

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG VÀ SỬ DỤNG THÍ NGHIỆM ẢO TRONG DẠY HỌC MÔN KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Phạm Thị Như Quỳnh

Khoa Sinh học, Trường Sư phạm, Trường Đại học Vinh

Email: phamnhuquynh@gmail.com

Võ Thị Kim Tươi

Cao học k30, LL&PPDH Bộ môn sinh học, Trường Đại học Vinh

Tóm tắt: Trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục, việc ứng dụng công nghệ vào dạy học các môn khoa học trở thành yêu cầu cấp thiết. Bài báo này tập trung nghiên cứu cơ sở lý luận, phân loại, quy trình xây dựng và biện pháp sử dụng thí nghiệm ảo trong dạy học môn Khoa học Tự nhiên ở cấp trung học cơ sở, nhằm góp phần nâng cao chất lượng dạy học và phát triển năng lực học sinh. Trên cơ sở phân tích Chương trình Giáo dục phổ thông 2018, bài báo xác định bốn nhóm thí nghiệm ảo chủ yếu: thí nghiệm mô phỏng – quan sát, thí nghiệm thao tác – tương tác, thí nghiệm khám phá – nghiên cứu, và thí nghiệm tích hợp STEM/AI. Từ đó, nhóm nghiên cứu đề xuất quy trình năm bước xây dựng và sử dụng thí nghiệm ảo, gồm: (1) xác định mục tiêu và nội dung; (2) thiết kế mô hình; (3) lập trình và xây dựng mô phỏng; (4) thử nghiệm, điều chỉnh và hoàn thiện; (5) sử dụng và đánh giá trong dạy học. Kết quả cho thấy thí nghiệm ảo có khả năng tăng cường tính trực quan, kích thích tư duy khám phá, bồi dưỡng năng lực thực nghiệm và năng lực số cho học sinh, đồng thời hỗ trợ giáo viên đổi mới phương pháp dạy học. Nghiên cứu đề xuất một số khuyến nghị về phát triển hạ tầng công nghệ, bồi dưỡng năng lực số cho giáo viên, và xây dựng kho học liệu số mở, hướng tới chuyển đổi số bền vững trong giáo dục phổ thông Việt Nam.

Từ khóa: Thí nghiệm ảo; Khoa học Tự nhiên; Dạy học số; Học liệu số; Năng lực thực nghiệm; Chuyển đổi số giáo dục.

RESEARCH ON DEVELOPING AND USING VIRTUAL EXPERIMENTS IN TEACHING NATURAL SCIENCES

Abstract: In the context of educational digital transformation, integrating technology into science teaching has become imperative. This paper examines the theoretical foundations, typology, development workflow, and pedagogical use of virtual experiments in teaching Natural Sciences at the lower secondary level, with the aim of improving instructional quality and fostering student competencies. Based on an analysis of Vietnam's 2018 General Education Curriculum, the study identifies four main categories of virtual experiments: simulation–observation, manipulation–interaction, exploratory–investigative, and STEM/AI-integrated experiments. Accordingly, a five-step process is proposed for developing and using virtual experiments: (1) define objectives and content; (2) design the model; (3) program and build the simulation; (4) pilot, adjust, and finalize; and (5) implement and evaluate in instruction. Findings indicate that virtual experiments enhance visualization, stimulate inquiry, cultivate students' experimental and digital competencies, and support teachers in innovating instructional methods. The paper recommends investing in technological infrastructure, strengthening teachers' digital capabilities, and developing open digital learning repositories to promote sustainable digital transformation in Vietnam's general education.

Keywords: Virtual experiments; Natural Sciences; Digital instruction; Digital learning resources; Experimental competence; Educational digital transformation.

Nhận bài: 20/10/2025

Phản biện: 18/10/2025

Duyệt đăng: 22/10/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xu thế đổi mới căn bản và chuyển đổi số giáo dục, thí nghiệm ảo (virtual experiment) nổi lên như một tiếp cận hiện đại trong dạy học khoa học, cho phép học sinh quan sát, thao tác và khám phá hiện tượng trong môi trường số. Các nghiên cứu chỉ ra thí nghiệm ảo hỗ trợ hình thành biểu tượng khoa học, phát triển tư duy logic và năng lực giải quyết vấn đề mà không bị ràng buộc bởi thời gian, không gian hay điều kiện vật chất (Rutten, van Joolingen & van der Veen, 2012). Ở Việt Nam, Chương trình GDPT 2018 xác định Khoa học Tự nhiên ở THCS là môn tích hợp, hướng tới năng lực khoa học, năng lực thực nghiệm và giải quyết vấn đề (Bộ GD&ĐT, 2018). Tuy nhiên, hạn

chế về phòng thí nghiệm, thiết bị và an toàn đặc biệt tại khu vực nông thôn cản trở việc đạt mục tiêu này. Trong bối cảnh đó, thí nghiệm ảo là giải pháp thay thế hiệu quả, mở ra môi trường học tập linh hoạt, an toàn và bình đẳng (Nguyễn & Tôn, 2023).

