利用ChatGPT 和 Bing Chat 作为供思考之用的对象来增强 STEM 学习：案例研究

Marco Antonio Rodrigues Vasconcelos PPGECIM - 科学与数学教育博士项目 ULBRA – 巴西路德大学 电子邮箱：klavdianyves95@gmail.com

Renato P. dos Santos CIAGE – 认知与教育生成式人工智能中心 ULBRA – 巴西路德大学 电子邮箱：RenatoPSantos@ulbra.edu.br

角色：

RPdS 通过提供创意、制定总体研究目标以及设计本研究的方法论，为论文作出了贡献。RPdS 还负责监督研究活动的规划与实施，并为各位研究者提供指导。此外，RPdS 运用形式化技术对研究数据进行了分析与综合。最后，RPdS 在已发表成果的准备、创作和展示过程中发挥了关键作用，具体包括撰写初稿并提供实质性的翻译支持。

MARV 通过开展实验并收集数据和证据，在研究与调查过程中发挥了关键作用。此外，MARV 通过修改初稿并提供宝贵建议，为已发表作品的准备、创作和呈现做出了重要贡献。

利益冲突声明

作者没有需要声明的利益冲突。所有共同作者均已审阅并同意稿件内容，且没有需要报告的经济利益。我们证明该投稿为原创作品，目前未在任何其他出版物处于审稿中。

资金支持

本项目未获得任何外部资助。研究完全由作者所在的机构提供支持。

通过以下方式提升科学、技术、工程和数学学习 将 ChatGPT 和 Bing Chat 作为供思考之用的对象：案例研究

摘要

本研究采用建构主义理论框架，探讨 ChatGPT 和 Bing Chat 这类先进对话式人工智能作为“供思考之用的对象”的潜力。此类资源能够促进反思性思维、批判性思维和概念理解，从而提升STEM教育。本研究采用单案例研究方法，分析学生在模拟STEM学习体验中与这两种人工智能系统进行互动的大量记录。结果凸显了 ChatGPT 和 Bing Chat 在帮助学习者发展反思性思维、批判性思维、创造力、问题解决技能和概念理解方面的能力。不过，将人工智能融入协作学习和其他教育活动至关重要，同时也必须应对潜在局限，例如对人工智能信息准确性的担忧、人工智能信息的可靠性问题，以及人际互动的减少。本研究得出结论：从建构主义视角来看，ChatGPT 和 Bing Chat 作为供思考之用的对象，为通过变革STEM教育开辟了前景广阔的途径，并能促进学习者参与包容且易于参与的学习环境。

关键词：ChatGPT；Bing Chat；生成式人工智能；教育中的人工智能；供思考之用的对象

对文献的贡献

- 本研究通过探讨 ChatGPT 和 Bing Chat 在提升科学、技术、工程和数学学习体验方面所发挥的作用，填补了当前文献中的空白。
- 本文探讨了在STEM教育中将ChatGPT和Bing Chat用作供思考之用的对象，即促进反思与批判性思维、问题解决技能和概念理解的资源，为该领域提供了全新的视角。
- 本文呈现并分析了学生与 ChatGPT 和 Bing Chat 大量互动的记录，为了解 AI 辅助 STEM 学习体验提供了宝贵的数据。
- 本文强调，ChatGPT 能够通过在包容且易于参与的学习环境中促进批判性思维、问题解决和积极参与，推动 STEM教育转型。

引言

对培养批判性思维和协作技能的重视，推动了人们对创新教育提升方法的兴趣。基于技术的工具，尤其是在 STEM教育领域，正日益受到关注。人工智能和自然语言处理领域的进步，为将技术融入教育环境创造了机遇，尤其是在STEM领域（Okonkwo 和 Ade-Ibijola，2021年）。

Khosrawi-Rad 等人（2022）强调了聊天机器人的教育优势，例如随时可用和可扩展性。Kuhail 等人（2023）认为，聊天机器人能够通过提高参与度、实现个性化、为教育工作者提供支持以及洞察学习者情况，彻底改变教育，尤其是在科学、技术、工程和数学领域，因为量身定制的支持在这些领域大有裨益。

在此背景下，生成式人工智能驱动的聊天机器人（生成式人工智能机器人）作为教育工具，近年来在科学、技术、工程和数学学习领域引起了广泛关注；其中，OpenAI 的 ChatGPT 是典型代表，Microsoft 的 Bing Chat 紧随其后（Baidoo-Anu & Owusu Ansah，2023）。这些生成式人工智能机器人能够以自然语言与用户进行令人信服的对话，因此已成为可用于补充传统教学实践的有前景工具。

ChatGPT 最显著的影响或许在于，使用者无需掌握任何编程语言；只需用自己的母语与它“交谈”，它便会用使用者的语言——或其选择的任何其他语言——作出回应！毫无疑问，这是 ChatGPT 在发布仅两个月后便吸引了 1 亿名普通用户接触人工智能的主要原因之一（Milmo，2023），其中学生占了相当大的比例。

OpenAI 的 ChatGPT[1]，基于 GPT 自然语言处理技术，利用海量互联网文本数据生成类人回复（Radford 等，2019）。微软的 Bing Chat[2],基于 GPT-4，是对传统搜索引擎的革新，兼具搜索引擎和聊天机器人的功能（Mehdi，2023）。它可直接访问互联网，提供及时且信息丰富的回复。

GPT-4（OpenAI，2023年）展现出令人印象深刻的语言生成和用户交互能力，促使研究者探讨将生成式人工智能机器人作为供思考之用的对象应用于科学、技术、工程和数学教育。供思考之用的对象能够促进认知、反思以及对复杂概念的理解。本研究考察生成式人工智能机器人在提升科学、技术、工程和数学学习方面的有效性。作为主动的行动者，生成式人工智能机器人能够影响学习者的

[1] https://openai.com/
[2] https://www.bing.com/new

理解、借助 ChatGPT 和 Bing 开展探索与反思性对话聊天，生成新的洞见。正如本文后文将看到的，这些生成式人工智能机器人可以作为“‘思考工具，”即促进反思性思维和批判性思维以及概念理解的资源，正如 Papert（1980年，第 11 页）所提出的

本文展示了一项案例研究，主要探讨生成式人工智能机器人能否有效充当供思考之用的对象，从而显著提升学生在STEM学科中的参与度、知识获取、反思性思维和解决问题的能力。

本文结构安排如下：首先，通过简要的文献综述，探讨生成式人工智能机器人在教育领域，尤其是在STEM学习中的相关性。其次，介绍支持本研究的建构主义理论框架。随后，概述案例研究的研究方法，详细阐述定性研究设计、参与者选择、数据收集工具以及数据分析技术。接下来的章节将呈现本研究的发现、讨论与结论，重点强调生成式人工智能机器人作为供思考之用的对象在促进STEM学习方面的意义，并指出未来研究的潜在方向。

