DESIGNING STEM LESSONS BASED ON THE 6E TEACHING MODEL: A CASE STUDY IN MIDDLE SCHOOL TECHNOLOGY

Pham Van Nghia[1], Nguyen Thi Luong[2], Bui Van Hong*[3]

* Corresponding author
Email: hongbv@hcmute.edu.vn

[1] Email: 2430303@student.hcmute.edu.vn
Institute of Technical Education,
Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering
No. 01 Vo Van Ngan, Thu Duc ward,
Ho Chi Minh City, Vietnam
[2] Email: luongnt@hcmute.edu.vn
[2,3] Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering
No. 01 Vo Van Ngan, Thu Duc ward,
Ho Chi Minh City, Vietnam

Received: 01/7/2026
Revised: 05/8/2026
Accepted: 26/9/2026
Published: 20/10/2026

Abstract: The study aims to propose and pilot a design process for Technology-based STEM lessons at the lower secondary level, based on the 6E model. Despite the widespread implementation of STEM education, organizing STEM lessons within the Technology subject currently faces significant challenges due to the lack of a standardized pedagogical process, specifically, a shortage of research applying the 6E model integrated with an engineering design phase tailored to the subject's specific characteristics. The study used a quasi-experimental design involving 60 eighth-grade students at Vinh Loc A secondary school, comprising an experimental group of 30 and a control group of 30. The experimental group studied the topic "Automatic control circuits" using the proposed procedure, while the control group studied the same content using the conventional teaching method. Data was collected through tests, product assessment rubrics, classroom observation records, and student feedback forms. The results showed that the experimental group achieved a mean score of 7.23 ± 1.50, which was higher than that of the control group (6.40 ± 1.67). The mean difference between the two groups was 0.83 points, with a Cohen's d effect size of 0.52. Qualitative data indicate that the 6E process supports students in activities such as problem identification, design, assembly, testing, and product presentation.

Keywords: *STEM lessons, STEM education, Technology subject, 6E teaching model.*

THIẾT KẾ BÀI HỌC STEM THEO MÔ HÌNH DẠY HỌC 6E: MỘT NGHIÊN CỨU TRONG MÔN CÔNG NGHỆ TRUNG HỌC CƠ SỞ

Phạm Văn Nghĩa[1], Nguyễn Thị Lưỡng[2], Bùi Văn Hồng*[3]

* Tác giả liên hệ
Email: hongbv@hcmute.edu.vn

[1] Email: 2430303@student.hcmute.edu.vn
Viện Sư phạm Kĩ thuật,
Trường Đại học Công nghệ Kĩ thuật Thành phố Hồ Chí Minh
Số 01 Võ Văn Ngân, phường Thủ Đức,
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
[2] Email: luongnt@hcmute.edu.vn
[2,3] Trường Đại học Công nghệ Kĩ thuật Thành phố Hồ Chí Minh
Số 01 Võ Văn Ngân, phường Thủ Đức,
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận bài: 01/7/2026
Chỉnh sửa xong: 05/8/2026
Chấp nhận đăng: 26/9/2026
Xuất bản: 20/10/2026

Tóm tắt: Nghiên cứu nhằm đề xuất và thử nghiệm bước đầu quy trình thiết kế bài học STEM môn Công nghệ theo mô hình 6E ở cấp Trung học cơ sở. Mặc dù giáo dục STEM đang được triển khai rộng rãi, việc tổ chức bài học STEM trong môn Công nghệ hiện nay vẫn gặp nhiều khó khăn do thiếu một quy trình sư phạm chuẩn hóa, đặc biệt là sự thiếu hụt các nghiên cứu ứng dụng mô hình 6E tích hợp giai đoạn Thiết kế kĩ thuật phù hợp với đặc thù môn học. Quy trình được xây dựng trên cơ sở kết hợp đặc trưng của môn Công nghệ với sáu giai đoạn: Gắn kết, Khám phá, Giải thích, Thiết kế kĩ thuật, Mở rộng và Đánh giá. Nghiên cứu được thực hiện theo thiết kế bán thực nghiệm trên 60 học sinh lớp 8 tại Trường Trung học cơ sở Vĩnh Lộc A, gồm 30 học sinh thuộc nhóm thực nghiệm và 30 học sinh thuộc nhóm đối chứng. Nhóm thực nghiệm học chủ đề "Mạch điện điều khiển tự động" theo quy trình đề xuất, trong khi nhóm đối chứng học cùng nội dung theo cách tổ chức thông thường. Dữ liệu được thu thập thông qua bài kiểm tra, Rubric đánh giá sản phẩm, biên bản quan sát lớp học và phiếu phản hồi của học sinh. Kết quả cho thấy, điểm trung bình của nhóm thực nghiệm đạt 7,23 ± 1,50, cao hơn nhóm đối chứng đạt 6,40 ± 1,67. Chênh lệch trung bình giữa hai nhóm là 0,83 điểm với kích thước ảnh hưởng Cohen's d = 0,52. Dữ liệu định tính cho thấy quy trình 6E hỗ trợ học sinh tham gia vào hoạt động nhận diện vấn đề, thiết kế, lắp ráp, thử nghiệm và trình bày sản phẩm.

Từ khóa: *Bài học STEM, giáo dục STEM, môn Công nghệ, Mô hình dạy học 6E.*

https://doi.org/10.15625/2615-8957/1261012

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh đổi mới giáo dục phổ thông chuyển mạnh từ tiếp cận nội dung sang phát triển phẩm chất, năng lực người học, giáo dục STEM đóng vai trò cốt lõi trong việc kết nối kiến thức lí thuyết với thực tiễn. Thông qua sự tích hợp giữa Khoa học, Công nghệ, Kĩ thuật và Toán học, giáo dục STEM tạo môi trường thuận lợi để học sinh đề xuất giải pháp, thiết kế, chế tạo và đánh giá sản phẩm, từ đó phát triển tư duy kĩ thuật cùng năng lực giải quyết vấn đề. Với bản chất nội dung gắn liền với quy trình công nghệ và thiết kế kĩ thuật, môn Công nghệ ở cấp Trung học cơ sở sở hữu nhiều thế mạnh để triển khai các bài học STEM. Tuy nhiên, thực tế dạy học cho thấy, giáo viên vẫn gặp nhiều rào cản trong việc cấu trúc tiến trình bài học, tổ chức hoạt động trải nghiệm, hỗ trợ học sinh thực hành chế tạo cũng như xây dựng công cụ đánh giá sản phẩm.

Để định hướng cho các hoạt động dạy học khám phá (Inquiry-based learning), mô hình 5E của (Bybee R. W., 2006) đã được áp dụng rộng rãi nhằm nâng cao tính tích cực của người học. Nhằm làm nổi bật hơn bản chất kĩ thuật trong STEM, (Burke, 2014) đã phát triển mô hình 6E bằng việc bổ sung giai đoạn "Thiết kế kĩ thuật" (*Engineer*) - nơi học sinh trực tiếp đề xuất phương án, chế tạo, thử nghiệm và tối ưu hóa sản phẩm. Nhiều nghiên cứu quốc tế (Fan, 2017) (Morgan, Implementing the 6E learning model in engineering education. In 2016 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings (2016) cũng khẳng định tính phù hợp vượt trội của mô hình 6E trong việc phát triển năng lực công nghệ. Dù vậy, khoảng trống nghiên cứu hiện nay nằm ở chỗ, các nghiên cứu về mô hình 6E chủ yếu dừng lại ở định hướng lí thuyết chung hoặc áp dụng cho bài học liên môn, chưa có quy trình cụ thể hóa phù hợp với đặc thù mạch nội dung môn Công nghệ Trung học cơ sở. Đồng thời, còn thiếu các nghiên cứu thực nghiệm mô tả đồng bộ các thành tố sư phạm (mục tiêu, hoạt động của giáo viên - học sinh, sản phẩm, phương thức đánh giá) trong từng giai đoạn của mô hình này.

