评价的保障机制, 并对实践中出现的问题展开反思与探讨, 旨在为新工科背景下的数理教学融合提供参考。

关键词 : 新工科; 大学物理; 高等数学; 教学融合

Exploration and Practice of the Integration Reform of Mathematics and Physics Courses Under the Background of New Engineering

Wu Yequn, Hu Kai, Zhang Kangqun

School of Mathematics and Physics, Nanjing Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 211167

Abstract : Under the background of new engineering construction, there is an extremely urgent social demand for engineering talents with comprehensive literacy and innovative ability. "University Physics" and "Advanced Mathematics", as important basic courses for engineering majors, the integration of their teaching is of great significance for improving students' ability to solve complex engineering problems. This paper analyzes the existing problems in the integration of their teaching, and proposes to construct a problem-oriented content system with close linkage between the two disciplines, innovate teaching methods that combine virtual and real situations and collaborative inquiry, establish a learning support system that fits students' cognition and progresses step by step, improve the guarantee mechanism of team collaboration and multi-evaluation, and reflect on and discuss the problems arising in practice, aiming to provide reference for the integration of mathematics and physics teaching under the background of new engineering.

Keywords : new engineering; university physics; advanced mathematics; teaching integration

引言

在新工科建设背景下, 高校需要顺应产业变革与发展趋势, 发挥高端人才培养的主阵地作用, 源源不断地向产业界输送“懂技术、能创新、善跨界”的工程人才。尤其是在新质生产力推广过程中, 传统工程行业转型发展对跨学科人才需求日益增加, 尤其是在航天科技、智能制造、新能源汽车等领域, 掌握单一的学科知识的人才难以适应新时代的需求。从学科本质角度看, “大学物理”包含的是经过物理学家归纳的自然现象的规律, 而“高等数学”是对规律的量化表达, 二者如同“现象”与“工具”的共生体^[1,2]。通过有机融合“大学物理”与“高等数学”课程教学内容, 教师能够引导学生建立起数学通往物理的桥梁, 使其学会运用数学工具和方法, 分析物理现象, 培养其严谨的逻辑思维和推理能力, 以及创新思考和解决复杂问题的能力。但是, 在传统教学体系下, 两门课程往往分开授课, 部分物理教师简化数学推导过程, 数学课上鲜少出现物理知识相关背景和应用^[3]。由此, 围绕新工科“强化应用、突出融合”的要求, 推动“大学物理”与“高等数学”教学融合, 提高工科基础课程教学效果势在必行。

一、当前“大学物理”与“高等数学”教学融合存在的问题

(一) 课程体系的“时空错位”与“内容断层”

大学物理与高等数学课程的教学进度与内容不同步。通常情

况下, 高等数学往往开设在大一的第一学期, 而大学物理开设在大一的第二学期或大二的第一学期, 二者教学时空存在错位现象。在大学物理课上, 当需要使用数学知识时, 部分学生已经出现遗忘现象, 难以将微积分、定积分等知识与物理知识建立起联系。

(二) 教学方法的“单向灌输”与“能力缺位”

受传统教学思维和方法的限制，两门课程通常以教师讲解为主，部分物理教师按照介绍现象、分析规律、讲授公式的流程，而数学课则以定义和定理讲解和应用为重点，二者之间缺乏联系，缺乏“用数学解物理、用物理懂数学”双向训练，难以培养学生的数理融合思维^[4]。

(三) 学生认知的“畏难情绪”与“迁移障碍”

部分学生对大学物理与高等数学存在畏难情绪。大学物理现象和数学模型抽象性较强，再加上长期地学习和处理单一学科的问题，部分学生对跨学科问题认知不足，难以积极迁移和调用另一学科知识，解决跨界问题^[5]。

(四) 师资协同的“壁垒效应”与“目标分散”

当前，大学物理与高等数学教师教学缺乏协同性，双方往往各自为战，独立地制定教学计划，难以统一教学目标。同时，当前尚未形成跨学科教学评价机制，部分教师参与协同教研与教学的动力不足。

二、新工科下“大学物理”与“高等数学”教学融合的核心策略与实施路径

(一) 构建“问题驱动一双科联动”的内容体系

以新工科典型问题为锚点，重构交叉知识点的呈现逻辑，形成“物理情境→数学建模→工程验证”的闭环链条。

1. 模块化整合核心内容

利用暑假中第三学期开设《高等数学应用分析》课程，针对力学与微积分、电磁学与矢量分析、波动学与傅里叶变换等交叉领域，开发8个融合模块^[6]。以“电磁学与矢量分析”模块为例：在物理方面：从“手机无线充电”现象切入，讲解电磁感应定律、场强叠加原理；在数学方面，同步讲授散度、旋度的定义，通过曲面积分推导磁通量计算公式；融合训练上，让学生用高斯定理计算不同线圈形状的磁场分布，分析能量传输效率。

