

融合范例学习与多智能体的高中 STEM 课程设计与实践

Design and Practice of High School STEM Curriculum Integrating Few-Shot Learning and Multi-Agent Systems

孟晓培¹, 池家义¹, 涂芸芳^{1*}

¹温州大学 教师教育学院

*sandy0692@gmail.com

【摘要】近年来, STEM 教育在全球教育改革中日益受到关注, 其主要强调跨学科知识与现实问题解决。问题解决能力的培养需要程序性知识与概念性知识的结合。尽管基于范例的学习已被证实为有效的教学策略, 但学生在实践中往往面临范例资源匮乏和反馈滞后的挑战。多智能体系统凭借协作性、自适应性和分布式优势, 能够为学生提供持续且个性化的学习支持。基于此, 本研究设计并开发了一套融合范例学习与多智能体系统的 STEM 课程, 并在高中课堂中成功应用。该课程设计为推动高中阶段人工智能与 STEM 课程深度融合提供了实践示范与参考。

【关键词】STEM 教育; 范例学习; 多智能体; 人工智能工具

Abstract: In recent years, STEM education has received increasing attention in global education reform, emphasizing the integration of interdisciplinary knowledge and the ability to solve real-world problems. The development of problem-solving skills requires a combination of procedural and conceptual knowledge. Although example-based learning has been proven to be an effective instructional strategy, students often face challenges such as limited access to example resources and delayed feedback during practice. Multi-agent systems, with their collaborative, adaptive, and distributed characteristics, can provide continuous and personalized learning support for students. Based on this, the present study designed and developed a STEM curriculum integrating example-based learning and multi-agent systems, which has been successfully implemented in high school classrooms. This curriculum design offers practical guidance and a reference for promoting the deep integration of artificial intelligence and STEM education at the K-12 level.

Keywords: STEM education; Example-based learning; Multi-agent systems; AI tools

1. 前言

STEM 教育在近年来的全球教育改革中逐渐崭露头角。其目标是通过结合科学、技术、工程和数学等学科及其实际应用, 帮助学生解决现实世界中的复杂问题(Schnittka et al., 2016)。最近, 多项研究已证明了 STEM 教育的巨大潜力(A dedokun et al., 2013; Sahin et al., 2015)。此外, 问题解决任务是许多学科学习活动的重要组成部分, 尤其是在 STEM 领域。解决问题需要掌握两类关键知识: 程序性知识, 即操作步骤的执行方式; 以及概念性知识, 即操作背后的原理(Giang et al., 2024)。

基于范例的学习是一种观察学习的形式。近年来, 范例学习在非正式和正式学习环境中具有广泛应用, 促进了其在不同教育场景中的普及(Hoogerheide& Roelle, 2020)。研究表明, 基于范例的学习是一种高效的知识获取方式, 同时也是习得新技能的有效教学策略, 通过学习范例, 学生能够不仅掌握“如何做”, 还能够理解“为什么这样做”以及“如何解决类似

问题”(Dyer et al., 2015)。在 STEM 教育中,许多学生难以独立找到并有效应用范例资源,未能及时获得反馈可能导致他们失去学习兴趣或自我效能感下降,这对教师提出了更高的要求,特别是在如何提供个性化反馈、灵活调整教学策略以及满足学生多样化学习需求方面(Lesseig et al., 2016; Ramey& Stevens, 2023)。

作为引导和支持学生持续学习的有效工具,智能体能够在学生遇到困难时提供及时的个性化反馈,帮助他们克服学习障碍(Kim& Baylor, 2016)。然而,单一智能体系统在应对任务规模和复杂度增加时面临着扩展性问题,且在任务分解、管理和适应动态环境方面存在瓶颈,缺乏足够的专业化和灵活性(Ishibashi& Nishimura, 2024; Jiang et al., 2024)。多智能体系统(Multi-Agent Systems, MAS)是由多个相互作用的智能体组成的计算系统,每个智能体都具有独立且清晰的内部结构,能够在系统中独立运作并实现协同工作(Hong et al., 2023)。根据已有的研究,多智能体凭借其协作、分布式和自适应等特点,通过信息共享和任务分工,有助于提升大语言模型的思考与自我反思能力,从而为学生提供更精准的指导和支持,并帮助学习者培养独立完成任务和自我思考的能力(Puntambekar, 2022)。因此,本研究结合范例学习和多智能体策略,开发了针对高中生 STEM 学习的课程,并在一所高中开展了实践。

