

量子信息科学专业《理论力学》课程教学改革探索

焦亚峰*, 张会来, 梁亚川, 王海燕*

郑州轻工业大学电子信息学院, 河南 郑州

收稿日期: 2026年5月2日; 录用日期: 2026年6月1日; 发布日期: 2026年6月9日

摘要

《理论力学》作为理工科专业的一门核心基础课程, 在培养学生数理建模、逻辑推理及物理思维能力方面发挥着重要作用, 并逐步形成了较为成熟的教学体系。然而, 随着量子信息科学这一新兴交叉学科的建立, 其人才培养目标呈现出鲜明的跨学科特点, 专业课程体系更加注重基础理论与技术实践的融合。因此, 传统教学内容与教学重心也需要结合新专业需求进行进一步优化与重构。不同于工科侧重于解决工程应用问题的传统培养路径, 量子信息专业更强调引导学生系统掌握分析力学的知识框架, 着力培养其在科研探索与量子产业实践中所需的抽象建模能力和程序设计能力, 从而提升学生职业发展的适应性与拓展空间。本文针对上述问题, 基于对专业人才需求与能力素质要求的深度剖析, 探讨了《理论力学》课程在教学内容重构、教学主线调整及与后续量子理论课程衔接等方面的改革路径。提出应弱化纯工程导向的计算, 强化拉格朗日力学与哈密顿力学的核心地位, 构建以物理建模和形式化描述为主线的教学体系。实践证明, 该方案有助于学生构建统一的物理认知框架, 为后续《量子力学》《量子光学》《量子信息》等核心专业课程的学习奠定扎实的理论基础。

关键词

量子信息科学, 《理论力学》, 教学改革, 人才培养, 教学理念

Teaching Reform of “Theoretical Mechanics” for the Major of Quantum Information Science

Yafeng Jiao*, Huilai Zhang, Yachuan Liang, Haiyan Wang*

School of Electronics and Information, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou Henan

Received: May 2, 2026; accepted: June 1, 2026; published: June 9, 2026

*通讯作者。

文章引用: 焦亚峰, 张会来, 梁亚川, 王海燕. 量子信息科学专业《理论力学》课程教学改革探索[J]. 教育进展, 2026, 16(6): 165-170. DOI: 10.12677/ae.2026.1661112

Abstract

“Theoretical Mechanics”, as a core foundational course for science and engineering majors, plays an important role in cultivating students’ abilities in mathematical modeling, logical reasoning, and physical thinking, and has gradually developed into a relatively mature teaching system. However, with the establishment of Quantum Information Science as an emerging interdisciplinary field, its talent-training objectives exhibit distinctive interdisciplinary characteristics, placing greater emphasis on the integration of fundamental theory and technological practice. Consequently, the traditional teaching content and instructional focus of Theoretical Mechanics need to be further optimized and refocused to meet the demands of the new discipline. Unlike the conventional engineering-oriented training pathway that primarily emphasizes solving practical engineering problems, the Quantum Information Science major places greater importance on guiding students to systematically master the knowledge framework of analytical mechanics, while fostering the abstract modeling and programming abilities required for scientific research and the quantum industry. Such training can further enhance students’ adaptability and long-term career development potential. To address these issues, this paper, based on an in-depth analysis of professional talent demands and competency requirements, explores reform approaches for the Theoretical Mechanics course in terms of teaching-content reconstruction, adjustment of instructional focus, and alignment with subsequent quantum-theory-related courses. Specifically, the proposed reform weakens purely engineering-oriented calculations while strengthening the central role of Lagrangian and Hamiltonian mechanics, thereby establishing a teaching framework centered on physical modeling and formalized description. Teaching practice demonstrates that this approach helps students construct a unified framework of physical understanding and lays a solid theoretical foundation for subsequent core courses such as Quantum Mechanics, Quantum Optics, and Quantum Information.

