

**Tổ chức dạy học STEM theo quy trình thiết kế kỹ thuật: Nghiên cứu thực nghiệm
phát triển năng lực sáng tạo của học sinh thông qua chủ đề cầu treo**

Lê Quang Châu*

Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng, 459 Tôn Đức Thắng,

phường Hòa Khánh, TP. Đà Nẵng, Việt Nam

Ngày nhận bài 3/4/2026; ngày chuyển phản biện 6/4/2026;

ngày nhận phản biện 28/4/2026; ngày chấp nhận đăng 5/5/2026

Tóm tắt:

Giáo dục STEM đang trở thành một xu hướng quan trọng trong đổi mới giáo dục phổ thông nhằm phát triển các năng lực cốt lõi của học sinh, trong đó có năng lực sáng tạo. Trong dạy học Vật lý, việc tổ chức các chủ đề STEM gắn với thiết kế kỹ thuật tạo cơ hội cho học sinh vận dụng kiến thức vào giải quyết các vấn đề thực tiễn, qua đó thúc đẩy năng lực sáng tạo. Nghiên cứu này nhằm thiết kế và kiểm chứng hiệu quả của việc tổ chức dạy học chủ đề STEM “Thiết kế mô hình cầu treo” trong dạy học một số kiến thức nội dung về moment lực và điều kiện cân bằng ở cấp trung học phổ thông. Nghiên cứu sử dụng phương pháp thực nghiệm sư phạm, kết hợp phân tích định tính và định lượng, nhằm đánh giá sự phát triển năng lực sáng tạo của học sinh. Kết quả cho thấy, học sinh lớp thực nghiệm có xu hướng tiến bộ trong các biểu hiện của năng lực sáng tạo như triển khai ý tưởng và cải tiến sản phẩm. Nghiên cứu góp phần cung cấp một quy trình tổ chức dạy học STEM trong bộ môn Vật lý nhằm phát triển năng lực sáng tạo của học sinh trung học phổ thông. Tuy nhiên, sự khác biệt giữa nhóm thực nghiệm và đối chứng chưa đạt ý nghĩa thống kê, cho thấy cần có nghiên cứu với quy mô lớn hơn.

Từ khóa: dạy học Vật lý, giáo dục STEM, năng lực sáng tạo, thiết kế kỹ thuật.

Chỉ số phân loại: 5.3

Organising STEM education using the engineering design process: Experimental research to develop students' creativity through the topic of suspension bridges

Quang Chau Le*

University of Science and Education - The University of Danang,

459 Ton Duc Thang Street, Hoa Khanh Ward, Da Nang City, Vietnam

Received 3 April 2026; revised 28 April 2026; accepted 5 May 2026

Abstract:

STEM education has become an important trend in reforming general education, aiming to develop students' core competencies, including creativity. In physics teaching, organising STEM topics associated with engineering design provides students with opportunities to apply knowledge to solve real-world problems, thereby fostering creative capacity. This study aims to design and evaluate the effectiveness of implementing the STEM topic “Designing a suspension bridge model” in teaching selected content on moments of force and conditions for equilibrium at the upper secondary level. The research employs an experimental pedagogical method combined with both qualitative and quantitative analyses to assess the development of students' creative competence. The results indicate that students in the experimental group tend to show improvement in manifestations of creativity, such as idea development and product innovation. The study contributes a process for organising STEM-based instruction in physics to enhance creative competence among high school students. However, the difference between the experimental and control groups did not reach statistical significance, suggesting the need for further research with a larger sample size.

Keywords: creativity competence, engineering design, physics teaching, STEM education.

Classification numbers: 5.3

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh khoa học, công nghệ và trí tuệ nhân tạo phát triển nhanh chóng, năng lực sáng tạo (NLST) ngày càng được xem là một năng lực cốt lõi của người học trong thế kỷ XXI [1]. Giáo dục phổ thông không chỉ hướng đến việc hình thành tri thức khoa học mà còn phải phát triển các năng lực giúp học sinh (HS) thích ứng với những biến đổi của xã hội tri thức. Chương trình giáo dục phổ thông 2018 xác định năng lực giải quyết vấn đề và sáng tạo là một trong những năng lực chung cần được hình thành thông qua các môn học, trong đó, môn Vật lý có nhiều điều kiện thuận lợi để phát triển năng lực này thông qua hoạt động tìm hiểu khoa học và thiết kế kỹ thuật [2, 3].