2.融合范例学习与多智能体系统的高中 STEM 课程设计

2.1.mPython 编程平台

mPython 是一款强大的编程平台,集成硬件编程、Python 学习和 JupyterLab 环境,支持一键安装,方便快速搭建开发环境。它帮助学生在 microPython 和 Python 之间平滑过渡,提供丰富示例程序,助力初学者理解编程逻辑。自带掌控板仿真功能,让学生无需实体硬件即可在线运行和调试代码。双屏联动教学模式实时同步代码与运行界面,帮助学生直观理解程序结构和效果,使学习更加高效。

2.1.多智能体开发与部署的 coze 平台

扣子是新一代 AI 应用开发平台,专为 AI 应用(涵盖多智能体)开发者打造,提供从应用开发、测评、监控到多渠道发布的全方位、一站式服务。本研究依托 coze 平台,设计并开发了一套专为 STEM 课程教学打造的多智能体,如图 1 所示,并邀请了部分高中生进行实际体验与测试。

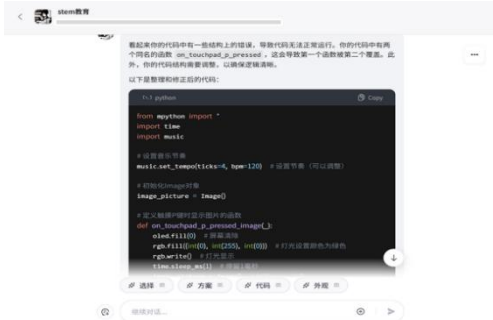


图 1 STEM 教育多智能体

2.3.课程目标定位

本课程融合范例学习与多智能体系统,面向高中阶段的基于设计的 STEM 学习,紧密契合《普通高中信息技术课程标准(2017 年版 2020 年修订)》中关于学科核心素养与课程目标的要求。课程由教师在课前提供高质量的范例,帮助学生建立初步的问题认知和设计框架,培养学生主动获取信息、分析信息价值和提炼关键信息的能力,发展信息意识。学生在观看范例后,以小组为单位开展作品设计与 mPython 编程实践、手工制作,过程中自主界定问题、

抽象建模、优化设计，并通过编程在掌控板上实现功能，全面促进计算思维的发展。在整个实施阶段，学生通过与多智能体系统互动，获得持续的问题指导、创意提示和反馈建议，进一步激发创新思维，合理选择数字化工具，高效组织团队协作，培养数字化学习与创新能力。整个学习过程鼓励学生在解决实际问题中遵循信息伦理规范，理解信息技术对社会与环境的影响，增强信息安全意识和社会责任感。通过“范例引导—自主设计—多智能体支持—作品实现”这一完整路径，学生不仅掌握数据、算法和信息系统知识，还能在真实场景中锻炼系统化解决问题的能力，形成多元视角和创新意识，成为具有计算思维、创新能力和社会责任感的数字化时代合格公民。

2.4. 课程内容架构

本研究根据五步 STEM 课程设计框架(Hsu& Fang, 2019)构建了一套融合范例学习与多智能体系统的高中 STEM 课程内容架构，如图 2 所示，以期通过系统性、创新性的课程设计，培养学生的核心能力，激发其对 STEM 领域的深度兴趣与探索精神。

在课程设计的起始阶段，精准识别 STEM 核心能力是构建整个课程体系的逻辑起点。本课程聚焦于问题解决能力、反思能力以及设计美学等关键能力的培育，这些能力不仅契合 STEM 教育的内在要求，更是学生在未来多元学习情境与职业发展路径中不可或缺的素养根基。通过对这些核心能力的明确定义与细致剖析，为后续课程内容的开发与实施提供了精准的指向标，确保每一步设计都紧密围绕能力培养目标展开。

