

TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG STEM Ở TIỂU HỌC THEO QUY TRÌNH THIẾT KẾ KỸ THUẬT

Nguyễn Thị Thu Hà

Trường Tiểu học Khánh Hà, xã Thường Tín, thành phố Hà Nội

Email: hanguyen6768@gmail.com

Tóm tắt: Bài viết phân tích quy trình thiết kế kỹ thuật như một trục tổ chức hoạt động STEM ở tiểu học. Giá trị của hoạt động không nằm ở sản phẩm có hình thức hấp dẫn, mà ở quá trình học sinh xác định vấn đề, làm rõ tiêu chí và ràng buộc, đề xuất phương án, tạo mẫu, thử nghiệm, sử dụng bằng chứng để cải tiến và giải thích quyết định thiết kế. Trên cơ sở các nghiên cứu về STEM tích hợp và đặc điểm học sinh tiểu học, bài viết đề xuất cách thiết kế nhiệm vụ, tổ chức thử nghiệm, đánh giá quá trình và hỗ trợ của giáo viên; đồng thời minh họa bằng chủ đề “Cầu giấy chịu tải”.

Từ khóa: giáo dục STEM; tiểu học; quy trình thiết kế kỹ thuật; giải quyết vấn đề; đánh giá quá trình

ORGANIZING STEM ACTIVITIES IN PRIMARY SCHOOLS THROUGH THE ENGINEERING DESIGN PROCESS

Abstract: This article examines the engineering design process as a central structure for organizing STEM activities in primary schools. The educational value lies not in visually attractive products, but in pupils' engagement in problem identification, defining criteria and constraints, generating solutions, prototyping, testing, using evidence for improvement, and explaining design decisions. Drawing on research on integrated STEM education and primary learners, the article proposes an age-appropriate approach to task design, testing, process assessment, and teacher scaffolding, illustrated through a paper-bridge design task.

Keywords: STEM education; primary school; engineering design process; problem solving; process assessment.

Nhận bài: 12/09/2026

Phản biện: 14/10/2026

Duyệt đăng: 18/10/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chương trình Giáo dục phổ thông 2018 định hướng phát triển phẩm chất và năng lực người học thông qua việc tăng cường vận dụng kiến thức, kỹ năng vào các tình huống thực tiễn (Bộ Giáo dục và Đào tạo, 2018). Trong bối cảnh đó, giáo dục STEM ở tiểu học có nhiều điều kiện thuận lợi để triển khai do học sinh ở lứa tuổi này thường hứng thú với các hoạt động quan sát, thao tác, thử nghiệm và tạo ra sản phẩm cụ thể. Tuy nhiên, nếu quá trình tổ chức chỉ tập trung vào sản phẩm cuối cùng, hoạt động STEM có thể bị giản lược thành hình thức “làm đồ vật”, trong đó giáo viên cung cấp mẫu và học sinh chủ yếu thực hiện theo hướng dẫn. Cách tiếp cận này làm giảm cơ hội để học sinh tự đưa ra quyết định thiết kế, sử dụng dữ liệu thử nghiệm và điều chỉnh phương án, từ đó hạn chế khả năng phát triển năng lực giải quyết vấn đề.

Các nghiên cứu về giáo dục STEM tích hợp nhấn mạnh vai trò của thiết kế kỹ thuật như một cơ chế kết nối khoa học, công nghệ, kỹ thuật và toán học trong những bối cảnh giải quyết vấn đề có ý nghĩa (English, 2016; Kelley & Knowles, 2016). Ở Việt Nam, Công văn số 909/BGDĐT-GDTH cũng định hướng tổ chức giáo dục STEM ở tiểu học theo hướng tạo cơ hội cho học sinh vận dụng kiến thức và kỹ năng để giải quyết các vấn đề gần với thực tiễn (Bộ Giáo dục và Đào tạo, 2023).

