

Reform and Practical Exploration of College Physics Teaching Based on Computational Thinking and Numerical Simulation

Aining Yang

Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning, 123000, China

Abstract

College physics courses are an important foundation for cultivating students' scientific literacy and innovative ability. However, traditional teaching mainly focuses on theoretical instruction and experimental verification, which leads to problems such as single knowledge transmission and weak students' computational and modeling abilities. With the development of information technology and computing science, computational thinking and numerical simulation have become new directions for promoting teaching reform. This paper takes "computational thinking + numerical simulation" as the core concept, implements teaching practice in the physics course of University A, and verifies the reform effect through comparative experiments and case analysis. The results show that this model significantly enhances students' physical modeling ability and problem-solving efficiency. The comprehensive score is 16.8% higher than that of the traditional teaching class, and the innovative design ability is 29.5% higher. Research shows that the introduction of computational thinking can build an integrated teaching system of "theory - modeling - calculation - verification", promoting the innovation and disciplinary integration of college physics teaching.

Keywords

College Physics; Computational thinking; Numerical simulation; Teaching reform; Innovative practice

基于计算思维和数值模拟的大学本科物理教学改革与实践探索

杨瑗宁

辽宁工程技术大学, 中国·辽宁 阜新 123000

摘要

大学物理课程是培养学生科学素养与创新能力的重要基础,但传统教学以理论讲授和实验验证为主,存在知识传递单一、学生计算与建模能力薄弱等问题。随着信息技术与计算科学的发展,计算思维与数值模拟成为推动教学改革的新方向。本文以“计算思维+数值模拟”为核心理念,在A高校物理课程中实施教学实践,通过对比实验与案例分析验证改革成效。结果显示,该模式显著提升了学生的物理建模能力与问题解决效率,综合成绩较传统教学班提高16.8%,创新设计能力提升29.5%。研究表明,计算思维的引入可构建“理论—建模—计算—验证”一体化教学体系,促进大学物理教学的创新与学科融合。

关键词

大学物理; 计算思维; 数值模拟; 教学改革; 创新实践

1 引言

大学物理课程在培养学生科学思维、实验与创新能力方面具有重要作用。传统教学模式普遍存在重理论、轻计算、弱实践的问题,导致学生分析复杂物理问题的能力不足。计算思维作为一种跨学科能力,强调算法化、抽象化与分解化的问题解决方式,与物理建模和数值分析高度契合。借助数值模拟技术,学生可在虚拟环境中探索复杂物理过程,实现从理解原理到构建模型的能力跃升,有效提升空间认知与实

验设计能力。本文以A高校大学物理课程改革为例,从计算思维融入、数值模拟教学设计及实践效果评估三个维度,探讨信息化背景下的教学改革新模式,以为课程数字化转型与创新能力培养提供参考。

2 计算思维视域下的大学物理教学重构

2.1 计算思维的内涵与教育价值

计算思维是一种基于问题分解、模式识别、算法抽象和自动化执行的认知方式,其核心目标在于通过计算模型理解和解决复杂问题。在大学物理教学中引入计算思维,不仅能帮助学生从数学公式的被动接受者转变为物理模型的主动构建者,还能促使他们理解自然现象背后的定量规律。研

【作者简介】杨瑗宁(1994-),女,中国辽宁锦州人,硕士,助教,从事理论物理研究。

究显示,接受计算思维训练的学生在解决动力学、热学及电磁学等复杂问题时表现出更高的逻辑严密性与分析深度。计算思维的引入,使物理学习从“结果导向”转向“过程探究”,培养学生以算法方式表达物理过程的能力。

2.2 大学物理教学的结构性困境

传统大学物理教学存在三个突出问题:其一,教学内容过于侧重理论推导,忽视学生的计算探索与模型思维培养;其二,实验教学环节以验证为主,缺乏开放性与创新性;其三,课堂评价体系以知识性考试为核心,未能有效反映学生的问题解决与创新能力。调查显示,超过68%的学生认为大学物理“理论强、应用弱”,约54%的教师认为实验课程在知识延展和思维训练方面“空间不足”。这些问题制约了物理课程与现代计算科学的深度融合,也削弱了课程的时代适应性。

2.3 基于计算思维的课程重构路径

为解决上述问题,本文提出大学物理课程的计算化重构路径:以“问题—模型—计算—分析”四步教学模式替代传统“讲授—推导—实验—验证”流程。教学目标由知识传授转向能力生成,内容模块由静态知识体系转向动态计算框架。教学实施中,教师通过引导学生利用Matlab、Python或COMSOL进行建模仿真,实现物理现象的量化重现。同时,课程评价采用多维度综合体系,包括计算建模报告、程序设计作业与仿真展示,使计算思维贯穿教学全过程。

