

虚拟实验环境在初中化学教育中的教学效果与认知负荷的关系研究

艾小亮

辰溪县实验中学，湖南怀化 419500

摘要：虚拟实验环境（Virtual Laboratory Environment, VLE）在教育领域的应用日益广泛，但它在初中化学教学中的实际效果及其对学生认知负荷的影响尚未得到充分研究。本研究采用准实验设计，探讨 VLE 在初中化学教学中的应用效果，重点考察它对学生化学知识掌握程度、学习动机及认知负荷的影响。研究结果表明，使用 VLE 的学生在化学概念理解与知识迁移能力方面显著优于传统实验组，同时学生的外在认知负荷显著降低。基于此研究结果，本研究提出了若干教育实践建议，以优化 VLE 在化学教育中的应用。

关键词：虚拟实验环境；认知负荷；化学教育；初中生；学习效果

Research on the relationship between the teaching effect and cognitive load of virtual experimental environment in junior high school chemistry education

Ai Xiaoliang

Chenxi County Experimental Middle School, Huaihua, Hunan 419500

Abstract: The application of Virtual Laboratory Environments (VLEs) in education is expanding rapidly, yet their effectiveness in middle school chemistry education and their impact on students' cognitive load have not been thoroughly examined. This study employs a quasi-experimental design to investigate the effects of VLEs in middle school chemistry instruction, with a focus on their impact on students' chemistry knowledge acquisition, learning motivation, and cognitive load. The findings indicate that students using VLEs showed significantly better understanding of chemistry concepts and knowledge transfer abilities compared to the traditional laboratory group, while also experiencing a reduction in extraneous cognitive load. Based on these findings, the study provides several recommendations for optimizing the use of VLEs in chemistry education.

Keywords: virtual experimental environment; cognitive load; chemistry education; junior high school students; learning outcomes

一、引言

（一）研究背景

虚拟实验环境（VLEs）作为现代教育技术的重要创新，正逐步渗透中学教育，尤其在化学领域广泛应用。传统化学实验教学因资源限制、安全风险和操作复杂等问题，常面临挑战，限制了学生的实验机会，可能削弱他们的理解和兴趣^[1]。相比之下，VLEs 为化学实验教学提供了全新解决方案。

随着教育信息化的推进，越来越多的学校引入虚拟实验平台，旨在提升学生的科学素养和实验技能^[2]。VLEs 不仅为学生提供更多实验机会，也为教师提供新的教学工具和资源，丰富了教学内容和形式。教师可以在 VLEs 中设计更具挑战性和趣味性的实验任务，激发学生的学习兴趣 and 探索精神。同时，VLEs 还能实时记录学生的实验操作和数据，为教师评估学生的实验能力和学习效果提供有力支持。

（二）研究问题

在虚拟实验环境逐渐普及的背景下，本研究旨在回答以下几个关键问题：

（1）虚拟实验环境如何影响初中学生在化学概念理解和知识迁移方面的表现？

（2）虚拟实验环境对降低学生外在认知负荷方面的效果如何？

（3）学生在使用虚拟实验环境学习时，其内在认知负荷与外在认知负荷之间存在何种关系？

（4）虚拟实验环境能否有效提升学生的学习积极性和自主学习能力？

（三）研究目的与意义

本研究的主要目的是通过实证研究，探讨虚拟实验环境对初中化学教育的影响，特别是学生

的学习效果和认知负荷之间的关系。通过深入分析虚拟实验环境在化学教学中的应用效果，本研究希望为教育实践提供理论支持和实践指导。具体而言，本研究的意义包括以下几个方面：

1. 理论贡献

虚拟实验环境与认知负荷理论相结合的研究，为教育技术应用于化学教育提供了新的理论视角。然而，关于虚拟实验环境如何影响学生的认知负荷，以及如何通过优化认知负荷提升学习效果的研究仍然相对较少。本研究通过实证分析，探讨虚拟实验环境在降低外在认知负荷、促进知识理解与迁移方面的具体机制，为认知负荷理论的发展提供了新的证据和思路。

