

BUILDING A TEACHING MODEL STEM PROJECT TO DEVELOP SCIENTIFIC RESEARCH CAPACITY FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

Nguyen Ngoc Muu¹, Nguyen Thi Hang Nga^{2,*},
Nguyen Thi Bich Ngoc² and Do Duc Que³

¹*Faculty of Primary Education, Saigon
University, Ho Chi Minh city, Vietnam*

²*Faculty of Biology, Hanoi National University
of Education*

³*Department of General Education, Ministry of
Education and Training, Hanoi city, Vietnam*

*Corresponding author: Nguyen Thi Hang Nga,
e-mail: hangnga@hnue.edu.vn

Received September 3, 2025.

Revised September 17, 2025.

Accepted January 30, 2026.

Abstract. This study proposes a STEM-oriented project-based learning model to develop scientific research capacity in high school students. The study employs three main groups of methods: Theoretical research - synthesizing and analyzing domestic and international literature on STEM education, project-based teaching and the development of scientific research capacity to establish theoretical framework for the model; Practical research - surveying teachers and students to evaluate the current situation and necessity for innovation; Data assessment and processing - using rubrics, checklists and student learning products, combining descriptive and inferential statistical analysis to verify the feasibility and effectiveness of the model. The study is expected to contribute to the theoretical basis and practical evidence for STEM project-based instruction, thereby enhancing scientific research capacity for students and meeting the requirements of the current general education innovation.

Keywords: STEM project-based, scientific research competence, model, STEM project-based learning model.

XÂY DỰNG MÔ HÌNH DẠY HỌC DỰ ÁN STEM PHÁT TRIỂN NĂNG LỰC NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CHO HỌC SINH PHỔ THÔNG

Nguyễn Ngọc Mưu¹, Nguyễn Thị Hằng Nga^{2,*},
Nguyễn Thị Bích Ngọc² và Đỗ Đức Quế³

¹*Khoa Giáo dục Tiểu học, Trường Đại học Sài Gòn,
thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*

²*Khoa Sinh học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội,
thành phố Hà Nội, Việt Nam*

³*Vụ giáo dục phổ thông, Bộ Giáo dục & Đào tạo,
thành phố Hà Nội, Việt Nam*

*Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Hằng Nga,
e-mail: hangnga@hnue.edu.vn

Ngày nhận bài: 3/9/2025.

Ngày sửa bài: 17/9/2025.

Ngày nhận đăng: 30/1/2026.

Tóm tắt. Một trong những mục tiêu của Chương trình Giáo dục phổ thông (CTGDPT) 2018, năng lực nghiên cứu khoa học (NCKH) được xác định là cần phát triển cho học sinh, giúp họ có thể thích ứng với sự phát triển của thời đại. Nghiên cứu này đề xuất mô hình và quy trình xây dựng mô hình dạy học dự án theo định hướng STEM phát triển năng lực NCKH cho học sinh (HS) phổ thông tạo cơ sở hay đó là những hướng dẫn giáo viên trong việc thiết kế, lựa chọn phương thức dạy học hiệu quả. Nghiên cứu sử dụng ba nhóm phương pháp chính: Nghiên cứu lý thuyết - tổng hợp và phân tích các tài liệu trong và ngoài nước về giáo dục STEM, dạy học dự án và phát triển năng lực NCKH để định hướng xây dựng mô hình; Nghiên cứu thực tiễn - khảo sát giáo viên, học sinh nhằm xác định thực trạng và nhu cầu đổi mới; Đánh giá và xử lý dữ liệu - sử dụng rubric, bảng kiểm và sản phẩm học tập của HS, kết hợp phân tích thống kê mô tả và so sánh để kiểm chứng tính khả thi, hiệu quả của mô hình. Nghiên cứu kỳ vọng bổ sung cơ sở lý luận và minh chứng thực tiễn cho dạy học dự án STEM, qua đó phát triển năng lực NCKH cho HS và đáp ứng yêu cầu đổi mới giáo dục phổ thông.

Từ khóa: dự án STEM, năng lực nghiên cứu khoa học, mô hình, mô hình dạy học dự án STEM.

1. Mở đầu

Chương trình Giáo dục phổ thông 2018 xác định mục tiêu trọng tâm là hình thành và phát triển phẩm chất, năng lực cho HS, trong đó năng lực NCKH giữ vị trí đặc biệt quan trọng. Đây là năng lực giúp thế hệ trẻ chủ động thích ứng với xã hội tri thức và sự phát triển mạnh mẽ của khoa học – công nghệ (Bộ GD & ĐT, 2018) [1]. Việc hình thành năng lực NCKH không chỉ tạo điều kiện để HS giải quyết vấn đề một cách khoa học, mà còn khuyến khích tư duy sáng tạo, phát triển khả năng hợp tác và tinh thần phản biện (Pellegrino, 2014) [2]. Nội dung kiến thức các môn học phổ thông (như môn Sinh học) gắn với thực nghiệm, tìm tòi và trải nghiệm, tạo tiềm năng lớn để tổ chức các hoạt động nhằm rèn luyện năng lực này. Tuy nhiên, thực tế dạy học hiện nay còn ít gắn với các tình huống thực tiễn, khiến cơ hội để HS rèn luyện kỹ năng nghiên cứu còn hạn chế (NTH Hạnh & TT Lan, 2021) [3].

Trong bối cảnh đó, dạy học dự án theo định hướng STEM được xem là một tiếp cận phù hợp, mang tính liên môn, gắn với thực tiễn và định hướng giải quyết vấn đề, đồng thời khuyến khích HS tham gia trải nghiệm, sáng tạo và hợp tác (Bybee, 2013; Kelley & Knowles, 2016) [4], [5]. Dạy học theo dự án STEM có ảnh hưởng rõ rệt trong việc thúc đẩy phát triển các kỹ năng tư duy bậc cao, đặc biệt là tư duy sáng tạo cho HS (Kwon & Lee, 2025) [6]. Dạy học dự án STEM không chỉ giúp HS củng cố và vận dụng kiến thức môn học, mà còn tạo cơ hội để từng bước hình thành năng lực NCKH thông qua các hoạt động như: xác định vấn đề, xây dựng giả thuyết, thiết kế và tiến hành thí nghiệm, xử lý dữ liệu, phân tích kết quả và trình bày sản phẩm nghiên cứu. Triển khai dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH cho HS cần thiết phải có một mô hình với thành phần cấu trúc rõ ràng làm cơ sở định hướng cho GV trong thiết kế – tổ chức – đánh giá hoạt động dạy học một cách hệ thống, đồng thời tạo môi trường học tập tích cực, đáp ứng yêu cầu đổi mới giáo dục hiện nay.