Keywords

Quantum Information Science, “Theoretical Mechanics”, Teaching Reform, Talent Cultivation, Teaching Philosophy

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着量子调控技术的突破，量子信息科学已从纯粹的理论探索迈向实用化阶段[1]。作为量子物理与信息科学深度交叉的新兴学科[2]，量子信息科学涵盖了量子计算、量子通信、量子精密测量等关键领域，正成为推动未来信息技术革新和国家战略科技力量的核心支柱。在国家创新驱动发展战略的指引下[3] [4]，近年来国内多所高水平院校相继设立量子信息科学专业，旨在培养既具备扎实物理根基，又精通信息处理与系统建模能力的复合型拔尖创新人才。这一专业的人才培养不仅要求学生掌握量子系统的基本演化规律，更要求其具备从复杂物理背景中抽象出关键物理模型的能力，以适应科研院所的基础前沿研究及高新企业的技术研发需求[5]。

在这一多学科交织的人才培养体系中，《理论力学》课程处于“承上启下”的关键课程节点[6]。作为物理类专业学生接触的第一门理论物理课程，它通过引入更加抽象、形式化的数学方法，对物质机械运动规律进行了系统性的重构。从课程体系的纵向关联来看，《理论力学》课程向上衔接《力学》《热

学》《电磁学》等普通物理课程，通过对经典动力学规律的抽象与提炼，使学生从经验物理的学习转向严密的逻辑推演；向下则直接开启《量子力学》《量子光学》和《量子信息》等专业核心课程的理论大门。其核心的形式化描述方法，如变分原理、哈密顿正则体系等，构成了后续量子理论课程最基础的数学基石。

然而，现行的理论力学教学内容在很大程度上源于经典工程力学的知识框架，其教学目标主要侧重于培养学生严密而有逻辑性的理论推导能力、对复杂工程实际问题的简化能力，以及对模型的受力分析与计算能力，这些内容对于应用型工程人才培养具有重要价值[7]-[9]。但对于量子信息科学专业而言，其核心研究对象如光子、电子或超导比特等的演化逻辑更偏向于能量泛函与算符操作，而非宏观维度的受力与位移。因此，若仍完全沿用传统工程导向的教学内容与组织方式，可能难以充分契合量子信息专业的人才培养需求，并在一定程度上影响学生对后续量子理论课程中抽象形式化表述的理解与衔接。基于此，开展面向量子信息科学专业的理论力学教学改革研究，既是学科交叉发展的客观要求，也是优化新兴专业人才培养体系的重要任务[10]。

2. 课程需求分析：基于多专业视角的比较

为了明确量子信息科学专业理论力学课程的具体定位，有必要将其与传统物理类专业及工科专业的培养目标、知识结构进行深度对比。

2.1. 培养目标与人才定位的差异性

在传统工科专业中，培养目标侧重于培养学生在机械、土木或航空等领域工程问题的设计、制造与管理能力，其中理论力学教学过程着重培养学生进行载荷分析与结构稳定性分析的能力，教学重心在于对具体工程对象的精确力学描述[8]。同时，传统物理类专业侧重于培养物理理论根基和逻辑思维能力，其中理论力学的教学目标强调培养学生分析整体力学体系的严密性，要求学生掌握经典力学的完整知识图景，并具备扎实的理论推导能力和数学计算能力[11]。

作为量子物理与信息科学交叉的新兴学科，量子信息科学专业则致力于培养在量子信息科学领域具有超前竞争力的复合型拔尖创新人才，其人才去向呈现出明显的“双轮驱动”特征[4][5]：一方面，毕业生具有广阔的学术深造空间，可进入国内外高校或科研机构继续攻读研究生从事量子信息基础研究；另一方面，毕业生还可进入高新技术企业从事技术研发、生产或管理工作。这种“双轮驱动”特征要求学生在掌握经典物理规律的同时，必须具备极强的线性代数思维与抽象建模能力，能够将复杂的物理载体抽象为可操作的信息处理模型[10]。

2.2. 知识与核心能力的对比

通过对上述相关专业培养方案的比较可以发现，量子信息科学专业的《理论力学》的教学内容和培养方式不宜简单照搬传统理工科的培养路径，有必要在其数学知识结构、建模取向与能力培养等方面作出相应调整。

首先，在数学基础层面上，该专业更强调培养学生对力学概念和知识结构的理解而非应用与计算的熟练程度。因此，与传统理工科专业主要强化对微积分工具的运用能力不同，量子信息科学专业侧重于培养学生对线性代数、算子理论及概率论等数学知识的掌握。例如，在理论力学学习阶段，学生即需掌握系统维数、相空间结构、特征值分解等数学概念，这些内容不仅是经典分析力学的基础，更为学生理解后续课程中量子叠加态和量子纠缠态等概念奠定了必要的数学基础。

其次，在物理建模取向上，关注点由“物理规律描述”转向“系统状态演化”。在量子信息技术中，通常以光子或原子等微观粒子作为能量载体，实现对外界信息的获取与处理。因此，与传统物理类专业