Vì vậy, trọng tâm của hoạt động STEM cần được chuyển từ việc đơn thuần tạo ra sản phẩm sang tổ chức một quá trình thiết kế trong đó học sinh được đề xuất phương án, thử nghiệm, sử dụng bằng chứng và cải tiến sản phẩm.

Trên cơ sở đó, bài viết tập trung làm rõ ba nội dung chính: (1) bản chất và vai trò của quy trình thiết kế kỹ thuật trong tổ chức hoạt động STEM ở tiểu học; (2) cách thiết kế nhiệm vụ và tổ chức thử nghiệm nhằm tạo chiều sâu cho quá trình học tập; và (3) vai trò của giáo viên, hoạt động đánh giá và các điều kiện cần thiết để triển khai giáo dục STEM trong nhà trường tiểu học.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Quy trình thiết kế kỹ thuật như trục tổ chức hoạt động STEM

Thiết kế kỹ thuật là quá trình tạo ra hoặc cải tiến một giải pháp trong những điều kiện và giới hạn xác định. Nhiệm vụ thiết kế thường có nhiều phương án khả thi; học sinh phải cân nhắc tiêu chí, ràng buộc, vật liệu và dữ liệu thử nghiệm để lựa chọn giải pháp. Chính đặc điểm này tạo không gian cho tư duy giải quyết vấn đề và sáng tạo.

Trong STEM tích hợp, khoa học giúp giải thích và dự đoán; toán học hỗ trợ đo lường, tính toán và so sánh; công nghệ cung cấp công cụ, vật liệu hoặc phương tiện biểu đạt; kỹ thuật tổ chức các tri

thức đó thành quyết định thiết kế. Vì vậy, không cần ép bốn lĩnh vực xuất hiện ngang nhau; điều quan trọng là mỗi lĩnh vực có chức năng thực trong việc giải quyết nhiệm vụ (English, 2016; Kelley & Knowles, 2016).

Ở tiểu học, quy trình cần được giản hóa về ngôn ngữ nhưng không làm mất bản chất. Có thể tổ chức theo sáu thành tố dưới đây. Các thành tố có quan hệ lặp: sau thử nghiệm, học sinh có thể quay lại thay đổi vật liệu, cấu trúc hoặc tiêu chí.

Hình 1. Logic ba giai đoạn của quy trình thiết kế kỹ thuật ở tiểu học



Nguồn: Tác giả đề xuất.

Điểm phân biệt hoạt động STEM có chiều sâu với làm sản phẩm theo mẫu nằm ở quyền ra quyết định của học sinh. Nếu giáo viên đã quyết định hình dạng, vật liệu, cách lắp ráp và cả cách sửa lỗi, học sinh chủ yếu thực hiện thao tác. Khi giáo viên xác định vấn đề, tiêu chí và giới hạn, còn học sinh phải đề xuất, lựa chọn và bảo vệ phương án, hoạt động mới thực sự tạo không gian cho tư duy kỹ thuật. Phiên bản đầu tiên vì thế nên được xem như giả thuyết thiết kế cần kiểm chứng, không phải kết quả cuối cùng.

Từ góc độ nhận thức, điểm mạnh của quy trình thiết kế kỹ thuật là buộc học sinh liên tục chuyển đổi giữa ý tưởng và bằng chứng. Ý tưởng ban đầu thường dựa trên kinh nghiệm hoặc trực giác; thử nghiệm giúp học sinh kiểm tra trực giác đó; dữ liệu tạo căn cứ để chấp nhận, bác bỏ hoặc điều chỉnh phương án. Vì vậy, hoạt động thiết kế không chỉ rèn sự khéo léo mà còn tạo cơ hội hình thành tư duy dựa trên bằng chứng. Với học sinh tiểu học, đây là nền tảng quan trọng để phát triển năng lực giải quyết vấn đề, bởi các em học cách giải thích quyết định bằng quan sát và số liệu thay vì chỉ bằng cảm tính.