Trong dạy học Vật lý, giáo dục STEM được xem là một hướng tiếp cận phù hợp để tổ chức các hoạt động học tập tích hợp, gắn tri thức khoa học với các vấn đề thực tiễn và hoạt động thiết kế kỹ thuật. Tuy nhiên, việc triển khai các chủ đề STEM trong dạy học Vật lý ở trường phổ thông vẫn còn hạn chế; nhiều bài học còn thiên về truyền thụ kiến thức, chưa tạo được môi trường học tập trải nghiệm để HS tham gia vào quá trình sáng tạo. Theo thống kê của Bộ Giáo dục và Đào tạo, trong năm học 2022-2023, chỉ có 1.885 bài học STEM được xây dựng trên toàn quốc - dù đã tăng hơn gấp đôi so với năm học 2020-2021 - và tổng số lượt bài dạy STEM được triển khai tại các cơ sở giáo dục trung học đạt khoảng 75.478 lượt [4]. Số liệu này cho thấy tốc độ mở rộng đáng ghi nhận, nhưng đồng thời cũng phản ánh mức độ chưa đồng đều và còn phân tán của việc triển khai STEM trong thực tiễn nhà trường. Đáng chú ý hơn, một khảo sát về hình thức áp dụng giáo dục STEM tại các trường phổ thông cho thấy chỉ 13,34% hoạt động STEM được tổ chức trong giờ học chính khóa do giáo viên trực tiếp hướng dẫn, trong khi phần lớn diễn ra dưới dạng câu lạc bộ ngoại khóa có sự hỗ trợ của các trung tâm bên ngoài (46,66%) hoặc hoạt động ngoại khóa nhà trường (40%), cho thấy giáo viên chưa thực sự đóng vai trò chủ động trong việc tích hợp STEM vào quá trình dạy học thường ngày, và học sinh ít có cơ hội trải nghiệm thiết kế kỹ thuật trong bối cảnh học tập môn học chính thức.

Phần lớn các nghiên cứu trong nước tập trung mô tả quy trình thiết kế chủ đề STEM hoặc đánh giá thái độ, hứng thú học tập của học sinh, trong khi bằng chứng thực nghiệm về tác động cụ thể đến NLST, được đo lường bằng công cụ có cơ sở lý thuyết rõ ràng và kiểm chứng độ tin cậy còn rất hạn chế. Các nghiên cứu hiện có chủ yếu đánh giá NLST như một cấu trúc tổng thể mà chưa phân tích tác động theo từng thành tố, dẫn đến việc khó xác định can thiệp sư phạm nào có hiệu quả với khía cạnh nào của năng lực. Trong bối cảnh dạy học Vật lý trung học phổ thông (THPT), còn thiếu vắng các nghiên cứu gắn kết cụ thể giữa nội dung cơ học, đặc biệt là các khái niệm về lực, cân bằng và biến dạng, với hoạt động thiết kế kỹ thuật có tính tích hợp cao như thiết kế mô hình công trình.

Xuất phát từ yêu cầu lý luận và thực tiễn nêu trên, cũng như khoảng trống nghiên cứu đã được nhận diện, nghiên cứu này tập trung thiết kế quy trình và tổ chức dạy học chủ đề STEM “Thiết kế mô hình cầu treo” trong môn Vật lý THPT nhằm phát triển

NLST của học sinh. Nghiên cứu hướng tới việc kiểm chứng giả thuyết rằng việc tổ chức dạy học STEM theo quy trình được đề xuất có thể góp phần phát triển NLST của học sinh THPT.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Năng lực sáng tạo của học sinh trong giáo dục STEM

2.1.1. Khái niệm năng lực sáng tạo

Trong nghiên cứu giáo dục hiện đại, sáng tạo thường được hiểu là khả năng tạo ra ý tưởng, giải pháp hoặc sản phẩm mới có giá trị trong một bối cảnh nhất định. Theo R.J. Sternberg và cs (1991) [5], sáng tạo không chỉ là sự mới mẻ về ý tưởng mà còn bao hàm tính phù hợp và khả năng ứng dụng của sản phẩm sáng tạo trong thực tiễn. Tương tự, M. Runco và cs (2012) [1] khẳng định hai tiêu chí cơ bản của sáng tạo là tính mới (originality) và tính hữu ích (usefulness), qua đó nhấn mạnh bản chất chức năng của sáng tạo trong hoạt động nhận thức và thực tiễn. Trong bối cảnh giáo dục thế kỷ 21, NLST được xem là một trong những năng lực cốt lõi của người học. Việc phát triển NLST không chỉ nhằm chuẩn bị nguồn nhân lực cho nền kinh tế tri thức mà còn giúp người học thích ứng với những thay đổi nhanh chóng của khoa học và công nghệ trong xã hội hiện đại [6, 7].