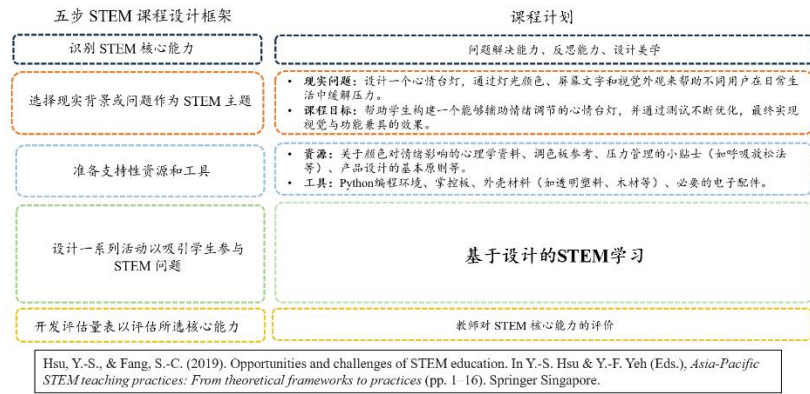


图 2 五步 STEM 课程设计框架

选择现实背景或问题作为 STEM 主题是激发学生内在学习动机的关键策略。现实的背景不仅让学生直观感受到 STEM 知识的实用性，更能在解决实际问题的过程中让学生体验到学习的成就感与价值感，进而增强学习的主动性和积极性，培养其将所学知识应用于现实情境的能力。基于此，整个课程选取了三个现实背景或者问题，并进行了系统的课程计划，整个课程计划的制定遵循连贯性与进阶性的原则，精心规划各个学习阶段的内容与目标，使知识体系与技能训练呈现出由浅入深、循序渐进的态势。如表 1 所示，整个课程共包含 7 个课时，分为四个主要模块，每个模块都结合了不同的范例学习类型，以促进学生的深度理解和应用能力。

表 1 融合范例学习与多智能体系统的高中 STEM 课程课程内容架构大纲

课时	内容大纲	范例类型
第一课时	编程环境入门与掌控板初体验	
第二、三课时	心情台灯	工作范例(Worked Example)
第四、五课时	智能陪伴装置-为独居老人设计	完成范例(Completion Example)
第六、七课时	电子班级名牌	综合活动(Integrative Activity)

第一课时是编程环境入门与掌控板初体验，这一基础模块旨在让学生熟悉编程工具和硬件设备的基本操作，为后续的项目实践奠定坚实的基础。学生将通过实际操作，了解编程环境的界面布局、基本语法和调试技巧，同时掌握掌控板的连接、配置和简单控制方法。

第二、三课时聚焦于设计一个心情台灯，通过灯光颜色、屏幕文字和视觉外观帮助用户缓解压力。这一模块采用工作范例(Worked Example)形式，详细展示从问题定义到原型制作的完整过程。工作范例是基于范例学习中最常见的一种形式，通常由详细的解题过程和步骤组成。它通过展示解决问题的完整过程，帮助学生理解如何从问题的初始状态到达最终解决方案。在这一过程中，学生不仅能看到问题的解答，还能了解每一步的推理过程，包括具体的提示、策略和知识点(Dyer et al., 2015; Hoogerheide& Roelle, 2020)。例如，在设计心情台灯的过程中，教师会逐步展示如何分析用户需求、选择合适的硬件组件、编写控制程序以及测试和优化设计。通过这种方式，学生可以清晰地看到每一个步骤如何执行，从而更好地理解 and 掌握相关的 STEM 原理和方法。

第四、五课时转向智能陪伴装置的设计，专为独居老人打造，涉及对老年人生活需求的深入理解与相应功能的开发。这一部分采用完成范例(Completion Example)形式，在提供部分解决方案的基础上，鼓励学生主动思考和应用所学知识来完成设计。完成范例的主要特点是在部分解题过程上留白，要求学生根据已给出的部分信息完成剩余的解题步骤。这种范例形式能够激发学生的主动性和创造性，帮助他们在实践中巩固和深化对所学内容的理解(Hoogerheide& Roelle, 2020)。在智能陪伴装置的设计中，教师会先提供一个部分完成的设计方案，例如已经设计好的基本框架或部分功能模块，然后让学生根据这个基础，进一步完善设计，添加更多功能或优化现有功能。这种方式不仅提高了学习的互动性，还能够帮助学生逐步建立解决问题的信心和能力。