2.2. Thiết kế nhiệm vụ STEM phù hợp với học sinh tiểu học

Nhiệm vụ là yếu tố quyết định chất lượng hoạt động. Nhiệm vụ quá đóng biên học sinh thành người thực hiện; nhiệm vụ quá mở khiến học sinh

tiểu học dễ mất phương hướng. Tổng quan của Ferrero, Vadillo và León cho thấy rằng hiệu quả của các hình thức học tập dựa trên nhiệm vụ và dự án phụ thuộc đáng kể vào chất lượng thiết kế và triển khai. Đối với nhiệm vụ STEM theo quy trình thiết kế kỹ thuật, điều đó đặt ra yêu cầu về bối cảnh gần gũi, tiêu chí rõ, giới hạn vừa sức và không gian cho nhiều phương án. Chẳng hạn, thay vì giao “làm một chiếc cầu giấy”, giáo viên có thể yêu cầu: sử dụng hai tờ giấy A4 và một lượng băng dính giới hạn để thiết kế chiếc cầu dài 25 cm chịu được tải lớn nhất. Khi đó, học sinh phải cân nhắc cách gấp, cấu trúc, vị trí chịu lực và kết quả thử tải. Với chủ đề nhiệt, có thể thiết kế hộp giữ nước mát; với nội dung thực vật, có thể thiết kế dụng cụ tưới chậm cho chậu cây trong hai ngày nghỉ. Điểm chung là nhiệm vụ tạo nhu cầu vận dụng kiến thức để ra quyết định.

Sản phẩm cần có khả năng kiểm tra. Tiêu chí “đẹp”, “sáng tạo” hoặc “đúng mẫu” khó tạo bằng chứng khách quan. Nên ưu tiên các tiêu chí quan sát hoặc đo được như tải trọng, thời gian, lượng nước, độ ổn định, mức thay đổi nhiệt độ. Khi tiêu chí có thể kiểm chứng, học sinh mới có cơ sở so sánh phương án và cải tiến.

Vật liệu nên đơn giản, dễ tìm và đủ linh hoạt để tạo nhiều phương án. Giấy, bìa, que gỗ, dây, chai nhựa, băng dính và dụng cụ đo cơ bản có thể tạo hoạt động có chiều sâu nếu nhiệm vụ buộc

học sinh dự đoán, kiểm tra và lựa chọn. Điều đó cũng giúp STEM khả thi ở những trường chưa có phòng học chuyên dụng.

Mức độ khó cần phù hợp lứa tuổi. Học sinh lớp 1, lớp 2 nên làm việc với ít tiêu chí, thử nghiệm trực quan và thời lượng ngắn. Học sinh lớp 4, lớp 5 có thể xử lý nhiều ràng buộc hơn, ghi số liệu, lập bảng so sánh và giải thích mối quan hệ giữa cấu trúc với hiệu quả sản phẩm.

Một nhiệm vụ tốt cũng cần tạo ra “khoảng trống thiết kế” vừa đủ. Nếu chỉ có một cách làm đúng, học sinh không cần cân nhắc; nếu có quá nhiều lựa chọn mà thiếu tiêu chí, các em dễ sa vào thử ngẫu nhiên. Giáo viên vì vậy cần kiểm soát độ mở thông qua số lượng vật liệu, số tiêu chí và phạm vi lựa chọn. Chẳng hạn, với lớp nhỏ, giáo viên có thể giới hạn ba loại vật liệu nhưng cho phép nhiều cách kết hợp; với lớp lớn, có thể giữ nguyên vật liệu nhưng bổ sung yêu cầu về chi phí, độ bền hoặc tính tiết kiệm.

Việc gắn nhiệm vụ với bối cảnh địa phương làm tăng ý nghĩa của hoạt động. Những vấn đề như chống nóng, tưới cây, sử dụng nước tiết kiệm, thu gom rác, bảo quản thực phẩm hoặc thiết kế đồ dùng học tập đều có thể trở thành bối cảnh STEM nếu được chuyển thành nhiệm vụ có tiêu chí và thử nghiệm. Bối cảnh quen thuộc giúp học sinh hiểu “vì sao cần thiết kế”, còn tiêu chí giúp các em biết “thiết kế tốt đến mức nào”.

