

知识图谱推动大学物理 AI 课程资源整合研究

陈秋立 沙启铭

哈尔滨信息工程学院 黑龙江 哈尔滨 150341

【摘要】：针对当前大学物理 AI 课程中普遍存在的教学资源碎片化、知识关联隐性化、个性化教学支持不足等问题，本研究提出并构建了一种由知识图谱驱动的课程整合模型。该模型通过系统性解构大学物理知识，定义了概念、定律、公式等核心实体及其间的前驱、派生等语义关系，构建了课程知识图谱。基于该模型，探索了可视化知识探索、个性化学习路径推荐、精准化学情分析等智能化教学应用。实践表明，该模式能有效克服教学资源碎片化困境，显性化知识内在逻辑，在提升教学效率、支持个性化学习、促进学生构建系统性认知结构方面展现出显著优势。研究成果可为大学物理及其他理工科基础课程的数智化教学改革提供理论参考与实践范式。

【关键词】：知识图谱；大学物理；AI 课程；资源整合

DOI:10.12417/2982-3803.26.02.005

引言

随着教育数字化转型战略的深入推进，人工智能正深刻地变革着高等教育的生态与范式^[1]。将人工智能技术融入高校课堂，实现教学模式的创新与教学质量的提升，已成为教育界广泛关注的核心议题^[2]。大学物理作为理工类专业学生构建科学世界观、培养逻辑思辨与工程实践能力的关键基础课程，其教学效果直接影响着后续专业知识的建构。然而，大学物理课程的教学长期以来面临着显著的挑战。

虽然许多大学物理 AI 课程建设实践汇集了丰富的微课视频、电子讲义、在线题库与虚拟仿真实验，但这些资源往往未能摆脱“孤岛式”分布的困境，教学资源与知识体系之间缺乏深度的结构化关联，导致知识的内在逻辑未能显性化呈现^[4]。这些问题共同制约了 AI 技术在大学物理教学中潜能的充分释放。知识图谱作为一种能够系统整合课程知识点和学习资源的有效手段，为破解上述难题提供了全新的技术路径与策略^[6]。它通过将课程中的知识单元定义为实体，并用丰富的语义关系揭示它们之间的内在联系，从而构建起一个结构化、网络化、可视化的知识库^[3,8]。

本研究立足于 AI 视域下大学物理课程建设的现实需求，旨在探索并构建一个由知识图谱驱动的大学物理 AI 课程资源整合模型。研究将系统解构大学物理的知识体系，设计符合学科特性的知识图谱本体框架，实现多模态教学资源与知识网络的深度融合。此外，本文将进一步探讨该模型在支持可视化知识探索、实现个性化学习路径规划以及赋能教师进行精准化学情分析^[12]等场景下的应用实践。

1 知识图谱驱动的资源整合：内在逻辑与框架设计

1.1 大学物理知识体系的特性分析

知识图谱技术之于大学物理课程资源整合的适用性，核心在于物理学知识体系自身内在的结构与逻辑特征。大学物理学

的知识大厦并非由零散的知识点随意堆砌而成，而是展现出鲜明的强结构性与层次性。整个课程体系遵循从经典到现代的认知脉络，划分为力学、热学、电磁学、光学及近代物理等一级知识模块。在每一模块内部，知识又以概念为基石，逐层构建起定律、定理与应用理论，形成一个由宏观到微观、由具体到抽象的树状层级结构。这种清晰的层次划分与知识图谱的图结构天然契合，使得将课程内容解构为不同粒度的知识节点并组织成网成为可能，为学生提供从整体概览到局部深究的认知支架。

更为关键的是，大学物理知识点之间并非孤立存在，而是由严密的逻辑关系紧密耦联。这些关系远超简单的“包含”与“属于”，体现为多样的语义关联。这些深层的、隐性的逻辑关系构成了物理学知识的精髓，却是传统线性教材与资源罗列式平台难以充分揭示的^[3,8]。知识图谱技术的核心优势恰在于其能够显性化地定义和表征这些复杂的语义关系，将知识点从静态的孤岛转变为动态网络中的节点，从而将物理学内在的逻辑之美直观地呈现出来。

1.2 资源整合模型的总体框架

基于对大学物理知识特性的分析，为了将知识图谱的技术优势转化为实施的教學实践，需要构建一个清晰、稳健的资源整合模型。本研究设计了一个“资源层-知识层-应用层”三位一体的总体框架，该框架旨在实现从异构资源的汇聚、到知识结构化关联、再到智能化教学服务的逐层抽象与智能赋能。