第六、七课时则围绕电子班级名牌展开，涵盖了班级文化展示、信息传递等功能的设计与实现。这一模块作为综合活动(Integrative Activity)，要求学生综合运用前几课时学到的知识和技能，解决更为复杂的问题，培养其跨学科思维和知识整合能力。这种综合性的项目不仅能够提高学生的综合思维和实际应用能力，还能培养他们的团队合作精神和项目管理能力(Renkl, 2014)。

在准备支持性资源和工具方面，本课程为学生提供了丰富多元的学习素材与实践工具。涵盖教育、心理等多方面的理论资源，为学生的设计构思提供坚实的理论支撑；而 Python 编程环境、掌控板、多样化的外壳材料及电子配件等实践工具，则为学生的创意实践搭建了广阔的平台，使其能够将理论设想转化为实际可操作的作品，切实提升动手能力与创新思维，实现知识的迁移与应用。

设计一系列活动以吸引学生参与 STEM 问题是课程实施中的关键环节。通过编程实践、模型搭建、团队协作等多元化的活动形式，营造生动活泼且富有挑战的学习氛围。本课程选择按照基于设计的 STEM 学习模式作为参考。在基于设计的 STEM 学习中，学生需经历完整的六步流程，如图 3 所示：从明确问题定义，精准把握用户需求与使用场景；到大胆进行方案构思，绘制设计草图，提出多种创新性解决方案；再到细致入微的设计规划，确定具体的制作步骤、材料选用与项目时间表；随后投入制作原型，借助编程环境与掌控板等工具将设计变为现实；之后进行严格的测试与优化，根据实际使用反馈不断改进产品性能；直至最终的展示与分享，向同伴与教师呈现自己的创意成果。这一过程融合了反思和协作。



图 3 基于设计的 STEM 学习模式

本课程多维度、精细化评价学生 STEM 核心能力，真实反映学习成果与能力发展水平。教师持续观察学生表现，结合评估量表进行个性化评价，提供针对性反馈与指导。

3.融合范例学习与多智能体系统的高中 STEM 课程实践案例展示

课程开发完成后，本研究在温州艺术学校高一年级掌控板课程中开展教学实践，每周一课时。以下以第二、三课时“心情台灯”为例，具体阐述教学实施过程，如表 2 所示。

表 2 心情台灯教学流程实施过程

阶段	教师	学生	多智能体
课前准备	- 确定课程目标与学生需求，选择情绪调节主题 - 资源准备	阅读关于颜色对情绪的影响资料	提供关于颜色心理学、产品设计的基础知识
情境导入	- 介绍多智能体的概念，并阐明其在实现课程目标中的作用 - 导入“心情台灯”问题情境	进行头脑风暴，提出设计方案的初步想法	提示学生不同情境下心情台灯的功能需求
设计阶段	- 播放范例视频，展示设计框架与实施过程 - 解决课堂问题	设计台灯的功能、外观与情境应用	提供创意建议与设计灵感，协助思考功能与外观
构建阶段	范例演示如何编写代码并进行硬件连接	编写代码、调试程序，并开始构建台灯外壳	提供代码示例、解答编程问题，支持调试过程
测试阶段	指导学生进行测试，确保灯光效果与显示效果符合设计要求，并提供必要的调整建议。	进行灯光颜色、亮度等测试，并记录数据	分析测试结果并建议优化
重新设计阶段	引导学生根据测试结果优化设计	调整代码与外观，确保符合设计目标	提供优化建议，推荐改进方案
展示反思阶段	组织展示与总结，引导学生思考应用前景	展示成果，反思项目中的挑战与改进	提供反思模板，帮助学生总结设计经验与收获

在课前准备阶段，教师首先识别本项目所需发展的 STEM 核心能力，包括问题解决能力、设计思维、反思能力、计算思维与美学素养。随后，教师选择贴近学生生活的现实问题作为课程主题——设计一个心情台灯，旨在通过灯光颜色、屏幕文字和视觉外观帮助不同用户在日常生活中缓解压力。

为支持学生顺利完成任务，教师精心准备了支持性资源与工具。资源包括：颜色对情绪影响的心理学资料、调色板参考图、压力管理技巧（如呼吸放松法）、产品设计基本原则及范例视频。工具方面则配备了 Python 编程环境、掌控板、外壳材料（如透明塑料、木材等）及必要电子配件。