Qua phân tích, tổng hợp các tài liệu trong và ngoài nước, nhận thấy có không ít những nghiên cứu về mô hình dạy học dự án STEM. Mô hình dạy học dự án STEM 6 bước của Rahmania (2021) được thiết kế theo trình tự tuyến tính, giúp GV và HS dễ dàng triển khai, nhưng sự rập khuôn trong cấu trúc lại khiến hoạt động học tập trở nên áp đặt, hạn chế khả năng sáng tạo và tự định hướng của HS khi giải quyết những vấn đề phức tạp, đa chiều [7]. Mô hình xoắn ốc của Zhan (2023) tạo điều kiện lặp lại và mở rộng ý tưởng để phát triển tư duy phản biện, nhưng đòi hỏi GV có năng lực thiết kế cao, tốn nhiều thời gian và nguồn lực, nên khó triển khai rộng rãi trong bối cảnh phổ thông còn nhiều hạn chế [8]. Mô hình dự án STEM gắn với phát triển bền vững của Sánchez-García & Reyes-de-Cózar (2025) định hướng HS tiếp cận các vấn đề toàn cầu như môi trường, năng lượng và sức khỏe cộng đồng nhằm hình thành năng lực NCKH và trách nhiệm công dân, nhưng phạm vi chủ đề quá rộng và phức tạp vượt quá khả năng tổ chức của GV và nguồn lực nhà trường, nên dễ dẫn đến việc dự án chỉ dừng ở ý tưởng hoặc triển khai hình thức, thiếu chiều sâu [9]. Nghiên cứu của Lê Thị Thu Hà, Lê Trung Hiếu và Quan Thị Dương (2023) đã phân tích mô hình dạy học STEM ở tiểu học theo các tiếp cận tìm hiểu – khám phá và thiết kế kỹ thuật, nhấn mạnh vai trò tích hợp liên môn và HS làm trung tâm, tuy nhiên nghiên cứu còn hạn chế khi thiếu minh chứng thực nghiệm, chưa làm rõ điều kiện triển khai thực tế cũng như khung đánh giá cụ thể cho hiệu quả dạy học [10]. Những nghiên cứu trên đã tập trung vào xây dựng mô hình dạy học dự án STEM, chưa đề xuất được quy trình xây dựng các mô hình đó. Nhằm khắc phục những hạn chế trên, bài báo này đề xuất quy trình xây dựng mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH cho HS phổ thông và một mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH gồm 3 thành phần cấu trúc (đầu vào – cơ chế vận hành – kết quả). Mô hình dạy học dự án STEM được đề xuất vừa đảm bảo tính linh hoạt, khả thi trong điều kiện phổ thông, vừa phát huy được tính sáng tạo, tư duy phản biện và ý thức trách nhiệm xã hội của HS. Qua khảo sát ý kiến các chuyên gia giáo dục, tính khả thi của mô hình được đánh giá cao. Kết quả nghiên cứu này được kì vọng

sẽ góp phần hoàn thiện cơ sở lý luận về dạy học dự án STEM, đồng thời cung cấp định hướng cho GV trong việc thiết kế, tổ chức và đánh giá các hoạt động dạy học theo hướng phát triển năng lực HS, qua đó đáp ứng yêu cầu đổi mới căn bản và toàn diện giáo dục ở giai đoạn hiện nay.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng 3 nhóm phương pháp nghiên cứu, gồm: (1) Phương pháp nghiên cứu lý thuyết thông qua thu thập, phân tích các tài liệu trong và ngoài nước về mô hình, mô hình dạy học và mô hình dạy học dự án STEM làm cơ sở đề xuất mô hình và quy trình xây dựng mô hình; (2) Phương pháp chuyên gia: Sử dụng công cụ phiếu khảo sát online đánh giá mức độ khả thi của mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH; (3) Phương pháp thống kê toán học: Sử dụng công cụ phân tích thống kê SPSS để xử lý, phân tích, đánh giá định lượng và định tính kết quả điều tra, khảo sát bằng bộ công cụ đề xuất, nhằm đảm bảo độ tin cậy, độ giá trị và tính khách quan trong sai số cho phép. Các phương pháp nghiên cứu này nhằm đảm bảo độ tin cậy, cung cấp minh chứng cho hiệu quả của việc áp dụng mô hình dạy học dự án STEM trong phát triển năng lực NCKH của HS ở trường phổ thông.

2.2. Kết quả nghiên cứu

2.2.1. Năng lực nghiên cứu khoa học

Năng lực NCKH của HS là một dạng năng lực tích hợp, bao gồm từ việc phát hiện vấn đề, xây dựng giả thuyết, thiết kế phương án nghiên cứu, tiến hành thu thập và xử lý dữ liệu, đến việc rút ra kết luận và trình bày kết quả (De Ketele, 1996) [11]. Theo Pellegrino, Wilson, Koenig và Beatty (2014), năng lực NCKH thể hiện ở khả năng xác định mục tiêu nghiên cứu, lựa chọn bằng chứng phù hợp, thiết kế nhiệm vụ và triển khai các hoạt động nhằm tạo ra sản phẩm có giá trị khoa học [2]. Quá trình này không chỉ đòi hỏi kiến thức chuyên môn mà còn cần đến tư duy phản biện, khả năng sáng tạo và kỹ năng hợp tác. Trong giáo dục phổ thông, năng lực NCKH được xem như một mục tiêu quan trọng nhằm chuẩn bị cho HS thích ứng với yêu cầu của xã hội hiện đại. Việc phát triển năng lực này giúp HS hình thành thói quen tư duy khoa học, biết đặt câu hỏi, giải thích hiện tượng, đồng thời ứng dụng tri thức vào giải quyết các tình huống thực tiễn (Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2018) [12]. Đây cũng là tiền đề để các em có thể tham gia hiệu quả vào hoạt động nghiên cứu ở bậc học cao hơn hoặc trong nghề nghiệp tương lai. Các nghiên cứu gần đây cho thấy năng lực NCKH có cấu trúc đa thành tố, bao gồm: (1) năng lực nhận diện và xác định vấn đề nghiên cứu; (2) năng lực xây dựng và kiểm chứng giả thuyết; (3) năng lực thiết kế và tiến hành thí nghiệm; (4) năng lực xử lý và diễn giải dữ liệu; (5) năng lực trình bày và bảo vệ kết quả nghiên cứu (Vagias et al., 2022) [13]. Việc rèn luyện đồng bộ các thành tố này sẽ giúp HS phát triển tư duy khoa học bền vững, đồng thời nâng cao hiệu quả học tập các môn Khoa học Tự nhiên. Như vậy, có thể khẳng định rằng năng lực NCKH là một trong những năng lực cốt lõi của công dân thế kỷ XXI, vừa mang tính học thuật, vừa mang tính ứng dụng, cần được chú trọng bồi dưỡng trong quá trình dạy học ở trường phổ thông.