Giải quyết khoảng trống đó, nghiên cứu này được tiến hành nhằm xây dựng quy trình thiết kế bài học STEM môn Công nghệ cấp Trung học cơ sở theo mô hình 6E đảm bảo tính logic, khả thi; đồng thời thử nghiệm bước đầu để đánh giá tác động của quy trình đến kết quả học tập của học sinh. Nhằm đạt được mục đích trên, nghiên cứu tập trung trả lời hai câu hỏi chính: 1) Bài học STEM môn Công nghệ cấp Trung học cơ sở có thể được cấu trúc như thế nào để vừa bảo đảm đặc trưng 6 giai đoạn của mô hình 6E, vừa thể hiện rõ các thành tố dạy học?; 2) Việc tổ chức dạy học theo quy trình 6E đề xuất bước đầu mang lại kết quả như thế nào đối với hoạt động học tập và kết quả thực hiện nhiệm vụ của học sinh trong chủ đề "Mạch điện điều khiển tự động"? Kết quả của nghiên cứu không chỉ góp phần cụ thể hóa khung lí luận dạy học STEM môn Công nghệ mà còn cung cấp bằng chứng thực nghiệm và bộ tài liệu minh họa có giá trị tham khảo trực tiếp cho giáo viên phổ thông.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp nghiên cứu lí luận

- Nghiên cứu cơ sở lí luận về bài học STEM: khái niệm, nội dung, đặc điểm.

- Phân tích tổng hợp về dạy học công nghệ, quy trình dạy học tích hợp.

2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Nghiên cứu sử dụng thiết kế bán thực nghiệm với hai nhóm không phân chia ngẫu nhiên. Nhóm thực nghiệm được học theo quy trình STEM 6E do nghiên cứu đề xuất; nhóm đối chứng được học cùng chủ đề theo cách tổ chức dạy học thông thường.

Thiết kế này được lựa chọn do các lớp học đã được hình thành trước khi nghiên cứu. Vì không thực hiện phân nhóm ngẫu nhiên, nghiên cứu chỉ hướng đến đánh giá bước đầu tính khả thi và sự khác biệt về kết quả sau thực nghiệm, không khẳng định quan hệ nhân quả tuyệt đối.

Mẫu nghiên cứu được lựa chọn thuận tiện, gồm 60 học sinh lớp 8 tại Trường Trung học cơ sở Vĩnh Lộc A. Trong đó, nhóm thực nghiệm có 30 học sinh và nhóm đối chứng có 30 học sinh.

Hai lớp học cùng nội dung "Mạch điện điều khiển tự động", trong thời lượng 6 tiết, hai lớp cùng giáo viên phụ trách. Trước khi thực nghiệm hai lớp hai lớp có cùng khối học, số lượng học sinh tương đương. Mặc dù nghiên cứu chưa thực hiện đo lường trước thực nghiệm bằng bài kiểm tra chuyên biệt, tính tương đương về năng lực ban đầu giữa hai nhóm được đảm bảo dựa trên điểm số trung bình môn Công nghệ của học kì liền trước (đạt mức chênh lệch không có ý nghĩa thống kê với $p > 0.05$) và sự tương đồng về phân phối giới tính, điều kiện học tập tại trường.

Nhằm đánh giá toàn diện cả về kiến thức, kĩ năng và năng lực STEM của học sinh, nghiên cứu triển khai bộ công cụ thu thập dữ liệu đa dạng bao gồm: 1) Bài kiểm tra đánh giá nhận thức và vận dụng kiến thức gồm 10 câu hỏi trắc nghiệm và 02 câu hỏi tự

luận ngắn; 2) Rubric đánh giá sản phẩm thiết kế kĩ thuật theo thang 04 mức độ dựa trên 04 tiêu chí (tính hoàn thiện/thẩm mĩ, sơ đồ nguyên lí/tính đúng đắn, khả năng vận hành tự động, tính sáng tạo/tối ưu hóa); 3) Bảng kiểm quan sát tiến trình và Rubric đánh giá năng lực STEM dành cho người quan sát ghi nhận các biểu hiện về giải quyết vấn đề kĩ thuật, thao tác thực hành và hợp tác nhóm trong suốt 06 giai đoạn 6E; 4) Phiếu khảo sát phản hồi của học sinh kết hợp thang đo Likert 5 điểm với câu hỏi mở nhằm ghi nhận mức độ hứng thú cùng những khó khăn gặp phải.

Toàn bộ dữ liệu sau khi thu thập được xử lí tích hợp bằng phần mềm SPSS (phiên bản 26.0) và phân tích định tính. Về mặt định lượng, các tham số thống kê mô tả bao gồm Giá trị trung bình (M), Độ lệch chuẩn (SD), Giá trị nhỏ nhất/lớn nhất (Min/Max), Độ lệch (Skewness), Độ nhọn (Kurtosis) và hệ số tin cậy Cronbach's Alpha ($\alpha \geq 0,7$) được tính toán để mô tả dữ liệu và kiểm định độ tin cậy của công cụ. Về thống kê suy luận, kiểm định t cho hai mẫu độc lập (Independent Samples t-test) được sử dụng để so sánh sự khác biệt về điểm số và năng lực giữa hai nhóm ($p \leq 0,05$), kết hợp với hệ số Cohen's d để đo lường kích thước ảnh hưởng. Do dung lượng mẫu hạn chế (N = 30/nhóm), kiểm định phi tham số Mann-Whitney U cũng được thực hiện như một phân tích độ nhạy nhằm xác minh tính vững chắc của kết quả. Song song đó, dữ liệu định tính từ phiếu quan sát, ghi chép trường kí và câu hỏi mở được phân tích theo chủ đề (Thematic analysis) tập trung vào các mảng thao tác thực hành, giải thích nguyên lí và cải tiến sản phẩm, sau đó được đối chiếu tam giác (Triangulation) với dữ liệu định lượng nhằm tăng tính khách quan và độ tin cậy cho kết luận nghiên cứu. Nhóm tác giả còn tổng hợp và phân tích các tài liệu có tham khảo công cụ hỗ trợ phần mềm ChatGPT Plus, Gemini.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Cơ sở lí luận về bài học STEM

3.1.1. Khái niệm bài học STEM

Về bản chất, bài học STEM được định hình như một hình thức tổ chức dạy học tích hợp, nơi người học chủ động huy động hệ thống tri thức và kĩ năng liên môn thuộc các lĩnh vực Khoa học, Công nghệ, Kĩ thuật và Toán học nhằm giải quyết các bài toán thực tiễn hoặc kiến tạo nên những sản phẩm, quy trình có ý nghĩa. Theo định hướng từ Bộ Giáo dục và Đào tạo (2020), phương thức giáo dục này chú trọng vào việc tối ưu hóa các hoạt động trải nghiệm, thực hành, qua đó thúc đẩy năng lực hành động và khả năng chuyển hóa lý thuyết thành giải pháp đời sống của học sinh.