在课堂实施阶段，教师设计了基于设计学习的完整活动路径，并借助多智能体系统和范例教学策略贯穿全过程提供动态支持。

首先在情境导入阶段，教师通过现实案例引导学生思考“如何设计一款帮助调节情绪的台灯”，并开展小组头脑风暴。多智能体系统此时提供启发性提示和关联案例，帮助学生扩展思路。学生在此阶段完成了若干反思性和创造性练习，例如“我们如何借助多智能体实现更好的功能构思？”

在设计阶段，教师播放自主录制的范例视频，详细展示心情台灯的情境设计、功能设计与外观设计案例，如图4所示。同时，学生结合范例视频和首次项目概念图，完成学习单中的自我解释任务。随后，学生借助多智能体可以产生创意想法的功能，在小组讨论中提出了与现实需求高度相关的台灯设计方案，包括不同情境下灯光模式、动态显示文字内容及外观造型创意。

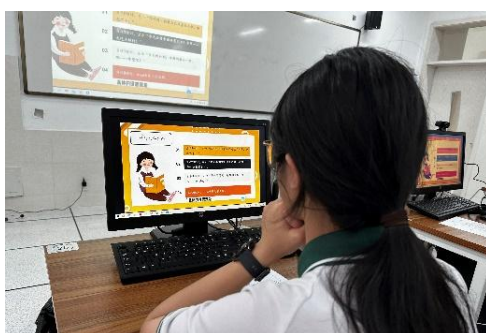


图4 学生进行心情台灯设计范例视频学习

构建阶段，教师再次播放范例视频，讲解三个主要功能模块的代码结构、逻辑关系及实现步骤。学生在小组内分工协作，依据概念图和示例代码完成程序编写、代码调试与掌控板部署。同时，进行台灯外观加工制作。此阶段多智能体系统为学生提供代码智能讲解、调试提示和材料选用建议，帮助学生在遇到困难时及时获得指导与及时性反馈，如图5所示。在此过程中，反思与协作持续嵌入，学生通过学习单记录阶段性问题与调整策略，团队内相互协助解决技术难题。

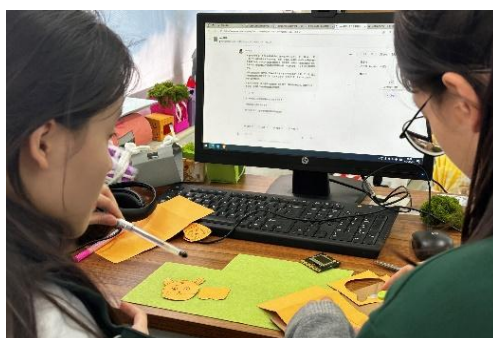


图5 学生在根据多智能体的建议制作心情台灯外观

测试阶段，学生小组协作完成对成品的灯光测试（颜色、亮度、柔和度）、屏幕显示测试（清晰度、亮度）、整体效果评估（不同情绪模式下的感官体验），并通过数据记录表收集反馈。多智能体系统此时提供数据分析辅助与改进建议。

在重新设计阶段，学生根据测试数据与反思记录，对代码逻辑进行调整，如图6所示，使颜色与亮度表现更加柔和；同时根据用户体验优化屏幕内容显示、调整字体大小。外观方面，学生根据测试结论改进材料与造型，例如调整外形线条以增加美观度与舒适性。

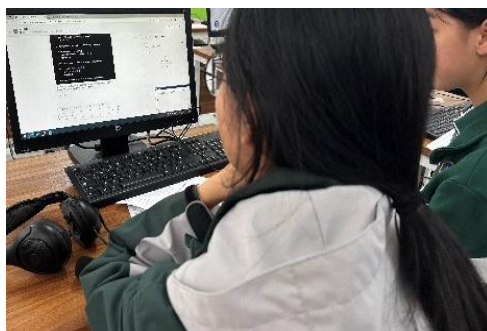


图 6 学生在询问多智能体继续优化代码

最终在展示阶段，各小组向全班展示设计成果，如图 7 所示，接受同伴与教师的质询。教师引导学生结合多智能体提供的历史记录与反馈报告，反思整个设计过程中的学习收获与能力提升，并鼓励学生思考如何将所学迁移到更广泛的社会与企业应用中。



