

AI赋能Python仿真在高中物理教学中的应用

——以带电粒子在磁场中的运动为例

杨树林, 李思博

黄冈师范学院物理与电信学院, 湖北 黄冈

收稿日期: 2026年1月25日; 录用日期: 2026年2月24日; 发布日期: 2026年3月3日

摘要

高中物理教学中, 带电粒子在磁场中的运动是兼具抽象性与综合性的难点内容。本文以2024年湖北高考物理试题为例, 探讨AI技术辅助物理教学的新模式。研究通过构建Python仿真, 对复杂物理过程开展可视化呈现与智能分析。不仅完成了题目选项的科学性验证, 更具象化呈现了传统教学中难以直观展现的物理过程图景。实践应用表明, 这种融合计算思维的教学方法, 能够有效提升学生的物理模型建构能力与科学探究素养。本研究为AI物理教育的创新实践提供了可借鉴的具体案例。

关键词

AI赋能, Python仿真, 可视化教学, 高中物理

The Application of AI-Enhanced Python Simulation in High School Physics Teaching

—A Case Study of Charged Particle Motion in a Magnetic Field

Shulin Yang, Sibol Li

School of Physics and Telecommunication Engineering, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

Received: January 25, 2026; accepted: February 24, 2026; published: March 3, 2026

Abstract

In high school physics teaching, the motion of charged particles in a magnetic field is a challenging topic characterized by both abstraction and comprehensiveness. Taking the 2024 Hubei College Entrance Examination physics question as an example, this paper explores a novel model of AI-assisted physics instruction. The study employs Python simulation to achieve visual representation

and intelligent analysis of complex physical processes. It not only scientifically verifies the question's answer choices but also vividly presents physical scenarios that are difficult to visualize in traditional teaching. Practical applications demonstrate that this teaching method, integrated with computational thinking, can effectively enhance students' ability to construct physical models and foster scientific inquiry literacy. This research provides a replicable case study for innovative practices in AI-enhanced physics education.

Keywords

AI Empowerment, Python Simulation, Visualization Teaching, High School Physics

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

高中物理电磁学是基础物理教育核心内容,是教学难点。其内容抽象、逻辑强,对学生空间想象和数学分析能力要求高。在带电粒子复杂磁场运动轨迹教学中,传统模式用黑板静态示意图,难以呈现动态连续过程,学生靠记忆结论解题,缺乏对物理本质理解,削弱学习兴趣,制约科学思维培养。

教育部提出“促进信息技术与物理教学深度融合”[1],让抽象物理过程可视化成课改重要课题,探索新教学模式和方法很关键。Python与人工智能结合为物理教学开辟新路,借助人工智能解析题目和编程,师生无需代码基础,通过自然语言指令生成带电粒子磁场运动仿真程序,降低技术门槛。该方法将抽象物理过程转化为动态图像,教师可灵活演示,学生实时观察理解,提升教学效果,培养科学探究能力。

基于此,本文以2024年湖北卷一道带电粒子在交替磁场中运动的高考物理题研究,在AI智能解题基础上构建Python仿真教学方案,目标是用动态图像具象抽象物理概念与规律,提升学生逻辑思维与科学探究能力。

2. 理论与技术基础

2.1. AI

随着生成式AI技术的发展,其在教学中的应用研究不断拓展:早期研究多集中于具体教学场景的落地,如计算机辅助教学[2]、“数据结构”课程辅助教学[3]以及以知识点为核心的教学模式优化[4];近年来,研究者开始进一步探索更具综合性的应用形式,生成式AI在项目式教学中的实践价值便是其中重要方向。

在本次研究中选择AI作为核心辅助工具,主要基于以下三点:首先,降低技术门槛。传统物理仿真通常需要教师或学生具备一定的编程能力,而生成式AI能够理解以自然语言描述的物理问题,并自动生成可运行的仿真代码,使得技术工具的使用不再成为教学探索的障碍。其次,实现智能解析与建模。AI能够对复杂的物理题目进行语义分解,识别关键参数与约束条件,并构建相应的数学模型,这一过程本身即为一次完整的科学思维示范。最后,提供个性化交互与反馈。AI可作为“智能学伴”,根据学生的提问提供针对性解释,或在仿真过程中响应参数调整,实现动态探究,从而将教学从单向传递转变为双