2.2.2. Dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học

Theo Capraro, Morgan và Slough (2013), dạy học dự án STEM là một hình thức tổ chức mang tính tích hợp, trong đó HS vận dụng kiến thức từ nhiều lĩnh vực để giải quyết vấn đề thực tiễn, đồng thời rèn luyện năng lực NCKH thông qua việc đặt câu hỏi, thiết kế phương án, tiến hành thực nghiệm và báo cáo kết quả [14]. Điểm nổi bật của mô hình này là định hướng theo vấn đề và sản phẩm: HS không chỉ tiếp thu kiến thức sẵn có mà còn chủ động tìm tòi, sáng tạo để tạo ra kết quả có thể ứng dụng hoặc trình bày, chia sẻ trong cộng đồng học tập. Khác với phương pháp truyền thống thiên về truyền thụ, dạy học dự án STEM đặt HS vào vai trò trung tâm,

trực tiếp tham gia toàn bộ tiến trình: xác định vấn đề, đề xuất giải pháp, thiết kế kế hoạch, triển khai và báo cáo. Quá trình này vừa củng cố kiến thức bộ môn, vừa phát triển những năng lực then chốt của công dân thế kỷ XXI như giải quyết vấn đề, tư duy phản biện, hợp tác và sáng tạo (Bybee, 2013; Krajcik & Blumenfeld, 2006) [4], [15]. Một đặc điểm quan trọng của dự án STEM là sự gắn bó mật thiết với thực tiễn. Các chủ đề thường xuất phát từ tình huống gần gũi trong đời sống, môi trường, sản xuất hoặc cộng đồng địa phương. Chính tính ứng dụng này tạo động lực, giúp HS hứng thú hơn với việc học, đồng thời có cơ hội phát triển kỹ năng nghiên cứu trong môi trường mở và giàu trải nghiệm (English, 2017) [16]. Barron và Darling-Hammond (2008) cũng chỉ ra rằng HS trong dự án STEM không chỉ nắm vững “học cái gì” mà còn thành thạo “làm như thế nào”. Việc tích hợp kiến thức nhiều môn học xoay quanh một dự án cụ thể giúp HS nhận thức rõ mối liên hệ giữa tri thức và thực tiễn, đồng thời nuôi dưỡng ý thức trách nhiệm với các vấn đề xã hội [17]. Như vậy, dự án STEM là phương thức dạy học định hướng sản phẩm, gắn liền thực tế, qua đó giúp HS phát triển năng lực NCKH, khuyến khích sáng tạo và tư duy đổi mới trong học tập (English, 2017) [16].

Theo Blumenfeld PC & Cs (1991), dự án STEM phát triển năng lực NCKH cho HS là một phương thức dạy học tích hợp theo định hướng dự án, trong đó HS được tham gia quá trình giải quyết vấn đề thực tiễn thông qua việc đặt câu hỏi nghiên cứu, thiết kế và tiến hành thí nghiệm, thu thập – phân tích dữ liệu, và truyền đạt kết quả theo quy trình khoa học [18]. Pedaste M & Cs, (2015) quan niệm, dự án STEM nhằm phát triển năng lực NCKH có thể được xem là một hình thức học tập dựa trên điều tra, trong đó HS chủ động hình thành câu hỏi, thu thập và giải thích dữ liệu, kết nối phát hiện với kiến thức nền, và xây dựng các lập luận khoa học mang tính hệ thống [19]. Dự án STEM phát triển năng lực NCKH cho HS là những hoạt động học tập tích hợp nhằm rèn luyện cho HS khả năng tham gia vào điều tra khoa học, hiểu và vận dụng các khái niệm, quy trình và phương pháp khoa học, từ đó phát triển năng lực lí giải, đánh giá và đề xuất giải pháp cho các vấn đề thực tiễn (OECD, 2016) [20]. Tác giả Nguyễn Ngọc Mưu và Nguyễn Thị Hằng Nga (2025) quan niệm “Dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học là dạng dự án tích hợp các môn học khoa học, công nghệ, kĩ thuật và toán học, trong đó học sinh vận dụng tư duy khoa học và phương pháp nghiên cứu để khám phá, phân tích và giải quyết vấn đề thực tiễn thông qua quá trình nghiên cứu có hệ thống” [21]. Như vậy, có thể khẳng định rằng dự án STEM là một công cụ dạy học hiệu quả, góp phần hiện thực hóa định hướng đổi mới giáo dục, thúc đẩy sự phát triển toàn diện phẩm chất và năng lực cho HS trong bối cảnh hội nhập quốc tế và cách mạng công nghiệp 4.0.

2.2.3. Mô hình và mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học

2.2.3.1. Mô hình và mô hình dạy học

Theo từ điển Tiếng Việt (Hoàng Phê, 2011), mô hình là hình thức diễn đạt hết sức gọn theo một ngôn ngữ nào đó, có các đặc trưng chủ yếu của một đối tượng, để nghiên cứu đối tượng ấy [22]. Tác giả Kaplan A (1964) nhấn mạnh “Mô hình là sự biểu đạt đơn giản hóa của một hệ thống, quá trình hoặc hiện tượng, được xây dựng nhằm mô tả, giải thích hoặc dự đoán cách thức hoạt động của đối tượng thực tế” [23]. Theo Frigg & Hartmann (2020), mô hình không phải là bản sao của thế giới thực mà là công cụ trừu tượng giúp nghiên cứu và thao tác với hiện thực [24]. Mặc dù khái niệm mô hình được diễn đạt theo các cách khác nhau, nhưng các nghiên cứu đều xác định, mô hình là biện pháp trực quan hóa các sự vật, đối tượng khách quan.

