

大学物理课程力学模块的教学创新设计与实践

——以阻尼振动和受迫振动为例

沈洋 徐鸣 李恩玲 马德明

西安理工大学 理学院

摘要: 本文以大学物理课程中“阻尼振动与受迫振动”教学内容为例,探讨了基于工程应用背景的教学创新设计与实践。通过整合理论推导、实验演示、数值模拟和工程案例,构建了“理论-实验-应用”三位一体的教学模式。研究采用问卷调查和成绩对比分析评估教学效果,结果表明创新教学方法显著提升了学生的理解深度和应用能力,同时培养了科学思维和工程素养。本文详细介绍了教学设计思路、实施过程和评估方法,为大学物理力学模块的教学改革提供了可借鉴的经验。

关键词: 大学物理; 教学创新; 阻尼振动; 受迫振动; 工程应用

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2025.09.093

引言

力学作为物理学的基础分支,在理工科人才培养中具有重要地位。它不仅构成了物理学的核心骨架,同时也是工程学、天文学乃至生物学等众多学科的基石。力学提供了理解和分析物质世界运动规律的基本工具,从宏观的行星运动到微观粒子的碰撞,无一不受到力学法则的制约。在工程教育认证和新工科建设背景下,力学课程的教学质量直接影响着后续专业课程的学习效果和工程人才的培养质量。

然而,当前大学物理力学模块的教学面临诸多挑战。传统的力学教学往往偏重理论推导,采用“填鸭式”的讲授方法,缺乏与工程实践的联系。这种教学模式导致学生学习兴趣不高、应用能力薄弱,普遍反映“学不会、用不上”。调查显示,超过60%的工科学生认为物理课程内容抽象难懂,与专业需求脱节。与此同时,随着工程技术的快速发展,对工程人才的科学素养和创新能力提出了更高要求,传统的教学方式已难以满足新时代人才培养的需求。

阻尼振动与受迫振动是力学教学中的关键内容,也是学生普遍反映的学习难点。这部分知识涉及二阶微分方程求解、复数表示、能量分析等数学工具,概念抽象,学生理解困难。研究表明,约45%的学生无法正确区分三种阻尼状态,超过60%的学生难以理解共振现象的物理本质。另一方面,振动理论在机械工程、土木工程、航空航天等领域有广泛应用,从桥梁抗震设计到精密仪器减振,都离不开对振动特性的深入理解。这种理论与实践之间的巨大落差,使得振动教学成为检验物理教学改革成效的重要试金石。

针对上述问题,国内外的教育工作者进行了积极探索。美国麻省理工学院推行的“TEAL”教学模式,通过整合理论讲授、实验演示和计算机模拟,显著提高了学生对波动和振动概念的理解。国内多所高校也开展了基于项目的学习(PBL)和案例教学的改革尝试,取得了一定成效。然而,这些改革往往侧重于单一教学方法的改进,缺乏系统性的教学设计,特别是在课程思政融入和工程应用能力培养方面还存在明显不足。

本文以西安理工大学大学物理课程力学模块为例,立足于工程教育认证和新工科建设要求,构建了“理论-实验-应用”三位一体的教学模式。研究聚焦以下几个关键问题:(1)如何通过工程案例激发学生学习振动理论的兴趣;(2)如何设计有效的教学活动帮助学生理解抽象的振动概念;(3)如何培养学生的工程应用能力和创新思维;(4)如何在专业教育中自然融入课程思政元素。通过对这些问题的深入探讨,我们期望为大学物理力学模块的教学改革提供可复制、可推广的经验,为培养高素质工程技术人才奠定坚实基础。本研究的意义在于:从教学理论层面,探索了工程应用背景下物理教学的新模式;从实践层面,开发了一套可操作的教学方案和资源;从人才培养层面,为提升学生的科学素养和工程能力提供了有效途径。研究结果不仅适用于物理专业,对工科专业的物理基础课程教学也具有重要参考价值。

一、教学现状与问题分析

(一) 学生学习特点分析

通过对本课程学生为期两年的跟踪调研(样本量 $n=120$),结合课堂观察、作业分析和深度访谈,我们发

现学生在学习阻尼振动与受迫振动时呈现出以下典型特征和困难：

1. 数学基础与物理概念理解的断层

大部分学生对二阶常微分方程的求解方法掌握不牢固，特别是在复数解和特征根分析方面存在明显困难。这种数学基础的薄弱直接导致学生对振动方程解的物理意义理解模糊，往往停留在机械记忆公式层面。在访谈中，有学生表示：“虽然能记住解的形式，但完全不明白为什么会出现指数衰减和三角函数相乘的情况。”