向、自适应互动, 真正服务于学生的认知建构过程。

2.2. Python

Python 是解释型、动态语义的高层语言, 编写时无需关注底层, 可专注问题核心, 简化流程、提升开发效率。该库生态完善, 涵盖网络、GUI、数据库等领域, 数据处理系统各组件均可通过第三方库实现。更关键的是, Python 程序能打包为独立 exe, 跨环境运行, 不仅完全复现 Matlab 功能, 更具优势, 成为数据处理系统开发的新切入点[5]。

在本研究中, 我们选择 Python 作为仿真实验平台, 原因在于: 其一, 易于上手与整合。Python 简洁的语法允许师生更关注物理逻辑而非编程细节, 且其丰富的库(如 Matplotlib 用于绘图, NumPy 用于数值计算)能便捷地实现从运动方程求解到轨迹可视化的完整流程。其二, 强大的可视化能力。通过 Matplotlib 等库, 可以轻松地将数值计算结果转化为静态或动态图像, 以不同颜色、线型和箭头动态展示粒子轨迹、速度方向及磁场区域, 将抽象的数学解转化为直观的物理图像。其三, 参数化的交互探索。程序的核心在于将物理参数(如质量 m 、电荷量 q 、磁感应强度 B 、初速度 v)作为变量输入。教师与学生只需修改这些参数, 程序便能快速重新计算并绘制新的运动轨迹, 实现“所见即所得”的探究学习。例如, 学生可通过连续调节速度大小, 直观观察粒子运动半径如何变化, 以及轨迹如何随之改变, 从而深刻理解物理规律。

2.3. 理论基础

本研究的教學设计与技术应用依托多元表征学习理论和建构主义学习理论。宫建虹指出多元表征是同一学习对象的多种外在形式, 施诺茨和莱什分别[6]对其分类。多表征学习理论认为, 知识理解和深化需通过多种表征形式的联系与转换实现。物理学习中, 核心概念抽象, 传统教学使学生难形成准确图像, 而 Python 仿真生成的动态可视化图像可与文本、公式互补, 帮助学生建立认知联结。建构主义理论以皮亚杰、维果茨基等为代表, 强调以学习者为中心, 认为学习是学习者主动建构, 需在社会文化情境中通过协作、会话完成意义建构[7]。学习需要内外部条件, 内部要求学习者主动激活原有知识经验, 外部即包含学习情境等四要素[8]的学习环境。基于 AI 与 Python 的仿真教学环境为学生提供“脚手架”, 助其建构物理模型与认知结构。

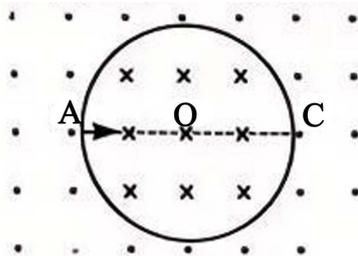
这两种理论结合, 为本研究“以技术赋能理解, 以探究促进建构”的教学理念提供理论基础。以高中物理带电粒子在电磁场中运动为例, 传统教学靠抽象公式推导和静态示意图, 学生难以构建动态图景。实践表明, Python 编程可模拟粒子运动轨迹。如讲解质谱仪原理试题时, 用代码动态绘制离子束偏转区域, 标识几何关系, 将抽象问题转化为视觉信息。这种动态、交互式视觉表征与文本、公式互补, 助学生理解物理本质[9]。

结论上, 实例证明, 将 Python 可视化技术融入高中物理教学, 能化解教学难点, 营造主动探究的学习环境。这符合本研究教学理念, 为其可行性与有效性提供实践佐证, 也指明技术路径。

3. AI 辅助的物理问题求解框架

3.1. 研究对象与问题描述

(2024 年高考湖北物理卷第 7 题)如图所示, 在以 O 点为圆心、半径为 R 的圆形区域内有垂直于纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小为 B 。圆形区域外有大小相等、方向相反、范围足够大的匀强磁场。一质量为 m 、电荷量为 q ($q > 0$)的带电粒子沿直径 AC 方向从 A 点射入圆形区域。不计重力, 下列说法正确的是()