Tuy nhiên, một câu hỏi đặt ra là: Liệu môi trường dạy học truyền thống có đủ điều kiện để nuôi dưỡng và phát triển NLST theo đúng nghĩa của nó? Trong mô hình dạy học truyền thống, tri thức được truyền đạt theo hướng tuyến tính và một chiều, giáo viên là trung tâm, học sinh tiếp nhận và tái hiện nội dung đã được cấu trúc sẵn. Cấu trúc này vốn ưu tiên tính chính xác và sự tuân thủ quy trình, do đó có xu hướng thu hẹp không gian cho tư duy phân kỳ, nền tảng tâm lý học của hoạt động sáng tạo, theo quan điểm của J.P. Guilford (1967) [8]. Nói cách khác, dạy học truyền thống có thể phát triển tốt năng lực tái tạo nhưng lại thiếu các điều kiện cần thiết để kích hoạt năng lực sáng tạo thực sự.

Giáo dục STEM, ngược lại, được xây dựng trên nền tảng học tập dựa trên vấn đề và thiết kế kỹ thuật, trong đó học sinh không tiếp nhận giải pháp có sẵn mà phải tự đặt vấn đề, thử nghiệm và cải tiến ý tưởng qua nhiều chu kỳ lặp. Đây chính là môi trường học tập phù hợp với bản chất của NLST như T.M. Amabile (1983) [9] mô tả: sáng tạo không phải là đặc điểm bẩm sinh cố định mà là kết quả của sự tương tác giữa động lực

nội tại, kiến thức nền và môi trường hỗ trợ. So với dạy học truyền thống, tiếp cận STEM tạo ra sự khác biệt có tính cấu trúc ở ít nhất ba phương diện: (1) chuyển vai trò học sinh từ người tiếp nhận sang người kiến tạo tri thức; (2) đặt sản phẩm hoặc giải pháp - thay vì đáp án đúng - làm đích đến của hoạt động học tập; (3) tích hợp phản hồi và cải tiến như một thành phần bắt buộc của quy trình học, thay vì xem lỗi sai là thất bại cần tránh.

Điều đó không có nghĩa là dạy học truyền thống không có giá trị - nền tảng tri thức hệ thống vẫn là điều kiện cần để học sinh có thể sáng tạo có ý nghĩa [10]. Tuy nhiên, nếu chỉ dừng lại ở việc truyền đạt và kiểm tra tri thức, nhà trường sẽ khó có thể phát triển đầy đủ các thành tố hành vi của NLST - đặc biệt là khả năng hiện thực hóa ý tưởng và đánh giá, cải tiến giải pháp. Chính sự bổ sung có chủ đích của tiếp cận STEM vào chương trình giáo dục phổ thông tạo ra cơ sở sự phạm để kích hoạt những thành tố này.

Như vậy, trong nghiên cứu này, NLST được hiểu là khả năng của học sinh trong việc phát hiện vấn đề, đề xuất ý tưởng mới, thiết kế giải pháp và cải tiến sản phẩm dựa trên tri thức khoa học và kỹ thuật. Việc phát triển năng lực này thông qua giáo dục STEM góp phần hình thành năng lực giải quyết vấn đề và đổi mới sáng tạo của học sinh trong bối cảnh giáo dục thế kỷ 21.

2.1.2. Cấu trúc năng lực sáng tạo

Trong nghiên cứu giáo dục khoa học, cấu trúc NLST thường được tiếp cận từ nhiều góc độ khác nhau như tư duy sáng tạo, giải quyết vấn đề, thiết kế sản phẩm và đổi mới ý tưởng. Các nghiên cứu quốc tế cho rằng, sáng tạo trong học tập STEM gắn với quá trình phát hiện vấn đề, đề xuất ý tưởng, thử nghiệm giải pháp và cải tiến sản phẩm [11]. Trong khi đó, các nghiên cứu về dạy học STEM ở trường phổ thông Việt Nam cho thấy NLST của học sinh thường biểu hiện thông qua khả năng phát hiện vấn đề thực tiễn, đề xuất giải pháp, thực hiện sản phẩm và cải tiến quy trình hoặc sản phẩm [12].