资源层囊括当前大学物理 AI 课程中所有可用、异构、多模态的数字化教学材料。这包括但不限于：讲解核心概念的微课视频、详述公式推导的 PDF 讲义、用于巩固练习的在线题库、模拟物理过程的虚拟仿真实验、介绍物理学家事迹与科学精神的思政融合案例等。通过知识抽取、实体对齐、关系构建等一系列过程，将课程内容解构为概念、定律、公式、人物、实验等标准化的知识实体，并用预先定义的前驱关系、派生关系、

应用关系等语义链接进行关联,形成一张覆盖整个课程的知识网络^[4]。这张网络不仅是对物理知识的精确映射,更重要的是,它将资源层的每一个碎片化资源,通过精准的标注与链接,“挂载”到相应的知识节点上^[9]。它建立在知识层提供的结构化数据基础之上,将底层的知识网络转化为用户可感知、可交互的教学功能。这主要体现在几个方面:为学生提供可视化的知识图谱漫游与导航,帮助其构建完整的知识体系;基于知识图谱中的前驱关系为学习者规划个性化的学习路径,并进行智能化的资源推荐^[5];利用知识图谱进行语义理解,支撑智能问答系统;以及通过记录学生在知识图谱上的学习行为数据,为教师构建精准的学习者画像,实现对教学过程的动态诊断与精准干预^[10]。这个三层框架形成了一个从数据到知识、再到智慧的完整闭环,为知识图谱技术真正落地于大学物理教学、推动资源整合与应用创新提供了清晰的实施蓝图。

2 大学物理 AI 课程知识图谱的构建实践

2.1 知识体系解构与本体设计

知识图谱的构建始于对知识领域本身的解构与规范化,即本体设计。本文采用权威《大学物理》教材为蓝本,系统性地梳理课程的整体知识体系。通过人工审阅与半自动抽取相结合的方式,将教材中的章节、段落、公式及图表等内容,解析为课程的核心知识单元。在识别出知识单元后,对其进行类型与抽象化构建知识图谱的顶层模式。本文为大学物理课程设计了涵盖多个维度的实体类型,这构成了图谱的本体。这些实体类型主要包括:概念、物理量、定律/定理、公式、单位、人物、实验以及应用实例。精细化的实体类型定义,为后续进行精准的知识关联和资源标注奠定了坚实的基础。

2.2 知识关系定义与图谱构建

知识之间关系是赋予这张网络生命力的脉络,为精确刻画大学物理知识点之间错综复杂的逻辑联系,本文设计具有物理学学科特色的语义关系体系,主要包括通用的分类关系,和组成关系等层次关系,更重要的是定义了揭示学科内在逻辑的深度关系。这些关系包括:前驱关系、派生关系、应用关系和对比关系等^[7]。在明确了实体与关系类型后,需要构建图谱的实例。本文采用头实体-关系-尾实体三元组的形式来表征每一条具体的知识。通过大规模地构建这类三元组,数以千计的知识节点被预定义的语义关系链接起来,最终汇聚成一张覆盖大学物理全貌的、庞大而精密的知识网络图。

2.3 多模态资源与知识点的深度融合

纯粹知识图谱对于教学而言仅是骨架,必须与丰富的教学资源血肉相连才能发挥最大效能。本研究将资源层的各类异构教学资源与知识层的图谱节点进行深度融合与语义化挂载^[4,5]。此过程改变了传统平台中资源以文件列表形式存在的状态,转

而将每一个教学资源视为知识图谱中某个实体的特定属性或关联对象。具体而言,本文为知识图谱中的每一个实体节点设计了资源链接接口。对于“动能定理”这一知识节点,我们可以将不同形式、不同层次的教学资源与之精准匹配:关联一门讲解其基本概念与物理意义的5分钟微课视频;链接一份详述其数学推导过程的图文讲义;嵌入三道由易到难、带智能解析的在线练习题;指向一个允许学生自由调节参数、观察能量转化的虚拟仿真实验;并附上一个关于航天器变轨中能量转换的思政融合案例。通过这种方式,每一个知识点都不再是抽象的文字,而是变成了一个汇聚了视频、文本、习题、实验等多种媒体形态的、立体的、富媒体的学习对象,从而构建起一个知识与资源无缝融合的一体化网络,为后续的智能化教学应用提供了内容基础。