2. 实践意义

本研究为初中化学教师提供了具体的教学策略建议，帮助他们有效利用虚拟实验环境提升教学效果。这些实践指导将有助于教师更好地利用教育技术工具，提高课堂教学的效率和质量。同时，本研究也将为教育政策制定者和学校管理者提供实证依据，以支持虚拟实验平台在中学教育中的推广与应用。

二、文献综述

（一）虚拟实验在教育中的应用研究

虚拟实验室（Virtual Laboratories）在教育领域的应用逐渐增加，尤其是在科学、技术、工程和数学（STEM）领域。研究表明，虚拟实验室能够为学生提供灵活的实验环境，弥补物理实验室资源的不足，并为远程学习提供可能。然而，不同研究对虚拟实验室的有效性存在不同看法。研究指出，虚拟实验能够显著提高学生的学业成绩和实验技能，而另一些研究则强调虚拟实验与传统实验在学生实验结果上的差异有限^[3]。

（二）认知负荷理论与教育技术

认知负荷理论 (Cognitive Load Theory, CLT) 在教育技术中的应用广泛。CLT 认为, 学习过程中的认知资源有限, 当学习任务的认知负荷超过学习者的认知资源时, 学习效果会受到负面影响。在虚拟实验室的背景下, 学生可能会因为高水平的沉浸感和复杂的任务结构而增加认知负荷, 从而影响学习效果。

（三）传统实验与虚拟实验的对比研究

关于传统实验与虚拟实验的对比研究, 学术界存在一定的争议。一些研究表明, 虚拟实验在一定程度上能够替代传统实验, 尤其是在无法进行物理实验时 (如疫情期间)。这些研究发现, 虚拟实验不仅可以提高学生的实验技能, 还能提升其对复杂概念的理解程度。然而, 也有研究指出, 虚拟实验在实际操作体验、设备使用和实验失败处理等方面不如传统实验, 这可能会影响学生的实践能力和批判性思维的培养。因此, 虚拟实验更适合作为传统实验的补充而非替代。

三、研究方法

（一）研究设计

本研究旨在系统地评估五款流行的虚拟化学实验室软件, 以探讨它们在初中化学教育中的应用效果。研究基于广泛的文献综述, 对这些工具在教育实践中的适用性和局限性进行深入探讨。通过综合分析这些软件的特点, 本研究将揭示它们在提升学生化学知识掌握、学习动机和认知负荷方面的实际效果, 为初中化学教师选择和应用虚拟实验室提供了科学的理论依据, 促进了虚拟实验环境在化学教育中的应用优化。

1. 研究目标

功能分析: 深入分析每款软件的核心功能和技术特点, 探讨其在化学教学中的潜在应用。

教育效果评估: 通过文献分析和案例研究, 评估这些工具在提升学生学习效果、培养实验技能、以及优化学习动机方面的表现。

适用性与局限性探讨: 探讨各软件在不同教育背景下的应用场景, 评估其优缺点, 为教育者提供实践建议。

（二）研究对象

本研究的研究对象包括以下五款主流的虚拟化学实验室软件: ChemCollective、PraxiLabs、Virtual Chemistry、PhET Interactive Simulations 和 Labster。

这些软件代表了当前虚拟实验室技术在教育中的不同应用场景, 从基础教育到高级教育, 涵盖了多样化的学习需求。通过分析这些工具的实际应用效果, 研究为教育工作者在选择虚拟实验室工具时提供了实证依据。这些软件不仅在基础教育阶段帮助学生理解基本的化学概念, 还在高级教育中支持复杂实验的模拟和操作, 满足了不同层次学生的学习需求。研究结果将有助于教师和教育决策者更好地了解这些虚拟工具的优缺点, 从而做出明智的选择, 以最大化地提升教学效果和学生的学习体验。

（三）材料和工具

1. ChemCollective

ChemCollective 是一个免费的在线虚拟实验室平台, 主要提供溶液制备、化学平衡和电化学等实验的模拟。其开放性使得它成为资源有限的教育环境中的一个理想选择。