Theo Garrison & Kanuka (2004), công nghệ và môi trường trực tuyến thúc đẩy người học chủ động, hợp tác và kiến tạo tri thức; còn Kirkwood & Price (2014) nhấn mạnh công nghệ chỉ có ý nghĩa khi gắn với mục tiêu sư phạm rõ ràng. Do đó, thí nghiệm ảo không chỉ là trực quan hóa mà phải là phương tiện tổ chức hoạt động học—nơi học sinh tương tác mô hình, thao tác biến số, phân tích dữ liệu để rút ra tri thức qua trải nghiệm.

Thực tiễn triển khai hiện nay còn vướng: năng lực số của giáo viên chưa đồng đều, học liệu phân tán và chưa thẩm định, thiếu quy trình tích hợp thống nhất theo yêu cầu GDPT 2018. Vì vậy, cần nghiên cứu cơ sở lý luận, xây dựng quy trình và hướng dẫn sử dụng thí nghiệm ảo nhằm nâng cao hiệu quả dạy học, đồng thời phát triển năng lực khoa học, năng lực số và năng lực thực nghiệm cho học sinh trong bối cảnh giáo dục số.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Thí nghiệm ảo, vai trò thí nghiệm ảo trong dạy học môn Khoa học Tự nhiên

Thí nghiệm ảo (Virtual Experiment) là hình thức thí nghiệm được thực hiện trong môi trường số mô phỏng các hiện tượng, quá trình khoa học thông qua phần mềm hoặc nền tảng công nghệ. Thí nghiệm ảo cho phép học sinh quan sát, thao tác và thay đổi biến số giống như trong thí nghiệm thật, nhưng không cần đến các thiết bị vật lý. Theo Rutten, van Joolingen và van der Veen (2012), thí nghiệm ảo là công cụ học tập giúp người học tham gia tích cực vào quá trình thực nghiệm, phát triển khả năng tư duy khoa học và giải quyết vấn đề trong môi trường an toàn và linh hoạt.

Đặc trưng của thí nghiệm ảo là tính trực quan, tính tương tác và khả năng mô phỏng chính xác các hiện tượng tự nhiên. Thông qua mô phỏng bằng hình ảnh, âm thanh và chuyển động, học sinh có thể quan sát những quá trình phức tạp – như phản ứng hóa học, quá trình quang hợp hay sự truyền năng lượng – mà trong điều kiện thực tế khó có thể thực hiện do giới hạn về thiết bị hoặc an toàn. Ngoài ra, thí nghiệm ảo còn cho phép lặp lại nhiều lần, hỗ trợ học sinh tự học và rèn luyện kỹ năng thực nghiệm mà không phụ thuộc vào thời gian hoặc không gian học tập.

Vai trò của thí nghiệm ảo trong dạy học môn Khoa học Tự nhiên:

Thí nghiệm ảo có vai trò đặc biệt quan trọng trong dạy học môn Khoa học Tự nhiên – môn học tích hợp các lĩnh vực Vật lý, Hóa học và Sinh học, hướng tới hình thành năng lực tìm hiểu tự nhiên, năng lực thực nghiệm và tư duy khoa học cho học sinh. Trước hết, thí nghiệm ảo tăng cường tính trực quan hóa tri thức, giúp học sinh hình dung rõ ràng các khái niệm trừu tượng và hiện tượng khó quan sát. Theo Hwang và Chang (2020), việc sử dụng mô phỏng trong dạy học giúp học sinh phát triển khả năng tư duy phân biện, giải quyết vấn đề và củng cố hiểu biết về các quá trình khoa học phức tạp.

Bên cạnh đó, thí nghiệm ảo thúc đẩy sự chủ động và hứng thú học tập của học sinh. Các nghiên cứu của Tsai et al. (2022) và Tran & Pham (2023) chứng minh rằng học sinh được trải nghiệm phòng thí nghiệm ảo có mức độ hiểu biết và khả năng vận dụng kiến thức cao hơn so với nhóm học sinh học theo phương pháp truyền thống. Khi được cung cấp môi trường học tập tương tác, học sinh dễ dàng tự điều chỉnh, dự đoán kết quả, so sánh giả thuyết và rút ra kết luận, từ đó hình thành kỹ năng nghiên cứu khoa học và năng lực tự học.