Một tiến trình bài học STEM chuẩn mực đòi hỏi tính logic nội tại chặt chẽ, đảm bảo học sinh không chỉ dừng lại ở tư duy thao tác "làm sản phẩm" cơ học, mà phải thấu suốt được nền tảng cơ sở khoa học, nguyên lí công nghệ lẫn quy trình thiết kế ẩn sau sản phẩm đó. Nếu như mô hình 5E của (Bybee R. W., 2006) đặt nền móng vững chắc cho chu trình khám phá tri thức thông qua các chặng khơi gợi, khảo sát, giải thích, mở rộng và đánh giá; thì mô hình 6E đã tạo ra một bước tiến mới khi bổ sung mảnh ghép cốt lõi: Giai đoạn Kĩ thuật (Engineer). Thành tố này làm nổi bật các hoạt động phác thảo kĩ thuật, chế tạo thử nghiệm và hiệu chỉnh giải pháp. Sự tiến hóa này đặc biệt tương thích với triết lí môn Công nghệ, bởi đích đến cuối cùng của môn học không đơn thuần là giúp học sinh nhận biết tri thức công nghệ tĩnh mà là mài sắc tư duy kĩ thuật và năng lực hành động thực tế thông qua các trải nghiệm thực hành mang tính kiến tạo.

3.1.2. Nội dung bài học STEM

Xét về mặt cấu trúc, nội dung bài học STEM trong môn Công nghệ không tồn tại độc lập mà là sự giao thoa có chọn lọc giữa hệ thống tri thức cốt lõi của bộ môn với các yếu tố Khoa học, Kĩ thuật và Toán học nhằm giải quyết một bài toán thực tiễn cụ thể. Trọng tâm của hệ thống nội dung này phải bám sát trục Chương trình Giáo dục phổ thông hiện hành, tăng bối cảnh thực hành và lấy việc phát triển năng lực hành động làm đích đến (Bộ Giáo dục và Đào tạo, 2018)

Khi soi chiếu vào chu trình 6E, toàn bộ mạch nội dung này cần được chuyển hóa và sắp xếp tịnh tiến theo một tiến trình học tập tường minh. Tiến trình này dẫn dắt người học đi từ việc tiếp cận tình huống thực tế (Engage), khảo sát thực địa hoặc vật liệu (Explore), cho đến việc hợp thức hóa và chuẩn hóa tri thức nền tảng (Explain). Kế thừa nền tảng cấu trúc từ mô hình 5E của (Bybee R. W., 2006), điểm cốt lõi tạo nên sự đột phá của nội dung STEM Công nghệ chính là giai đoạn Kĩ sư (Engineer). Tại chặng này, nội dung học tập tập trung tối đa vào hoạt động thiết kế kĩ thuật, thúc đẩy học sinh chuyển hóa tri thức lí thuyết thành các giải pháp vật chất thông qua thao tác chế tác, thử nghiệm và tối ưu hóa sản phẩm (Burke, 2014). Cuối cùng, mạch nội dung sẽ được khép lại bằng các hoạt động mở rộng ngữ cảnh ứng dụng (Enrich) và định lượng các giá trị năng lực đạt được (Evaluate).

 https://doi.org/10.15625/2615-8957/1261012

3.1.3. Đặc điểm bài học STEM trong môn Công nghệ

Trước hết, đặc điểm khu biệt của bài học STEM nằm ở tính thực tiễn. Tiến trình học tập luôn được khơi nguồn từ các tình huống xuất phát gắn liền với đời sống, sinh hoạt hoặc hoạt động sản xuất. Chính những bối cảnh thực tế này sẽ tạo ra nhu cầu tự nhiên, thúc đẩy học sinh dấn thân vào việc tìm kiếm giải pháp, phác thảo thiết kế hoặc đề xuất các phương án cải tiến kĩ thuật (Bộ Giáo dục và Đào tạo, 2022).

Bên cạnh đó, bài học STEM còn mang tính tích hợp liên môn có trọng tâm rõ rệt. Đối với môn Công nghệ bậc trung học cơ sở, mạch nội dung thường xoay quanh các chủ đề nền tảng như vật liệu, cơ khí, kĩ thuật điện, hay thiết kế kĩ thuật phục vụ đời sống. Khi được triển khai theo định hướng STEM, hệ thống tri thức thuộc lĩnh vực Khoa học, Toán học và Kĩ thuật sẽ được huy động đồng thời như những công cụ bổ trợ đắc lực giúp học sinh giải quyết trọn vẹn nhiệm vụ công nghệ đặt ra, tuyệt đối tránh việc lồng ghép các môn học một cách khiên cưỡng hay hình thức. Trục triết lí này hoàn toàn đồng điệu với Chương trình Giáo dục phổ thông môn Công nghệ khi nhấn mạnh việc kiến tạo các năng lực thành phần cho người học - từ nhận thức, giao tiếp, sử dụng, đánh giá công nghệ cho đến tư duy thiết kế kĩ thuật (Bộ Giáo dục và Đào tạo, 2018). Đây chính là cái nôi lí luận vững chắc để người giáo viên định hình nội dung và tổ chức không gian dạy học STEM một cách hiệu quả.

3.1.4. Mô hình dạy học 6E

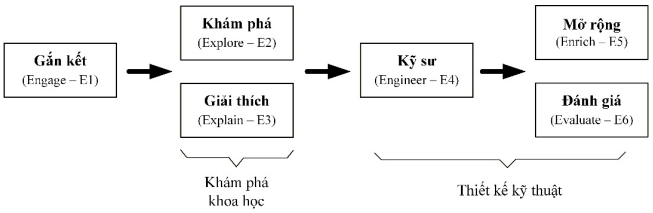
Mô hình 6E do Hiệp hội Giáo viên Công nghệ và Kĩ thuật Quốc tế (ITEEA) nghiên cứu phát triển trên cơ sở mở rộng chu trình 5E truyền thống, xuất phát từ quan điểm xem các hoạt động thực hành khoa học và kĩ thuật (Science and Engineering Practices) như một năng lực cốt lõi trong dạy học. Khác biệt với mô hình tiền nhiệm khi chưa thể hiện rõ nét căn tính này, chu trình 6E bổ sung thêm thành tố "Engineer" nhằm thiết lập mối liên kết biện chứng giữa quy trình thiết kế kĩ thuật (Engineering Design) và hoạt động khám phá khoa học (Scientific Inquiry), từ đó đẩy mạnh triết lí dạy học lấy người học làm trung tâm.

Tiến trình sư phạm này được vận hành tịnh tiến qua 06 giai đoạn chuyên biệt (Nguyễn Thị Hảo và cộng sự, 2021), bao gồm: Gắn kết (Engagement - E1), Khám phá (Exploration - E2), Giải thích (Explanation - E3), Kĩ sư (Engineer - E4 với trọng tâm là thiết kế, chế tạo, thử nghiệm), Mở rộng (Enrich - E5 nhằm đào sâu và ứng dụng) và khép lại bằng chặng Đánh giá (Evaluation - E6). Cấu trúc chuyển dịch logic giữa các thành tố này được cụ thể hóa thông qua sơ đồ dưới (xem Hình 1).