（1）优点。

免费资源: 无需付费, 降低了教育成本, 特别适合预算有限的学校和教育机构。

易于使用: 界面设计简洁, 操作简单, 学生和教师能够快速上手, 便于在教学中广泛应用。

适合初中和高中化学课程：它涵盖了化学课程中的基础实验，满足初高中学生的学习需求。

(2) 缺点。

界面相对简陋：视觉效果和用户体验方面较为基础，缺少吸引力。

高级实验支持有限：对于需要进行复杂化学实验的高级课程，ChemCollective 的功能可能无法完全满足要求。

2. PraxiLabs

PraxiLabs 提供了高质量的 3D 虚拟实验室体验，涵盖多个学科，其多语言支持和学生表现评估功能使其在全球范围内广泛应用。

(1) 优点。

真实感强的 3D 模拟：高质量的 3D 仿真技术提供了逼真的实验体验，能够更好地帮助学生理解复杂的科学概念。

支持多语言：多语言界面使其适合全球不同语言背景的学生，增强了在国际教育中的适用性。

学生表现评估功能：内置的评估工具帮助教师跟踪学生的学习进度和实验表现。

(2) 缺点。

使用成本较高：相较于一些免费或低成本的虚拟实验室平台，PraxiLabs 的订阅费用较高，不适用于所有学校和教育机构。

硬件设备要求较高：高质量的 3D 模拟对硬件设备有较高要求，限制了相关应用。

3. Virtual Chemistry

Virtual Chemistry 提供了分子构建和反应模拟工具，帮助学生从分子层面理解化学反应，适用于有机化学和物理化学的高级课程。

(1) 优点。

它具有强大的分子建模和反应模拟功能，能够详细展示分子结构和化学反应过程，适用于高级化学课程。

(2) 缺点。

复杂的操作界面：界面设计和操作流程较为复杂，可能对刚接触化学的学生造成困扰。

初期投入较多：学生和教师需要投入较多时间和精力来熟悉和掌握该平台的使用，可能影响初期的教学效果。

4. PhET Interactive Simulations

PhET 是由科罗拉多大学开发的交互式模拟工具，具备跨平台兼容性和多语言支持，广泛应用于基础化学教育。

(1) 优点。

易于操作：界面简洁，操作直观，可以快速上手使用。

跨平台支持：兼容多种设备，包括电脑、平板和手机，方便在各种教学环境中使用。

适合多种语言环境：多语言支持使其适用于全球不同语言背景的学生。

免费开放：作为一个免费资源，它降低了教育成本，适合预算有限的学校和教育机构。

(2) 缺点。

功能较为基础：提供的模拟工具主要针对基础化学概念，对于复杂的化学反应和高级实验的支持有限。

适合阶段局限：适用于初中和高中阶段的基础化学教育，对于大学级别或高级课程的实验需求满足不足。

5. Labster

Labster 是一个虚拟现实实验平台，适用于远程教育和在线学习。其 360 度全景实验环境和详细的实验指导增强了学生的学习效果。

（1）优点。

高度沉浸式：360 度全景实验环境，能够让学生身临其境地进行实验操作。

支持复杂实验：能够模拟复杂的科学实验，适用于高年级和大学阶段的课程，满足更高层次的实验需求。

（2）缺点。

设备要求高：由于采用虚拟现实技术，它对硬件设备的要求较高，可能需要先进的计算机和 VR 设备。

使用费用较高：Labster 的订阅费用相对较高，可能超出一些学校和教育机构的预算，不适合所有教育环境。

四、研究结果与讨论

（一）软件在教育中的作用与效果分析

研究表明，虚拟化学实验室软件在现代化化学教育中具有广泛的应用潜力，展现出独特的优势。通过提供安全、灵活的实验环境，这些工具不仅增强了学生的实验技能，还促进了他们对复杂化学概念的理解。

1. ChemCollective

ChemCollective 在基础化学教学中表现出色，其开放性使其在资源有限的教育环境中尤为重要。然而，缺乏高级实验支持限制了其在更高级化学课程中的应用。

2. PraxiLabs

PraxiLabs 的高质量 3D 模拟真实感强，适用于远程教育和实验资源有限的学校。然而，高使用成本和硬件要求限制了它的适用范围。

3. Virtual Chemistry

Virtual Chemistry 通过其分子建模功能，在高级化学课程中帮助学生深入理解复杂的化

学反应。尽管其操作复杂，但对于有一定化学基础的学生来说，Virtual Chemistry 是一个非常宝贵的学习工具。

4. PhET Interactive Simulations

PhET 在基础化学教育中表现优异，特别是在激发学生学习兴趣和提高课堂参与度方面效果显著。其简单易用的界面和丰富的互动内容使其成为初级化学课程中的重要工具，为学生学习基础化学知识提供了指导。