文献综述

由于人工智能驱动的聊天机器人是一个相对较新的主题，可供全面综述的相关文献有限。因此，本研究的文献综述聚焦于传统聊天机器人，旨在从中获得有价值的见解和基础性认识，并将其应用于人工智能驱动的聊天机器人及其在教育情境中的潜在影响和益处。

Okonkwo 和 Ade-Ibijola（2021年）回顾了53篇有关教育聊天机器人的文章，探讨了其优势、挑战及未来研究方向。其优势包括信息存储、个性化学习和即时支持，而其局限性则包括伦理评估和用户态度。Kuhail 等人（2023年）分析了36篇论文，发现聊天机器人主要基于网络，并应用于多个不同学科领域。评估结果表明，聊天机器人能够改善学习效果，但在数据集训练和可用性方面仍面临挑战。基于 GPT-4 模型的聊天机器人，如 ChatGPT 和 Bing Chat，在克服这些挑战方面取得了显著进展。Wollny 等人（2021年）回顾了74篇出版物，指出了若干研究机会，例如扩大聊天机器人的评估范围、考察学习者的信息需求，以及研究聊天机器人在教育用途方面的适应性。本研究针对其中一些问题展开探讨。

通过评估 ChatGPT 和 Bing Chat 的认知影响，并考察它们在促进 STEM教育方面的适应性。

如下一节所述，Papert（1980）和 Turkle（1984）提出的理论框架，为深入理解 GenAIbot 在科学、技术、工程和数学学习中的应用提供了宝贵见解。

理论框架

供思考之用的对象

我们的讨论以建构主义为基础。建构主义是一种强调动手实践和体验式学习的学习理论。这种方法与 STEM领域 尤为相关，因为学生需要培养实践技能，并将理论概念应用于现实世界的挑战。

我们讨论的核心概念之一是 Papert 提出的“供思考之用的对象”，指的是“学习者可用来探索并加深对特定概念或领域理解的任何工具或资源”（1980年，第 11 页）。供思考之用的对象这一概念，旨在描述特定工具或物品如何助力个体学习和认知发展，培养反思能力、批判性思维、问题解决技能和概念理解，从而使人们能够探索观点并发展新颖的思考方式（Papert，1980年）。各类物品都可以成为供思考之用的对象，包括扑克牌、照片、校园地图、便利贴、乐高积木、相机、智能手机、仿真软件，尤其是生成式人工智能机器人。

Turkle（1984）将供思考之用的对象视为认知工具，认为它们有助于问题解决、批判性思维和创造力。这些认知人工制品在社会与个体世界之间连接起抽象知识与感官知识（Turkle，2007）。Turkle（2007）指出：“我们借助自己所爱的对象思考；我们爱上自己借以思考的对象。”作为现代实例，生成式人工智能机器人引发人们对根本性主题的思考，并让自我反思变得饶有趣味，从而吸引人们与之互动。用 Papert 的话说：“思考思考本身，会使儿童成为认识论学家；这种体验甚至并非大多数成年人都曾拥有。”（Papert，1980年，第19页）。借用 Turkle 的说法，生成式人工智能机器人是“元认知机器”，因为它们会影响我们思考自身思维的方式（1984，第17页）。

Taylor等人（2022）强调，教育研究需要认识到聊天机器人的能动性，并为改进实践提供见解。他们认为，包括聊天机器人在内的物体会主动塑造我们对世界的理解，这与后人类主义

理论强调人类与非人类之间的纠缠关系（Haraway，1990）。Swan（2015）谈到一个未来世界，其中多物种智能能够富有成效地共存，涵盖从“经典”未增强的人类、增强人类到多种形式的生成式人工智能。

Mollick 和 Mollick（2022）认为，生成式人工智能机器人能够应对课堂挑战，例如促进迁移、纠正高估的理解程度，以及培养批判性评价。然而，学生使用生成式人工智能机器人时应保持谨慎并运用批判性思维，因为它们可能会“产生幻觉”，即捏造事实和参考资料（OpenAI，2023年，第 6 页），或在数学计算中给出错误答案。它们不能替代 Google、计算器或 Alexa；而试图为错误回答寻找理由，可能会导致错误解释。

然而，正如 Mishra 等人（2023）所解释的，向 GPT 这类语言模型提供通俗语言指令的过程称为提示，对于普通用户而言，要创建能够持续产生一致结果的完美提示词并非易事。Mollick（2023）强调，最好的学习方式是将人工智能用作伙伴和教师，尝试不同的提示词，并与人工智能展开对话：向它提问、提供反馈，并促使它不断改进。不过，这种连续反思与互动的过程，也是将生成式人工智能机器人用作供思考之用的对象的一部分。

聊天机器人生成教育性自然语言回应的有效性已得到充分证实（Okonkwo 和 Ade-Ibijola, 2021年；Sabzalieva 和 Valentini, 2023年）。ChatGPT 擅长生成类人回应（Franciscu, 2023年），展现出在科学、技术、工程和数学学习应用方面的潜力。生成式人工智能机器人能够促进个性化、自适应和协作学习（Dillenbourg, 1999, p. 1），鼓励不同背景的学生分享想法、共同学习。它们还能够促进主动学习，生成科学、技术、工程和数学的示例与练习题，帮助学生加深对复杂科学、技术、工程和数学概念的理解。

因此，在科学、技术、工程和数学教育中，将生成式人工智能机器人作为供思考之用的对象，可以营造更具包容性、创造性和协作性的学习环境，促进探索与创新。使用生成式人工智能机器人，学习者能够参与复杂概念的学习、获得新的见解、反思自身理解、提出问题、即时获得反馈，并探索多元视角。

材料与方法

本节阐述本案例研究所采用的研究方法。本研究旨在探明生成式人工智能机器人这一先进语言

模型，在作为一种可供思考的对象时，能在多大程度上促进科学、技术、工程和数学学习。为确保研究严谨，我们采用了定性研究设计，深入探讨参与者的经历与认知。

为全面了解学生在STEM学习中将生成式人工智能机器人作为供思考之用的对象时与其进行的互动，本研究采用了探索性整体单案例研究设计，并设置了两个嵌入式单元，即ChatGPT和Bing Chat。根据Yin（2011）提出的原则，该方法能够分析这些单元之间的互动。所采用的方法有助于深入探索真实情境中的复杂现象，并为理解学生与生成式人工智能机器人互动的动态及复杂性提供了宝贵洞见，其中包括学生与ChatGPT和Bing Chat的具体互动。