Trên nền tảng đó, chu trình 6E tạo nên bước đột phá bằng việc bổ sung giai đoạn Kĩ sư (Engineer), nhằm khẳng định vị trí trung tâm của tư duy thiết kế kĩ thuật trong không gian giáo dục STEM. Burke (2014) nhấn mạnh rằng, mô hình *6E Learning by DeSIGN™* chính là một bộ khung sư phạm lấy người

Bảng 1: *Các giai đoạn trong quy trình dạy học 6E*

Giai đoạn	Mục đích
ENGAGE (Gắn kết – E1)	Đặt học sinh vào một tình huống gần gũi hoặc có mâu thuẫn cần giải quyết, qua đó khơi dậy sự quan tâm và giúp các em kết nối bài học với hiểu biết, trải nghiệm đã có.
EXPLORE (Khám phá – E2)	Học sinh trực tiếp quan sát, thử nghiệm, thu thập thông tin và trao đổi trong nhóm để bước đầu phát hiện đặc điểm, mối liên hệ hoặc nguyên nhân của hiện tượng đang tìm hiểu.
EXPLAIN (Giải thích - E3)	Học sinh trình bày kết quả khám phá, đối chiếu các cách lí giải và bảo vệ nhận định bằng những minh chứng đã thu thập. Giáo viên hỗ trợ hệ thống hóa, bổ sung và xác lập kiến thức cốt lõi của bài học.
ENGINEER (Thiết kế kĩ thuật – E4)	Học sinh vận dụng kiến thức để đề xuất phương án, xây dựng bản thiết kế và tạo sản phẩm hoặc mô hình. Sản phẩm được vận hành, kiểm tra và điều chỉnh dựa trên các yêu cầu kĩ thuật đã xác định.
ENRICH (Mở rộng - E5)	Từ kết quả ban đầu, học sinh thử nghiệm giải pháp trong tình huống khác, đề xuất cách nâng cấp sản phẩm hoặc phát triển phương án mới để tăng hiệu quả sử dụng.
EVALUATE (Đánh giá - E6)	Giáo viên và học sinh theo dõi mức độ hoàn thành nhiệm vụ trong suốt tiến trình học tập thông qua tự nhận xét, phản hồi giữa các nhóm và đánh giá của giáo viên. Thông tin thu được là căn cứ để điều chỉnh cách học và hoàn thiện sản phẩm.



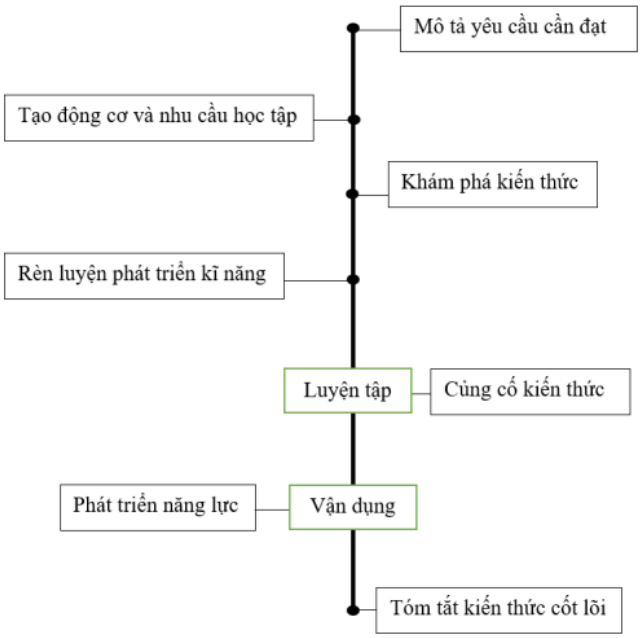
Hình 1: *Sơ đồ cấu trúc chu trình dạy học 6E (Nguyễn Thị Hảo và cộng sự, 2021)*

học làm trung tâm, thúc đẩy việc tích hợp có chủ đích và có hệ thống các thành tố công nghệ, kĩ thuật vào thực tiễn lớp học. Các mục tiêu chuyên biệt của từng chặng trong chu trình này được cụ thể hóa tại Bảng 1.

Nhìn một cách tổng thể, cấu trúc của chu trình 6E sở hữu một triết lí vận động đa chiều, phân tách rõ nét hai pha cốt lõi: Pha đầu thiên về "Khám phá khoa học" (E1, E2, E3) đóng vai trò kiến tạo tri thức nền, pha sau tập trung vào 'Thiết kế kĩ thuật' (E4, E5, E6) đóng vai trò đòn bẩy thực hành. Trong đó, giai đoạn Engineer (E4) chính là 'trái tim' của mô hình, chuyển trạng thái của học sinh từ tư duy lí thuyết sang tư duy hành động và tạo tác vật chất. Sức nặng của mô hình được khép lại bằng tính liên tục của hoạt động đánh giá (Evaluate) và mở rộng (Enrich), đảm bảo cho năng lực công nghệ của học sinh không chỉ dừng lại ở thành phẩm tạm thời, mà liên tục được tối ưu hóa, cải tiến và tái lập trong các bối cảnh thực tiễn đa dạng.

3.2. Quy trình dạy học tích hợp trong môn Công nghệ

Logic vận hành của Hình 2 phản ánh tường minh triết lí tổ chức dạy học bám sát trục định hướng phát triển phẩm chất và năng lực người học. Tiến trình sư phạm này khước từ phương thức truyền thụ kiến thức một chiều, thay vào đó, lấy điểm xuất phát từ chính yêu cầu cần đạt của chương trình và nhu cầu nội tại của học sinh. Bằng cách tường minh hóa mục tiêu ngay từ giai đoạn khởi đầu, người giáo viên có



Hình 2: *Quy trình dạy học tích hợp trong môn Công nghệ (Bùi Văn Hồng và cộng sự, 2021)*

thể kiến tạo những tình huống thực tế giàu tính khơi gợi, từ đó xây dựng động cơ học tập tự nhiên cho người học. Đây là chặng bản lề quyết định, giúp học sinh thấu suốt ý nghĩa của tri thức mình sắp tiếp cận, đồng thời xác lập một tâm thế chủ động trước khi bước vào không gian khám phá.

Đáng chú ý, mạch tịnh tiến từ cấu trúc mục tiêu, động cơ, qua luyện tập đến vận dụng phát triển năng lực của quy trình này có sự tương thích sinh học mạnh mẽ với bản chất của giáo dục STEM. Sự đồng điệu này giúp bài học thoát li hoàn toàn khỏi lối mòn lý thuyết suông, mở ra không gian cho học sinh 'học qua làm' thông qua các trải nghiệm giải quyết vấn đề trong bối cảnh thực tiễn. Nhằm làm rõ cơ chế chuyển hóa sinh động này, mối liên kết biện chứng giữa quy trình bộ môn và chu trình sư phạm 6E được cụ thể hóa thông qua ma trận tích hợp tại Bảng 2, lấy ví dụ minh họa từ chủ đề thiết kế mạch điện điều khiển tự động.