Trong điều kiện nhiều trường học ở Việt Nam còn hạn chế về cơ sở vật chất và phòng thí nghiệm, việc ứng dụng thí nghiệm ảo là giải pháp hiệu quả giúp đảm bảo cơ hội học tập bình đẳng, đồng thời khắc phục rào cản về chi phí, an toàn và thiết bị. Thí nghiệm ảo không chỉ thay thế một phần thí nghiệm thật mà còn mở rộng phạm vi học tập, giúp học sinh thực hành các tình huống mà trong điều kiện thực tế không thể tiến hành, như quan sát phản ứng nguy hiểm hoặc quá trình diễn ra trong thời gian dài (Nguyễn & Tôn, 2023).

Cuối cùng, thí nghiệm ảo còn đóng vai trò là công cụ phát triển năng lực số cho giáo viên và học sinh. Việc thiết kế, khai thác và đánh giá thí nghiệm ảo đòi hỏi người dạy có năng lực sử dụng công nghệ, kết hợp kiến thức chuyên môn với kỹ năng sư phạm số. Qua đó, giáo viên trở thành người hướng dẫn, đồng hành cùng học sinh trong quá trình khám phá khoa học, đúng với định hướng của Chương trình Giáo dục phổ thông 2018 về dạy học phát triển năng lực.

2.2. Các loại thí nghiệm ảo trong dạy học môn Khoa học Tự nhiên

Trong dạy học Khoa học Tự nhiên theo Chương trình GDPT 2018, thí nghiệm là hạt nhân hình thành năng lực khoa học, năng lực thực nghiệm và giải quyết vấn đề cho học sinh. Tuy nhiên, chênh lệch điều kiện cơ sở vật chất và yêu cầu chuyển đổi số khiến việc tổ chức thí nghiệm trực tiếp không phải lúc nào cũng khả thi. Thí nghiệm ảo—các mô phỏng số vận hành trên nền tảng công nghệ—vì thế trở thành giải pháp hiệu quả, cho phép học sinh quan sát, thao tác và trải nghiệm trong môi trường an toàn, linh hoạt, vẫn bảo đảm mục tiêu phát triển năng lực theo định hướng chương trình mới.

Dựa trên mục tiêu, mức độ tương tác và nội dung khoa học, thí nghiệm ảo có thể phân thành bốn nhóm chính. (1) Nhóm quan sát – mô phỏng

hiện tượng hỗ trợ trực quan hóa các quá trình trừu tượng/khó quan sát, đặc biệt phù hợp lớp 6–7: chuyển thể của nước, vòng tuần hoàn nước, cấu tạo tế bào, quang hợp... Qua đó, học sinh hình thành biểu tượng ban đầu và củng cố nhận thức khoa học cơ bản. (2) Nhóm thao tác – tương tác cho phép học sinh chủ động thay đổi biến số và quan sát kết quả, như điều chỉnh vật liệu bề mặt để nghiên cứu ma sát (lực và chuyển động – lớp 7) hay so sánh khả năng dẫn nhiệt giữa các vật liệu (truyền nhiệt – lớp 8). Loại hình này giúp kiểm chứng giả thuyết, phân tích dữ liệu và rút ra kết luận, qua đó phát triển tư duy phản biện và năng lực thực nghiệm.

(3) Nhóm khám phá – nghiên cứu thường dùng trong bài mở rộng/hoạt động STEM, nơi học sinh đặt giả thuyết, chọn biến, lập lại mô phỏng để kiểm chứng. Ví dụ: thay đổi cường độ ánh sáng để quan sát tốc độ quang hợp (lớp 8) hoặc điều chỉnh nhiệt độ để theo dõi tốc độ phản ứng (lớp 9), ghi dữ liệu và đọc đồ thị. Quy trình này rèn luyện thao tác khoa học: nêu vấn đề – dự đoán – thử nghiệm – kết luận. (4) Nhóm tích hợp STEM và trí tuệ nhân tạo kết hợp Khoa học–Công nghệ–Kỹ thuật–Toán với công cụ AI để mô phỏng, dự đoán và phân tích, qua các nền tảng như PhET, LabXchange, ExploreLearning Gizmos, Crocodile Physics/Chemistry. Nhờ đó, học sinh thực hiện các dự án thực tiễn (thiết kế pin mặt trời, hệ truyền năng lượng, mô hình nhà sinh thái), vừa vận dụng kiến thức liên môn vừa phát triển tư duy sáng tạo và năng lực công nghệ.