C. 粒子连续两次由 A 点沿 AC 方向射入圆形区域的最小时间间隔为 $\frac{7\pi m}{3qB}$

D. 若粒子从 A 点射入到从 C 点射出圆形区域用时最短, 粒子运动的速度大小为 $\frac{\sqrt{3}qBR}{3m}$

本题作为 2024 年湖北高考物理题, 充分体现了新高考对学科核心素养的考查要求。题目通过构建圆形区域内外磁场不同这一情境, 将基础的带电粒子圆周运动知识与复杂的边界条件相结合, 有效考查学生的模型构建能力和科学推理能力。C、D 选项则体现综合性与创新性, 要求学生运用几何分析与优化思想解决复杂问题。本题对中学物理教学具有重要指导意义。一方面, 教师应突破传统匀强磁场教学的限制, 引导学生关注磁场边界问题, 培养其运用几何工具分析物理问题的能力。另一方面, 题目中“运动时间最短”的优化思想为开展探究式教学提供了良好素材。在教学中, 可借助 Python 等工具进行仿真演示, 将抽象的轨迹问题可视化, 帮助学生建立正确的物理图像。同时, 通过对此类问题的深入分析, 能够有效培养学生的科学思维和创新意识, 落实物理学科核心素养的培养目标。

3.2. AI 题目解析

本研究采用 DeepSeek 首先对上述题目进行深度语义分析, AI 自动识别了磁场分布、粒子属性、初始条件等关键要素, 并对两个选项展开了逻辑推理。

在选项 C 和 D 中, DeepSeek 展示出结构化的问题拆解能力。对于选项 C, AI 通过对称性分析推导出最小时间间隔的表达式, 但其难点在于: 学生难以在脑海中构建出粒子在交替磁场中往返运动的周期性轨迹图像, 从而难以理解“连续两次从 A 点射入”对应的物理过程。这正是 Python 仿真可以突破的认知瓶颈——通过动画呈现粒子多次进出磁场的完整周期性轨迹。对于选项 D, AI 从“用时最短”这一优化条件出发, 结合几何关系得到轨道半径, 再运用洛伦兹力方程求解速度, 其核心难点在于学生无法将“时间最短”这一动态问题转化为具体的几何约束($r = R \tan 30^\circ$)。这为 Python 仿真提供了明确任务: 通过参数扫描与轨迹可视化, 直观展示不同半径下的运动路径, 从而验证最优解对应的几何形态。

通过 DeepSeek 对该题分析, 其对每个选项做了详细解答, 若学生有不懂选项, 可深入分析。解析时, DeepSeek 构建物理模型, 将自然语言转化为数学表达, 建立带电粒子在交替磁场中的运动方程。这种结构化解析思路保证了分析科学性, 为后续程序编写与仿真验证奠定基础, 体现 AI 对复杂物理问题的深度理解与系统分析能力。DeepSeek 从识别物理条件开始, 建立运动模型, 完成文字到数学表达的转化, 展现 AI 处理复杂问题的系统性思维。分析中暴露出的学生理解难点, 为 Python 仿真设计与教学应用指明方向。仿真不仅是验证结果, 还将 AI 推理难点转化为可视化学习对象。

4. 基于 AI 编程的仿真实现与验证

4.1. AI 代码生成与试题场景搭建

基于人工智能技术的快速发展, 本研究采用先进的 AI 代码生成工具, 实现了对交替磁场问题的智能

求解与可视化。与传统的编程方式不同, AI 系统能够理解物理问题的本质, 自动生成符合教学需求的仿真程序。其操作流程如下:

1) 将题目文本输入 DeepSeek, 系统自动识别关键物理参数: 圆形区域半径 $R = 2\text{ m}$, 磁感应强度 $B = 1\text{ T}$, 粒子质量 $m = 1\text{ kg}$, 电荷量 $q = 1\text{ C}$, 初始速度方向沿直径 AC 从 A 点向右射入。

2) AI 系统基于对题目语义的理解, 自动生成完整的 Python 仿真代码。核心代码包括磁场分布函数的定义、粒子运动方程的数值求解方法以及可视化模块的实现。系统生成的代码结构清晰、注释完整。特别值得一提的是, 代码中包含了错误处理机制和参数验证功能, 确保之后进行仿真过程的稳定性和可靠性。

3) AI 生成的程序构建了如图 1 的仿真情景, 清晰地展示了交替磁场的空间分布特征。使用特定符号区分不同区域的磁场方向, 使用不同颜色标识粒子轨迹的不同阶段, 使用箭头标记速度方向的变化, 黑色圆圈标明了磁场区域的边界, 这种可视化增强了教学的直观性, 还可以帮助学生建立正确的物理图像。