Bảng 2: *Tích hợp quy trình Hình 2 với mô hình 6E*

Quy trình dạy học tích hợp Công nghệ	Mô hình 6E	Hoạt động cụ thể	Hoạt động của giáo viên	Hoạt động của học sinh
Mô tả mục tiêu	Engage/ Explain	Nêu mục tiêu: Thiết kế mạch đèn tự động.	Xác định mục tiêu bài học, nêu yêu cầu sản phẩm và tiêu chí đánh giá.	Lắng nghe, xác định nhiệm vụ học tập, hình dung sản phẩm cần đạt.
Khám phá kiến thức	Explore	Tìm hiểu cảm biến ánh sáng, thử nghiệm mạch.	Tổ chức hoạt động khám phá, cung cấp học liệu, hướng dẫn thí nghiệm.	Quan sát, thử nghiệm, thu thập thông tin, hình thành hiểu biết ban đầu.

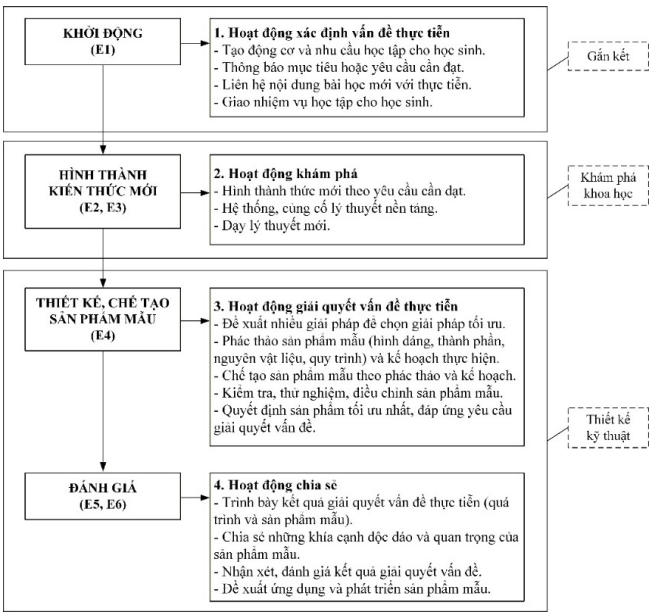
 https://doi.org/10.15625/2615-8957/1261012

Quy trình dạy học tích hợp Công nghệ	Mô hình 6E	Hoạt động cụ thể	Hoạt động của giáo viên	Hoạt động của học sinh
Luyện tập - củng cố	Explain	Trình bày nguyên lí mạch điện.	Tổ chức thảo luận, chuẩn hóa kiến thức, giải thích nguyên lí.	Trình bày kết quả, trao đổi, ghi chép và hoàn thiện kiến thức.
Vận dụng/Phát triển năng lực	Engineer	Thiết kế - lắp mạch - chạy thử.	Giao nhiệm vụ thiết kế, hỗ trợ kĩ thuật, giám sát quá trình thực hiện.	Thiết kế sơ đồ, lắp ráp mạch, thử nghiệm và điều chỉnh sản phẩm.
Rèn luyện kĩ năng	Enrich	Cải tiến: Thêm cảm biến, ứng dụng nhà thông minh.	Gợi ý mở rộng, định hướng cải tiến sản phẩm, liên hệ thực tiễn.	Đề xuất ý tưởng cải tiến, mở rộng ứng dụng, hoàn thiện sản phẩm.
Tóm tắt kiến thức	Evaluate	Đánh giá sản phẩm và hệ thống kiến thức.	Xây dựng tiêu chí đánh giá, tổ chức nhận xét, tổng kết bài học.	Tự đánh giá, đánh giá lẫn nhau, rút ra kiến thức và kinh nghiệm.

3.3. Đề xuất quy trình thiết kế bài học STEM trong môn Công nghệ

Để đảm bảo tính khoa học, tính khả thi và tính đặc thù bộ môn, quy trình thiết kế bài học STEM môn Công nghệ theo mô hình 6E được xây dựng dựa trên bốn nguyên tắc sư phạm cốt lõi. Thứ nhất, quy trình phải đảm bảo tính đặc thù môn học bằng cách bám sát Chương trình Giáo dục phổ thông môn Công nghệ trung học cơ sở, đặt hoạt động thiết kế kĩ thuật, lập sơ đồ nguyên lí và thực hành chế tạo làm trung tâm (Bộ giáo dục và đào tạo, 2018). Thứ hai, quy trình cần tích hợp logic sư phạm với bản chất kĩ thuật, dung hòa giữa tiến trình nhận thức khoa học và quy trình thiết kế kĩ thuật (EDP) để tránh việc coi STEM chỉ là lắp ráp thuần túy mà xem nhẹ tri thức nền tảng (Kelley T. R., 2016). Thứ ba, việc xây dựng phải tuân thủ nguyên tắc lấy người học làm trung tâm và phát triển năng lực, kích thích tư duy bậc cao (phân tích, thiết kế, tối ưu) và hình thành các năng lực giải quyết vấn đề, hợp tác, giao tiếp kĩ thuật (Bybee R. W., 2013). Cuối cùng, quy trình đòi hỏi tính khả thi và linh hoạt, được cấu trúc tinh gọn nhằm phù hợp với thời lượng tiết học cố định và điều kiện cơ sở vật chất thực tế tại các trường trung học cơ sở Việt Nam hiện nay.

Về mặt phương pháp luận, quy trình thiết kế bài học STEM trong môn Công nghệ được kiến tạo dựa trên sự giao thoa biện chứng giữa cấu trúc dạy học tích hợp đặc thù bộ môn và chu trình sư phạm 6E chuẩn quốc tế (Chesser, 2019) Sự phối hợp này không chỉ bảo đảm tính tương thích với logic nội tại của hệ thống tri thức công nghệ mà còn đáp ứng trọn vẹn các yêu cầu đặc thù của một bài học STEM cũng như đặc điểm tâm lí nhận thức của học sinh trung học. Toàn bộ tiến trình sư phạm này được hiện thực hóa sinh động thông qua sơ đồ cấu trúc bốn bước tịnh tiến (xem Hình 3).



Hình 3: *Cấu trúc dạy học bài học STEM*

Hình 3 phản ánh một mạch vận động khép kín, dẫn dắt người học từ chặng nhận diện thách thức cho đến khâu tối ưu hóa giải pháp vật chất. Khởi đầu bằng bước khởi động (E1), người giáo viên chủ động thiết kế các tình huống gắn liền với đời sống thực tế nhằm kích hoạt nhu cầu tự nhiên của học sinh, giúp các em định hình rõ nét mục tiêu sản phẩm và xác lập tâm thế làm chủ nhiệm vụ học tập. Tiếp nối mạch tư duy đó, ở pha hình thành kiến thức mới (E2, E3), học sinh dấn thân vào các hoạt động khảo sát, bổ sung và hệ thống hóa khối tri thức nền tảng - từ