3 基于知识图谱的 AI 课程资源整合应用探索

3.1 实现个性化学习路径推荐

传统的线上课程学习往往遵循固定的线性顺序,对学生异质化的知识基础与认知步调适应较差^[5]。基于知识图谱的资源整合模型能够有效突破,通过图谱中定义的前驱关系构成整个知识网络的主干逻辑链。当系统通过前测或过程性测验识别出学生在某个知识点上存在掌握困难时,能够自动沿知识图谱的边进行回溯推理,定位到其所有前置知识节点,并主动推送相关的补学资源^[9]。对于学有余力的学生,系统可以基于知识的派生或应用关系,推荐更具挑战性的拓展学习内容。这种基于知识内在逻辑的自适应推荐,使得学习路径从“千人一面”转向“一人一策”,实现了真正意义上的因材施教。

3.2 支持可视化知识探索与导航

面对大学物理庞杂的知识体系,学生常有“只见树木,不见森林”的困惑。知识图谱为解决这一问题提供了直观的方案。学生可以在交互界面上以“知识漫游”的方式,直观地浏览整个课程的知识地图^[7]。每一个节点代表一个知识点,每一条连线代表一种具体的逻辑关系。学生可以通过点击、缩放等操作,自由探索知识点之间的关联,宏观上把握课程的全貌与模块间的联系,微观上深入探究某个特定知识簇的内部结构。这种探索式的学习方式,有助于学生将碎片化的知识有机地组织起来,在头脑中构建起结构化、网络化的认知框架^[3],从而促进对物理学知识的深度理解与系统掌握。

3.3 赋能精准教学与学情分析

知识图谱不仅服务于学生,也为教师的精准教学提供了强大的数据支撑。学生的每一次点击、视频观看时长、习题作答情况等学习行为,都会被记录并映射到知识图谱的相应节点上。平台通过对这些海量行为数据的聚合与分析,能够为每一位学生构建起动态的、基于知识图谱的学习者画像^[10]。教师端

可以清晰地看到班级整体在哪些知识点上普遍存在困难，从而在后续的线下教学或答疑中进行重点讲解。同时，教师也能快速识别出个别学习进度滞后的学生及其具体的知识薄弱环节，进行及时的、个性化的指导与干预。这种数据驱动的教学决策，使教师的角色从经验判断者转变为精准的“学习医生”，显著提升了教学的针对性与效率。

4 结论

本研究针对当前大学物理 AI 课程中教学资源普遍存在的碎片化、关联隐性化以及供给模式单一等问题，设计并实践了

一种由知识图谱驱动的资源整合模型。该模型的核心价值在于将物理学内在的知识逻辑显性化与可视化，为教学智能化应用提供了坚实的基础。基于该整合模式所探索的个性化学习路径推荐、可视化知识漫游以及精准学情分析等应用，有效突破了传统线性教学的局限，为实现规模化教育背景下的因材施教提供了可行的技术路径。初步的教学实践反馈表明，此模式在帮助学生构建系统性知识、激发自主学习兴趣以及提升学业成就方面均具有积极作用，为教师实施数据驱动的精准教学提供了有力支持。

参考文献：

- [1] 张红光,李永涛,杨志红,陈伟,毕岚,董慧媛,王允辉,单俊豪.基于知识图谱的"大学物理"AI 课程建设与实践[J].大学物理,2025,44(05):41-47+75.
- [2] 张芳,邹俊."AI+教学"融入高校课堂:现实挑战与推进路径[J].湖北经济学院学报(人文社会科学版),2025,22(08):140-144.
- [3] 周海.物理化学 I 课程知识图谱设计与建设初探[J].大学化学.
- [4] 付蒙.基于知识图谱的运输管理课程智慧教学模式探讨[J].时代汽车,2025,(17):90-92.
- [5] 李知菲,彭浩,王晖.基于知识图谱的 Python 程序设计课程个性化 AI 助学模式探索[J].计算机教育,2025,(08):200-205.
- [6] 贺超波,杨佳琦,林晓凡,梁卓明,罗辉琼.课程知识图谱研究现状及趋势分析[J].中国教育信息化,2025,31(07):85-96.
- [7] 何钰,孙燕云,谢东,徐华.基于知识图谱大学物理课程建设与实践[J].物理与工程,2024,34(06):149-157.
- [8] 植飞,柳雪凤,安思润,曾万勇."药剂学"课程知识图谱的构建与教学实践探索[J].教育教学论坛,2025,(31):113-116.
- [9] 王迎佳,张楠楠,李立建,李刚,袁丽娟,原现杰.知识图谱赋能机械设计基础课程混合式教学模式改革的探索[J].时代汽车,2025,(15):58-60.
- [10] 章雁宁.基于知识图谱的 AI 辅助数据库课程设计与实施研究[J].信息系统工程,2025,(07):48-51.