Tổng thể, thí nghiệm ảo tạo nên một hệ thống phương tiện học tập đa tầng: từ trực quan hóa kiến thức nền đến kích hoạt khám phá, nghiên cứu và sáng tạo. Việc phối hợp linh hoạt bốn nhóm thí nghiệm giúp cá thể hóa lộ trình học, mở rộng không gian tự học, đồng thời đưa phương pháp nghiên cứu khoa học vào lớp học theo cách sinh động, hiệu quả và phù hợp với môi trường số. Đây là hướng đi khả thi để bảo đảm chất lượng dạy học Khoa học Tự nhiên trong điều kiện không đồng đều về thiết bị, đồng thời đáp ứng yêu cầu chuyển đổi số giáo dục.

2.3. Đề xuất quy trình xây dựng và sử dụng thí nghiệm ảo trong dạy học môn Khoa học Tự nhiên

Trong bối cảnh chuyển đổi số giáo dục, thí nghiệm ảo trong dạy học Khoa học Tự nhiên vừa là xu thế tất yếu vừa là giải pháp sư phạm

trọng tâm để đổi mới phương pháp theo hướng phát triển năng lực. Để phát huy hiệu quả, quy trình thiết kế–sử dụng cần bảo đảm tính khoa học, sư phạm và ứng dụng, dựa trên tổng hợp lý luận, mô hình thiết kế học liệu số (Hwang & Chang, 2020) và nội dung Chương trình GDPT 2018 (Bộ GD&ĐT, 2018). Nghiên cứu đề xuất quy trình 5 bước: (1) xác định mục tiêu–nội dung; (2) thiết kế mô hình; (3) lập trình–xây dựng mô phỏng; (4) thử nghiệm–điều chỉnh–hoàn thiện; (5) sử dụng–đánh giá trong dạy học.

Bước 1 định hướng toàn bộ quá trình: xác định chuẩn đầu ra, hiện tượng/khái niệm trọng tâm gắn với các chủ đề “Vật chất và năng lượng”, “Sự sống và môi trường”, “Trái Đất và bầu trời”, đồng thời chọn loại thí nghiệm (mô phỏng quan sát, thao tác biến số, hay khám phá nghiên cứu) phù hợp năng lực cần hình thành.

Bước 2 chuyển hóa mục tiêu thành mô hình/kịch bản sư phạm, làm rõ thành tố thí nghiệm (biến độc lập/phụ thuộc, điều kiện, thiết bị), logic tiến trình và hình thức tương tác của học sinh; có thể phác thảo bằng PhET template, Crocodile, GeoGebra, hoặc Office 365, bảo đảm không sa vào “trình chiếu” mà thiếu hoạt động khám phá (Rutten et al., 2012).

Bước 3 hiện thực hóa sản phẩm bằng các nền tảng PhET, Yenka, Algodoo, CoSpaces, Scratch, Tinkercad, Unity..., chú trọng giao diện thân thiện theo lứa tuổi, chức năng điều chỉnh tham số, thu thập dữ liệu, lưu kết quả, và độ chuẩn xác khoa học so với SGK.

Bước 4 kiểm chứng kỹ thuật (ổn định, tương thích đa thiết bị) và sư phạm (rõ mục tiêu, phù hợp nhận thức, khơi gợi tư duy, hỗ trợ đạt chuẩn), thông qua thử nghiệm trên nhóm GV–HS mẫu để lấy phản hồi và tinh chỉnh nội dung, mức tương tác, giao diện, bảo đảm khả thi khi nhân rộng.

Bước 5 tích hợp linh hoạt vào kế hoạch bài dạy: khởi động (gây vấn đề), hình thành kiến thức (quan sát–phân tích–rút quy luật), luyện tập/đánh giá (củng cố–vận dụng); tổ chức HS tiến hành, ghi chép, thảo luận, kết luận nhằm phát triển năng lực thực nghiệm và tư duy khoa học. Đánh giá hiệu quả có thể dùng bảng quan sát, phiếu phản hồi, so sánh kết quả trước–sau.