2. 动态调整教学进度协同

建立“数学超前—物理跟进”的进度联动机制：数学课程提前2周讲授物理课程即将用到的工具（如讲“曲线积分”前2周，数学课程强化参数方程求导）；物理课程滞后1周应用（如讲“质点曲线运动”时，同步练习曲线积分），确保知识“学即用、用促学”。

3. 引入工程案例库支撑

联合企业开发20个工程案例，涵盖智能制造（如机械臂运动轨迹优化）、新能源（如光伏板角度的太阳辐射计算）等领域。例如“风力发电机叶片设计”案例：学生需先用物理知识分析气流对叶片的冲击力（涉及流体力学），再用数学中的流体动力学方程建模，最终通过数值计算优化叶片弧度。

(二) 创新“虚实结合—协同探究”的教学方法

打破“讲授为主”的模式，通过项目式学习、仿真实验、翻转课堂等方式，培养学生的融合应用能力。

1. 项目式学习（PBL）贯穿学期

设计3个递进式跨学科项目：基础型项目：“单摆运动的数学描述”，用微积分推导周期公式并通过物理实验验证；综合型项目：“校园路灯照明优化”，结合光学原理（物理）与多元函数极值（数学）计算灯杆高度与间距；工程型项目：“四旋翼无人机运动特性与多学科建模及路径规划”，融合运动学（物理）与微分方程（数学）设计避障算法。项目实施采用“双导师制”，物理教师指导实验设计，数学教师指导建模分析^[7]。

2. 仿真工具搭建可视化桥梁

利用 MATLAB、COMSOL 等工具实现数理关系可视化：在“波动方程”教学中，学生先用数学推导方程解，再通过仿真模拟不同阻尼系数下的波形变化，直观理解“衰减系数”的物理意义；在“电场强度计算”中，用矢量绘图工具展示场强叠加的过程，将抽象的“矢量合成”转化为具象的“箭头叠加”^[8]；无人机运动特性及数学力学与空气动力模型可视化分析；金枪鱼自主游动的简化数学物理模型与可视化分析；斑马鱼直线快速游动的运动数学物理模型与可视化研究；天鹅运动与起飞的运动建模与数理分析，等等。

3. 翻转课堂强化协同思考

课前推送融合性预习资料（如“用拉普拉斯变换分析 RC 电路暂态过程”的微课），课堂以小组讨论为主。设置“物理派”与“数学派”角色：物理基础好的学生描述实验现象，数学基础好的学生推导公式，教师引导双方发现“现象中的数学规律”与“公式中的物理内涵”^[9]。

(三) 建立“认知适配—阶梯递进”的学习支持

针对学生的认知障碍，设计分层引导策略，降低融合学习的门槛。

1. 阶梯式任务分解

将复杂融合问题拆解为3个阶梯：第一阶（具象认知）是通过物理实验观察现象（如观察弹簧振子的振动幅度变化）；第二阶（半抽象建模）是用数学符号描述关系（如写出 $F=-kx$ 的表达式）；第三阶（抽象应用）是通过方程求解分析规律（如解二阶微分方程得到周期公式）。每个阶梯配套针对性练习，逐步提升融合能力。

2. 搭建在线融合学习平台

平台包含三大功能：一是知识关联图谱：点击“洛伦兹力”即可显示关联的“矢量叉乘”“微分方程”等知识点；二是错题归因系统：针对“用微积分解决运动学问题”的错误，自动判断是物理概念不清还是数学方法误用；三是互动问答社区：支持学生跨学科提问（如“为什么麦克斯韦方程组要用偏微分？”），由物理、数学教师联合解答。

(四) 完善“团队协同一多元评价”的保障机制

突破师资壁垒，建立跨学科协作与评价体系，确保融合教学落地。

1. 组建“数理工”协同教学团队

团队由3类成员构成：物理教师（负责现象解析）、数学教师（负责工具讲授）、企业工程师（负责工程案例引入）^[10]。实

施“三共”机制：共备课：每周开展2小时联合备课，确定融合模块的教学重点；共授课：核心融合章节采用“双师同堂”，如讲解“电磁波传播”时，物理教师演示实验，数学教师推导波动方程；共教研：每学期开展4次融合教学研讨会，分析学生难点并优化方案。