Tổng hợp các quan điểm nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy cấu trúc NLST của học sinh trong giáo dục STEM có thể được khái quát theo một chu trình nhận thức - hành động, bao gồm ba nhóm thành tố chính: (1) Nhận thức vấn đề và hình thành ý tưởng - gồm NVD và IDE; (2) Lựa chọn và triển khai giải pháp - gồm SEL và ACT; (3) Đánh giá và phát triển sáng tạo - gồm EVA (bảng 1). Để đảm bảo tính khoa học và độ tin cậy của đề xuất cấu trúc NLST, nghiên cứu đã tiến hành lấy ý kiến chuyên gia theo quy trình gồm hai vòng:

Vòng 1: Bảng hỏi mở được gửi đến 12 chuyên gia gồm giảng viên đại học, cán bộ nghiên cứu giáo dục và giáo viên STEM có kinh nghiệm trên 5 năm, nhằm thu thập nhận xét về sự phù hợp, tính đầy đủ và khả năng quan sát của các thành tố và biểu hiện hành vi đề xuất.

Vòng 2: Bảng hỏi Likert 5 mức độ được gửi lại sau khi chỉnh sửa theo góp ý vòng 1, yêu cầu chuyên gia đánh giá mức độ đồng thuận với từng thành tố và biểu hiện hành vi.

Bảng 1. Thành tố năng lực.

Nhóm thành tố	Thành tố năng lực	Mô tả năng lực thành tố	Biểu hiện hành vi NLST
Nhận thức vấn đề và hình thành ý tưởng	1. Nhận ra vấn đề (NVD)	Khả năng nhận ra ý tưởng mới, phát hiện và làm rõ các tình huống có vấn đề trong học tập và thực tiễn, tạo tiền đề cho quá trình giải quyết vấn đề sáng tạo.	NVD 1: Nhận ra các hiện tượng bất thường hoặc chưa được giải thích rõ trong học tập và đời sống. NVD 2: Đặt ra các câu hỏi có giá trị khoa học hoặc thực tiễn (Vì sao?, ... như thế nào?, Nếu ... thì sao?). NVD 3: Phát hiện mâu thuẫn giữa kiến thức đã học và tình huống thực tiễn. NVD 4: Xác định vấn đề cần giải quyết dưới nhiều góc nhìn khác nhau.
	2. Hình thành và phát triển ý tưởng mới (IDE)	Khả năng tạo ra nhiều ý tưởng mới, đa dạng và linh hoạt trên cơ sở huy động, kết nối tri thức và kinh nghiệm đã có.	IDE 1: Đề xuất nhiều ý tưởng hoặc phương án giải quyết cho cùng một vấn đề. IDE 2: Suy nghĩ không theo lối mòn, tránh sao chép các giải pháp có sẵn. IDE 3: Kết hợp kiến thức từ nhiều lĩnh vực (Vật lý, Toán, Công nghệ, Tin học...) để hình thành ý tưởng mới. IDE 4: Phát triển, mở rộng hoặc biến đổi ý tưởng ban đầu thành các phương án khác nhau.
Lựa chọn và triển khai giải pháp	3. Lựa chọn và hoàn thiện giải pháp (SEL)	Khả năng phân tích, đánh giá và lựa chọn giải pháp tối ưu, bảo đảm tính khoa học, tính khả thi và hiệu quả.	SEL 1: Phân tích ưu điểm, hạn chế của các ý tưởng hoặc phương án đã đề xuất. SEL 2: So sánh các giải pháp dựa trên tiêu chí khoa học và thực tiễn. SEL 3: Lựa chọn giải pháp phù hợp nhất trong bối cảnh cụ thể. SEL 4: Điều chỉnh, hoàn thiện giải pháp dựa trên phản hồi hoặc kết quả thử nghiệm.
	4. Triển khai ý tưởng thành sản phẩm hoặc hành động sáng tạo (ACT)	Khả năng hiện thực hóa ý tưởng sáng tạo thông qua thiết kế, tổ chức và thực hiện các	ACT 1: Lập kế hoạch triển khai giải pháp một cách có hệ thống. ACT 2: Thiết kế thí nghiệm, mô hình, sản phẩm học tập hoặc sản phẩm STEM.