2.3. Thử nghiệm và cải tiến: khâu tạo chiều sâu cho hoạt động STEM

Thử nghiệm và cải tiến thể hiện rõ nhất bản chất của quy trình thiết kế kỹ thuật nhưng thường bị rút ngắn vì giáo viên dành phần lớn thời gian cho chế tạo. Nếu sản phẩm vừa hoàn thành là hoạt động kết thúc, học sinh không có cơ hội kiểm chứng giả thuyết thiết kế và không hiểu vì sao cần thay đổi giải pháp.

Thử nghiệm cần được thiết kế ngay từ khi xây dựng nhiệm vụ. Mỗi tiêu chí gắn với một cách kiểm tra đơn giản. Với cầu giấy, tăng dần tải và ghi mức tải tối đa; với hộp giữ nhiệt, đo nhiệt độ ở các mốc thời gian bằng nhau; với dụng cụ tưới, đo lượng nước chảy ra trong cùng khoảng thời gian. Dữ liệu không cần phức tạp nhưng phải đủ để hỗ trợ quyết định.

Giáo viên có thể tổ chức phản tư bằng ba câu hỏi: sản phẩm đã đáp ứng tiêu chí nào; tiêu chí nào chưa đạt; nhóm sẽ thay đổi yếu tố nào và vì sao. Cải tiến không nhất thiết là làm lại toàn bộ sản phẩm. Học sinh có thể thay một bộ phận, điều chỉnh kích thước, gia cố vị trí hoặc thay vật liệu.

Việc thay một yếu tố trong mỗi lần thử còn giúp quan sát rõ tác động của thay đổi.

Cần dành thời gian cho ít nhất một vòng cải tiến. Nếu thời lượng hạn chế, nên giảm độ phức tạp của sản phẩm thay vì bỏ thử nghiệm. Một thiết kế đơn giản nhưng được thử hai lần và có lý giải cho sự cải tiến có giá trị học tập lớn hơn một sản phẩm cầu kì chỉ để trưng bày. Thất bại khi đó trở thành dữ liệu học tập, không phải kết quả cần né tránh.

Việc so sánh các phiên bản còn tạo điều kiện tích hợp toán học một cách tự nhiên. Học sinh có thể lập bảng trước và sau cải tiến, tính chênh lệch, xếp hạng hoặc biểu diễn kết quả bằng biểu đồ đơn giản. Nhờ đó, số liệu không tách rời sản phẩm mà trở thành công cụ lập luận: nhóm phải chỉ ra bằng chứng nào cho thấy thiết kế mới tốt hơn và mức cải thiện có đủ ý nghĩa hay không.

2.4. Vai trò của giáo viên: thiết kế môi trường và hỗ trợ tư duy

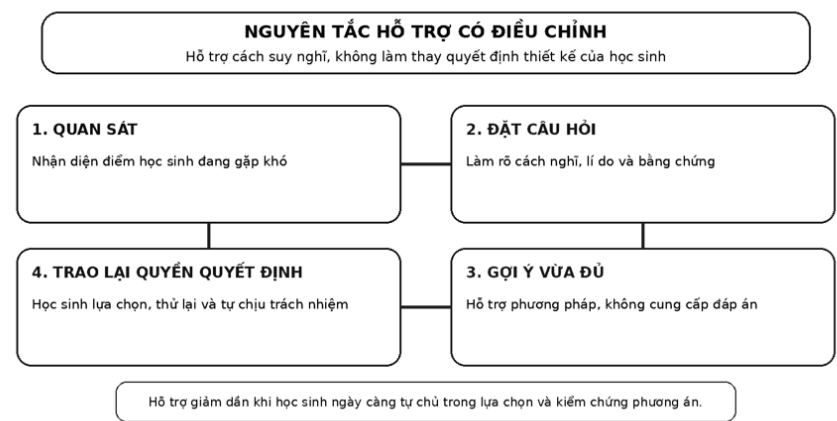
Quy trình thiết kế kỹ thuật không làm giảm vai trò của giáo viên mà làm thay đổi vai trò. Giáo viên lựa chọn vấn đề, dự kiến kiến thức nền, chuẩn bị vật liệu, kiểm soát an toàn và điều tiết mức hỗ trợ. Trong hoạt động, giáo viên quan sát, đặt câu hỏi và giúp học sinh sử dụng bằng chứng.