2. 构建“过程+能力”的多元评价体系

改革考核方式，从“考知识”转向“考应用”：过程性评价（60%）包括融合项目报告（20%）、课堂协作表现（20%）、仿真实验操作（20%）；终结性评价（40%）采用“开放性试题+实践操作”，如“设计一个简易温度计，要求用热胀冷缩原理（物理）与线性回归（数学）校准刻度”，重点考察知识迁移能力。

三、教学融合的实践案例与成效分析

（一）某高校电气工程专业的试点实践

选取学校专业中两个班（实验班30人，对照班30人）开展对比实验。实验班采用上述融合策略，对照班沿用传统教学模式，主要措施包括：

1. 课程调整

在“大学物理（电磁学）”中增设“矢量分析与电磁场建模”专题（8课时），由数学教师参与授课；在“高等数学（多元函数）”中引入“电机绕组磁场分布”案例（4课时），结合物理实验数据进行偏导数应用训练；学期中开展“电路暂态分析”跨学科项目（2周），要求用拉普拉斯变换（数学）求解RC电路响应（物理）。

2. 成效数据

学业表现：实验班在“数理综合应用测试”中的平均分（82.3分）较对照班（67.5分）提高22%，尤其在“用数学解决物理问题”题型上优势显著（正确率78%vs41%）；能力提升：在“大学生工程训练综合能力竞赛”、“全国大学生互联网+竞赛”中，

实验班有10人次获奖（对照班2人），其作品中数理融合应用的深度明显更高；学生反馈：89%的实验班学生认为“融合教学让我明白数学不是抽象符号，而是解决实际物理和工程问题的‘利器’”，76%表示“面对工程问题时，能更主动地调用数理知识”，90%以上的同学能独立完成各项目从计划到实施再支形成报告的全过程。

（二）实践中的反思与优化

试点中也发现一些问题：部分学生因数学基础薄弱难以跟上融合进度，需增设“数学工具补课包”；部分教师对跨学科授课不适应，需加强师资培训。后续将从三方面优化：按学生数理基础分层教学，为薄弱学生提供“一对一”融合辅导；开发“融合教学能力培训课程”，提升教师的跨学科教学设计能力；扩大案例库覆盖范围，新增人工智能、生物医学工程等领域的融合案例。

四、结论与展望

综上所述，产业变革与转型发展需求大量高端复合型、跨学科、应用型工科人才的支撑，而“大学物理”与“高等数学”是工科人才必修的两门基础课程，是培养学生跨学科意识和思维能力的重要途径。因此，高校应主动打破传统学科边界，支持教师突破既定学科的限制，通过内容重构、方法创新、认知支持与机制保障的协同发力，深度对接工科产业界的前沿技术问题，将真实问题转化教学资源，打破“数理两张皮”的困境，培养学生“见物理现象思数学工具，用数学方法解物理问题”的融合思维，提高两门课程教学效果。未来，融合教学应引进新一代数字技术，利用AI分析学生的数理知识图谱，自动推送适配的融合学习资源；通过虚拟仿真技术构建“沉浸式工程场景”，让学生在“解决真实问题”中实现数理知识的自然融合，为新工科建设筑牢数理基础，从而培养出真正适应未来产业需求的高素质工程人才。

参考文献

- [1] 董慧. 新工科导向下高等数学课程教学改革与实践 [J]. 山西青年, 2024, (22): 132–134.
- [2] 薛安. 新工科背景下的大学物理课程教学改革 [J]. 学园, 2024, 17 (24): 23–25.
- [3] 欧志强, 孙咏萍. 新工科理念下大学物理课程教学的优化路径探析 [J]. 教师, 2024, (16): 114–116.
- [4] 智春艳. 高等数学与大学物理相结合教学初探 [J]. 科技风, 2024, (13): 107–109.
- [5] 赵朝军, 张昱. 浅谈大学物理教学中微分和积分思想的应用 [J]. 科技风, 2023, (28): 22–24.
- [6] 白瑞萍, 刘淑晶, 吴克坚, 等. 军医大学医工专业大学物理课程教学中相关数学问题的探索与思考 [J]. 物理与工程, 2023, 33 (03): 14–20.
- [7] 高永浩, 李华, 王继国, 等. 数学建模思维在大学物理教学中的应用 [J]. 科教导刊, 2021, (26): 76–78.
- [8] 潘璐. 数学建模在大学物理力学教学实践中的应用 [J]. 学园, 2021, 14 (08): 34–36.
- [9] 黄乃兴, 宋胜浩, 张秀龙, 等. 新工科背景下基于调查统计的物理与数学相关性研究及启示 [J]. 物理与工程, 2021, 31 (01): 55–59+66.
- [10] 郭纪源. 大学物理学习中微积分教学策略研究与应用 [J]. 邵阳学院学报(自然科学版), 2020, 17 (06): 67–72.