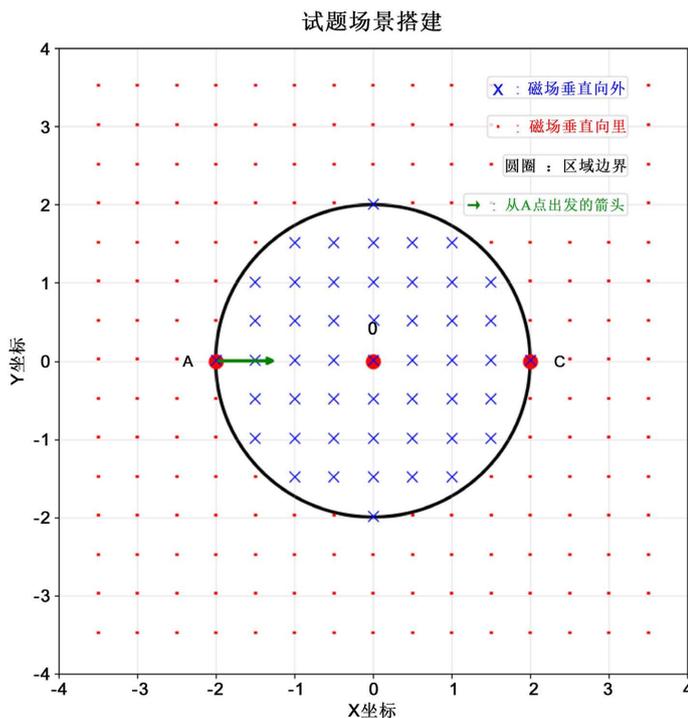


Figure 1. Scenario construction for test items
图 1. 试题场景搭建

4.2. 思路解析

1) 针对选项 C 提出的粒子连续两次由 A 点沿 AC 方向射入圆形区域的最小时间间隔问题, AI 系统基于洛伦兹力公式构建了专门的周期性运动分析程序, 并通过设置质量 $m = 1\text{ kg}$ 、电荷量 $q = 1\text{ C}$ 、磁感应强度 $B = 1\text{ T}$ 及圆形区域半径 $R = 2\text{ m}$ 等参数, 在确保计算可行性与结果代表性的前提下, 利用数值方法求解运动方程, 绘制了粒子在交替磁场中的完整轨迹。仿真结果验证了选项 C 的正确性, 程序具有良好的数值稳定性与精度, 适用于此类磁场运动分析。如图 2 展示了粒子完成一个完整周期运动的轨迹, 该轨迹由四段不同特征的圆弧组成, 分别用不同颜色标记, 各段轨迹上的箭头清晰显示了粒子在不同位置的速度方向, 帮助学生理解交替磁场对运动轨迹的影响。

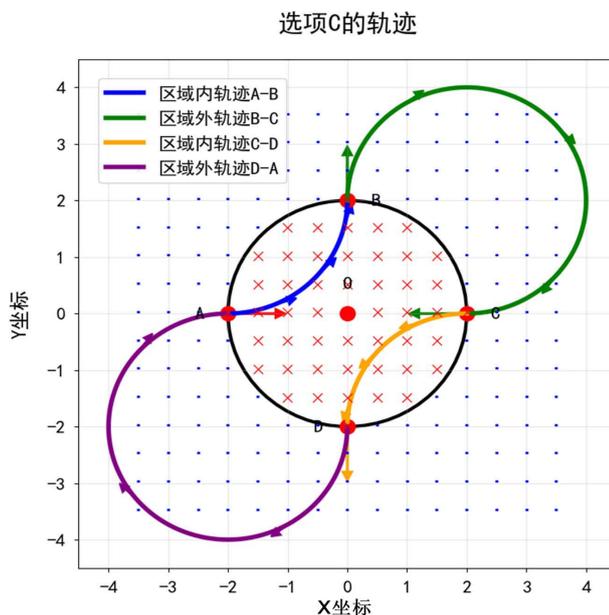


Figure 2. Trajectory of a charged particle for option C
图 2. 选项 C 带电粒子轨迹

2) 针对选项 D 提出的粒子从 A 点射入到从 C 点射出用时最短的最优速度问题, AI 系统构建了几何分析的轨迹仿真程序。基于理论分析, AI 识别出最优速度对应的关键几何关系: 粒子在磁场中的运动半径 $r = R \tan 30^\circ$ 。在仿真中, 系统设置 $R = 2.0 \text{ m}$ 、 $B = 1 \text{ T}$ 、 $m = 1 \text{ kg}$ 、 $q = 1 \text{ C}$ 等参数, 计算得到轨迹圆半径 $r \approx 1.155 \text{ m}$, 并通过精确的圆 - 圆交点计算确定各段轨迹的起止点。运行结果显示, 如图 3 运动轨迹呈现三段式对称结构, 且终点的速度方向分析揭示了运动不满足从 C 点沿径向射出的条件, 从而验证了选项 D 错误并得出正确答案。