Với cách tiếp cận này, thí nghiệm ảo không chỉ trực quan hóa tri thức mà trở thành phương tiện tổ chức hoạt động học tập tích cực, cá thể hóa và

tương tác cao, góp phần hiện thực hóa mục tiêu phát triển phẩm chất, năng lực học sinh trong môn Khoa học Tự nhiên theo GDPT 2018.

2.4. Biện pháp sử dụng thí nghiệm ảo trong dạy học môn Khoa học Tự nhiên

Việc sử dụng thí nghiệm ảo trong dạy học Khoa học Tự nhiên cần được coi là một biện pháp sư phạm trọng yếu để đổi mới phương pháp dạy học theo định hướng phát triển năng lực. Thí nghiệm ảo không chỉ trực quan hóa tri thức mà còn tổ chức hoạt động học tập, giúp học sinh trải nghiệm, khám phá và tự rút ra kiến thức qua tương tác số. Để phát huy hiệu quả, giáo viên phải vận dụng linh hoạt, có chiến lược, phù hợp mục tiêu – nội dung bài học và đặc điểm nhận thức của người học. Tích hợp thí nghiệm ảo nên được tiến hành có hệ thống theo tiến trình dạy học: ở khởi động, dùng để tạo tình huống có vấn đề, khơi gợi hứng thú; ở giai đoạn hình thành kiến thức, dùng làm phương tiện quan sát/mô phỏng/thao tác để phát hiện quy luật và bản chất hiện tượng; ở luyện tập – vận dụng, dùng để củng cố, mở rộng, kiểm chứng kiến thức (như bài “Vật sống” lớp 6: mô phỏng quang hợp rồi giải thích sinh trưởng của cây theo điều kiện ánh sáng).

Thí nghiệm ảo cần kết hợp các phương pháp dạy học tích cực (dự án, khám phá, trạm học, hợp tác). Học sinh được khuyến khích đặt giả thuyết, thay đổi biến số, quan sát kết quả, phân tích dữ liệu để hình thành tư duy khoa học và năng lực giải quyết vấn đề. Ví dụ, trong chủ đề “Ảnh hưởng của yếu tố môi trường đến sinh vật”, học sinh điều chỉnh nhiệt độ, ánh sáng, độ ẩm trên mô phỏng để rút ra điều kiện sống tối ưu—qua đó phát triển đồng thời năng lực thực nghiệm, hợp tác, phân biệt và sáng tạo.

Năng lực số của giáo viên và học sinh là điều kiện quyết định. Giáo viên cần được bồi dưỡng tìm kiếm, lựa chọn, thiết kế và tích hợp thí nghiệm ảo (PhET, LabXchange, ExploreLearning Gizmos, Crocodile Physics), gắn chặt thao tác kỹ thuật với kịch bản sư phạm để kích hoạt tư duy thay vì “xem cho biết”. Học sinh cần được hướng dẫn thao tác, ghi chép, xử lý dữ liệu, phân biệt kết quả để hình thành tác phong nghiên cứu, năng lực tự học và khả năng ứng dụng.

Thí nghiệm ảo cũng nên đưa vào kiểm tra – đánh giá năng lực qua các bài đánh giá thường xuyên/trực tuyến: thiết kế tình huống mô phỏng, yêu cầu học sinh thay đổi biến, dự đoán và giải thích; hệ thống học liệu số ghi nhận – phản hồi tự động, hỗ trợ đánh giá quá trình khách quan, kịp thời.

Tài trợ: Công trình này được hỗ trợ bởi đề tài: “*Xây dựng bộ học liệu số nhằm nâng cao chất lượng dạy học mạch nội dung Vật sống môn Khoa học tự nhiên, Chương trình Giáo dục phổ thông 2018*”, mã số B2024-TDV-01.

Để triển khai bền vững, nhà trường cần hạ tầng ổn định, kho học liệu số dùng chung, LMS theo dõi tiến trình, cùng cộng đồng học tập chuyên môn (PLC) để chia sẻ kinh nghiệm và sản phẩm. Tóm lại, khi gắn với đổi mới phương pháp, phát triển năng lực và chuyển đổi số, thí nghiệm ảo giúp học sinh hiểu sâu, yêu thích khoa học, nâng cao chất lượng dạy học và hiện đại hóa giáo dục phổ thông.

III. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu khẳng định thí nghiệm ảo giữ vai trò then chốt trong đổi mới dạy học môn Khoa học Tự nhiên, góp phần nâng cao chất lượng giáo dục trong bối cảnh chuyển đổi số. Thí nghiệm ảo giúp học sinh tiếp cận kiến thức trực quan, sinh động, đồng thời phát triển năng lực tư duy khoa học, năng lực thực nghiệm và khả năng giải quyết vấn đề. Việc mô phỏng hiện tượng tự nhiên bằng công nghệ số khắc phục hạn chế cơ sở vật chất (nhất là ở vùng khó), mở rộng cơ hội học tập bình đẳng, và tạo điều kiện để giáo viên tổ chức dạy học linh hoạt (kết hợp trực tiếp – trực tuyến), hướng tới môi trường học tập hiện đại, tương tác và cá thể hóa.

Tuy vậy, để thí nghiệm ảo phát huy hiệu quả, thiết kế và sử dụng cần bảo đảm tính khoa học, tính sư phạm và tính khả thi. Những rào cản hiện hữu gồm hạ tầng công nghệ thiếu đồng bộ, kỹ năng số của giáo viên còn hạn chế và nguồn học liệu chưa phong phú. Vì thế, phát triển thí nghiệm ảo không chỉ là bài toán kỹ thuật mà là nhiệm vụ đổi mới toàn diện về năng lực giảng dạy, quản lý và văn hóa số của nhà trường.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất: (1) Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành chính sách khuyến khích và hướng dẫn thống nhất phát triển, sử dụng thí nghiệm ảo trong dạy học Khoa học Tự nhiên, đặc biệt theo định hướng STEM; (2) các cơ sở giáo dục đầu tư hạ tầng và phần mềm mô phỏng, đồng thời xây dựng kho học liệu số mở dùng chung; (3) tăng cường bồi dưỡng giáo viên về thiết kế, khai thác thí nghiệm ảo để sử dụng công cụ số như một phương tiện dạy học tích cực, không chỉ trình chiếu minh họa; (4) lồng ghép thí nghiệm ảo vào kiểm tra – đánh giá năng lực nhằm đo lường quan sát, phân tích, lập luận và tư duy khoa học của người học. Cuối cùng, cần hướng tới hệ sinh thái học liệu số tích hợp thí nghiệm ảo với trò chơi học tập, AR/VR và AI, thúc đẩy chuyển đổi số giáo dục phổ thông theo hướng bền vững, sáng tạo, lấy người học làm trung tâm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Alenezi, A. (2020). *The Role of e-Learning Materials in Enhancing Teaching and Learning Behavior. International Journal of Information and Education Technology (Vol 10(1), pp 48-56).*
- Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2018). *Chương trình Giáo dục phổ thông – Môn Khoa học Tự nhiên.* Hà Nội: NXB Giáo dục Việt Nam.
- Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2018). *Chương trình Giáo dục phổ thông tổng thể.* Hà Nội: NXB Giáo dục Việt Nam.
- Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). *Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. The Internet and Higher Education, 7(2), 95–105.*
- Hwang, G. J., & Chang, C. Y. (2020). *Facilitating learners' critical thinking and problem-solving skills through digital simulations in science education. Computers & Education, 157, 103983.*
- Kirkwood, A., & Price, L. (2014). *Technology enhanced learning and teaching in higher education: What is 'enhanced' and how do we know? A critical literature review. Learning, Media and Technology, Volume 39, Issue 1 (2014) — trang 6-36*
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning (3rd ed.). Cambridge University Press.*
- Nguyễn, T., & Tôn, P. (2023). *Trang bị phương tiện dạy học trong dạy học Khoa học Tự nhiên ở trung học cơ sở.* Tạp chí Khoa học Giáo dục Việt Nam, (324), 45–52.
- Nguyễn, T. T. H., & Tôn, T. T. N. (2023). *Xây dựng một số thí nghiệm trực diện phân điện thuộc chủ đề “Năng lượng và sự biến đổi” trong chương trình môn Khoa học Tự nhiên.* Tạp chí Khoa học – Trường Đại học Tây Nguyên, 17(58), 45–52.
- Phạm, T. H. (2023). *Đề xuất bộ tiêu chí và quy trình thiết kế bài giảng e-learning dùng cho trường phổ thông.* Tạp chí Giáo dục, 23(3), 69–74.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). *The learning effects of computer simulations in science education. Computers & Education, 58(1), 136–153.*
- Tran, M. H., & Pham, T. T. (2023). *Ứng dụng phòng thí nghiệm ảo trong dạy học Sinh học ở trung học cơ sở.* Tạp chí Giáo dục, 23(3), 15–20.
- Tsai, C. C., Lin, T. S., & Lee, M. J. (2022). *Virtual labs and students' motivation and learning performance in biology education. Education and Information Technologies, 27(4), 5329–5345.*