Bảng 3: *Tiến trình dạy học tích hợp mô hình 6E Quy trình Công nghệ*

Mô hình 6E	Quy trình Công nghệ	Hoạt động cụ thể	Hoạt động của giáo viên	Hoạt động của học sinh
ENGAGE / EXPLAIN (Gắn kết / Giải thích)	Mô tả mục tiêu (Xác định mục tiêu & Đặt vấn đề)	Nêu mục tiêu thiết kế mạch đèn tự động bật/tắt theo ánh sáng.	Cho học sinh xem clip/hình ảnh về đèn đường thông minh, đèn ngủ tự động. • Đặt câu hỏi định hướng: "Làm thế nào để hệ thống tự bật/tắt đèn theo độ sáng mà không cần bấm công tắc?". • Giao nhiệm vụ thiết kế mô hình và phổ biến Rubric đánh giá sản phẩm (tính tự động, sơ đồ, thẩm mỹ, chi phí).	• Quan sát quan cảnh/clip, thảo luận câu hỏi khởi động của giáo viên. • Xác định rõ nhiệm vụ học tập của nhóm. • Nghiên cứu tiêu chí đánh giá và hình dung sản phẩm cần hoàn thành.
EXPLORE (Khám phá)	Khám phá kiến thức (Kiến thức nền)	Tìm hiểu cảm biến ánh sáng (LDR), mô-đun rơ-le, transistor và thử nghiệm mạch cơ bản.	• Cung cấp học liệu (Sách giáo khoa Công nghệ 8 Chân trời sáng tạo) và bộ linh kiện. • Hướng dẫn học sinh cách sử dụng đồng hồ vạn năng đo xác định các tiếp điểm.	• Đọc sách giáo khoa tìm hiểu chức năng linh kiện. • Lắp thử nghiệm mạch khám phá đơn giản theo hướng dẫn. • Quan sát sự thay đổi ánh sáng ghi chép vào phiếu học tập.
EXPLAIN (Giải thích)	Luyện tập – củng cố (Chuẩn hóa kiến thức)	Trình bày nguyên lí hoạt động của mạch điều khiển theo tín hiệu ánh sáng.	• Mời đại diện các nhóm báo cáo kết quả khám phá. • Chuẩn hóa kiến thức: Giải thích nguyên lí làm việc của mạch. • Đặt câu hỏi củng cố vai trò của cảm biến và rơ-le.	• Đại diện nhóm báo cáo kết quả thử nghiệm. • Lắng nghe giáo viên chốt kiến thức, trao đổi về nguyên lí hoạt động. • Ghi chép nội dung chuẩn hóa nguyên lí mạch điện điều khiển vào vở.
ENGINEER (Thiết kế kĩ thuật)	Vận dụng / Phát triển NL (Thiết kế – Thi công – Chạy thử)	Vẽ sơ đồ nguyên lí, lắp ráp mạch điện hoàn chỉnh và kiểm thử.	• Giao nhiệm vụ kĩ thuật: Phác thảo sơ đồ kết nối và lắp ráp mạch điện trên mô hình nhà/cột đèn. • Quan sát, hỗ trợ kĩ thuật (kiểm tra mối nối, an toàn điện nguồn DC), giám sát tiến độ các nhóm.	• Thiết kế: Vẽ sơ đồ kết nối khối. • Lắp ráp: Lựa chọn linh kiện, cắm dây nối mạch trên breadboard/mạch in. • Thử nghiệm: Che tối cảm biến để kiểm thử; điều chỉnh biến trở/dây nối nếu mạch hoạt động chưa chuẩn.
ENRICH (Mở rộng / Làm phong phú)	Rèn luyện kĩ năng (Mở rộng & Cải tiến)	Đề xuất cải tiến mạch, định hướng ứng dụng nhà thông minh (Smart Home).	• Đặt bài toán nâng cao: "Nếu muốn đèn chỉ bật khi vừa MƯA vừa TỐI, hoặc hẹn giờ tắt thì cải tiến ra sao?" • Hướng dẫn học sinh liên hệ thực tế: Đèn đường, rèm cửa tự động, hệ thống Smart Home.	• Thảo luận nhóm về phương án tích hợp thêm các cảm biến khác (cảm biến mưa, cảm biến chuyển động PIR). • Đề xuất giải pháp thiết kế vỏ hộp bảo vệ chống nước cho cảm biến ngoài trời.
EVALUATE (Đánh giá)	Tóm tắt kiến thức (Đánh giá & Tổng kết)	Báo cáo, đánh giá sản phẩm mạch điện và hệ thống lại kiến thức bài học.	• Tổ chức cho các nhóm trưng bày và vận hành sản phẩm trước lớp (dùng đèn pin/bìa che). • Hướng dẫn học sinh đánh giá dựa trên Rubric ở Giai đoạn 1. • Tổng kết bài học, nhận xét ưu/nhược điểm từng nhóm và chốt quy trình thiết kế mạch.	• Đại diện nhóm trình bày sản phẩm, vận hành tính năng tự động bật/tắt. • Thực hiện tự đánh giá nhóm và đánh giá chéo sản phẩm/phần thuyết trình nhóm bạn. • Lắng nghe đánh giá của giáo viên, rút ra kinh nghiệm thao tác kĩ thuật.

 https://doi.org/10.15625/2615-8957/1261012

đặc tính vật liệu, cấu tạo cơ khí cho đến quy trình kĩ thuật và các quy tắc an toàn - làm bệ đỡ lí thuyết vững chắc cho hoạt động thực nghiệm.

Tâm điểm của toàn bộ tiến trình hội tụ tại giai đoạn thiết kế, chế tạo sản phẩm mẫu (E4), nơi học sinh trực tiếp chuyển hóa lí thuyết thành giải pháp thông qua việc đề xuất ý tưởng, phác thảo sơ đồ, chế tác và vận hành thử nghiệm. Trải nghiệm tạo tác này đóng vai trò quyết định trong việc mài sắc tư duy kĩ thuật, năng lực hợp tác và kĩ năng giải quyết các bài toán thực tế. Cuối cùng, tiến trình được khép lại bằng hoạt động đánh giá (E5, E6), tạo không gian nghị luận để học sinh trình bày thành phẩm, phân tích dữ liệu, tiếp nhận phản hồi đa chiều và đề xuất hướng cải tiến công nghệ. Việc cụ thể hóa chu trình 6E thành một quy trình bốn bước tường minh này đã cung cấp một công cụ sư phạm khả thi, vừa hiện thực hóa định hướng phát triển năng lực, vừa thắt chặt sợi dây gắn kết giữa không gian lớp học và thực tiễn đời sống.

Ví dụ minh họa bài học STEM: *"Mạch điện điều khiển tự động bật/tắt đèn khi trời sáng/tối sử dụng cảm biến ánh sáng"* (xem Bảng 3 và Bảng 4).

3.4. Thực nghiệm

a. Kết quả định tính

Dữ liệu từ quan sát lớp học, sản phẩm thực hành và phản hồi của học sinh cho thấy quy trình 6E phù hợp với hoạt động thiết kế mạch điện điều khiển tự động.

Trong giai đoạn khởi động, tình huống "Làm thế nào để đèn có thể tự bật khi trời tối?" giúp học sinh nhận diện tương đối nhanh vấn đề cần giải quyết và xác định yêu cầu của sản phẩm. Quan sát lớp học cho thấy học sinh chủ động trao đổi về các tình huống ứng dụng của hệ thống chiếu sáng tự động và đề xuất những phương án ban đầu.