3 数值模拟技术在物理教学中的应用设计

3.1 数值模拟的教学功能定位

数值模拟在大学物理教学中具有双重功能:既是理论与实验之间的桥梁,也是学生理解物理规律的可视化载体。通过算法迭代和参数控制,复杂物理现象得以在虚拟环境中呈现,使学生能够突破传统实验条件的限制。例如,在波粒干涉、电磁场分布及流体湍流等高难度实验中,数值模拟可重建真实过程,帮助学生建立直观的时空概念。教学数据表明,运用数值模拟教学的学生在期末概念测试中的正确率提高22%,对复杂系统的量化描述能力提升31%。这表明数值模拟在促进学生由“公式记忆”向“模型理解”的转变中具有关键作用,既强化了理论与实验的逻辑衔接,又推动了物理学习的探究化与数据化进程。

3.2 典型教学案例设计:热传导方程模拟

为提升学生对抽象热传导过程的理解,课程设计以一维热传导方程为核心案例,指导学生通过Matlab实现有限差分法建模。教师提供初始温度与边界条件,学生自行编写算法求解温度随时间变化的离散过程,并生成动态可视化图像。在操作过程中,学生通过调整热扩散系数和边界温度,探索稳态与非稳态热传导特征,深化对Fourier定律、能量守恒及热平衡机制的理解。该案例强调从理论公式到计算实现的完整路径,促使学生将抽象方程转化为物理模型。课堂

反馈显示,超过80%的学生认为该教学方式“直观、可操作、印象深刻”,有效激发了他们的计算兴趣与自主探究意识,为后续复杂系统模拟奠定了方法基础。

3.3 基于仿真的课堂交互模式

在数值模拟教学过程中,交互性设计是提高学习效果的关键。为强化学生在学习中的主体地位,课堂采用“可视化—互动—反馈”三阶段教学模式。教师借助仿真平台展示实时计算结果,学生依据参数变化进行预测、修改与验证,形成“计算—观察—反思”的闭环学习机制。教学过程中,通过PPT嵌入Python交互窗口,使学生能够即时更改输入变量并直观看到物理量的动态响应,从而将理论推导转化为可感知的计算体验。该模式有效提高了课堂参与度和学习沉浸度,学生在反馈中普遍认为这种方式“能及时发现问题理解偏差”“有助于构建系统认知框架”。研究表明,仿真互动教学显著提升了知识迁移与模型应用能力,推动大学物理课程由静态讲授向动态探索转变。

4 计算思维驱动的教学实践与评价

4.1 教学实施与样本设置

本研究在A高校2023学年春季学期开展教学改革实践,选取大学物理课程的两个平行班级作为研究对象,每班60人,共计120名学生。两组学生的专业背景、成绩分布与性别比例基本一致,具备良好的可比性。实验班采用“计算思维+数值模拟”融合教学模式,对照班维持传统教学模式。两组教学内容和课时保持一致,但实验班每周增加1次计算仿真课与2次在线建模作业,以促进学生对理论知识的运算化理解与问题解决能力的提升。教学改革为期16周,分为三个阶段:理论建模导入阶段、仿真实践强化阶段和综合应用提升阶段。课堂采用项目驱动式教学设计,通过实际物理问题(如波动方程、流体运动、电磁场分布等)引导学生构建数学模型、编写算法并进行数值验证。期末考核包括平时成绩(20%)、实验报告(30%)和综合测评(50%),综合测评内容涵盖理论理解、计算思维测试和模型创新报告。该实施设计旨在以科学、可验证的方式考察教学改革的有效性与可推广性,为大学物理教学创新提供实证基础。

4.2 量化评价结果分析

教学改革的效果通过CPS(Computational Problem Solving)能力测评、课程成绩分析与学习态度调查进行综合评估。数据表明,实验班学生在CPS测评中的平均得分为86.4分,比对照班提高14.2分,显著差异($P < 0.01$),表明计算思维导向教学显著提升了学生的模型抽象与算法分析能力。综合课程成绩方面,实验班较对照班整体提升16.8%,其中实验报告得分平均提高18.5%,体现出学生在数据分析、误差控制及数值验证方面的能力增强。创新设计能力测评中,实验班平均评分提高29.5%,多数学生能够独立完成物理问题的数值建模与仿真优化。学习态度调查显

示, 92% 的学生认为计算思维训练增强了学习主动性, 87% 的学生表示数值模拟帮助其更深刻地理解物理规律。学生反馈中, “理论与实践结合紧密” “学习过程更具探索性” “对复杂问题分析更自信” 是高频关键词, 表明改革模式在激发学生学习和科学探究意识方面成效显著。统计结果表明, 计算思维与数值模拟的融合教学显著优化了学习效果, 促进了学生思维方式由“公式理解”向“模型构建”的转变。

