

基于人工智能技术的智能化物理实验教学

姜涛, 刘兵

空军航空大学航空基础学院, 吉林 长春

收稿日期: 2024年5月8日; 录用日期: 2024年6月21日; 发布日期: 2024年6月30日

摘要

本文在智能化浪潮背景下, 结合物理实验教学当前存在的问题, 提出了人工智能(AI)赋能物理实验教学的创新模式——智能化物理实验教学。利用生成式AI模型助力学生知识技能提升, 促进实验理论融合; 运用AI处理实验中的常见问题, 提升实验效果; 构建智能实验管理体系并结合AI复杂体系模拟开展前沿实验研究, 拓展教学内容。给出了智能化物理实验教学的课程体系设计。分析了教师在智能化时代的重要引导意义。对未来物理实验教学结合AI的发展提供一定参考。

关键词

人工智能, 物理实验教学, 创新模式

Intelligent Physics Experiment Teaching Based on Artificial Intelligence Technology

Tao Jiang, Bing Liu

Basic Aviation College, Air Force Aviation University, Changchun Jilin

Received: May 8th, 2024; accepted: Jun. 21st, 2024; published: Jun. 30th, 2024

Abstract

In the context of the wave of intelligence, combined with the current problems in physics experiment teaching, an innovative model of AI empowering physics experiment teaching—intelligent physics experiment teaching is proposed. We suggest that generative AI models can be used to assist students in improving their knowledge and skills and promote the integration of experiments and theory; AI can also be utilized to handle common problems in experiments and improve experimental results. We also suggest that an intelligent experimental management system should be built and cutting-edge experimental research should be conducted by combining AI complex system simulation to expand teaching content. The course system design for intelligent physics expe-

periment teaching is provided. We analyze the important guiding significance of teachers in the era of intelligence and provide some reference for the development of combining AI with future physics experimental teaching.

Keywords

Artificial Intelligence, Physics Experiment Teaching, Innovative Model

Copyright © 2024 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

近年来, 人工智能的迅猛发展彻底改变了人类社会。在智能化浪潮中, 各行各业都致力于将传统行业智能化, 以寻求效率的提升。在经过几个标志性事件后, 比如在 2012 年, 基于深度神经网络研发的智能程序 AlexNet 在图像识别能力上实现重大飞跃[1]; 再比如在 2017 年, DeepMind 公司研发的围棋对弈程序 AlphaGo 击败世界围棋冠军柯洁等, 人类认识到了在未来唯有更好地利用 AI 才能在行业竞争中生存, 同时人类也看到了 AI 对效率的极大提升对于人类开拓更加光明未来的美好场景的可能性。尤其是近期, 生成式人工智能比如 ChatGPT 的发展, 更让人们意识到了 AI 的广阔应用场景。

在这样的背景之下, 教育行业也开启了和 AI 的融合过程。相关研究已经致力于将 AI 引入学生、教师、学校全链条管理中, 赋能教育行业发展[2] [3]。同时促进教育方式的改变以及教学思维的改变, 诸多新型教育工具比如智慧教室[4]、智慧校园[5]等智能学习平台等投入应用, 教学思维从传统模式过渡到强调计算思维[6]和人机协同能力[7]等人工智能素养的培养, 构建了智能化时代能力素质新模型[8]。

虽然 AI + 教育的研究已经很多, 但 AI + 特定学科教学的研究仍处于起步阶段。物理实验是理工科大学学生必修的基础课程, 物理学是一门实验科学, 因此物理实验课程对于学生科学逻辑思维的培养是至关重要的。本文将基于当前物理实验教学中存在的问题讨论 AI 对物理实验教学的积极影响。并提出智能化时代大学物理实验课程体系构建和配套平台搭建的合理措施, 为未来物理实验教学的智能化发展提供一定参考。

2. 当前物理实验教学可能存在的问题

运用 AI 对物理实验教学的改进应当从当前物理实验教学存在的问题出发。当前物理实验教学存在的主要问题有以下几点。

2.1. 理论知识与实验的融合不够

很多物理教学仍过于注重理论知识的讲授, 这和实验当中探索的学习思路是不同的, 有些学生在做实验时无法和理论知识有效结合, 学生既不能通过实验的操作对物理知识的学习起到积极的作用, 也未能结合理论知识加深对实验的理解从而很好的培养实践能力。