Trong quá trình khám phá và thiết kế, học sinh có cơ hội trực tiếp tìm hiểu cảm biến ánh sáng, thử nghiệm linh kiện và đối chiếu kết quả với sơ đồ nguyên lí. Trong 6 nhóm của lớp thực nghiệm, 5 nhóm hoàn thành mô hình ở mức đạt trở lên; 4 nhóm vận hành được mạch theo đúng nguyên lí ngay sau lần điều chỉnh thứ nhất; 3 nhóm cần giáo viên hỗ trợ xác định lỗi kết nối. Các sản phẩm cơ bản vận hành theo nguyên lí đã xác định. Bản phân công nhiệm vụ và phần trình bày cũng cho thấy học sinh có sự phối hợp trong quá trình thực hiện.

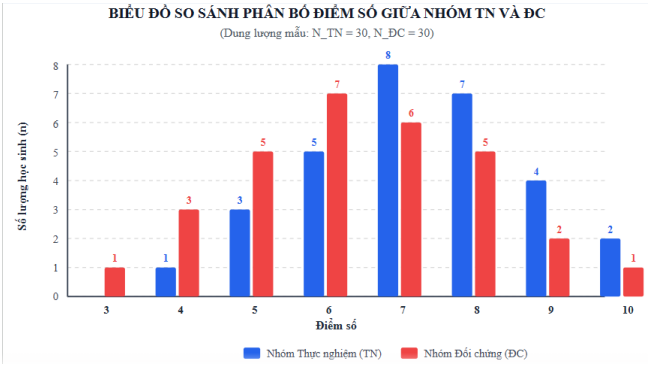
Tuy nhiên, mức độ hoàn thành nhiệm vụ chưa đồng đều. Một số nhóm còn gặp khó khăn trong thao tác lắp ráp, xác định nguyên nhân khi mạch không hoạt động và giải thích nguyên lí của một số linh kiện "Nhóm em phải đổi vị trí cảm biến vì lúc đầu đèn chưa phản ứng khi che ánh sáng" (HS-TN08). Khả năng so sánh các phương án và tối ưu hóa thiết kế còn hạn chế. Kết quả này cho thấy giáo viên cần

Bảng 4: *Tiêu chí đánh giá*

Tiêu chí đánh giá	Mức 1: Chưa đạt (Dưới 5.0 điểm)	Mức 2: Đạt (5.0 – 6.9 điểm)	Mức 3: Khá (7.0 – 8.9 điểm)	Mức 4: Tốt (9.0 – 10 điểm)
1. Tính năng hoạt động tự động (Sản phẩm)	Mạch không chạy/ sai đấu nối gây chập hỏng.	Hoạt động chập chờn, phản hồi chậm, cần hỗ trợ thủ công.	Hoạt động ổn định: tự bật khi tối, tắt khi sáng.	Rất nhạy, chính xác tuyệt đối; có biến trở chỉnh độ nhạy.
2. Kĩ thuật lắp ráp và Thẩm mĩ (Sản phẩm)	Mối nối lỏng, dây lộn xộn, mất an toàn; thiếu mô hình.	Đúng mạch nhưng dây chồng chéo; mô hình thô sơ.	Gọn gàng, an toàn; mô hình hoàn thiện, thẩm mĩ.	Giấu dây tinh tế, tối ưu; mô hình đẹp, sáng tạo, chắc chắn.
3. Sơ đồ thiết kế và Bản thuyết minh (Hồ sơ)	Vẽ sai kí hiệu; không giải thích được nguyên lí.	Sơ đồ cơ bản; giải thích nguyên lí chưa đầy đủ.	Vẽ đúng chuẩn; giải thích rõ nguyên lí và vai trò linh kiện.	Trình bày chuẩn xác, sâu sắc; đề xuất cải tiến/mở rộng.
4. Kĩ thuật thao tác và An toàn (Tiến trình)	Lúng túng, không biết đo vạn năng; gây hỏng linh kiện.	Thao tác chậm; cần hỗ trợ đo đạc; tuân thủ an toàn cơ bản.	Thành thạo, đúng quy trình; tự đo xác định linh kiện.	Thao tác chuẩn xác; tự chủ đo đạc và khắc phục sự cố.
5. Hợp tác nhóm và Trình bày (Năng lực)	Phân công kém; thuyết trình không đạt, thiếu tương tác.	Còn thành viên thụ động; thuyết trình chủ yếu đọc lại.	Hợp tác tốt; thuyết trình tự tin, phản biện cơ bản tốt.	Phối hợp ăn ý; thuyết trình sinh động, phản biện xuất sắc.

cung cấp học liệu trực quan, công bố Rubric trước khi thực hiện nhiệm vụ và chuẩn bị các mức hỗ trợ kĩ thuật phù hợp.

b. Kết quả định lượng



Hình 4: *Biểu đồ phân bố điểm số nhóm thực nghiệm và nhóm đối chứng*

Điểm trung bình của nhóm thực nghiệm đạt 7,23 với độ lệch chuẩn 1,50, cao hơn nhóm đối chứng đạt 6,40 với độ lệch chuẩn 1,67. Trung vị của nhóm thực nghiệm và nhóm đối chứng lần lượt là 7 và 6 điểm (xem Hình 4).

Bảng 4: *So sánh kết quả của hai nhóm*

Chỉ số	Nhóm thực nghiệm	Nhóm đối chứng
Số học sinh	30	30
Điểm trung bình	7,23	6,40
Độ lệch chuẩn	1,50	1,67
Trung vị	7	6
Đạt từ 7 điểm trở lên	70,00%	46,67%
Đạt từ 8 điểm trở lên	43,33%	26,67%

Chênh lệch điểm trung bình giữa hai nhóm là 0,83 điểm. Kiểm định t hai mẫu độc lập cho kết quả (t (58) = 2,03), (p=0,047). Khoảng tin cậy 95% của chênh lệch trung bình dao động từ 0,01 đến 1,65 điểm. Hệ số Cohen's (d=0,52), cho thấy mức ảnh hưởng trung bình (xem Bảng 4). Kiểm định Mann-Whitney được thực hiện như một phân tích độ nhạy và cho kết quả (U=579), (p=0,053). Kết quả phi tham số nằm gần nhưng chưa đạt ngưỡng ý nghĩa 0,05. Vì vậy, sự khác biệt giữa hai nhóm cần được diễn giải thận trọng.

Nhìn chung, phân phối điểm của nhóm thực nghiệm có xu hướng dịch chuyển về phía các mức điểm cao hơn. Tuy nhiên, với cỡ mẫu nhỏ, cách chọn mẫu thuận tiện và chưa có dữ liệu trước thực nghiệm, kết quả chỉ cung cấp bằng chứng bước đầu về tính khả thi và tiềm năng của quy trình 6E.

3.5. Bàn luận

Nghiên cứu đã ghi nhận những tín hiệu tích cực về tính hiệu quả của mô hình 6E khi áp dụng vào dạy học STEM môn Công nghệ trung học cơ sở. Sự chênh lệch có ý nghĩa thống kê về điểm trung bình giữa nhóm thực nghiệm đạt 7,23 với độ lệch chuẩn 1,50 và đối chứng đạt 6,40 với độ lệch chuẩn 1,67 (với kích thước ảnh hưởng trung bình (d = 0,52, p = 0,047) khẳng định giá trị thực tiễn của quy trình đề xuất. Kết quả này không chỉ phản ánh xu hướng chung của các nghiên cứu STEM hiện đại mà còn làm rõ hơn một số khía cạnh sư phạm cốt lõi.