图 7 学生的心情台灯作品

整个项目实践过程中，教师通过范例学习引导设计思路，多智能体系统提供智能支持与个性化提示，反思与协作作为贯穿始终的过程性元素被嵌入每一阶段，支持学生在不断循环的“设计—实施—测试—再设计”路径中逐步实现创新性成果。

4. 结语

本研究在《普通高中信息技术课程标准（2017 年版 2020 年修订）》的引领下，融合了范例学习与多智能体系统，创新性地为高中生设计了一套 STEM 课程。此课程通过 mPython 编程平台与 coze 多智能体开发平台，精心构建了七个循序渐进的课时，涵盖从编程入门到复杂项目设计的全过程。学生不仅掌握了 STEM 核心知识，还在真实情境中锻炼了问题解决与创新能力。然而，课程实施中仍存在资源分配、隐私等方面的挑战。未来，我们将根据反馈持续优化课程，强化跨学科融合，以期培育更多具备计算思维与创新能力的数字化时代公民。

参考文献

- Adedokun, O. A., Bessenbacher, A. B., Parker, L. C., Kirkham, L. L., & Burgess, W. D. (2013). Research skills and STEM undergraduate research students' aspirations for research careers: Mediating effects of research self-efficacy. *Journal of Research in Science teaching*, 50(8), 940-951.
- Dyer, J. O., Hudon, A., Montpetit-Tourangeau, K., Charlin, B., Mamede, S., & Van Gog, T. (2015). Example-based learning: comparing the effects of additionally providing three different integrative learning activities on physiotherapy intervention knowledge. *BMC medical education*, 15, 1-16.
- Giang, N. T. C., Anh, N. T. Q., Dao, T. T., Tuan, P. A., Linh, C. T. H., & Chau, P. T. H. (2024). A systematic review of problem-solving skill development for students in STEM

- education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(5), 1-20.
- Hong, S., Zheng, X., Chen, J., Cheng, Y., Wang, J., Zhang, C., ... & Wu, C. (2023). Metagpt: Meta programming for multi-agent collaborative framework. *arXiv preprint arXiv:2308.00352*, 3(4), 6.
- Hoogerheide, V., & Roelle, J. (2020). Example-based learning: New theoretical perspectives and use-inspired advances to a contemporary instructional approach. *Applied Cognitive Psychology*, 34(4), 787-792.
- Hsu, Y.-S., & Fang, S.-C. (2019). Opportunities and challenges of STEM education. In Y.-S. Hsu & Y.-F. Yeh (Eds.), *Asia-Pacific STEM teaching practices: From theoretical frameworks to practices* (pp. 1–16). Springer Singapore.
- Ishibashi, Y., & Nishimura, Y. (2024). Self-organized agents: A llm multi-agent framework toward ultra large-scale code generation and optimization. *arXiv preprint arXiv:2404.02183*.
- Jiang, Y. H., Li, R., Zhou, Y., Qi, C., Hu, H., Wei, Y., ... & Wu, Y. (2024). AI Agent for Education: von Neumann Multi-Agent System Framework. *arXiv preprint arXiv:2501.00083*.
- Kim, Y., & Baylor, A. L. (2016). based design of pedagogical agent roles: A review, progress, and recommendations. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 160-169.
- Lesseig, K., Nelson, T. H., Slavitt, D., & Seidel, R. A. (2016). Supporting middle school teachers' implementation of STEM design challenges. *School Science and Mathematics*, 116(4), 177-188.
- Puntambekar, S. (2022). Distributed scaffolding: Scaffolding students in classroom environments. *Educational Psychology Review*, 34(1), 451-472.
- Ramey, K. E., & Stevens, R. (2023). Dilemmas Experienced by Teachers in Adapting to the Role of Facilitator in the STEAM Classroom. *Teaching and teacher education*, 133, 104271.
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example - based learning. *Cognitive science*, 38(1), 1-37.
- Sahin, A., Gulacar, O., & Stuessy, C. (2015). High school students' perceptions of the effects of international science Olympiad on their STEM career aspirations and twenty-first century skill development. *Research in Science Education*, 45, 785-805.
- Schnittka, C. G., Evans, M. A., Won, S. G., & Drape, T. A. (2016). After-school spaces: Looking for learning in all the right places. *Research in Science Education*, 46, 389-412.