参与者

由于将ChatGPT或Bing Chat作为思考工具这一概念相对新颖且具有创新性，因此很难找到既愿意又准备好将其纳入课堂进行实验的教师。本研究未涉及任何真实学生。相反，首席研究者及其研究生——该研究生正在攻读科学、技术与工程博士学位——在巴西中学担任科学、技术、工程和数学教师，并在随后的互动环节中扮演学生。作为科学、技术、工程和数学教师，他们从教学角度提供了宝贵洞见。然而，为保护隐私，他们将被随机标记为P1和P2。

研究程序

使用生成式人工智能机器人，目的并非提出一系列彼此无关的问题，让它们给出现成的答案。相反，将生成式人工智能机器人作为思考工具，是为了让学生围绕特定主题进行反思与探索，从而促进深入理解。这个过程类似于哲学对话，包含一系列动态互动并提供实时反馈，每次回应都会促使用户进一步反思、提升解决问题的能力，并培养更深刻的理解。

与 ChatGPT 相比，Bing Chat 不会保留每次聊天期间的对话记录。这意味着很难保存学生

与提示词和回复的交互序列，以供后续分析。此外，Bing Chat 不会告知其版本号或发布日期。

参与者开展了几次活动，通过与 ChatGPT 和 Bing Chat 互动，模拟科学、技术、工程和数学学生的学习体验。这些生成式人工智能机器人提供了个性化教学、问题解决支持，并帮助参与者反思 STEM 概念。

基于前文对提示的讨论，我们的方法受到这样一种观点的影响：与 AI 学习的最有效方式，是将其视为伙伴和教师（Mollick，2023年）。为了优化互动，我们尝试了各种提示词，向生成式人工智能机器人提供反馈，并促使它们改进。最终，我们确定采用 2nd session 中的提示词，同时也意识到这未必是最佳选择。

研究工具

本研究采用了两种主要的数据收集工具：

- 生成式人工智能机器人互动日志：收集参与者与生成式人工智能机器人互动的日志，记录他们使用提示词和接收回复的互动过程，以便后续分析交流内容、质量和性质。

- 反思日志：参与者在整个研究过程中持续撰写反思日志，记录他们在科学、技术、工程和数学学习活动中使用生成式人工智能机器人时的体验、挑战和学习成果。

数据分析

首先，研究者通过反复阅读生成式人工智能机器人的互动日志和反思日志，熟悉数据。随后，对这些材料进行分析，以识别反复出现的主题和模式，从而阐明参与者认为生成式人工智能机器人作为思考工具对科学、技术、工程和数学学习产生的影响。最后，通过成员核查，将初步研究结果分享给参与者，让他们确认、完善或质疑彼此对研究者解读的理解。

结果与分析

本节以摘要形式呈现生成式人工智能机器人的互动日志（完整日志可在 figshare 上查阅[3]）。此外，还分析了参与者通过与 ChatGPT 和 Bing Chat 互动，模拟科学、技术、工程和数学学生学习体验的各场次研究结果。

本研究旨在探究 ChatGPT 和 Bing Chat 在促进科学、技术、工程和数学学习方面的有效性。研究方法中融入了同理心，使研究者能够像学生一样行动并理解他们的观点。

1st 第 1 场——质量和体积

生成式人工智能机器人：Bing Chat
模型：GPT-4（？）

发布日期：暂无

参与者：P1

使用时间：2023年4月22日。

提示词和生成的文本（为方便起见，译自葡萄牙语）

本研究探讨了学生与教师的另类概念及其对有意义学习的影响之间的交汇点。因此，此处的目的是向 GenAIbot 学习，而不是寻找如何教学的答案。

P1：下午好！我想进行一次前测，以诊断学生的另类概念。主题：物质。你有什么想法吗？

Bing Chat：我明白了。诊断性前测是评估学生另类概念的重要工具。诊断工具的构建可以依据多位研究者在文献中已识别出的另类概念，涉及化学、物理学、生物学和地质学概念。以下是一篇或许能帮助你更好地了解这一主题的文章：*https://www.scielo.br/j/er/a/RmGBrVJVsnBFgVhrqv7MjXg/?format=pdf*。希望能有所帮助！

Bing Chat 获悉了进行学生观念诊断性前测的意愿。其回应是肯定的，并被视为评估学生观念的宝贵工具。建议的主题是“物质及其定义”。然而，Bing Chat 提供的题为“另类观念与生物学教学：如何在教师初任培训中使用差异化策略”的文章，并未被研究者认为有趣或具有激励性，对学生而言更是如此。

[3] https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22723862.v1

P1：我想在这里开始一场关于学生对“物质”这一主题的观念的对话。我想了解你我之间的这场对话将如何展开。可以吗？

Bing Chat：当然！我们可以聊聊。你想了解学生对物质有哪些观念？

P1: 例如：用你自己的话解释“质量”和“体积”这两个词的意思。让 *`s star t?*

Bing Chat：当然！质量是物体所含物质的量。它是一种不受物体所在位置影响的属性，单位是千克（*kg*）。体积是物体所占据的空间。它是一种可能随物体所在位置而变化的属性，单位是立方米（*m3*）。希望这能帮到你！*:)*

P1：我认为你给出的概念与学生的观念并不一致。假设你是一名学生，你会怎么回答？

Bing Chat：我明白了。假设我是一名学生，我会说，质量就是物体的重量，而体积就是物体的大小。这是学生对这些概念最常见的另类概念。希望这能帮到你。

目前尚不清楚 Bing Chat 是否能够辨别对话者的熟练程度。为此，有人请求 Bing Chat 与研究者进行一段对话。随后，研究者询问了质量和体积的定义，但得到的答案与大多数教科书和网站上的说法相同，并不符合学生的概念。研究者将这一情况告知 Bing Chat，并要求它以学生的身份表达自己的理解。于是，Bing Chat 将质量换成了重量，将体积换成了物体的大小，反映了学生通常的理解。

P1：哦，现在更接近学生的概念了。沿着这个思路，假设你是一名学生，你能举出两个现实生活中涉及质量和体积的情境吗？

Bing Chat：当然！一个需要关注重量的情境是你想知道某个物体有多重的时候。例如，如果你在超市买水果，可能会想知道水果的重量，这样就知道要付多少钱。一个需要关注体积的情境是你想知道某个物体占据多少空间的时候。例如，如果你买了一个盒子来装东西，可能会想知道盒子的体积，以确认东西是否装得下。希望这能帮到你！

随后，研究者要求提供与质量和体积相关的日常实例，但 Bing Chat 再次将质量与重量联系起来，并将体积解释为物体所占据的空间。

P1: 我不太理解你提供的关于质量和体积的例子。要知道一种水果的质量和体积，只要称一下它就够了吗？你能提供一些反例吗？

Bing Chat：很抱歉造成了混淆。事实上，物体的重量是作用于物体上的引力大小的度量单位，以牛顿（*N*）为单位。质量是物体的一种属性，不受物体所处位置的影响，以千克（*kg*）为单位。一个质量很重要的情境是，当你需要知道一个物体含有多少物质时。例如，如果你要制作蛋糕食谱，就需要知道要使用多少面粉。为此，你可以测量面粉的质量。一个体积很重要的情境是，当你需要知道一个物体占据多少空间时。例如，如果你要买一个盒子来装东西，你可能需要知道盒子的体积，以确保你的物品能够装进去。希望我已经解答了你的疑惑！