2.2. 教学方式和实验效果问题

实验教学方法和实验方案设计比较单一。这是由于在实验课上, 往往采用成套的教学用实验仪器, 学生只能在相应实验仪器上操作, 拓展性受到很大的限制[9]。同时, 由于实验器材容易老化, 实验室设施不完善, 实验教学仪器、材料不足等原因, 学生可能在实验中无法得到较为理想的结果。

2.3. 学生对实验不够重视

目前高校当中, 受到应试教育的影响, “重理论, 轻实验”现象比较常见, 学生对实验课不够重视[10]。学生在实验中缺乏主动性和创造性, 只是被动地按照教师的指导进行操作, 不利于培养学生的实验能力和科学态度。

2.4. 实验教学内容缺乏创新

目前的实验教学中, 大都采用开展几个项目进行教学的形式, 实验教学内容陈旧[11]。这一方面是受到实验条件的限制, 另一方面也受到学生知识结构的限制。

3. 利用 AI 对实验教学的改进——智能化物理实验教学

人工智能在物理实验教学中的应用主要体现在以下几个方面。

3.1. AI 在实验教学中的辅助作用

3.1.1. 实验方案的优化与多样化设计

生成式人工智能可用于实验方案的设计和 optimization, 针对当前实验项目有限, 从而导致实验内容拓展受限的问题, 采用 AI 实现实验方案的多样化设计, 从横向上拓展了实验教学内容。

3.1.2. 实验相关知识的梳理讲解

利用 AI 技术对学生的学习进度和能力进行评估[12], 为学生提供个性化的学习路径和资源推荐, 解答学生的实时提问, 在物理理论和实验之间搭建桥梁, 提升学生的学习效果。

3.1.3. AI 辅助实验室操作管理

在实验教学中, 实验室管理是极为重要的一环, 智能化时代的实验室管理可以在网络平台上构建 AI 辅助管理的实验室信息管理系统[13]。同时在实验操作过程中, 安全问题是不可忽视的。人工智能系统可以监控学生的实验操作过程, 并对其进行分析[14]。系统将错误操作信息反馈给学生, 并给老师提示。这不仅可以监督学生的实验过程, 还可以为学生提供相应的信息反馈, 方便实验结果的分析。

3.1.4. 实验数据处理与评估

AI 算法是一种强大的数据处理工具。将 AI 技术应用于实验数据处理并评估实验数据的质量[15], 进行自动评分; 不仅如此, 应用 AI 工具识别不良数据和剔除错误数据, 更好地拟合数据, 提升实验效果。

3.2. AI 对实验效果的提升

3.2.1. 利用 AI 图像识别算法提升实验效果

在很多实验中, 特别是在很多光学实验中, 由于仪器、环境等实验条件限制, 导致实验效果不理想, 比如牛顿环与劈尖干涉等实验中, 很多学生调节不出清晰的明暗相间的条纹, 导致实验效果不佳。图像识别和修复是 AI 应用最多的领域之一, 因此可以利用图像识别算法自动化实验过程以及优化实验结果。

3.2.2. 利用 AI 算法诊断电路等实验问题和故障

电学实验一般需要电路连线, 比如在电阻应变式传感器实验中, 需要分别连接单臂电桥、半桥和全桥电路, 出现错误后, 学生可能会花费过多的时间调节电路。AI 已经被应用于电路的故障诊断当中[16][17], 将 AI 电路诊断工具嵌入到实验仪器当中将大幅度提升效率。

下图 1 为在物理实验教学中 AI 所能起到的作用总结:

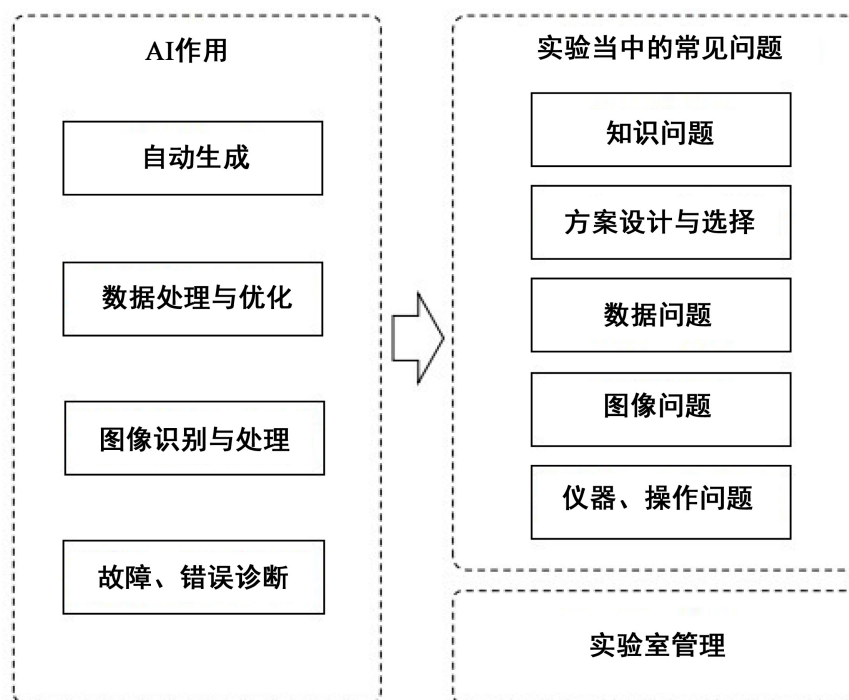


Figure 1. Summary of the role of AI in experimental teaching
图 1. AI 在实验教学中的作用总结

3.3. 基于 AI 的复杂物理过程模拟

人工智能模拟复杂物理过程的方式主要是通过构建精确的模型, 利用大量的数据进行训练, 以模拟出物理现象的变化规律。这种模拟可以包括粒子之间的相互作用、物质的运动规律、电磁场的变化等多个方面, 从而实现复杂多粒子体系比如流体、固体的精确模拟。这有助于展示形象生动的物理情景, 帮助学生理解相关的抽象物理知识和概念。同时也极大地拓展了实验的可操作性。

DeepMind 公司开发出了能够从数据当中学习模拟复杂系统的机器学习框架——基于图形网络的模拟器(GNS) [18]。该模拟器使用图形网络将场景表示为相互作用的粒子网络, 每个粒子都远大于分子, 并且它们可以相互传递有关其位置、速度和材料特性的信息。通过反复试验和比较预测值与传统物理引擎的预测值, 系统可以学习如何模拟这些粒子的行为, 并推广到从未见过的场景。类似于这样的技术将有助于在物理实验教学中引入更加复杂的场景, 实现更为接近前沿的实验教学内容拓展。此外, 在虚拟条件下, 一些特殊的环境和条件, 比如高压、高温, 极低温等特殊实验环境下的仿真实验也是可行的。

4. 智能化物理实验教学课程体系的探索

物理实验教学不同于理论教学, 智能化时代新的物理实验教学体系应当致力于将两者统合, 并驾齐驱, 帮助学生更好地吸收理解物理知识, 对物理学有更为全面的认识。

4.1. 研究项目的深化

当前很多高校都在基本实验项目之外, 拓展自主探究性实验项目。限于学生的知识基础, 这类探究性实验项目的深度和广度都受到很大的限制。AI 有助于帮助突破这一限制。因此在当前的基础实验项目之外, 拓展研究性实验项目, 引导学生利用 AI 技术开展自主研究, 更加深度地探究所选实验项目课题。自主研究可以和物理理论研究一同展开, 从而促进理论实验的融合。

4.2. 实验室与课程进度管理

在 AI 工具的帮助下, 实验室管理更具灵活性与开放性。智能化的物理实验课堂应该加强学生上课的自主性, 充分发挥学生自主能动性, 这样做一方面能提高学生的主动性, 提高学习效果。可以将实验室在特定时间内自由开放, 鼓励学生按自己时间自由探索, 只要在规定时间范围内做完必做实验, 并完成实验研究即可, 为了确保学生不在截止日期前突击完成任务, 可将实验任务按阶段划分, 分阶段考核。智能化的实验室管理系统可以避免管理上的混乱。