Trong giáo dục, trên cơ sở các định nghĩa mô hình, tác giả Joyce B, Weil M & Calhoun E (2015) quan niệm “Mô hình là cấu trúc mô tả hoặc sơ đồ khái quát các thành phần, mối quan hệ và tiến trình của một hoạt động giáo dục, được sử dụng để định hướng tổ chức và triển khai dạy học” [25]. Tác giả đã nhấn mạnh vai trò minh họa, định hướng và kiểm chứng giả thuyết giáo dục.

Theo Gibbons AS (2013), mô hình cũng có thể được coi là công cụ tư duy và thực hành, giúp GV và nhà nghiên cứu thiết kế, triển khai và đánh giá các hoạt động giáo dục. Mô hình vừa có chức năng mô tả, vừa có chức năng chỉ dẫn hành động trong thực tiễn. Gibbons AS nhấn mạnh chức năng kép: vừa mô tả, vừa chỉ dẫn hành động của mô hình dạy học [26]. Nguyen TH & Pham MA (2020) cho rằng: “Mô hình dạy học là sự khái quát hóa có tính cấu trúc về cách tổ chức hoạt động dạy và học, phản ánh các thành tố cơ bản (mục tiêu, nội dung, phương pháp, phương tiện, hình thức tổ chức, kiểm tra đánh giá) cùng mối quan hệ giữa chúng nhằm đạt được mục tiêu giáo dục nhất định” [27]. Phân tích các quan niệm trên, nghiên cứu xác định như sau: *Mô hình dạy học là một cấu trúc tổng thể có tính hệ thống, phản ánh các thành tố và mối quan hệ trong quá trình dạy học; nó vừa mang chức năng minh họa, định hướng, vừa là công cụ tư duy và thực hành hỗ trợ giáo viên trong thiết kế, tổ chức và đánh giá hoạt động giáo dục để đạt được mục tiêu đề ra.*

2.2.3.2. Mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học

Theo Blumenfeld, et al. (1991), mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH là một phương pháp dạy học theo dự án (Project-Based Learning) kết hợp bối cảnh STEM, nơi người học được chủ động tham gia vào toàn bộ quy trình nghiên cứu khoa học - từ định hình vấn đề, đề xuất giả thuyết, thiết kế phương án đến thực hiện, đánh giá và báo cáo - nhằm đồng thời phát triển tri thức liên ngành và năng lực nghiên cứu, tư duy phản biện, giải quyết vấn đề và sáng tạo [18]. Lee MY (2025) nhấn mạnh tính liên ngành và thực tiễn STEM của mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH. Ông cho rằng “Mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH là cấu trúc sự phạm tích hợp giữa thiết kế theo dự án và liên ngành STEM, trong đó HS sử dụng kiến thức và kỹ năng liên ngành để giải quyết một bài toán thực tiễn, qua đó hình thành năng lực điều tra khoa học, tư duy phản biện và kỹ năng hợp tác” [28]. DTK Oanh & TDH Dang (2025) quan niệm “Mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH là một hình thức học tập trải nghiệm, nơi HS không chỉ học kiến thức qua dự án thực tiễn STEM mà còn phát triển năng lực NCKH thông qua hoạt động tìm hiểu thực tế, đồng thời bồi dưỡng năng lực thế kỉ 21 như tư duy sáng tạo, giao tiếp, hợp tác và tự chủ trong học tập” [29]. Trong nghiên cứu này, mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH được hiểu là một cấu trúc sự phạm định hướng thiết kế, tổ chức hoạt động học tập theo dự án gắn với bối cảnh STEM, trong đó dưới sự định hướng và hỗ trợ của GV, HS huy động và tích hợp tri thức liên ngành để tham gia tiến trình nghiên cứu khoa học (từ xác định vấn đề, hình thành giả thuyết, thiết kế và triển khai nghiên cứu đến xử lý dữ liệu, rút ra kết luận và báo cáo kết quả), qua đó phát triển năng lực NCKH cùng các phẩm chất và năng lực cốt lõi cần thiết.

Phân tích dấu hiệu của khái niệm mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH, đặc điểm của mô hình được xác định gồm: (1) Tính liên ngành và tích hợp tri thức: Mô hình dự án STEM kết hợp nhiều lĩnh vực (Khoa học, Công nghệ, Kỹ thuật, Toán học), tạo cơ hội cho HS huy động, tích hợp và vận dụng kiến thức vào giải quyết các vấn đề phức hợp của thực tiễn (DTK Oanh & TDH Dang (2025) [29]; (2) Định hướng nghiên cứu khoa học: Hoạt động học tập được thiết kế theo tiến trình NCKH (xác định vấn đề → giả thuyết → thực nghiệm → xử lý dữ liệu → kết luận → báo cáo), qua đó hình thành và phát triển tư duy khoa học, khả năng phân tích và phản biện; (3) Học tập theo dự án gắn với thực tiễn: Các nhiệm vụ học tập mang tính dự án, gắn liền với tình huống thực tế, yêu cầu HS sản xuất sản phẩm cụ thể (mô hình, giải pháp, báo cáo khoa học). Điều này giúp việc học trở nên ý nghĩa và gắn với đời sống; (4) Định hướng phát triển năng lực và phẩm chất: Mô hình chú trọng phát triển năng lực NCKH (tư duy phản biện, giải quyết vấn đề, thiết kế nghiên cứu) đồng thời hình thành các phẩm chất và năng lực cốt lõi khác như sáng tạo, hợp tác, giao tiếp; (5) Vai trò định hướng và hỗ trợ của giáo viên (GV): GV giữ vai trò là nhà thiết kế và tổ chức dự án, đồng thời là người cố vấn, hỗ trợ HS trong suốt quá trình thực hiện, giúp đảm bảo định hướng khoa học và đạt được mục tiêu giáo dục.