P1: 现在我扮演一名学生，我有些不明白。引力、牛顿，质量是一种不受物体所处位置影响的属性。但是，如何测量面粉的质量呢？

Bing Chat：要测量面粉的质量，可以使用电子秤称量食谱所需的面粉。质量的计量单位是千克（*kg*）或克（*g*）。另一种方法是使用量杯或量匙来量取面粉。不过，重要的是要记住，面粉的密度会因种类和品牌而异，这会影响食谱所需的面粉量。

P1：我觉得理解质量和体积变得越来越复杂了。这是不是意味着我可以用杯子测量面粉的质量？你提到了面粉的密度。你是什么意思？

Bing Chat：是的，你可以用量杯或量匙测量面粉的质量。不过，重要的是要记住，面粉的密度会因种类和品牌而异，这会影响食谱所需的面粉量。密度是一种物理性质，用来描述物体的质量与其体积之间的关系。它的计量单位是千克每立方米（*kg/m3*）或克每立方厘米（*g/cm3*）。

Bing Chat 作为学生与课堂上缺少教师之间的互动，可能会给学习带来问题。这就像虚假新闻的传播，学生复制粘贴错误或不完整的概念，使教师之后难以纠正。当 Bing Chat 给出强化科学界认可的质量和体积概念的例子时，研究者要求它提供反例。随后，Bing Chat 提供了反映该学生另类概念的例子，但也纳入了“密度”这一新概念。

P1： 我开始与你讨论的主题是物质。但由于你的建议是一篇文章，我选择了质量和体积的定义。随后你提到了引力、牛顿和密度。那么，你究竟如何看待物质、质量和体积？

Bing Chat：物质是任何具有质量并占据空间的东西。质量是物质的一种属性，用于衡量物体所含物质的多少，单位为千克（*kg*）或克（*g*）。体积是物质的一种属性，用于衡量物体占据的空间，单位为立方米（*m3*）或升（*L*）。

P1：橄榄油该用什么计量？大米呢？番茄呢？面粉呢？大蒜呢？牛奶呢？咖啡呢？

Bing Chat：橄榄油可以用汤匙或量杯计量。鸡蛋可以用电子秤或量杯计量。大米可以用量杯或电子秤计量。番茄可以用电子秤或量杯计量。面粉可以用电子秤、量杯和量勺计量。大蒜可以用电子秤或茶匙计量。牛奶可以用量杯和量勺或电子秤计量。咖啡可以用汤匙或量杯计量。

P1: 但归根结底，哪些是质量的测量值，哪些是体积的测量值呢？

Bing Chat：质量测量单位包括千克（*kg*）、克（*g*）和毫克（*mg*）。体积测量单位包括立方米（*m3*）、升（*L*）、毫升（*ml*）和立方厘米（*cm3*）。

随后，研究者尝试回到最初的问题，但有人指出，问题的表述在计量方面存在多种解读空间。研究者重新表述了问题，以反映质量和体积最常用的计量单位。然而，Bing Chat 除了列出 m3 和 cm3（这些单位在日常生活中较少使用）之外，还将升和毫升列为计量单位。

2rd 场次 – 电梯对视重的影响。

GenAIbot：ChatGPT
模型：GPT-4 发布日期：
3月23日 参与者：P2 使
用时间：2023年4月
28日。

P2：我即将开启一段对话，在其中扮演学生的角色，与作为思考工具的 ChatGPT 互动，主要目标是深入探讨并思考物理 *[*或任何选定的主题*]* 概念。作为思考工具，我恳请你支持我，为学生的提问提供引人入胜且个性化的回答。我们的互动采用苏格拉底式方法至关重要，这种方法应鼓励学生反思已有知识、激发批判性思维，并帮助他们加深理解，而不是直接提供现成答案。你准备好开启这段协作且发人深省的旅程了吗?

ChatGPT：是的，我已准备好与你一起开启这段协作且发人深省的旅程。作为一种思考工具，我会努力与你展开苏格拉底式对话，促使你反思、培养批判性思维，并加深对所选主题的理解。请随时提出你最初的问题或主题，我们可以一起开始探索。

P2：我不太明白重量。我乘电梯下楼时，感觉自己变轻了；乘电梯上楼时，又感觉自己变重了。

ChatGPT：你的观察很有意思！我们一起来试着理解这一现象吧。你能告诉我，你对重量了解多少，以及重量和重力之间有什么关系吗?

在乘坐电梯这一情境中，学生的问题源于真实生活场景，因此容易引发共鸣，也很有吸引力。不过，学生似乎对重量和失重的感觉存在误解。ChatGPT 显然通过向学生提问并鼓励他们进行批判性思维、积极参与学习过程，发挥了思考工具的作用。此外，ChatGPT 通过询问学生对重量和重力的已有认识，立足于学生的先前知识，帮助他们将新信息与已有信息建立有意义的联系。

P2: 我只知道，重量是作用在物体上的重力。

ChatGPT：很好，这是一个不错的起点！重量确实是作用在物体上的重力，它取决于物体的质量和重力加速度。现在，让我们来思考一下，当你乘坐电梯时会发生什么。当电梯处于静止状态、向上加速和向下加速时，作用在你身体上的力分别是什么？你能描述一下吗?

同样，ChatGPT 向学生提出问题，而非直接提供现成答案，从而鼓励批判性思维，并促使学生积极参与学习过程。

P2: 我知道重量产生的力会把我往下拉，但正如我所说，和站在地面上相比，我下行时感觉重量更轻，上行时感觉重量更重。

ChatGPT：没错。你的重量，也就是重力向下拉动你所产生的力，始终作用在你身上。然而，当你处于电梯中时，还会有另一种力在起作用，那就是电梯地板对你身体施加的力。这种力称为支持力。当电梯静止或以恒定速度运动时，支持力等于你的重量，因此你会感觉到自己"平常的"重量。然而，当电梯加速时，情况就会发生变化。

1. 当电梯向上加速时，支持力需要同时抵消你的重量以及向上加速所需的额外力。因此，支持力会大于你的重量，让你感觉"更重"。2. 当电梯向下加速时，支持力只需抵消你的重量与向下加速度之间的差值。这意味着此时支持力小于你的重量，让你感觉"更轻"。

这个解释能帮助你理解为什么电梯上升或下降时，你会感到重量不同吗?