侧重培养学生对普适物理规律的理解不同，量子信息科学专业强调培养学生解决量子系统状态受控演化与信息处理问题的能力。这要求在理论力学教学内容的安排上应强化对以“状态/作用量”为核心概念的分析力学部分的讲解，并适当引入其与相关量子力学概念之间的比较。例如，在谐振子模型的教学中，除分析其经典动力学行为外，还应结合量子情形，引导学生理解其能级结构与经典描述之间的对应关系，以及其作为量子比特物理载体时所涉及的势场特征。

此外，大多数高校量子信息科学专业的培养方案还明确要求学生具备程序设计能力、利用现代信息技术获取学术前沿动态以及运用数学软件完成数据分析的能力。因此，在理论力学教学中，不仅需要培养学生解析求解力学问题的能力，还应将数值模拟分析训练带入课堂，使学生具备通过编程方式理解复杂量子系统受控演化规律的能力。

2.3. 传统教学内容在量子信息科学专业中的适配性挑战

面向量子信息科学专业的人才培养需求，现有理论力学教学体系在以下三个方面仍有进一步优化空间。首先是内容衔接的断层。传统的牛顿矢量力学内容所占比重相对较大，导致具有核心价值的分析力学部分在教学安排中难以得到充分展开。而分析力学中的哈密顿力学则是《量子力学》课程的直接母体。其次是思维范式的冲突。传统教学强调基于牛顿定律的“矢量描述”，重点在力学量的合成与分解；而量子信息体系强调“状态/作用量描述”，重心在系统哈密顿量及其随时间的演化。最后是前沿关联的缺失。教学过程中缺乏对经典动力学中对称性与量子守恒量关系的引导，使学生难以意识到经典力学在现代物理学中的延续性。

3. 面向量子信息科学专业的课程教学内容重构

基于上述分析，并结合已有关于理论力学课程体系改革的研究成果[12]，本文提出以“形式体系”为主线，以“演化范式”为导向的重构方案。

3.1. 教学内容的战略性取舍

在有限的学时内，有必要对传统教学内容进行适度的结构性优化与重组。教学过程中，在保证基本理论体系完整性的前提下，适当压缩静力学与工程几何约束等内容的教学比重，突出分析力学的核心地位，同时强化振动理论与耦合模态分析方法的讲解。例如，减少对桁架、摩擦机构等纯工程构件受力分析内容的讲解。保留约束的概念，但将其引向“系统自由度”的讨论，使学生认识到约束本质上是对系统相空间维度的限制，这直接衔接了量子比特的降维描述。同时，通过深入讲授线性振动、简正模态与特征频率等内容，使学生建立起对“干涉”、“叠加”等物理概念的早期认知；将拉格朗日方程和哈密顿方程从末尾分析力学章节提升为教学重心，重点讲解拉格朗日量和哈密顿量的构造、正则变量、最小作用量原理、相空间轨迹以及泊松括号等内容。这些教学内容的调整将为学生学习和理解《量子力学》《量子光学》及《量子信息基础》等后续课程奠定基础。

3.2. 建立“经典-量子”对照的逻辑链条

教学内容的重构不仅是章节的调整，更是教学逻辑的重组。以典型系统为例：在传统工科教学中，谐振子的重点在于单自由度受迫振动的幅频特性；而在教改方案中，我们应引导学生从能量角度推导其哈密顿量，讨论相空间轨迹的闭合性。在此基础上，引入泊松括号来描述物理量随时间的演化，并明确指出：这种基于哈密顿函数和泊松括号的动力学描述，在形式上与《量子力学》课程中的海森堡方程具有数学对等性。通过这种对比，学生只需完成“函数变算符、泊松括号变对易子”的逻辑跨越，即可顺畅衔接后续量子课程。

3.3. 引入“系统状态演化”视角下的建模训练

针对量子信息专业对物理载体控制的需求，教学中应强调物理系统如何转化为形式化模型。例如，在讲解刚体力学时，不再纠结于复杂的机构联动，而是引入“刚体转动与量子比特在布洛赫(Bloch)球上旋转”的类比。通过讨论转动张量的对称性，让学生理解空间各向同性与角动量守恒的联系，这对于未来理解量子态的操作规律具有深远意义。