2.2.4. Quy trình xây dựng mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học

2.2.4.1. Nguyên tắc xây dựng mô hình

Trong quá trình thiết kế mô hình dạy học dự án STEM hướng tới phát triển năng lực NCKH cho HS, việc tuân thủ các nguyên tắc cơ bản là hết sức cần thiết. Trước tiên, mô hình cần được xây dựng theo nguyên tắc (1) Định hướng năng lực, nghĩa là toàn bộ cấu trúc và hoạt động phải tập trung vào việc hình thành và phát triển các thành tố năng lực NCKH như: phát hiện vấn đề, xây dựng giả thuyết, thiết kế phương án nghiên cứu, tiến hành thu thập và xử lý dữ liệu, cũng như trình bày và bảo vệ kết quả; (2) Nhiệm vụ học tập trong dự án phải đảm bảo tính gắn kết thực tiễn, xuất phát từ các hiện tượng, tình huống cụ thể của đời sống hoặc khoa học – công nghệ, nhằm tạo động lực học tập và nâng cao khả năng vận dụng tri thức; (3) Mô hình cần phát huy sự tích hợp liên ngành và được tổ chức theo chu trình nghiên cứu khoa học, giúp HS vừa nắm vững kiến thức STEM vừa rèn luyện phương pháp tư duy khoa học; (4) Tương tác và hợp tác phải được coi trọng, với vai trò của GV là người kiến tạo, định hướng, còn HS là trung tâm tham gia khám phá, trao đổi, làm việc nhóm và phản biện lẫn nhau; (5) Linh hoạt và khả thi, tức là nội dung, hình thức và quy mô dự án phải phù hợp với điều kiện dạy học thực tế và có khả năng điều chỉnh theo hoàn cảnh địa phương; (6) Hoạt động đánh giá toàn diện phải được triển khai, chú trọng không chỉ đến sản phẩm nghiên cứu mà cả tiến trình học tập, kết hợp nhiều hình thức đánh giá khác nhau nhằm phản ánh đúng sự phát triển năng lực. Việc vận dụng đồng bộ các nguyên tắc trên sẽ giúp mô hình dạy học dự án STEM đạt hiệu quả trong việc bồi dưỡng và phát triển năng lực NCKH cho HS.

2.2.4.2. Quy trình xây dựng mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học

Dựa trên 5 nguyên tắc xây dựng mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học, quy trình xây dựng mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học được đề xuất gồm 6 bước, cụ thể:

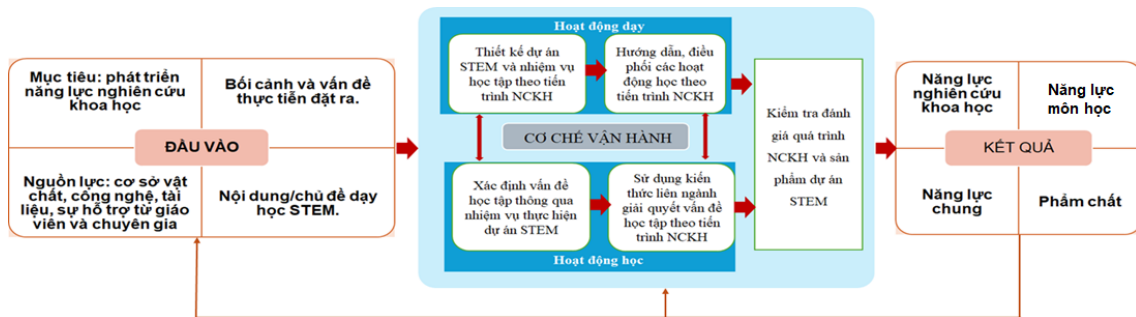
Bước 1. Phân tích bối cảnh và xác định mục tiêu: Ở giai đoạn đầu, cần tiến hành phân tích bối cảnh dạy học một cách toàn diện, bao gồm chương trình giáo dục phổ thông hiện hành, đặc điểm HS, năng lực đội ngũ GV, cơ sở vật chất và nguồn lực sẵn có. Trên cơ sở đó, xác định rõ định hướng cốt lõi của mô hình là phát triển năng lực NCKH cho HS. Mục tiêu này cần được cụ thể hóa thành các biểu hiện năng lực thành phần, như: năng lực phát hiện và đặt vấn đề, năng lực xây dựng giả thuyết và thiết kế kế hoạch nghiên cứu, năng lực triển khai thu thập và xử lý dữ liệu, cùng với năng lực phân tích, phản biện và công bố kết quả. Việc định vị đúng mục tiêu ngay từ đầu giúp bảo đảm cho mô hình có cơ sở khoa học vững chắc và định hướng rõ ràng cho các bước tiếp theo.

Bước 2. Lựa chọn nội dung và vấn đề thực tiễn: trên cơ sở mục tiêu đã định vị, cần xác định những nội dung dạy học trong chương trình có khả năng tích hợp các yếu tố STEM và tiềm năng khơi gợi hoạt động nghiên cứu. Nội dung được chọn phải vừa đảm bảo tính khoa học, phù hợp với chuẩn đầu ra của môn học, vừa tạo cơ hội cho HS vận dụng kiến thức liên ngành để giải quyết vấn đề. Đồng thời, việc lựa chọn cần gắn với các tình huống hoặc hiện tượng thực tiễn mang ý nghĩa xã hội, môi trường, công nghệ hay đời sống thường ngày, nhằm tăng tính hấp dẫn và tính ứng dụng của dự án. Các vấn đề thực tiễn được đưa vào phải có độ phức hợp vừa đủ để HS có thể tiếp cận theo tiến trình nghiên cứu khoa học, nhưng không quá vượt quá năng lực và điều kiện thực tế. Như vậy, bước này đóng vai trò then chốt trong việc bảo đảm cho mô hình dạy học dự án STEM vừa mang tính khả thi, vừa có giá trị phát triển năng lực nghiên cứu khoa học cho HS.

Bước 3. Xây dựng cấu trúc mô hình: Sau khi đã xác định mục tiêu và lựa chọn nội dung cùng vấn đề thực tiễn, bước tiếp theo là xác định các thành phần chính (đầu vào – cơ chế vận hành –

kết quả) và thiết kế khung logic tổng thể của mô hình Cấu trúc này cần thể hiện rõ các thành phần cơ bản (đầu vào, cơ chế vận hành, kết quả) cũng như mối quan hệ tương tác giữa chúng. Trong đó, đầu vào bao gồm mục tiêu, nguồn lực, bối cảnh và nội dung dạy học; cơ chế vận hành là sự phối hợp giữa hoạt động dạy của GV, hoạt động học của HS và tiến trình NCKH; kết quả phản ánh mức độ đạt được của các năng lực và phẩm chất. Việc thiết lập khung logic cho mô hình không chỉ giúp định hình vai trò, vị trí của từng thành tố mà còn tạo cơ sở để triển khai các hoạt động dạy học dự án STEM một cách hệ thống, tránh sự rời rạc hay chồng chéo. Đây cũng là tiền đề quan trọng để các bước tiếp theo được thiết kế nhất quán và hướng tới mục tiêu phát triển năng lực NCKH cho HS.