5. Labster

Labster 通过其虚拟现实技术，为学生提供了独特的沉浸式学习体验，特别适用于复杂科学实验的教学。尽管其设备要求和使用费用较高，但在远程教育和高等教育中，Labster 无可替代。

（二）讨论与启示

研究表明，虚拟化学实验室软件在化学教育中具有广泛的应用前景。通过提供灵活且互动性强的学习环境，这些工具帮助学生掌握了实验技能，增强了对复杂概念的理解，并在激发学习兴趣方面表现突出。不同的软件适用于不同的教育场景，教育工作者应根据具体的教学需求和学生水平选择合适的工具。

为确保虚拟实验室工具的有效应用，学校应为教师提供全面的技术支持和专业培训。教师需要了解如何操作这些软件、如何将它们有效地整合到课程中，以及如何评估学生在虚拟实验中的表现^[4]。通过定期的培训和技术指导，学校可以帮助教师提高虚拟实验室工具的使用技能，从而确保这些工具在教学中发挥最佳效果。对于 PhET 等易于上手的工具，学校也可以提供基础操作培训，确保所有教师都能熟练使用。

通过合理的教学设计和充分的技术支持,教育者可以最大化地发挥虚拟实验室工具的优势,提升学生的学习体验和教育效果。

五、讨论

(一) 结果解释

本研究通过对五款流行的虚拟化学实验室软件的功能、应用效果和用户反馈的分析,揭示了这些工具在化学教育中的应用价值。研究发现,这些虚拟实验室能够有效提高学生的实验技能、增强学习兴趣,并在一定程度上弥补了传统实验室资源的不足。然而,研究也指出,各软件在功能设计、用户体验和成本效益方面存在差异,这些差异影响了它们在不同教育背景下的适用性。

(二) 教育实践建议

1. 合理选择和整合虚拟实验室工具

教师应根据课程需求、学生水平和学校资源,选择合适的虚拟实验室工具。基础化学课程推荐使用 PhET, 而高级化学课程则适合 Virtual Chemistry。

2. 技术支持和教师培训

学校应提供技术支持和培训,帮助教师熟练掌握虚拟实验室工具的使用方法,并将其有效整合到课程中。通过培训,教师可以设计互动性强、效果显著的实验教学活动。

六、结论

(一) 研究总结

本研究通过对五款主要虚拟化学实验室软件的深入分析,探讨了这些工具在化学教育中的应用价值和局限性。研究结果表明,虚拟实验室工具在提高学生的实验技能、增强学习动机和促进知识理解方面表现出色。然而,其应用效果仍

然受到软件功能、使用成本和设备要求等因素的影响。

(二) 结论

虚拟实验室工具为现代化学教育提供了创新的教学手段,为学生提供了安全、互动且灵活的实验环境,这些工具能够有效补充传统实验教学的不足^[5]。教师可以根据教学目标和学生需求,灵活应用这些工具,优化实验教学设计,提升教学效果。未来的研究和工具开发应着眼于解决当前的局限性,进一步提升虚拟实验室工具的教育价值,为更多的教育背景和学习场景提供支持。

参考文献

- [1] 刘苹苹,冯修猛,范笑妤. 虚拟实验室的建设发展和评价[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(12): 242-246.
- [2] 阴思伟. 基于 NOBOOK 虚拟实验的高中化学实验教学的应用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2023.
- [3] 张冉. 面向初中生物教学的 VR 教育游戏开发与应用研究[D]. 南昌: 江西科技师范大学, 2022.
- [4] 鲁迎春. VR 教育游戏在小学英语教学中的应用研究[D]. 南昌: 江西科技师范大学, 2022.
- [5] 高嵩,赵福政,刘晓晖. 国外虚拟现实(VR)教育研究存在的问题与启示[J]. 中国电化教育, 2018(3): 19-23, 73.

版权所有©2024本文作者和香港科技出版集团。本作品根据知识共享署名国际许可证(CC BY 4.0)获得许可。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