Hỗ trợ cần vừa đủ. Hỗ trợ quá ít khiến học sinh bế tắc; hỗ trợ quá nhiều lấy mất quyền quyết định. Nguyên tắc phù hợp là hỗ trợ cách suy nghĩ, không cung cấp trực tiếp phương án. Khi học sinh hỏi “Làm thế nào để cầu chắc hơn?”, giáo viên có thể hỏi lại: “Cầu yếu ở vị trí nào?”, “Kết quả thử cho thấy điều gì?”, “Nhóm đã thử thay đổi cấu trúc đó chưa?”.

Quản lý lớp học cần được chuẩn bị trước. Có thể chia vật liệu theo khay, phân vai trong nhóm, quy định khu vực thử nghiệm và cách lấy - trả dụng cụ. Với lớp có mức độ năng lực không đồng đều, giáo viên phân hóa bằng vai trò, số tiêu chí và yêu cầu giải thích; đồng thời luân chuyển nhiệm vụ để tránh việc học sinh khéo tay luôn chế tạo còn học sinh khác chỉ quan sát.

Ở đây, vai trò nhóm không nên cố định theo kiểu “bạn giỏi làm, bạn yếu ghi chép”. Một hoạt động STEM có giá trị cần tạo cơ hội để mọi học sinh được tham gia vào quyết định thiết kế. Giáo viên có thể yêu cầu trước mỗi lần thử, từng thành viên nêu một nhận xét hoặc một đề xuất; khi trình bày, người giải thích dữ liệu không nhất thiết là người trực tiếp chế tạo. Cách tổ chức này giúp giảm sự lệ thuộc vào một vài học sinh nổi trội và tăng tính bao trùm của hoạt động.

Hình 2. Chu trình hỗ trợ có điều chỉnh của giáo viên trong hoạt động thiết kế



Nguồn: Tác giả đề xuất.

2.5. Đánh giá quá trình thiết kế

Đánh giá cần phản ánh quá trình thiết kế, không chỉ sản phẩm cuối. Nếu tiêu chí chủ yếu là độ đẹp hoặc độ phức tạp, học sinh dễ tập trung vào trang trí; giáo viên và phụ huynh cũng có xu hướng can thiệp để nâng chất lượng sản phẩm. Đánh giá quá trình giúp đưa trọng tâm trở lại các quyết định học tập.

Có thể sử dụng năm nhóm tiêu chí: xác định vấn đề và yêu cầu; đề xuất phương án có lí do; tham gia tạo mẫu; biết thu thập và sử dụng kết quả thử nghiệm; biết cải tiến và giải thích. Minh chứng không cần phức tạp: bản vẽ ban đầu, bảng ghi kết quả, ảnh hai phiên bản, đoạn giải thích ngắn hoặc phiếu phân tư đều có giá trị nếu cho thấy học sinh đã thay đổi điều gì và vì sao.

Đánh giá đồng đẳng nên dựa trên tiêu chí, không phải bình chọn sản phẩm đẹp. Học sinh có thể nhận xét mức độ đáp ứng yêu cầu, điểm mạnh của thiết kế và một gợi ý cải tiến. Phản hồi của giáo viên cũng nên hướng tới bước tiếp theo, chẳng hạn yêu cầu học sinh chỉ ra dữ liệu chứng minh sản phẩm chưa đạt hoặc so sánh hai phiên bản.