ChatGPT 的回答清晰简洁地解释了实际重量（即作用在物体上的重力）与电梯加速度所导致的视重之间的区别。该回答有助于学生理解电梯中失重感觉背后的物理学原理，以及它与加速度之间的联系，从而拓展他们的知识，帮助他们掌握这些概念的复杂性质。

P2: 但我并没有真切地感受到重力作用在我身上，只感受到电梯地板向上施加的力。

ChatGPT：你说得对，你感受到的并非重力本身，而是电梯地板对你身体施加的支持力。重力是一种作用于具有质量的物体之间的无形力，但我们无法直接感知它。相反，我们感知到的是支持力，也就是表面为抵抗重力而施加的力。在日常情境中，比如站在地面上或电梯地板上，支持力就是我们感受到的重量。正是这种力阻止我们因重力而陷入地面或电梯地板。当电梯加速时，正如我们之前讨论过的，支持力会发生变化，而我们会将这些变化感知为视重的波动。

这名学生似乎仍然对重量和失重的概念存在误解。ChatGPT 再次强调，在加速运动的电梯中，重力

仍在将人拉向地球，但电梯的加速度会额外产生一个影响视重的力。它区分了实际重量和视重，并再次强调，由于重力保持不变，实际重量不会改变。然而，作为一种思考工具，ChatGPT 本可以在这些知识的基础上，利用熟悉的例子进行讲解，并讨论其他会产生类似感受的情境（例如乘坐过山车，或汽车加速／减速）。

P2：我明白重力来自地球，但这种“支持力”又是从哪里来的呢?

ChatGPT：这是个很好的问题！支持力源自相关物体中原子和分子之间的相互作用。以站在电梯地板或任何表面上为例，支持力来自你身体中的原子和分子与所站表面中的原子和分子之间的电磁力。站在表面上时，由于重力，你身体中的原子和分子会对表面中的原子和分子施加一个力。作为回应，表面中的原子和分子会对你的身体施加大小相等、方向相反的力。这种反向的力就是支持力，其方向垂直于表面。它是由你身体原子中的带负电电子与表面原子中的带负电电子之间的排斥性电磁相互作用产生的。支持力使你不会陷入表面或穿过表面下落。当你感受到自己的重量，或因电梯加速度而感觉重量发生变化时，实际上你感受到的是作用在你身体上的支持力。

在这段对话中，学生询问支持力的来源；理解物体与表面接触时所受的力，这一概念至关重要。ChatGPT 简明扼要地解释说，支持力源于物体和其接触表面中的原子和分子之间的电磁相互作用。ChatGPT 将抽象的支持力概念与日常生活中的具体情境联系起来，例如感受自身的重量，或感知电梯加速度引起的重量变化，帮助学生建立联系，并加深对这一概念的理解。这段对话有效展示了如何将 ChatGPT 用作思考工具，引导学生理解复杂的物理概念，并鼓励他们将这些概念与现实生活经验联系起来，进一步探索相关内容。

P2: 你之前关于电梯上额外的力和加速度的回答让我很困惑。与此同时作用的因素太多了。

ChatGPT: 如果我之前的解释让你感到困惑，我很抱歉。我们把内容拆解得简单一些，重点讲讲你在电梯里时作用于你身体上的力。

1. 静止或以恒定速度运动：当电梯没有加速度时，有两个力作用在你的身体上：将你向下拉的重力（你的重量），以及电梯地板施加的、将你向上推的支持力。在这种情况下，支持力的大小等于你的重量，但方向相反，因此你感觉到的是“通常的”重量。

2. 向上加速：当电梯向上加速时，支持力不仅需要抵消你的重量，还需要提供额外的力，使你与电梯一起加速。因此，你的身体受到的支持力增大，让你感觉“更重”。

3. 向下加速：当电梯向下加速时，支持力只需抵消你的重量与向下加速度之间的差值。这意味着你的身体受到的支持力小于你的重量，让你感觉“更轻”。

关键在于，你在电梯中感受到的“重量”实际上是电梯地板施加在你身体上的支持力。这个支持力会根据电梯的加速度而变化，从而使你感觉更重或更轻。

我希望这个解释更清楚一些。

ChatGPT 认可学生的困惑，并简化了不同情境下的力的分解：静止、向上加速和向下加速。这种适应性方法帮助学生理解所涉及的力及其对重量感知的影响。这段互动展现了 ChatGPT 调整解释方式的能力，有助于学生更清晰地理解并更容易掌握这一概念。

P2：嗯，我的物理老师也讲过这种支持力。他说，桌子会对放在上面的书施加一个向上的力。但桌子是没有生命的，它怎么能施力呢?

ChatGPT：桌子确实是一种无生命物体，但由于其材料的特性以及支配物体之间相互作用的物理定律，它仍然能够施加力。在这种情况下，桌子对书施加的支持力，是桌面中的原子和分子与书中的原子和分子之间电磁相互作用的结果。当你把一本书放在桌子上时，重力会将书向下拉，使书中的原子和分子与桌面中的原子和分子紧密接触。书本和桌子中原子的带负电电子会通过电磁……

力。这些排斥力阻止书本陷入桌子中，并且作用方向与重力相反，从而有效地产生支撑书本的支持力。尽管桌子是无生命的物体，但其内部原子和分子之间的基本力仍然在发挥作用。正是这些力使桌子能够对书本施加向上的力，即支持力。

我希望这个解释有助于澄清像桌子这样的无生命物体如何能对另一个物体施加力。

在这段交流中，ChatGPT 解释说，支持力是桌子和书中的原子和分子之间电磁相互作用的结果，并强调这并不是桌子的有意识行为。通过聚焦于电磁相互作用，ChatGPT 帮助学生理解支持力以及无生命物体之间的力这一概念，并促使其进一步思考日常情境中的力。***P2***：他还说，物体要保持静止，合力必须为零。那么，桌子究竟是如何确切地知道它必须产生多大的支持力来抵消书的重量的?

ChatGPT：这是个非常棒的问题！桌子并不会“知道”书的重量，也不知道自己必须施加多大的支持力才能与之平衡。相反，这种力的平衡是由书和桌子相互作用所遵循的物理性质和定律自然形成的。当你把一本书放在桌子上时，重力会把书向下拉。这会使书中的原子和分子与桌面上的原子和分子紧密接触。随着两者逐渐靠近，它们内部原子之间的电磁斥力会增大。桌子无需“知道”或计算这种力；支持力会根据原子和分子之间的相互作用自动调整。当书和桌子之间的排斥力大小等于作用在书上的重力时，书就会静止下来。此时，桌子施加在书上的支持力等于书的重量，书所受的合力为零。由于没有合力作用在书上，根据牛顿第一运动定律，书会保持静止。因此，关键并不是桌子知道该施加多大的力，而是书和桌子之间相互作用所遵循的物理性质和定律产生的一种自然响应。

ChatGPT 解释了书的支持力与重量之间的这种平衡，是通过支配书与桌子相互作用的物理性质和定律自然形成的，而不是因为桌子拥有知识或进行计算。这一解释帮助学生理解平衡的概念以及

相关的力，纠正了这一误解，并促进形成更准确的心理现象模型。

P2: 这是否意味着桌面就像弹簧一样，会根据作用在它上面的力发生形变?