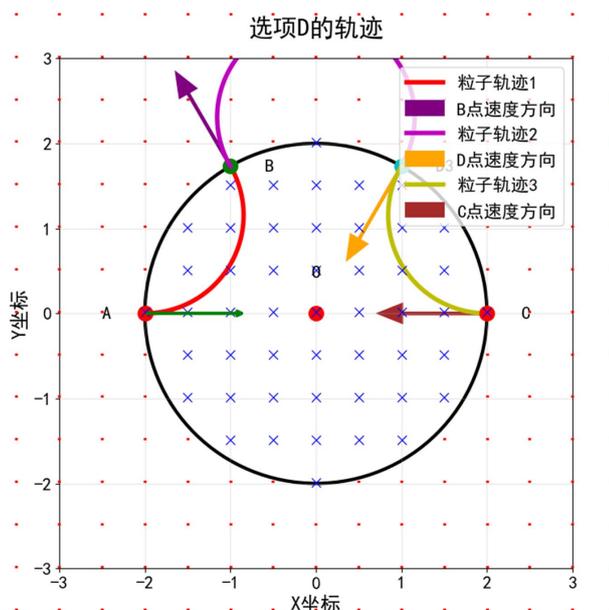


Figure 3. Trajectory of a charged particle for option D
图 3. 选项 D 带电粒子轨迹

4.3. 教学应用与效果验证

本研究构建的 AI + Python 仿真方案, 在高中物理教学实践中展现了显著的教育价值。从教学目标层面, 方案将传统知识传授转向过程探究与思维发展, 学生不再是被动接受“ $r = \frac{mv}{Bq}$ ”等公式结论, 而是通过动态可视化, 亲眼见证粒子速度、轨迹半径与磁场强度的实时关联, 将抽象的符号表征转化为鲜活的物理图景。

为科学验证本教学方案的实际效果, 本研究在黄冈市某重点中学开展了为期 4 周的教学实验。

1) 实验对象与分组

实验对象为高二年级两个物理平行班, 均为理科班, 每班 50 人, 共计 100 名学生。采用随机分组方式, 将其中一个班级设为实验组即使用 AI + Python 仿真教学, 另一个班级为控制组即采用传统板书和静态图讲解。两组学生在前期物理成绩、性别比例上无显著差异($p > 0.05$)。

2) 实验设计与周期

实验周期为 4 周, 每周 1 课时, 教学内容围绕“带电粒子在磁场中的运动”展开。实验组在教师讲解基础上, 辅以 AI 生成的 Python 仿真程序进行动态演示与学生自主探究; 控制组则沿用“教师讲解 - 例题演练 - 习题巩固”传统模式。

3) 评估工具与信效度分析

本研究采用自编《带电粒子在磁场中运动理解测试卷》(共 10 题, 满分 50 分)进行前后测评估。基础知识题考查洛伦兹力公式、轨道半径与周期公式的直接应用; 轨迹分析题要求学生判断粒子在均匀磁场及交替磁场中的运动路径, 并绘制典型轨迹示意图; 周期计算题涉及粒子在交替磁场中往返运动的周期与时间间隔分析; 综合应用题则模拟高考命题风格, 设置类似“最短时间路径”“最优入射条件”等情境, 考查学生运用几何工具与物理规律解决实际问题的能力。为保障评估工具的科学性, 邀请 3 位高中物理教师对试题内容效度进行评定, 一致认为试题能有效反映学生对核心概念的理解水平。对试卷进行信度分析, Cronbach's α 系数为 0.82, 表明试卷具有良好的内部一致性。

4) 数据分析与结果

实验前后, 对两组学生进行测试, 成绩如表 1 所示:

Table 1. Comparison between the experimental group and the control group

表 1. 实验组与控制组对比

组别	前测平均分(标准差)	后测平均分(标准差)	提升幅度
实验组	28.4 (5.2)	40.1 (4.8)	+11.7
控制组	27.9 (5.5)	33.6 (5.1)	+5.7

在涉及“交替磁场轨迹分析”与“最优路径理解”等难点题目的正确率上, 实验组后测比前测提升 42%, 而控制组仅提升 18%, 两组提升幅度差异显著。

5) 讨论与意义

根据图 4 和图 5, AI + Python 仿真教学不仅能显著提升学生对抽象物理概念的理解水平, 还能有效促进其科学探究能力的形成。动态可视化为学生提供了可操作的认知支架, 使其在“猜想 - 验证 - 修正”的探究循环中主动建构知识, 这符合建构主义与多元表征理论的核心主张。

在教学实施中, 教师设计了层次化的探究任务。基础任务要求学生通过修改初速度参数, 观察并解释轨迹圆半径的变化规律, 这对应了学生从“记忆公式”到“理解关系”的认知跃迁。进阶任务则引导学

生探索选项 D 的最优路径: 学生需先基于几何知识提出速度假设, 然后在仿真中验证, 并分析偏差原因。这一完整的探究循环, 训练了学生的科学推理与逻辑思维能力。学生访谈和反思报告也进一步支持了上述数据结论。多数学生表示“看到了原来想象不出的运动画面”和“理解了为什么要用几何方法找最短路径”, 这种从“抽象理解困难”到“具象认知清晰”的转变, 正是动态图像具象化抽象概念的直接证据。值得注意的是, 本方案大幅降低了技术应用门槛。教师无需编程基础, 即可利用 AI 生成的仿真代码开展动态演示; 学生即使没有代码经验, 也能通过调整预设参数进行自主探究。这种设计, 使得师生都能将注意力集中在物理本质的探索上, 而非工具使用本身。

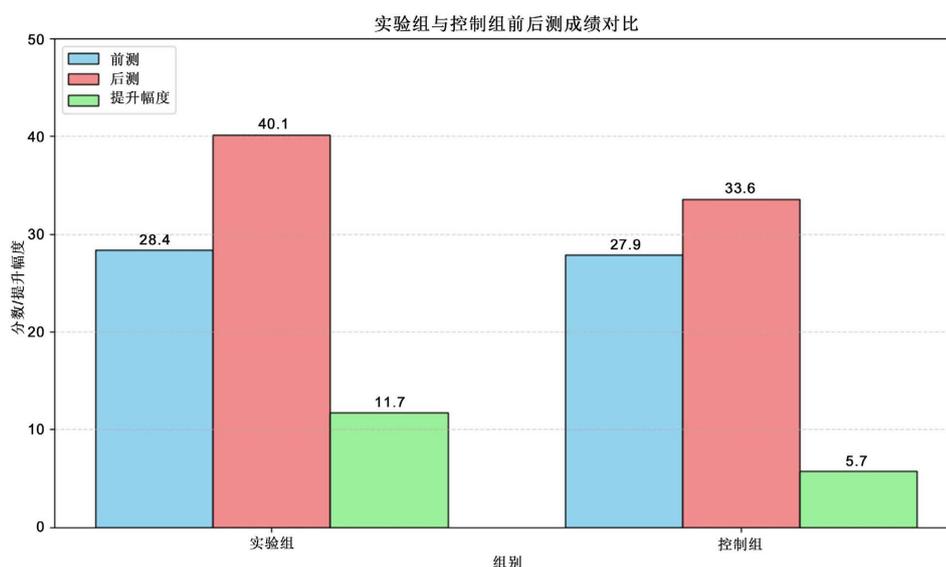


Figure 4. Comparison of pre-test and post-test scores between experimental group and control group
图 4. 实验组与控制组前后测成绩对比