Đánh giá quá trình còn giúp giáo viên nhận diện chính xác học sinh đang gặp khó ở đâu. Một sản phẩm yếu có thể xuất phát từ nhiều nguyên nhân: hiểu sai vấn đề, tiêu chí chưa rõ, phương án chưa hợp lí, thao tác chưa chính xác hoặc không biết đọc dữ liệu thử nghiệm. Khi tiêu chí đánh giá gắn với từng thành tố của quy trình, phản hồi của giáo viên trở nên cụ thể hơn và có khả năng hỗ trợ lần thiết kế tiếp theo.

Bảng 1. Gợi ý tiêu chí và minh chứng đánh giá quá trình thiết kế

Tiêu chí	Biểu hiện cần quan sát	Minh chứng phù hợp
Xác định vấn đề	Nêu được yêu cầu và tiêu chí chính	Phiếu nhiệm vụ, lời trình bày
Lựa chọn phương án	Có lí do cho lựa chọn vật liệu/cấu trúc	Bản vẽ, ghi chú nhóm
Thử nghiệm	Thực hiện kiểm tra và ghi kết quả	Bảng số liệu, ảnh/video
Cải tiến	Thay đổi dựa trên kết quả thử	Hai phiên bản, lời giải thích
Hợp tác - trình bày	Phân công, trao đổi, bảo vệ quyết định	Quan sát, tự/đồng đánh giá

2.6. Điều kiện triển khai trong nhà trường tiểu học

Để hoạt động STEM không phụ thuộc vào nỗ lực cá nhân của một vài giáo viên, nhà trường cần đưa STEM vào kế hoạch giáo dục và sinh hoạt chuyên môn. Tổ chuyên môn có thể xây dựng ngân hàng nhiệm vụ theo khối lớp, gắn với Toán, Khoa học, Tự nhiên và Xã hội, Công nghệ, Tin học hoặc Hoạt động trải nghiệm. Mỗi nhiệm vụ chỉ cần mô tả ngắn: vấn đề, kiến thức nền, tiêu chí, vật liệu, cách thử nghiệm và gợi ý đánh giá.

Sinh hoạt chuyên môn nên tập trung vào phân tích nhiệm vụ và minh chứng học sinh hơn là chỉ phổ biến lí thuyết. Giáo viên có thể cùng thiết kế, dự đoán khó khăn, tổ chức dạy thử rồi xem lại sản phẩm, dữ liệu và phản hồi để điều chỉnh. Nghiên cứu của O'Dwyer và cộng sự (2023) cho thấy phát triển chuyên môn kéo dài, gắn với thực hành và hỗ trợ đồng nghiệp có thể củng cố tự hiệu quả của giáo viên tiểu học khi triển khai STEM.

Nguồn lực cần được tổ chức theo hướng dùng chung và tiết kiệm. Một kho vật liệu cơ bản gồm

giấy, bìa, que, dây, chai nhựa, băng dính, kéo, thước, cân nhỏ hoặc nhiệt kế có thể phục vụ nhiều nhiệm vụ. Phụ huynh có thể hỗ trợ vật liệu, an toàn hoặc kinh nghiệm thực tiễn nhưng không nên thiết kế và làm sản phẩm thay học sinh.

Công nghệ số chỉ nên sử dụng khi làm rõ quá trình học, như chụp ảnh các phiên bản, quay video thử nghiệm, nhập dữ liệu đơn giản hoặc trình bày kết quả. An toàn phải được đánh giá trước: giáo viên xác định rõ vật liệu, dụng cụ và thao tác nào học sinh có thể tự thực hiện, thao tác nào cần hỗ trợ.

Về mặt quản lý chuyên môn, nhà trường không nhất thiết xây dựng một “chương trình STEM” tách rời. Hiệu quả hơn là xác định những nội

dung trong chương trình hiện hành có tiềm năng chuyển thành nhiệm vụ thiết kế, sau đó phân bổ hợp lý theo khối lớp. Cách làm này giúp STEM gắn với yêu cầu cần đạt, tránh quá tải và hạn chế tình trạng hoạt động chỉ diễn ra vào các đợt hội thi hoặc ngày hội.