ChatGPT: 是的，这么理解很恰当！事实上，桌面以及任何固体，在受到力作用时，表现得就像一根非常坚硬的弹簧。这种行为源于材料的弹性性质，而材料的弹性性质来自其中原子和分子相互作用。当你把一本书放在桌面上时，重力会使桌面发生轻微的形变或压缩。这种压缩通常小到肉眼无法察觉，但确实存在。桌子材料中的原子和分子会被挤得更紧密，从而增大它们之间的电磁斥力。这些力会抵抗压缩，起到类似弹簧回复力的作用。因此，桌子会对书施加一个向上的力，我们称之为支持力。支持力的大小会根据书的重量而调整，就像弹簧的回复力会随压缩或伸长的程度而变化一样。所以，从某种意义上说，桌面的确像弹簧一样，会根据作用在它上面的力发生形变，尽管这种形变通常小到无法观察。

ChatGPT 的解释加深了学生的理解：支持力的大小会随书的重量而调整，就像弹簧的回复力会随压缩或伸长而变化。ChatGPT 通过肯定学生的类比并给出清晰的解释，作为思考工具强化了学生对这一概念的理解，也凸显了借助弹簧等熟悉的类比来理解物体之间物理相互作用的作用。

P2: 不过，回到重量这个话题，空间站里那些失重的宇航员又是怎么回事？那里没有支持力，对吧?

ChatGPT: 你说得对，空间站上的宇航员会体验到失重，也就是说，他们不会像在地球上那样感受到支持力。不过，需要注意的是，尽管宇航员感觉不到自己的重量，重力仍然作用在他们身上。空间站上的宇航员处于持续自由落体状态，因为空间站绕地球运行。实际上，他们正以与空间站下落相同的速度向地球下落。这是因为空间站的水平速度与将其拉向地球的引力相平衡，因此空间站会沿着曲线路径绕行星运行。由于宇航员与空间站一同下落，没有表面向上推着他们形成支持力。因此，他们感觉不到自己的重量，而且他们

体验到失重，也称为微重力。 所以，你说得对，空间站上的宇航员没有受到支持力，但需要明白，这种失重是由于他们处于持续自由落体状态，而不是因为没有重力。

在这段互动中，学生借助 ChatGPT 探讨了空间站宇航员语境下的重量、支持力和微重力。ChatGPT 的解释帮助学生理解，宇航员在轨道中经历的失重源于支持力的缺失，而不是重力本身的消失。

P2：你所说的自由落体是什么意思？他们是不是像缆绳断裂的电梯一样在下落??

ChatGPT：是的，从某种意义上说，空间站上的宇航员处于一种类似自由落体的状态，就像身处缆绳断裂的电梯中一样。不过，关键区别在于，空间站中的宇航员还以很高的速度水平移动，这使他们能够围绕地球保持稳定轨道。当物体处于自由落体状态时，意味着作用在它上面的唯一的力是重力，使其加速朝向地球中心运动。对于空间站来说，它确实在重力作用下朝地球下落，但与此同时，它也以极高的速度水平移动（约为每小时 28,000 千米或每小时 17,500 英里）。这种很高的水平速度使空间站向前移动的速度恰好与其向地球下落的速度相同。结果是，空间站沿着围绕地球的曲线路径运动，本质上是在围绕行星下落。由于空间站持续处于自由落体状态，其中的宇航员也处于自由落体状态。由于没有表面向他们施加支持力，他们感觉不到自己的重量，并经历失重，也就是微重力。因此，虽然宇航员确实处于自由落体状态，但正是他们的水平速度使他们不会径直落向地球，而是维持稳定轨道。

希望这个解释能帮助你理解空间站情境下的自由落体和绕轨运行的概念。

这段互动加深了学生对“自由落体”一词的理解，以及它与空间站宇航员失重状态的联系。解释强调了水平速度对于维持稳定轨道的重要性，并指出了空间站情境中的自由落体与电梯下落等其他情境之间的差异。

P2: 你说过，在太空中，作用于物体的引力会大幅减弱，但让月球绕地球运行的难道不正是引力吗?

ChatGPT：对于我之前的解释造成的任何困惑，我深表歉意。事实上，重力使月球绕地球运行。地球与月球之间的引力并没有大幅减弱；相反，在月球所在的距离，引力较弱。

与地球表面相比，距离地球更远。月球之所以绕地球运行，是因为向内拉动它的引力与向外的离心力之间达到了平衡；离心力是月球绕地球轨道运动所产生的。月球对地球的引力提供了向心力，使它沿曲线路径运动；与此同时，月球的轨道速度使它不会径直坠入地球。同样，空间站上的宇航员也受到重力作用。然而，由于空间站绕地球运行，他们处于持续自由落体状态，因此会体验到失重。空间站通常所在的近地轨道中的引力只比地球表面的重力略弱（约为地球表面重力的90%）。总之，重力确实在使月球绕地球运行的过程中发挥着关键作用，而且太空中仍然存在重力，只是比地球表面略弱。宇航员在空间站中体验到失重，是因为他们在绕地球运行时持续处于自由落体状态。

在对话的这一部分，ChatGPT 更正了先前的说法，重点说明月球的引力与其轨道运动产生的离心力之间的平衡，并阐明了促使月球绕地球运行的因素。这一澄清有助于消除困惑，并加深人们对宇航员在空间站中体验到失重现象的理解：他们持续处于自由落体状态，同时仍受到重力的影响。

P2: 你提到了离心力。但离心力不就是一种虚拟力吗?