Tên cơ sở khái niệm và đặc điểm của mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH, chúng tôi đề xuất cấu trúc mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH gồm 03 thành phần: (1) Đầu vào gồm mục tiêu dạy học, vấn đề thực tiễn, nội dung dạy học STEM và điều kiện dạy học; (2) Cơ chế vận hành thông qua hoạt động dạy học; (3) Đầu ra là kết quả đạt được hay chính là sản phẩm của mô hình (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực NCKH

Mô hình này định hướng việc thiết kế dự án STEM và hoạt động dạy học theo tiến trình NCKH. Có thể giải thích mô hình như sau:

Đầu vào, gồm: (i) Mục tiêu: Phát triển năng lực NCKH cho HS. Đây là định hướng chính, chi phối toàn bộ quá trình thiết kế và tổ chức hoạt động; (ii) Nguồn lực: Bao gồm cơ sở vật chất, công nghệ, tài liệu, sự hỗ trợ từ GV và chuyên gia. Đây là điều kiện đảm bảo để triển khai dạy học theo dự án STEM; (iii) Bối cảnh và vấn đề thực tiễn: Xuất phát từ thực tế, đặt ra tình huống hoặc vấn đề gắn với cuộc sống, khoa học – công nghệ để HS phải giải quyết; (iv) Nội dung/chủ đề dạy học STEM: Xác định các kiến thức liên ngành phù hợp để tích hợp trong quá trình tổ chức dự án.

Cơ chế vận hành là sự tương tác giữa hoạt động dạy (GV) và hoạt động học (HS) dưới định hướng chung: thực hiện nhiệm vụ học tập theo tiến trình NCKH, bao gồm (i) Hoạt động dạy của GV cụ thể là xây dựng các dự án theo tiến trình NCKH, đảm bảo tính thực tiễn và liên ngành và hướng dẫn, điều phối các hoạt động giải quyết vấn đề theo đúng tiến trình khoa học; (ii) Hoạt động học của HS cụ thể là xác định vấn đề học tập thông qua nhận diện vấn đề, đặt câu hỏi nghiên cứu và lên kế hoạch thực hiện dự án. Đồng thời huy động kiến thức STEM, vận dụng phương pháp nghiên cứu để tìm giải pháp khả thi để giải quyết vấn đề; (iii) Thông qua hoạt động đánh giá quá trình NCKH và sản phẩm dự án dựa trên các tiêu chí về năng lực NCKH.

Đầu ra của mô hình là kết quả về sự phát triển năng lực NCKH, năng lực sinh học, năng lực chung và phẩm chất trách nhiệm, chủ động, kiên trì, trung thực của HS.

Mô hình cho thấy mối quan hệ chặt chẽ giữa đầu vào – quá trình – kết quả. Xuất phát từ mục tiêu phát triển năng lực NCKH, với sự hỗ trợ của nguồn lực và bối cảnh thực tiễn, HS được tham

gia vào chu trình dự án STEM. Kết quả cuối cùng không chỉ là kiến thức mà còn là sự hình thành năng lực NCKH, năng lực liên môn và phẩm chất cá nhân.

Bước 4. Phân tích mối quan hệ giữa các thành phần của mô hình: Khi cấu trúc mô hình đã được xác định, cần tiến hành phân tích mối quan hệ giữa các thành phần nhằm đảm bảo tính chặt chẽ, thống nhất và khả năng vận hành hiệu quả. Mối quan hệ giữa 3 thành phần cấu trúc của mô hình được mô tả cụ thể như sau:

Mối quan hệ giữa Đầu vào và Cơ chế vận hành: Đầu vào cung cấp nền tảng để thiết kế và triển khai hoạt động. Trong đó, Mục tiêu có vai trò định hướng toàn bộ quá trình (phát triển năng lực NCKH); Nguồn lực là điều kiện bảo đảm (Cơ sở vật chất, công nghệ, tài liệu, sự hỗ trợ GV & chuyên gia) cơ chế vận hành; Bối cảnh/vấn đề thực tiễn là cơ sở khởi phát tình huống để hình thành nhiệm vụ học tập; Nội dung/chủ đề STEM tạo cơ sở khoa học cho việc thiết kế dự án. Như vậy, Đầu vào quyết định chất lượng và tính khả thi của Cơ chế vận hành. Nếu thiếu nguồn lực hoặc vấn đề thực tiễn không phù hợp thì hoạt động dạy học sẽ khó phát huy hiệu quả.

Mối quan hệ giữa Cơ chế vận hành và Kết quả: Cơ chế vận hành (hoạt động dạy & học theo tiến trình NCKH) là trung tâm kết nối đầu vào với kết quả. Trong đó, GV với vai trò thiết kế dự án, định hướng, điều phối, hướng dẫn quá trình học tập của HS đảm bảo theo tiến trình NCKH. Đồng thời đánh giá quá trình học tập và sản phẩm nghiên cứu, đảm bảo kết quả phản ánh đúng năng lực và phẩm chất; HS thực hiện các hoạt động xác định vấn đề, tiến hành nghiên cứu, vận dụng kiến thức liên ngành để giải quyết. Như vậy, chính cơ chế vận hành hiệu quả sẽ chuyển hóa các điều kiện đầu vào thành kết quả đầu ra cụ thể.

Mối quan hệ giữa Đầu vào và Kết quả: Đầu vào định hướng kết quả của mô hình, trong đó mục tiêu phát triển năng lực NCKH chính là đích đến của toàn bộ hoạt động; Kết quả phản ánh lại chất lượng đầu vào cụ thể, nếu đầu vào đầy đủ (mục tiêu rõ, nguồn lực tốt, bối cảnh phù hợp, nội dung liên ngành khoa học), kết quả sẽ đạt được các năng lực và phẩm chất mong muốn. Mối quan hệ giữa Đầu vào và Kết quả là quan hệ hai chiều: Kết quả đạt được sẽ là cơ sở phản hồi, giúp điều chỉnh lại mục tiêu, nội dung và nguồn lực cho những lần triển khai tiếp theo.