2.7. Minh họa: chủ đề “Cầu giấy chịu tải”

Chủ đề “Cầu giấy chịu tải” có thể sử dụng cho học sinh lớp 4 hoặc lớp 5. Giáo viên đặt bối cảnh: mỗi nhóm dùng hai tờ giấy A4 và lượng băng dính quy định để thiết kế chiếc cầu bắc qua khoảng cách 25 cm, chịu được tải lớn nhất. Nhiệm vụ không yêu cầu một kiểu cầu cụ thể; kết quả được đánh giá bằng quá trình thiết kế và dữ liệu thử tải.

Bảng 2. Tiến trình tổ chức minh họa

Giai đoạn	Nhiệm vụ của học sinh	Sản phẩm /Minh chứng	Điểm nhấn của giáo viên
1. Làm rõ yêu cầu	Xác định khoảng cách, vật liệu, tiêu chí chịu tải	Phiếu tiêu chí	Không đưa mẫu cầu cần sao chép
2. Đề xuất phương án	Vẽ 2-3 ý tưởng, chọn phương án có lý do	Bản vẽ, giải thích	Hỏi về cấu trúc và dự đoán
3. Tạo mẫu	Chế tạo phiên bản 1	Cầu giấy phiên bản 1	Quan sát phân công, bảo đảm an toàn
4. Thử nghiệm	Tăng dần tải, ghi kết quả và vị trí biến dạng	Bảng thử tải	Yêu cầu ghi dữ liệu thống nhất
5. Cải tiến	Thay một yếu tố và thử lại	Phiên bản 2, dữ liệu so sánh	Yêu cầu lí giải sự thay đổi

Điểm đánh giá không nằm ở nhóm có chiếc cầu chịu tải lớn nhất, mà ở việc nhóm xác định được nguyên nhân, sử dụng dữ liệu và có quyết định cải tiến hợp lý. Cùng một nhiệm vụ, các nhóm có thể tạo ra sản phẩm khác nhau; chính sự khác biệt đó giúp bộc lộ quá trình tư duy thiết kế và tạo cơ hội thảo luận.

III. KẾT LUẬN

Quy trình thiết kế kỹ thuật có thể trở thành trực tổ chức hiệu quả cho hoạt động STEM ở tiểu học nếu được giản hóa phù hợp lứa tuổi nhưng vẫn giữ

bản chất của quá trình thiết kế. Giá trị của hoạt động nằm ở việc học sinh nhận diện vấn đề, xác định tiêu chí, lựa chọn phương án, tạo mẫu, thử nghiệm, sử dụng bằng chứng và cải tiến. Vì vậy, chất lượng nhiệm vụ, cơ hội ra quyết định của học sinh, cách tổ chức thử nghiệm, hỗ trợ của giáo viên và đánh giá quá trình là những yếu tố quyết định chiều sâu của STEM. Với cách tiếp cận này, ngay cả vật liệu đơn giản và điều kiện thiết bị hạn chế vẫn có thể tạo ra môi trường học tập có giá trị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2018). Thông tư số 32/2018/TT-BGDĐT ngày 26 tháng 12 năm 2018 ban hành Chương trình giáo dục phổ thông.
- Bộ Giáo dục và Đào tạo. (2023). Công văn số 909/BGDĐT-GDTH ngày 08 tháng 3 năm 2023 về hướng dẫn tổ chức hoạt động giáo dục STEM trong giáo dục tiểu học.
- English, L. D. (2016). STEM education K–12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Ferrero, M., Vadillo, M. A., & León, S. P. (2021). Is project-based learning effective among kindergarten and elementary students? A systematic review. *PLOS ONE*, 16(4), e0249627. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249627>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- O'Dwyer, A., Hourigan, M., Leavy, A. M., & Corry, E. (2023). I have seen STEM in action and it's quite do-able!: The impact of an extended professional development model on teacher efficacy in primary STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(Suppl. 1), 131–157. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10361-2>