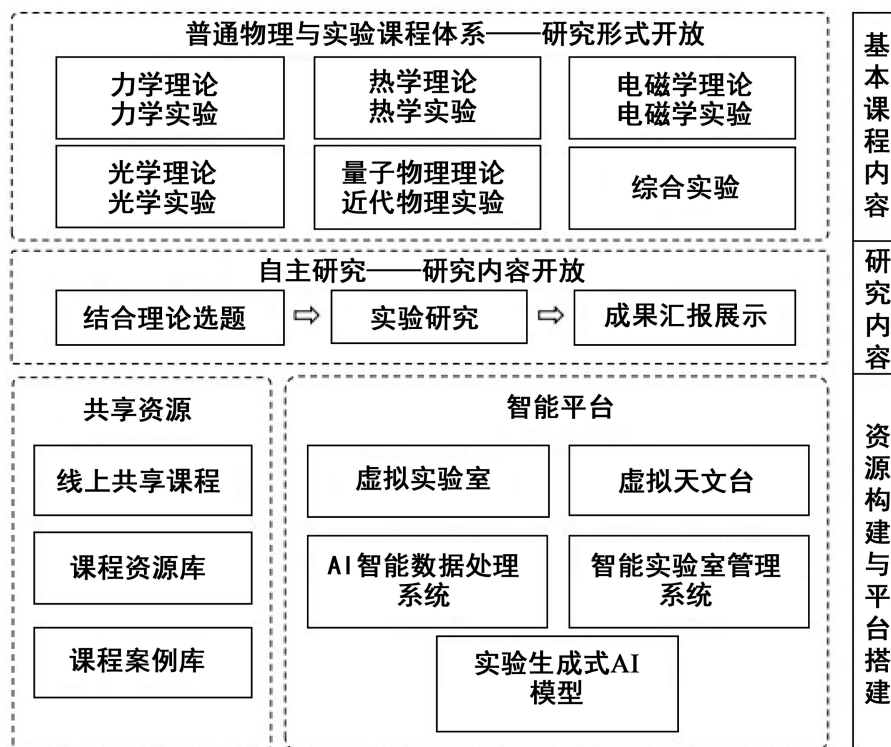


Figure 2. A possible teaching model for intelligent experimental teaching
图 2. 智能化实验教学的一种可能模式

在图 2 给出了智能化物理实验教学的一种可能的教学模式。课程基本内容以当前的实验内容为主, 增强和理论之间的对应关系。增加自主研究内容, 并做好和理论课程的沟通, 结合理论选题, 开展实验研究, 并在课程结束时结题汇报。构建资源库和智能平台支撑基本教学内容和研究内容。比如在课程资源和案例库当中建设选题方案资源, 帮助学生选题。通过智能平台完成深入课题的研究。训练针对实验的生成式语言大模型, 实时解答问题, 提供帮助。

在基础课程内容中, 采用开放的研究方式, 即让学生按照自己时间自由完成实验; 而在自主研究当中, 研究内容是开放的, 这充分体现出智能化物理实验教学的开放性和自主性。

5. 智能化教学时代教师的角色与作用

随着教学智能化的进展, 教师在教学中的角色定位也发生了重大的变化。在传统教学当中, 教师的知识结构相对于智能化时代变化较慢。智能化浪潮推动教师向学习型、协作型等方向变化[19]。教师的作用也逐渐多元化, 这表明, 教师在智能化教学时代的作用不是减弱, 而是加强了。教师承担的任务更加多样化, 也更具挑战性。从新时代实验教学中教师起到的作用来说, 教师承担着多重角色[20]。在应用

AI 的物理实验教学中, 教师的角色定位应当首先基于对当前的 AI 工具的认识。

5.1. 对 AI 的认知

当前的人工智能仅是弱人工智能, 仅作为一种工具使用, 起到辅助的作用, 在任何情况下, AI 也不会取代人的中心地位。科学研究和科学学习是非常复杂的过程, 需要教师作为基本的设计者和引领者, 引导学生进行学习, 因此教师应当成为 AI 学习方式中的 AI 专家和教育专家。

5.2. 教师的角色作用分析

教师和学生在教学活动中占有绝对的主体地位, 这一主体地位在教师而言体现在其角色作用上。可以将教师的作用总结为:

- 1) 方案设计者, 设计和监督学生的自主研究方案;
- 2) 研究引领者, 对学生的研究和学习及时做出指导;
- 3) 工具指导者, 引导学生应用哪些工具以及如何使用比较有效;
- 4) 资源的拓展者, 通过自身研究或更加广泛的知识面, 提供更多的可选资源, 并建设实验室平台等相关资源;
- 5) 错误利用 AI 的分辨者, 比如有些学生利用 AI 代替自己完成学习任务、写论文等行为, 教师要及时分辨这些行为并进行纠正。