ChatGPT: 你说得对，离心力通常被称为“虚拟力”或“伪力”。它并不是一种真实的力，因为它并非源于物体之间的直接相互作用，例如引力或电磁力。相反，离心力是物体沿曲线路径运动时，由其惯性产生的结果，只有在旋转参考系或非惯性参考系中才会感受到它。从非旋转（惯性）参考系观察旋转系统时，我们无需考虑离心力。我们可以用向心力来解释物体的运动。向心力是真实存在的力，作用方向指向圆形路径的中心，使物体沿曲线运动。月球绕地球运行时，引力提供了维持其曲线路径所需的向心力。不过，当我们从旋转（非惯性）参考系的视角分析运动时，例如从月球上的观察者的视角，就需要引入离心力的概念。离心力看起来是背离圆形路径中心的，其大小与向心力相等，方向则相反。因此，尽管离心力是一种虚拟力，但在从旋转参考系分析问题时，它仍然是一个有用的概念。就月球绕地球运行而言，维持其运动的是引力与

（提供向心力）和月球轨道运动之间的平衡，这使月球保持稳定轨道。

ChatGPT 肯定了学生的质疑，并澄清离心力确实是一种虚拟力，它源于在旋转参考系中观察运动。通过区分真实力和虚拟力，并强调选择适当参考系的重要性，这段解释有助于加深学生对离心力概念及其在分析转动时所起作用的理解。

P2: 我的物理老师说，如果我认为离心力是虚构的，那么在汽车转弯时，我应该打开我这侧的车门。

ChatGPT: 你的物理老师提出这个建议，可能是想帮助你体会离心力的作用，尽管它是一种虚拟力。当你坐在一辆正在转弯的汽车里时，你处于一个非惯性（旋转）参考系中，可能会感觉自己被推向弯道外侧。这种向外推的感觉就是离心力的作用。如果汽车转弯时你打开车门，离心力可能会让你滑出或被推出车外。从惯性参考系的角度来看（例如，远处观察汽车的人），没有离心力作用在你身上。相反，观察者会看到你在向心力（轮胎与道路之间的摩擦力）的作用下沿着曲线路径运动，这种力使汽车沿弯道行驶。由于惯性，你的身体会倾向于继续沿直线运动，但汽车内部（车门、座椅等）会提供必要的力，让你随汽车沿曲线路径运动。因此，虽然离心力确实是虚拟的，只会出现在旋转或非惯性参考系中，但坐在汽车里的人仍然能感受到它的作用。老师举这个例子，是为了帮助你理解离心力的实际影响，尽管它并不是像重力或摩擦力那样的“真实”力。

通过回应教师的评论并强调理解实际影响的重要性，ChatGPT 深入阐释了离心力的概念以及参考系在感知力时所起的作用。

P2: 好的。我想我已经对重量这个概念有了一点理解。谢谢。

ChatGPT: 不客气！很高兴能帮你澄清重量这一概念。理解重量，以及重力、支持力和离心力等相关的力与现象，对于打下扎实的物理学基础至关重要。

如果你对这个主题或其他任何 ಪ್ರಮಯ还有疑问，请随时提问。我很乐意帮助你解答任何疑惑或问题。请记住，提问和

参与讨论是学习和加深理解的绝佳方式。祝你学习顺利！

本次对话准确呈现了 ChatGPT 如何引导学生踏上学习之旅，帮助其克服最初对重量概念的理解困难。ChatGPT 作为思考伙伴，以有意义且引人入胜的方式促进了学生的学习过程。探讨涵盖了学生问题的多个方面，帮助他们加深了对电磁力、材料的弹性性质、支持力、加速度、惯性以及失重感等相关概念的理解。

值得强调的是，将最后一次对话与前两次进行比较后可以发现，最初的提示似乎更有效地“编程”了 ChatGPT，使其能够充当思考工具。这一观察凸显了精心设计提示词对于优化 AI 模型在实验情境中的表现具有重要意义。

尽管 ChatGPT 和 Bing Chat 存在相似之处，但它们在本次实验中的表现差异显著。似乎在使用葡萄牙语时，Bing Chat 依赖了质量较低的互联网来源，这对其回复质量造成了不利影响。相比之下，ChatGPT 沿用了训练数据中的来源；这些来源似乎经过更为细致的筛选，因此产生了更好的回复。

讨论

总体而言，将 GenAIbot 作为思考工具的学习之旅取得了成功，展示了多种有效的教学策略，有助于加深对相关概念的理解。首先，GenAIbot 会肯定学生的观察很有意思，认可他们的体验并激发他们的好奇心，从而运用正强化。此外，它没有直接给出答案，而是采用苏格拉底式提问方法。通过向学生提问，GenAIbot 鼓励批判性思维，促使学生积极参与学习过程。此外，GenAIbot 通过询问学生对重量和重力已有的理解，在其先前知识的基础上展开教学，帮助学生在新旧信息之间建立有意义的联系。最后，回复秉持以学生为中心的学习方法，关注学生的想法和体验，并营造有利于探索、讨论和反思的环境。通过鼓励学生积极参与学习过程，GenAIbot 可以创造

更丰富且个性化的教育体验，正如人们对一种可供思考的对象所期待的那样。

本次互动式课程使学生能够在已有知识的基础上逐步拓展知识，而 GenAIbot 则通过提供相关解释、示例和类比来支持其学习。作为思考伙伴，生成式人工智能机器人能够根据学生提出的问题和表现出的困惑调整回应，提供有针对性的解释并纠正其错误认知。这表明，GenAIbot 等人工智能驱动工具在促进主动学习、个性化教学和概念理解方面具有潜力，且适用于包括物理学在内的多个领域。

本研究强调了利用人工智能提升教育体验的价值，并得出结论：人工智能驱动的聊天机器人（如 ChatGPT、Bing Chat 和其他生成模型）可以作为创新实验室，用于探索各种情境，而这些情境往往会给学生的学习带来挑战。如前所述，采用精心设计的句子（这一技巧称为提示词构建）（Mishra 等人，2023年），有助于最大限度地降低误解风险，并支持评估学生在科学知识方面的另类概念。

设计能够引出预期回应的提示词，是将生成式人工智能驱动的聊天机器人（GenAIbots）用作供思考之用的对象时，反复反思和互动过程中的关键环节。这种方法鼓励学生积极使用人工智能驱动的工具，在批判性思考的同时，不断深化对各种概念的理解。

此外，研究强调，在将这些工具融入课堂之前，为教育工作者提供全面培训十分重要。适当的培训有助于教师有效引导学生表达想法，并构建论据充分的论证。做好这方面的准备，能让教育工作者评估 GenAIbot 面对相关且有说服力的反例时的表现，并促进同事之间富有成效的讨论。

借助生成式人工智能聊天机器人的学习工具功能，教育工作者能够打造更具吸引力且个性化的学习体验，最终帮助学生更深入地理解复杂概念，并促进他们在不同学科领域培养批判性思维。

结论

总之，我们的结果表明，GenAIbot（包括 ChatGPT 和 Bingchat）是科学、技术、工程和数学教育中强大的供思考之用的对象，能够为认知发展和学习带来诸多益处。这些益处包括交互性、个性化、多学科知识、批判性思维、问题解决、激发创造力以及协作。用户可以参与动态对话、探索量身定制的内容、获取多元知识、培养批判性技能并激发创造力。此外，GenAIbot还能促进小组讨论与协作，加深对主题的理解。

生成式人工智能机器人提供互动且个性化的学习体验，使用户能够参与动态对话、提出问题并获得即时反馈。它们可以适应个人需求和兴趣，让学习对用户而言更具吸引力且更加相关。凭借大量训练数据，生成式人工智能机器人能够提供涵盖各个学科的广泛知识，支持用户拓展对不同主题的理解。