Mối quan hệ này mang tính chu trình, khi kết quả đạt được sẽ quay trở lại làm căn cứ để điều chỉnh, bổ sung cho đầu vào ở những lần triển khai tiếp theo. Việc phân tích mối quan hệ giữa các thành phần như vậy giúp mô hình không chỉ có tính hợp lý về mặt lý thuyết mà còn đảm bảo khả năng vận dụng hiệu quả trong thực tiễn dạy học dự án STEM.

Bước 5. Xin ý kiến chuyên gia để hoàn thiện cấu trúc mô hình: Sau khi phân tích mối quan hệ giữa các thành phần, cần tiến hành bước tham vấn chuyên gia nhằm đánh giá và hiệu chỉnh cấu trúc mô hình. Các chuyên gia trong lĩnh vực giáo dục STEM, lý luận dạy học và NCKH có thể đưa ra những nhận xét về tính khoa học, tính sư phạm cũng như khả năng triển khai thực tiễn của mô hình. Việc xin ý kiến không chỉ dừng lại ở việc khẳng định sự hợp lý của cấu trúc mà còn giúp phát hiện những hạn chế, điểm chưa hợp logic hoặc thiếu tính khả thi trong điều kiện dạy học thực tế. Trên cơ sở phản hồi thu được, có thể điều chỉnh, bổ sung hoặc tái cấu trúc một số thành tố để đảm bảo mô hình vừa phù hợp về mặt lý thuyết, vừa có giá trị ứng dụng trong thực tiễn trường phổ thông. Đây là bước quan trọng giúp nâng cao độ tin cậy và tính thuyết phục của mô hình trước khi đưa vào thử nghiệm rộng rãi.

Bước 6. Thử nghiệm, hiệu chỉnh và hoàn thiện mô hình: Giai đoạn cuối cùng của quy trình là triển khai mô hình trong môi trường dạy học thực tế để kiểm nghiệm tính khả thi và hiệu quả. Việc thử nghiệm có thể tiến hành ở phạm vi lớp học, trường học hoặc theo từng chủ đề cụ thể, qua đó quan sát cách HS tham gia dự án, mức độ vận dụng kiến thức liên ngành cũng như sự hình thành các năng lực nghiên cứu khoa học. Quá trình này cần được theo dõi bằng các công cụ đánh giá định tính và định lượng, đồng thời thu thập phản hồi từ HS, GV và các nhà quản lý giáo dục. Trên cơ sở dữ liệu và ý kiến phản hồi, nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành phân tích, rút ra những điểm mạnh, hạn chế và từ đó điều chỉnh, tối ưu hóa các thành tố của mô hình. Việc lặp lại chu trình thử

nghiệm - điều chỉnh không chỉ giúp mô hình ngày càng hoàn thiện hơn mà còn đảm bảo tính thích ứng với nhiều bối cảnh dạy học khác nhau. Đây là bước quyết định, giúp khẳng định giá trị khoa học và tính ứng dụng sư phạm của mô hình dạy học dự án STEM trong phát triển năng lực nghiên cứu khoa học cho HS.

2.2.5. Đánh giá mức độ khả thi của mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học

Nhằm đánh giá và hoàn thiện cấu trúc mô hình dạy học dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học, nhóm tác giả đã tham khảo ý kiến của 10 chuyên gia thuộc các lĩnh vực: Lí luận và phương pháp dạy học Sinh học, Giáo dục STEM và Đánh giá năng lực HS. Công cụ khảo sát được thiết kế với 5 tiêu chí (tính khoa học, tính thực tiễn, tính sư phạm, tính khả thi và tính hiệu quả), sử dụng thang đo Likert 4 mức (từ 1 = Không phù hợp đến 4 = Rất phù hợp). Kết quả khảo sát được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Thống kê mô tả kết quả khảo sát

Tiêu chí	Điểm trung bình (Mean)	Độ lệch chuẩn (SD)	Đánh giá chung
Tính khoa học	3,70	0,46	Rất phù hợp
Tính thực tiễn	3,60	0,52	Rất phù hợp
Tính sư phạm	3,50	0,53	Phù hợp – Rất phù hợp
Tính khả thi	3,40	0,70	Phù hợp
Tính hiệu quả	3,80	0,42	Rất phù hợp

Phân tích kết quả: Tính khoa học và tính hiệu quả được đánh giá cao nhất (Mean > 3,7), cho thấy mô hình có cơ sở lí luận vững chắc và khả năng hỗ trợ trực tiếp cho việc phát triển năng lực nghiên cứu khoa học của HS; Tính thực tiễn đạt điểm trung bình 3,6, cho thấy mô hình phù hợp với nội dung môn Sinh học và điều kiện dạy học, tuy nhiên một số chuyên gia lưu ý cần điều chỉnh để thích ứng với các trường vùng khó khăn; Tính sư phạm được đánh giá ở mức khá (Mean 3,5), chuyên gia đề xuất nên bổ sung thêm công cụ đánh giá quá trình (rubric, phiếu tự đánh giá, nhật kí học tập) để hỗ trợ sự phát triển toàn diện các thành tố năng lực nghiên cứu khoa học; Tính khả thi có điểm trung bình thấp nhất (Mean 3,4; SD = 0,70), phản ánh sự khác biệt trong ý kiến chuyên gia, đặc biệt liên quan đến điều kiện cơ sở vật chất và thời lượng dạy học. Kết quả xử lí số liệu cho thấy các chuyên gia đều đánh giá cấu trúc mô hình ở mức phù hợp đến rất phù hợp trên tất cả các tiêu chí, trong đó nổi bật nhất là tính khoa học và tính hiệu quả. Một số điểm cần tiếp tục điều chỉnh để nâng cao tính khả thi và tính sư phạm, đặc biệt là: Làm rõ cơ chế tổ chức hoạt động để phù hợp hơn với điều kiện thực tế tại các cơ sở giáo dục khác nhau; Bổ sung công cụ đánh giá quá trình để hỗ trợ GV theo dõi sự tiến bộ của HS.