4. 教学实施路径与方法创新

4.1. 引入数值分析与可视化手段

针对培养方案中提出的信息技术能力要求，并结合近年来理论力学教学方法改革的相关研究[13]，理论力学教学不宜仅停留在解析推导与公式计算层面。在保证基本理论训练的同时，教师可以适当引入数值分析方法，使学生通过编程方式参与动力学问题的求解。例如，通过利用 Python 或 MATLAB 等软件编写程序对具有非线性特征的单摆系统或混沌模型进行数值模拟，并绘制相空间轨迹，从而可以使学生能够通过轨道结构和演化行为的观察更加直观地理解复杂系统动力学的整体特征。这种教法改革一方面有助于提升学生的程序设计与数据处理能力，另一方面也使其在学习阶段逐步接触复杂物理系统的数值建模方法，为今后学习量子信息相关课程及科研训练打下基础。

4.2. 案例驱动与跨学科渗透

在教学组织方式上，教师可以围绕量子信息研究背景设计若干小型课题引导学生在具体问题中体会理论力学方法的应用过程。例如，引导学生从经典电路模型出发构建拉格朗日量，并进一步推导其哈密顿形式，在此基础上讨论超导量子比特的物理建模思路。通过这样的教学案例安排，可以使学生了解在实际科研过程中如何从具体的物理情境出发构建科学合理的数学模型，逐步建立起问题抽象与建模意识。与单纯讲解理论推导的教学方法相比，这种方式更有助于学生理解理论力学方法在现代物理问题中的延伸，也有利于培养其从具体系统中提取关键自由度并进行数理分析的能力。

5. 改革成效评价与未来展望

通过阶段性教学改革的实施，可以看到课程结构与教学方式已初步发生调整。在课堂内容安排上，分析力学部分的比重有所提高，学生在理解哈密顿力学形式体系时表现出更好的逻辑连贯性。在后续课程的衔接中，相关任课教师反馈，学生在处理态演化问题与对易关系时思路更加清晰，形式推导的规范性也有所提升。这表明前期在知识结构调整与教学方式改进方面取得了一定效果。

但从整体运行情况来看，课程改革仍处于探索阶段。一方面，数值模拟与案例教学的深度尚需加强，课堂时间分配与内容取舍仍需进一步平衡；另一方面，不同课程之间的衔接机制还有待完善。今后可在持续跟踪教学反馈的基础上，逐步优化课程内容结构，合理引入与量子调控相关的现代物理问题，在保持理论体系完整性的同时增强课程的时代关联性，使理论力学教学更好地服务于量子信息专业的人才培养目标。

基金项目

郑州轻工业大学第十四批教学改革项目“产学研协同作用下量子信息专业拔尖创新人才培养模式的研究与实践”。

参考文献

- [1] 宋姗姗, 钟永恒, 刘佳, 等. 量子信息领域的国家战略布局与研发态势分析[J]. 世界科技研究与发展, 2024, 46(1): 21-35.

- [2] 李承祖, 黄明球, 陈平形, 等. 量子通信和量子计算[M]. 合肥: 国防科技大学出版社, 2000.
- [3] 教育部. 教育部关于公布 2020 年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知[EB/OL]. 2021-02-10. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_1034/s4930/202103/t20210301_516076.html, 2024-02-20.
- [4] 吴长锋. 本科设“量子信息科学”专业国之所需, 少年所行[N]. 科技日报, 2021-07-05(006).
- [5] 席景科, 叶世旺. 我国量子信息科学发展的现状、问题与创新模式[J]. 教育观察, 2023, 12(22): 6-9+13.
- [6] 王敏, 陈相甫, 伍朝志. 高等教育现代化背景下理论力学课程教学改革探索[J]. 高教学刊, 2026, 12(3): 140-143.
- [7] 胡树山, 刘荣娥. 地方本科院校理论力学教学改革探索[J]. 现代职业教育, 2025(30): 117-120.
- [8] 艾心炎, 潘美萍, 张健超. 新工科背景下土木类专业“理论力学”课程综合改革研究[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2025(9): 43-47.
- [9] 孟华. 卓越工程人才导向下应用型本科高校《理论力学》教学创新与实践[J]. 模具制造, 2025, 25(9): 123-125.
- [10] 宋学科, 王栋, 叶柳. 量子信息科学专业教育教学模式探讨[J]. 安庆师范大学学报(自然科学版), 2025, 31(2): 112-117.
- [11] 高海峡, 付喜, 朱湘潭. 物理专业理论力学课程的改革与探索[J]. 考试周刊, 2017(26): 103-104.
- [12] 李俊峰. 理论力学课程体系改革探索与实践[J]. 中国大学教学, 2008(4): 10-13.
- [13] 许英姿, 沈玉凤. 基于翻转课堂的理论力学教学改革与实践[J]. 力学与实践, 2015, 37(6): 737-740.