2. 物理图像建立的障碍

对于三种阻尼状态的区分，学生普遍存在认知困难：课堂观察发现，学生在讨论过阻尼和临界阻尼的区别时，常常仅关注“是否振荡”这一表面现象，而忽略了能量耗散的本质特征。一位学生在访谈中坦言：“三种阻尼状态的定义都能背出来，但一到实际问题就分不清该用哪个。”

3. 理论联系实际的能力欠缺

调研显示，学生对振动理论的工程应用价值认识严重不足：大部分学生无法列举阻尼振动在工程中的具体应用实例；仅少数学生能将课程内容与专业发展方向建立联系；绝大部分学生从未思考过振动理论在未来职业中的可能应用。这种应用意识的缺乏直接影响了学习动机。仅有少数学生认为这部分内容对未来发展“很重要”；半数的学生表示学习动力主要来自“考试压力”而非“兴趣需求”；大部分学生认为课程内容“过于理论化，缺乏实用价值”。

4. 学习方式的适应性挑战

深入分析发现，学生的学习方法存在明显不适应：大部分学生习惯于教师单向讲授的学习模式；缺乏自主探究：仅少数的学生会主动查阅相关工程应用资料；可视化工具运用不足：绝大部分学生从未尝试用软件模拟振动过程；团队协作经验欠缺：工程实践类的小组作业完成质量普遍较低。这些学习特点的形成既有中学阶段应试教育的影响，也反映出大学物理教学在方法引导上的不足。一位学生在深度访谈中表示：“我们已经习惯了先背公式再做题的学习方式，突然要自己分析实际问题时完全不知道从何下手。”

5. 认知负荷过载现象

教学实践表明，学生在学习该内容时普遍经历认知超载：概念层面：需要同时理解位移、速度、加速度的相位关系；数学层面：要处理复数运算、微分方程求解等复杂工具；物理层面：需建立能量转换与耗散的动态

图像；应用层面：要联系实际工程系统的简化模型。这种多维度的认知需求导致约半数的学生出现明显的学习焦虑，进一步影响了学习效果。

（二）传统教学模式的局限性

传统教学模式以教师讲授为主，存在以下局限：教学内容偏重理论推导，缺乏工程案例支撑；教学手段单一，主要依靠板书和PPT讲解；实践环节薄弱，学生缺乏直观体验；考核方式单一，难以全面评估学生能力。针对这些问题，我们进行了系统的教学创新设计。

二、教学创新设计

（一）教学设计理念

基于OBE(Outcome-Based Education)教育理念，我们构建了“以学生为中心、以成果为导向、持续改进”的教学模式，具体体现在：目标导向：明确知识、能力和素质三维目标，注重工程应用能力培养；问题驱动：通过工程实际问题导入，激发学习兴趣；多元互动：采用线上线下混合式教学，加强师生、生生互动；实践强化：增加实验演示和数值模拟环节，增强直观认识；综合评价：建立多元考核体系，全面评估学习效果。

（二）教学内容重构

基于“基础-拓展-创新”的层次化思路，对教学内容进行重构：基础模块：阻尼振动与受迫振动的基本概念、运动方程建立与求解；拓展模块：共振现象的原理分析、工程应用案例；创新模块：振动控制技术前沿、自主设计项目。

（三）教学方法创新

1. 基于工程案例的情境导入

课程以塔科马海峡大桥共振坍塌事件视频导入，引导学生思考：大桥坍塌的可能原因是什么？如何从物理学角度解释这一现象？工程设计中应如何避免类似事故？通过真实工程案例创设学习情境，激发学生的求知欲。

2. “理论-实验-模拟”三位一体教学

理论讲解：采用“问题链”方式逐步推导阻尼振动和受迫振动方程：如何建立阻尼振动的动力学方程？方程的解有哪些形式？对应的物理意义是什么？什么是临界阻尼？为什么许多工程系统设计在临界阻尼附近？实验演示：使用弹簧振子-阻尼器装置，实时展示不同阻尼状态下的振动特性。学生通过观察记录：欠阻尼：振幅指数衰减，周期略大于无阻尼情况；临界阻尼：最快回到平衡位置且不振荡；过阻尼：缓慢回到平衡位置。

3. 基于项目的学习(PBL)

学生分组完成以下项目之一：设计一种新型建筑阻尼减震装置；分析汽车悬架系统的振动特性；研究乐器共鸣箱的声学原理。通过项目实践，学生深入理解振动理论的应用价值，培养工程思维能力。