通过与生成式人工智能机器人互动，用户可以培养批判性思维、解决问题和创造力技能。他们能够阐述想法、提出探究性问题，并分析人工智能提供的信息。在小组环境中，生成式人工智能机器人促进讨论、辩论和协作项目，帮助用户分享知识并深入了解相关主题。

与西摩·帕珀特的理念一致，生成式人工智能机器人（GenAIbots）是卓越的思考工具，能够营造更具吸引力、互动性和包容性的学习环境。它们能够促进创造力、协作、探索、批判性思维、问题解决能力，并加深学习者对学科内容的理解。

将生成式人工智能机器人融入STEM教育，符合建构主义学习理论的理念；该理论强调动手实践、体验式学习和认知工具。借助生成式人工智能机器人，学生可以在更易于参与且更具吸引力的学习环境中提升问题解决、批判性思维和创造能力，从而在STEM领域取得成功。

研究的局限性与未来研究方向

尽管本研究采用单案例研究设计，因此存在局限性，但学生与生成式人工智能聊天机器人之间的大量互动带来了宝贵的见解。尽管可推广性有限且可能存在偏差等限制，深入探索仍揭示了该系统尚未充分发挥的潜力。如何设计出好的提示词是一个领域。

未来的工作可以尝试不同的类型，并考察 GenAIchat 作为思考工具的表现如何通过特定提示词得到提升，例如以下在 2nd 上述课程中使用的提示词。在 STEM学习中实施生成式人工智能机器人需要权衡其优势与局限，确保信息准确，并考虑人际互动减少的问题。将生成式人工智能机器人与其他教育工具或促进学习者之间协作对话的活动相结合，或许有助于解决这些顾虑。

参考文献

Baidoo-Anu, D., & Owusu Ansah, L.（2023年）。生成式人工智能（AI）时代的教育：了解 ChatGPT 在促进教学与学习方面的潜在益处。*SSRN*电子期刊。https://doi.org/10.2139/ssrn.4337484 Borji, A.（2023年）。ChatGPT失败案例分类档案。*ArXiv*，*2302.03494*。https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.03494 Dillenbourg, P.（1999年）。你所说的“协作学习”是什么意思？载于 P. Dillenbourg（编），协作学习：认知与计算方法（第 1–19 页）。爱思唯尔。Franciscu, S.（2023年）。*ChatGPT*：面向聊天机器人的自然语言生成模型。https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24777.83044

Frieder, S., Pinchetti, L., Griffiths, R.-R., Salvatori, T., Lukasiewicz, T., Petersen, P. C., Chevalier, A., & Berner, J.（2023年）。ChatGPT的数学能力。*ArXiv*,*2301.13867*。https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.13867

Haraway，D.（1990）。《猿猴、赛博格与女人：自然的再造》。劳特利奇。

Khosrawi-Rad, B., Rinn, H., Schlimbach, R., Gebbing, Pia, J., Yang, Xingyue, J., Lattemann, C., Markgraf, D., & Robra-Bissantz, S. (2022). 教育中的对话代理——系统性文献综述。第三十届欧洲信息系统会议论文集（*ECIS 2022*），罗马尼亚蒂米什瓦拉. https://aisel.aisnet.org/ecis2022_rp/18/

Kuhail, M. A., Alturki, N., Alramlawi, S., & Alhejori, K. (2023). 与教育聊天机器人互动：系统综述。载于《教育与信息技术》（第28卷，第1期）。施普林格。https://doi.org/10.1007/s10639-022- 11177-3

MacIsaac, D. (2023)。聊天机器人尝试完成物理作业——ChatGPT：聊天生成式预训练转换器。《物理教师》，*61*(4), 318–318。https://doi.org/10.1119/10.0017700 Mehdi, Y. (2023)。已确认：新版必应基于 *OpenAI* 的 *GPT-4* 运行。《微软必应博客》。https://blogs.bing.com/search/march_2023/Confirmed-the-new-Bing-runs- on-OpenAI's-GPT-4 Milmo, D. (2023, February 2)。ChatGPT 在推出两个月后用户数达到 1 亿。《卫报》—科技。https://www.theguardian.com/technology/2023/feb/02/chatgpt-100-million-users-open-ai-fastest-growing-app Mishra, A., Soni, U., Arunkumar, A., Huang, J., Kwon, B. C., & Bryan, C. (2023)。PromptAid：利用可视化分析探索、扰动、测试和迭代大型语言模型的提示。*ArXiv*，*2304.01964*。https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.01964 Mollick, E. R. (2023, April 26)。*AI* 提示指南（仅供参考）：一点魔法，但主要靠练习。《一件有用的事》博客。https://www.oneusefulthing.org/p/a-guide-to-prompting-ai-for-what Mollick, E. R., & Mollick, L. (2022)。AI 聊天机器人带来的新型学习模式：三种方法与作业。*SSRN*电子期刊。https://doi.org/10.2139/ssrn.4300783 Okonkwo, C. W., & Ade-Ibijola, A. (2021)。聊天机器人在教育中的应用：系统综述。《计算机与教育：人工智能》，*2*，100033。https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100033 OpenAI. (2023)。*GPT-4* 技术报告。OpenAI。https://cdn.openai.com/papers/gpt- 4.pdf Papert, S. A. (1980年)。《思维风暴——儿童、计算机与强大的理念》。Basic Books。Papert, S. A. (1999)。引言：什么是 Logo？谁需要它？载于《*Logo* 哲学与实现》。Logo Computer Systems INC. Sabzalieva, E., & Valentini, A. (2023)。高等教育中的 *ChatGPT* 与人工智能：快速入门指南。联合国教科文组织。https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146 Swan, M. (2015, January 21)。我们应当将未来世界视为多物种智能共存的世界。对《边缘》2015 年问题"你怎么看"的回应

关于会思考的机器？；Edge.org。
http://edge.org/response-detail/26070 Taylor, C. A., Hogarth, H., Hacking, E. B., & Bastos, E. (2022). 后人类物件教育学：以物思物，以理论思考创新教育研究。《文化与教育探究》，*14*（1），206–221。
https://doi.org/10.18733/cpi29662 Turkle, S. (1984). 《第二自我：计算机与人类精神》。西蒙与舒斯特。Turkle, S. (2007)。唤起性物件：我们思考所凭借的事物。麻省理工学院出版社。Turkle, S., & Papert, S. A. (1992)。认识论多元主义与具体事物的重新评价。《数学行为杂志》，*11*（1），3–33。Wollny, S., Schneider, J., Di Mitri, D., Weidlich, J., Rittberger, M., & Drachsler, H. (2021)。我们到了吗？——关于教育领域聊天机器人的系统性文献综述。《人工智能前沿》，*4*（7月），1–18。https://doi.org/10.3389/frai.2021.654924