3. Kết luận

Nghiên cứu đã đưa ra một định nghĩa về mô hình dự án STEM phát triển năng lực NCKH, góp phần bổ sung và phát triển cơ sở lí luận cho giáo dục STEM và dạy học dự án trong nhà trường phổ thông. Trên cơ sở lí luận về mô hình dự án STEM phát triển năng lực NCKH, tác giả đã đề xuất một quy trình xây dựng mô hình dự án STEM với 5 bước cụ thể và vận dụng quy trình để thiết kế một mô hình dự án STEM với 3 thành phần cấu trúc (đầu vào – cơ chế vận hành – đầu ra). Mô hình dạy học dự án STEM có vai trò định hướng giúp GV trong việc xây dựng kế hoạch và triển khai các hoạt động dạy học phát triển năng lực NCKH cho HS. Mô hình hình dự án STEM

phát triển năng lực NCKH đã được các chuyên gia trong lĩnh vực giáo dục đánh giá cao về tính khoa học, tính thực tiễn và tính hiệu quả. Công trình có thể đóng vai trò như một tài liệu tham khảo hữu ích dành cho GV phổ thông trong việc thực hiện các mục tiêu của Chương trình Giáo dục phổ thông 2018. Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn có những hạn chế nhất định về quy mô triển khai và điều kiện thực nghiệm. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo cần mở rộng phạm vi thử nghiệm, đa dạng hóa bối cảnh dạy học, đồng thời phát triển thêm công cụ đánh giá chuyên biệt nhằm đo lường chính xác hơn sự thay đổi trong năng lực nghiên cứu khoa học của HS.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Giáo dục & Đào tạo, (2018). *Chương trình Giáo dục phổ thông tổng thể*. NXB Giáo dục Việt Nam.
- [2] Pellegrino JW, Wilson MR, Koenig JA & Beatty AS, (2014). *Developing assessments for the Next Generation Science Standards*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18409>.
- [3] NTH Hạnh & TT Lan, (2021). Một số khó khăn của giáo viên trong tổ chức hoạt động trải nghiệm theo hướng phát triển năng lực học sinh. *Tạp chí Khoa học Giáo dục*, 181(1), 55-60.
- [4] Bybee RW, (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- [5] Kelley TR & Knowles JG, (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>.
- [6] Kwon H & Lee Y, (2025). *A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity*. *STEM Education*, 5(2), 275-290. <https://doi.org/10.3934/steme.2025014>.
- [7] Rahmania I, (2021). Project-Based Learning (PjBL) model with STEM approach in natural science learning for the 21st century. *BIRCI-Journal*, 4(1), 1161-1167. <https://doi.org/10.33258/birci.v4i1.1727>.
- [8] Zhan Z, (2023). Subject integration and theme evolution of STEM project-based learning. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 258. <https://doi.org/10.1038/s41599-023-02303-8>
- [9] Sánchez-García R & Reyes-de-Cózar S, (2025). Enhancing Project-Based Learning: A Framework for Optimizing Structural Design and Implementation—A Systematic Review with a Sustainable Focus. *Sustainability*, 17(11), 4978. <https://doi.org/10.3390/su17114978>.
- [10] LTT Ha, LT Hieu, QT Duong (2023). Nghiên cứu mô hình giáo dục STEM và định hướng dạy học ở Tiểu học. *Tạp chí khoa học Đại học Tân Trào*. 9(2), 115-162. ISSN: 2354-1431. <http://tckh.daihoctantrao.edu.vn/>.
- [11] De Ketele JM, (1996). *L'évaluation: Approche descriptive ou prescriptive*. De Boeck.
- [12] OECD, (2018). *PISA 2018 assessment and analytical framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>.
- [13] Vagias WM, Keep R & Sproles EK, (2022). Applying the ADDIE model to develop research competence assessments. *Journal of STEM Education Research*, 5(2), 211-227. <https://doi.org/10.1007/s41979-022-00068-4>.
- [14] Capraro RM, Morgan JR & Slough SW, (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>

- [15] Krajcik JS & Blumenfeld PC, (2006). *Project-based learning*. In Sawyer RK (Ed.), “The Cambridge handbook of the learning sciences”, p. 317-333. Cambridge University Press.
- [16] English LD, (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 5-24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>.
- [17] Barron B & Darling-Hammond L, (2008). *Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning*. In *Powerful Learning: What We Know About Teaching for Understanding*. Jossey-Bass. ISBN 9780470276679.
- [18] Blumenfeld PC, Soloway E, Marx RW, Krajcik JS, Guzdial M & Palincsar A, (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.
- [19] Pedaste M, Mäeots M, Siiman L A, de Jong T, Van Riesen S A, Kamp E T & Manoli C C, (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.
- [20] OECD, (2016). *PISA 2015 results (Volume I): Excellence and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>.
- [21] NN Muru, NTH Nga, NTB Ngọc & ĐH Thu, (2025). Xây dựng dự án STEM phát triển năng lực nghiên cứu khoa học cho học sinh trong dạy học môn Sinh học 11. *HNUE Journal of Science: Educational Sciences*, 70(3), 184-194. <https://doi.org/10.18173/2354-1075.2025-0062>.
- [22] H Phê (Chủ biên), (2024). *Từ điển tiếng Việt*. TP. Hồ Chí Minh: Văn Lang Books.
- [23] Kaplan A, (1964). *The conduct of inquiry: Methodology for behavioral science*. Chandler.
- [24] Frigg R & Hartmann S, (2020). *Models in science*. In Zalta EN (Ed.), “The Stanford encyclopedia of philosophy” (Fall 2020 Edition). Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/fall2020/entries/models-science>.
- [25] Joyce B, Weil M & Calhoun E, (2015). *Models of teaching* (9th ed.). Pearson.
- [26] Gibbons AS, (2013). *An architectural approach to instructional design*. Routledge.
- [27] Nguyen TH & Pham MA, (2020). Teaching models in general education: Structure and application. *Journal of Educational Sciences*, 45(3), 12-20.
- [28] Lee MY & Lee JS, (2025). Project-Based Learning as a Catalyst for Integrated STEM Education. *Education Sciences*, 15(7), 871. <https://doi.org/10.3390/educsci15070871>.
- [29] DTK Oanh & TDH Dang, (2025). Effect of STEAM project-based learning on engineering students’ 21st-century skills. *European Journal of Educational Research*, 14(3), 705-721. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.14.3.705>.