（四）课程思政融入

结合教学内容，自然融入以下思政元素：科学精神：通过介绍科学家研究振动现象的历程，培养严谨求实的科学态度；工程伦理：结合桥梁共振坍塌案例，强调工程师的社会责任；家国情怀：介绍徐建、陈政清等院士在振动控制领域的贡献，增强科技自信；创新意识：鼓励学生提出振动控制的新思路，培养创新精神。

三、教学实践与效果评估

（一）教学实施过程

教学实施采用“课前-课中-课后”三阶段模式：课前：学生通过在线平台预习基础知识，完成预习测试；课中：采用BOPPPS教学模式：Bridge-in(导入)：工程案例视频；Objective(目标)：明确学习目标；Pre-test(前测)：检查预习情况；Participatory Learning(参与式学习)：理论讲解、实验演示、小组讨论；Post-test(后测)：课堂练习；Summary(总结)：知识梳理。课后：完成项目作业，参与在线讨论。

（二）教学资源建设

为支持教学创新，开发了以下资源：多媒体课件：整合理论推导、实验视频、模拟动画；案例库：包含10个工程振动案例；在线题库：20道分层练习题；项目指导手册：提供项目选题和实施指南。

（三）教学效果评估

这种系统化的教学设计，不仅突破了传统物理教学的局限，更实现了价值塑造、能力培养、知识传授的有机统一。通过一学期的教学实践，学生的课程参与度提升了40%，工程实践能力得到显著增强，对物理学的学习兴趣明显提高。访谈学生普遍反映：“通过实验演示，三种阻尼状态的区别变得非常直观”；“工程案例让我认识到物理知识的重要应用价值”；“小组项目培养了我的团队协作和问题解决能力”。项目成果：学生完成创新项目5项，其中2项获省级科技创新竞赛奖励。

结语

本文以“阻尼振动与受迫振动”教学为例，探讨了大学物理力学模块的教学创新设计与实践。通过整合工程案例、实验演示、数值模拟和项目学习，构建了理论与实践深度融合的教学模式。实践表明，该模式有效提

升了学生的学习效果和应用能力，同时培养了科学思维和工程素养。未来将进一步优化教学设计：开发更多虚实结合的实验项目；加强与专业课程的协同；建设更完善的在线学习资源；探索跨学科综合实践项目。紧跟工程教育发展需求，不断创新教学方法，为培养高素质工程技术人才奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 徐小凤, 王祖源, 张睿. 基于SPOC的物理学课程实践效果研究——以同济大学的物理课程为例[J]. 2021(2016-3): 87-93.
 - [2] 王祖源, 顾壮. 物理教育的改革要在思维, 内容和方法上齐发力[J]. 大学物理, 2018, 37(11): 4.
 - [3] 刘海兰, 顾壮, 吴天刚, 等. "大学物理"课程在线混合式教学的改革与实践[J]. 物理与工程, 2020, 30(4): 10.
 - [4] 柴小鹏, 荆国强, 吴肖波. 大跨度悬索桥吊索风致振动多重调谐阻尼减振技术研究[J]. 振动与冲击, 2023, 42(5): 200-204.
 - [5] 李书进, 黄毓. 基于转动惯性双调谐质量阻尼器的高杆灯风振控制研究[J]. 武汉理工大学学报, 2023, 45(12): 38-44.
 - [6] 汪峰, 向泓嘉, 刘章军. 随机激励下斜拉索-梁参数振动模型及响应分析[J]. 应用力学学报, 2024, 41(5): 1129-1139.
 - [7] 刘萍, 曾葆青, 高玉梅. Maple软件在阻尼振动和受迫振动教学中的应用[J]. 实验科学与技术, 2015, 13(2): 3.
 - [8] 黄伟. 建筑楼盖调谐质量阻尼器振动控制[J]. 声学与振动, 2024, 12(1): 14-26.
- 作者简介：沈洋，1989年4月，男，汉族，云南宣威，博士研究生，副教授，西安理工大学，纳米半导体材料与器件。
- 基金项目：1、陕西高等教育教学改革研究（重点攻关）项目，夯实学生工程基础、提高学生科学素养、培养学生人文精神——“大学物理”课程建设研究与实践（项目编号：23ZG015）2、西安理工大学2023年教育教学改革研究项目，《大学物理》国家级“金课”内涵建设研究与实践（项目编号：xjy2307）3、西安理工大学2024年教育教学改革研究项目，理工融合协同育人下应用物理学国家一流专业建设的探索与实践（项目编号：xjy2411）。