总之, 教师应当起到良好的引导作用, 促使师生批判地使用 AI 技术[21], 让 AI 在教学过程中发挥好的作用[22]。

6. 结语

当前, 很多高校都在探索新的物理实验教学方式, 结合 AI 技术进行教学和实验室管理无疑是其中的一个重要方面, 也是未来的大势所趋。在智能化时代, 教育将朝着提高人的创造性和开放性的方向发展。AI + 各学科教育的目标就在于培养智能化时代的人。熟练使用 AI 工具, 发挥自身的创造力将成为必备技能。本文基于这样的发展趋势, 提出了面向未来的物理实验教学模式, 该模式强调以 AI 技术为工具, 培养学生创造力和自主探究能力, 着力构建开放式的课程体系配合创造力和个性化培养, 对未来物理实验教学的发展具有一定的指导作用。

参考文献

- [1] 朱晓宁. 深度神经网络在图像识别中的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2019.
- [2] 刘嘉豪, 曾海军, 金婉莹, 等. 人工智能赋能高等教育: 逻辑理路、典型场景与实践进路[J/OL]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2024, 44(3): 11-20. <https://link.cnki.net/urlid/61.1329.C.20240223.1228.002>, 2024-02-26.
- [3] 王瑞. 人工智能赋能高校继续教育的发展新范式[J]. 继续教育研究, 2024(3): 12-16.
- [4] 陈芳. 基于人工智能的智慧教室平台设计与实现[J]. 现代电子技术, 2019, 42(9): 183-186.
- [5] 赵磊磊, 代蕊华, 赵可云. 人工智能场域下智慧校园建设框架及路径[J]. 中国电化教育, 2020(8): 100-106+133.
- [6] 罗海风, 刘坚, 罗杨. 人工智能时代的必备心智素养: 计算思维[J]. 现代教育技术, 2019, 29(6): 26-33.
- [7] 李冀红, 庄榕霞, 年智英, 等. 面向人机协同的创新能力培养——兼论面向智能时代的创造性人才诉求[J]. 中国电化教育, 2021(7): 36-42+61.
- [8] 蔡迎春, 张静蓓, 虞晨琳, 等. 数智时代的人工智能素养: 内涵、框架与实施路径[J/OL]. 中国图书馆学报. <https://link.cnki.net/urlid/11.2746.G2.20240219.1413.002>, 2024-02-20.
- [9] 熊宏齐. 虚拟仿真实验教学助推理论教学与实验教学的融合改革与创新[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(5): 1-4+16.

- [10] 张宾. 高校物理实验教学改革研究[J]. 科技创新与生产力, 2010(11): 69-70+75.
- [11] 梁贵谦. 高校物理实验教学分析与发展思路[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2014, 30(6): 194-195.
- [12] 李慧慧. AI 自适应学习系统应用于检测学生知识掌握情况——以人教版物理八年级第九章《压强》为例[J]. 湖南中学物理, 2019, 34(11): 27-29.
- [13] 韩立业, 张佩文, 陈晓曼. 实验室信息管理系统人工智能化研究进展[J]. 电子质量, 2022(10): 17-20.
- [14] 刘洁怡, 周佳社, 王新怀, 等. 人工智能开放式实验室建设与管理探索[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(3): 252-255+265.
- [15] 赵爱慧, 武迪, 袁中果. 人工智能+物理的跨学科课程设计与实施——基于机器学习的物理实验数据分析[J]. 中国信息技术教育, 2021(5): 66-70.
- [16] 张建民, 何怡刚, 龙佳乐. 基于人工智能的电力电子电路故障诊断[J]. 科学技术与工程, 2007(9): 2058-2059+2081.
- [17] 宋芷莹. 人工智能在电力电子电路故障诊断中的应用[J]. 现代经济信息, 2015(16): 350.
- [18] Sanchez-Gonzalez, A., Godwin, J., Pfaff, T., *et al.* (2020) Learning to Simulate Complex Physics with Graph Networks. *ICML20: Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning*, 13-18 July 2020, 8459-8468.
- [19] 刘建华, 张育颖. 人工智能时代教师的角色定位及重塑[J]. 教育评论, 2023(8): 109-115.
- [20] 郭庆, 乔翠兰. 来路与进路: 5G 时代物理实验教学新样态[J]. 物理通报, 2021, 50(2): 2-6+10.
- [21] 谷亚. 人工智能时代学校教育审视: 以批判教育学为方法[J]. 中国电化教育, 2023(11): 11-17+36.
- [22] 吴永和, 吴慧娜, 陈圆圆, 等. 推动人工智能向善发展: 教育与人工智能共同的责任[J]. 中国电化教育, 2024(1): 51-58.