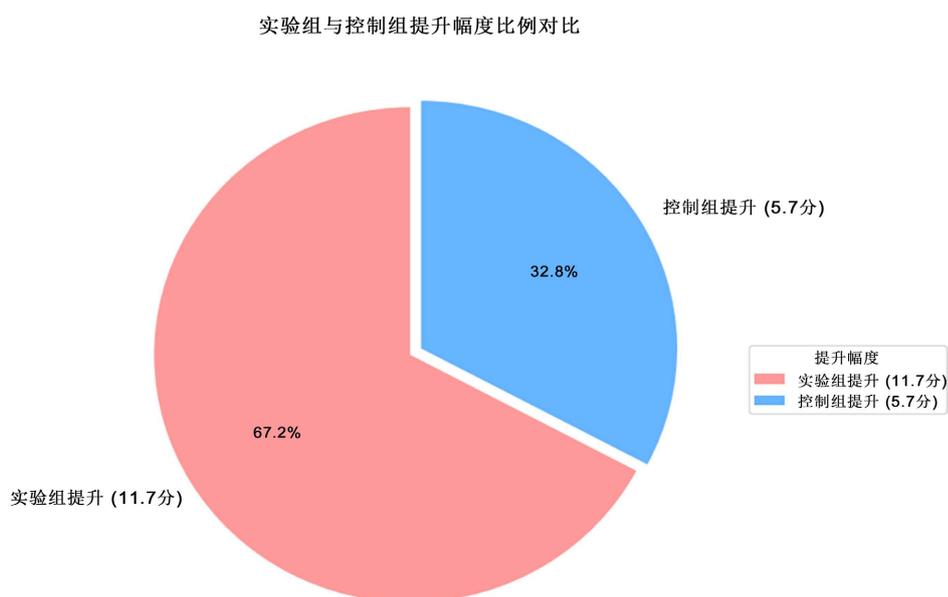


Figure 5. Comparison of the proportion of improvement magnitude between the experimental group and the control group
图 5. 实验组与控制组提升幅度比例对比

5. 结论与展望

本文基于人工智能技术构建物理问题求解系统, 实现对交替磁场中带电粒子运动问题的智能分析与轨迹仿真。通过结合自然语言理解和自动编程, 建立新型物理教学方法。在研究方法上, 将人工智能用于物理问题全过程求解, 系统先对题目文本进行语义分析, 识别关键物理参数, 再自动生成 Python 仿真程序。这种“理解-编程-验证”的路线, 既验证题目选项, 又提供复杂物理问题研究方法。系统生成的仿真程序能复现粒子运动轨迹, 弥补传统教学缺陷。

在教学实践中, 证实了 AI+Python 仿真促进概念理解与能力发展的有效性。动态可视化让学生建立符号公式与物理图景联系, 探究式任务培养学生多种能力, 实证显示学生在概念理解和探究能力上有显著提升, 为智能化物理教学提供案例。

在研究价值方面, 展示了人工智能在物理教育领域的优势。Python 仿真验证选项正确性, 展示轨迹特征, 解决具体物理问题, 展现智能技术处理复杂问题的能力, 提升学习效果。

展望未来, 以 Python 仿真为核心的高中物理教学要以促进学生深度理解物理规律为目标。一方面, 发展自适应仿真系统, 结合学生特点生成针对性可视化案例, 助其自主建构物理图景; 另一方面, 构建探究实践平台, 让学生通过操作形成对模型与原理的实质性理解。将仿真功能融入教学, 推动教学从知识传授转向思维赋能, 提升学生物理学习深度与素养。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 2-3.
- [2] 于刚, 贾志娟. 关于 ChatGPT 用于计算机辅助教学的探讨[J]. 互联网周刊, 2023(18): 58-60.
- [3] 张华锋. 生成式 AI 辅助“数据结构”教学研究——以 CodeGeeX 为例[J]. 互联网周刊, 2024(6): 73-75.
- [4] 陈静远, 胡丽雅, 吴飞. ChatGPT/生成式人工智能促进以知识点为核心的教学模式变革研究[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(7): 177-186.
- [5] 刘雪琳, 章钰琪, 董爱国. 基于 Python 的物理实验数据处理系统设计与实现[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(3): 74-78.
- [6] Lesh, R. (1987) Representations and Translations among Representations in Mathematics Learning and Problem Solving. In: Janiver, C., Ed., *Problems of Representation in the Teaching and Learning of Mathematics*, Lawrence Erlbaum Associates, 33-40.
- [7] 赵大伟, 易加斌. 建构主义学习理论视角下研究生“五位一体”课程思政体系研究[J]. 思想政治教育研究, 2023, 39(6): 79-86.
- [8] 张浩, 吴秀娟. 深度学习的内涵及认知理论基础探析[J]. 中国电化教育, 2012(10): 7-11, 21.
- [9] 崔北元, 李金良, 孙梅芳. 信息技术助力高中物理试题讲评可视化——以 Python 为例[J]. 物理教师, 2022, 43(7): 64-67.