Trước hết, việc đưa "Thiết kế kĩ thuật" (Engineer) vào tiến trình bài học đã tạo ra sự chuyển biến rõ rệt về chất lượng học tập. Tương tự quan điểm của (Fan, 2017) và Chesser (2019), kết quả thực nghiệm cho thấy học sinh không còn tiếp thu lí thuyết một cách thụ động mà đã biết cụ thể hóa kiến thức vào việc giải quyết bài toán thực tế. Tỉ lệ học sinh đạt điểm giỏi/xuất sắc ở nhóm thực nghiệm (43,33%) cao vượt trội so với nhóm đối chứng (26,67%) là minh chứng cho thấy chu trình 6E hỗ trợ người học ghi nhớ và vận dụng nguyên lí mạch điện hiệu quả hơn thông qua cơ chế trải nghiệm thực hành (Learning by doing).

Bên cạnh đó, dữ liệu định tính đã làm nổi bật sự phát triển tư duy kĩ thuật của người học trong quá trình gia công sản phẩm. Đơn cử như trường hợp học sinh HS-TN08 chủ động nhận diện lỗi "đèn chưa phản ứng khi che ánh sáng" để tự điều chỉnh vị trí cảm biến. Trải nghiệm này minh chứng cho lập luận của Burke (2014) cũng như (Kelley T. R., 2016) giai đoạn Thiết kế kĩ thuật giữ vai trò trục xoay trong việc kích hoạt tiến trình thiết kế kĩ thuật (EDP), buộc học sinh phải liên tục trải nghiệm vòng lặp thử nghiệm - phát hiện sự cố - tối ưu hóa giải pháp.

Dù vậy, tiến trình thực nghiệm cũng bộc lộ những rào cản nhất định về mặt kĩ thuật. Việc một bộ phận học sinh lúng túng khi thao tác lắp ráp hoặc giải thích nguyên lí sâu là thực trạng từng được (Morgan, 2016) cảnh báo. Đây là lí do khiến kết quả kiểm định phi tham số Mann - Whitney U (p = 0,053) chỉ nằm ở ngưỡng tiệm cận ý nghĩa thống kê. Sự dao động này bắt nguồn từ dung lượng mẫu còn khiêm tốn (N = 30/nhóm), thời lượng thực nghiệm ngắn (6 tiết) và sự chênh lệch về kĩ năng nền của học sinh. Thực tế này đòi hỏi giáo

 https://doi.org/10.15625/2615-8957/1261012

viên cần chủ động minh bạch hóa Rubric đánh giá ngay từ giai đoạn Gắn kết (Engage), đồng thời thiết lập các mức độ giàn giáo sư phạm (Scaffolding) linh hoạt để hỗ trợ kịp thời cho người học.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đề xuất quy trình thiết kế bài học STEM môn Công nghệ theo mô hình 6E gồm bốn bước: khởi động và xác định nhiệm vụ; khám phá và hình thành kiến thức; thiết kế, chế tạo và thử nghiệm; chia sẻ, đánh giá và mở rộng.

Thông qua việc tích hợp mô hình 6E với đặc thù môn Công nghệ trung học cơ sở, nghiên cứu đã chuẩn hóa quy trình thiết kế bài học STEM gồm 04 bước nối tiếp từ khởi động, khám phá lí thuyết đến thực hành chế tạo và đánh giá. Kết quả thực nghiệm với chủ đề "Mạch điện điều khiển tự động" (N = 60) cung cấp bằng chứng thực tiễn cho thấy quy trình đề xuất có tính khả thi cao. Tiến trình này không chỉ giúp học sinh nâng cao điểm số và nắm vững nguyên lí kĩ thuật, mà còn kích thích tư duy giải quyết vấn đề cùng tinh thần hợp tác trong quá trình hoàn thiện sản phẩm.

Kết quả thực nghiệm bước đầu tại hai lớp 8 cho thấy quy trình có thể triển khai trong chủ đề "Mạch điện điều khiển tự động". Nhóm thực nghiệm có điểm trung bình cao hơn nhóm đối chứng, với kích thước ảnh hưởng ở mức trung bình. Các quan sát và sản phẩm học tập cũng cho thấy, học sinh đã tham gia vào hoạt động nhận diện vấn đề, thiết kế, lắp ráp, thử nghiệm và trình bày sản phẩm. Tuy nhiên, nghiên cứu còn một số hạn chế, gồm cách chọn mẫu thuận tiện, quy mô mẫu nhỏ, thời gian thực nghiệm ngắn và chưa có dữ liệu trước thực nghiệm để kiểm soát sự khác biệt ban đầu giữa hai nhóm. Dữ liệu định tính cũng mới được thu thập trong phạm vi một chủ đề và một cơ sở giáo dục.

Các nghiên cứu tiếp theo cần mở rộng số lượng trường và học sinh, thực hiện đo lường trước - sau thực nghiệm, kéo dài thời gian can thiệp và kiểm định độ tin cậy của công cụ đánh giá. Quy trình cũng cần được thử nghiệm ở các chủ đề khác của môn Công nghệ để đánh giá khả năng chuyển giao và mức độ ổn định của kết quả.

Tài liệu tham khảo

Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2018). *Chương trình Giáo dục phổ thông môn Công nghệ.* NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.

Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2018). *Chương trình Giáo dục phổ thông tổng thể.* Hà Nội.

Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2020). *Công văn 3089/BGDĐT-GDTrH về việc Triển khai thực hiện giáo dục STEM trong giáo dục trung học.*

Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2022). *Hướng dẫn xây dựng kế hoạch bài dạy STEM trong môn công nghệ cấp Trung học cơ sở.* Hà Nội.

Bùi Văn Hồng và đồng tác giả. (2021). *Công nghệ 6, Sách giáo viên.* NXB Giáo dục Việt Nam.

Burke, B. N. (2014). Mô hình ITEEA 6E Learning ByDeSIGN™. *Maximizing informed design and inquiry in the integrative STEM classroom. Technology and Engineering Teacher*, 73(6), pp.14–19.

Bybee, R. W. (2006). *Mô hình giảng dạy BSCS 5E. Nguồn gốc và hiệu quả*. BSCS.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities.* NSTA Press.

Chesser, M. (2019). Implementing the 6E learning model in middle school technology and engineering classrooms. *Journal of Technology Education*, 31(1), pp.42–58.

Fan, S. C. (2017). How an integrative STEM curriculum affects high-school students' creative problem solving powers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(4), pp.1079–1091. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.006.

Kelley, T. R. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. . *International Journal of STEM Education*, 3(1), pp.1-11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-1.

Morgan, W. J. (2016). Implementing the 6E learning model in engineering education. In 2016 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings. . *ASEE Conferences*, https://doi.org/10.18260/p.25732.

Nguyễn Thị Hảo và đồng tác giả. (2021). Mô hình dạy học 5E, 6E, 7E phát triển năng lực khoa học tự nhiên của học sinh trung học cơ sở. *Kỉ yếu hội thảo khoa học giảng dạy Vật lí toàn quốc lần thứ 5, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*, tr.286-304.