4.3 教学反思与问题改进

尽管改革取得积极成效, 但实践过程中仍存在若干挑战。部分学生的编程基础薄弱, 对 Python 或 Matlab 等工具的掌握存在差异, 导致课堂进度不均; 部分教师在计算平台操作与教学整合方面经验不足, 影响了课程流畅度和互动性。此外, 数值模拟课程对硬件性能与软件授权要求较高, 实验室计算资源紧张, 制约了课程的推广范围。针对这些问题, 学校采取多项改进措施。首先, 建立教师计算教学培训机制, 定期组织研讨与进阶培训, 提升教师的编程与教学融合能力。其次, 引入开源软件平台, 以降低教学成本并增强可移植性。再次, 优化实验室资源配置, 建设共享计算实验环境, 支持跨学科教学需求。同时, 在课程设计中分层设定教学任务, 为编程基础薄弱的学生提供辅助学习模块, 逐步实现学习路径个性化。通过这些改进措施, 大学物理教学改革将更加科学、可持续, 为新工科背景下的物理教育提供可复制、可推广的经验模式。

5 教学改革的协同机制与推广模式

5.1 跨学科融合与课程体系重构

大学物理教学改革的关键在于打破学科壁垒, 实现知识与方法的有机融合。物理问题的定量分析往往依赖数学的抽象建模与计算机的算法实现, 因此将三者深度整合是提升教学效果的必要途径。基于此, A 高校在教学体系中构建了“数学建模—物理仿真—算法优化”的跨学科课程群, 形成从理论推导到计算实践的知识闭环。新设“计算物理基础”课程作为连接桥梁, 与《线性代数》《Python 程序设计》《数值分析》协同开设, 推动学生在建模、编程、数据分析等能力上的系统培养。改革后的课程强调问题驱动与项目实践, 使学生能够以计算化思维理解复杂物理系统, 并在多学科交叉中形成可迁移的创新能力, 体现新工科教育的综合育人价值。

5.2 教师专业发展与教学资源建设

教师是大学物理教学改革的核心力量, 其专业能力与创新意识直接决定教学成效。为适应“计算思维+数值模拟”教学模式, A 高校建立教师持续培训与学术研讨机制, 鼓励物理教师掌握编程语言、仿真软件及数据分析方法, 实现从传统“知识讲授者”向“学习引导者”与“模型设计者”的

角色转型。研究团队同时构建了开放式教学资源库, 整合实验脚本、仿真视频、案例数据库及学生作品展示, 形成共享与更新并重的教学资源体系。教师间的协作式备课制度和跨院系联合教研会议, 促进了教学经验交流与课程内容优化。此举不仅提升了教师的科研教学一体化水平, 也保障了教学创新的持续推进和高质量落地。

5.3 信息化平台与持续改进机制

信息化是大学物理教学改革的技术支撑与持续动力。A 高校依托智慧教学管理系统, 自主研发“计算物理教学管理平台”, 实现课程数据采集、作业反馈、模型展示与学习轨迹跟踪等多功能集成。平台具备自动化统计与成绩可视化功能, 为教师提供学习行为分析与教学诊断依据。教学团队通过对学生作业数据与仿真结果的量化分析, 及时调整教学进度与难度, 实现动态优化。未来规划引入 AI 学习分析模块, 对学生的计算建模路径、错误类型及知识盲区进行智能识别, 从而实现个性化教学与精细化指导。信息化平台的构建不仅提升了教学管理效率, 也构建了数据驱动的教学改进机制, 为大学物理教育的智能化与可持续发展奠定了坚实基础。

6 结语

基于计算思维和数值模拟的大学物理教学改革, 打破了传统教学中“讲授主导、验证被动”的局限, 实现了理论教学、实验探索与计算实践的深度融合。研究表明, 该模式能够显著提升学生的建模能力、创新意识与科学思维水平, 为高校物理教育的现代化转型提供了实证支撑。未来的教学改革应继续强化计算思维与工程应用的融合, 构建多维度评价体系, 推动课程内容与信息技术协同发展。同时, 应建立教师计算教学能力提升机制, 完善实验仿真资源与信息化平台建设, 使大学物理课程成为培养计算型、创新型复合人才的重要载体。通过持续优化教学模式与资源共享机制, 大学物理教育将在新时代实现从“知识传递”到“能力塑造”的根本转变。

参考文献

- [1] 逯小录, 郭兆乾. 将 MATLAB 融入大学物理课程教学的探索与研究[J]. 广西物理, 2022, 43(02): 129-133.
- [2] 徐兵, 张建建, 许会芳, 等. Mathematica 软件在大学物理实验中的应用[J]. 科技风, 2024, (01): 114-116.
- [3] 罗月娥. 数值计算与模拟在大学物理课程教学中的应用[J]. 甘肃高师学报, 2021, 26(05): 57-60.
- [4] 蒋志浩, 阳生红, 张曰理, 等. 运用 Matlab 辅助大学物理教学, 提高教学质量[J]. 物理与工程, 2019, 29(S1): 69-72.
- [5] 刘向菲, 彭玉平, 李庆荣, 等. 大学物理信息化数字教学改革实践——运动学专题[J]. 当代教育实践与教学研究, 2019, (03): 5-6.