Nhóm thành tố	Thành tố năng lực	Mô tả năng lực thành tố	Biểu hiện hành vi NLST
		hoạt động học tập hoặc dự án.	ACT 3: Thực hiện thử nghiệm, chế tạo hoặc mô phỏng giải pháp đã chọn. ACT 4: Điều chỉnh cách thức thực hiện khi gặp khó khăn hoặc thất bại.
Đánh giá và phát triển sáng tạo	5. Đánh giá, điều chỉnh và mở rộng sáng tạo (EVA)	Khả năng tự đánh giá quá trình và kết quả sáng tạo, rút kinh nghiệm và đề xuất hướng phát triển tiếp theo.	EVA 1: Đánh giá mức độ mới, tính hữu ích của sản phẩm hoặc giải pháp đã thực hiện. EVA 2: Nhận diện điểm mạnh và hạn chế trong quá trình sáng tạo của bản thân. EVA 3: Tiếp nhận và phản hồi ý kiến góp ý một cách có chọn lọc. EVA 4. Đề xuất hướng cải tiến hoặc mở rộng ý tưởng trong các bối cảnh mới.

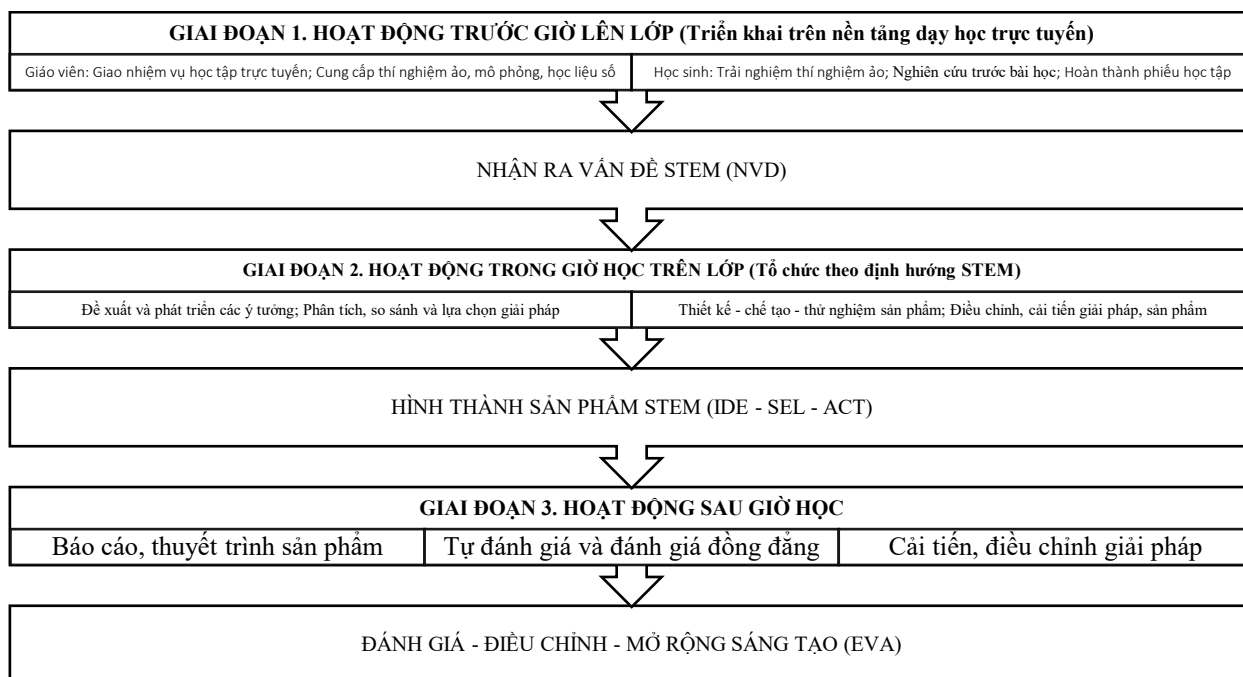
Kết quả cho thấy, tất cả các thành tố đều đạt mức đồng thuận từ 78% trở lên (theo tiêu chí $CVR > 0,62$ với $n=12$ chuyên gia), xác nhận tính hợp lệ nội dung của cấu trúc NLST được đề xuất.

Ba nhóm thành tố phản ánh đầy đủ tiến trình sáng tạo trong bối cảnh học tập STEM, đồng thời bảo đảm tính tương thích với quy trình thiết kế kỹ thuật và quy trình nghiên cứu khoa học trong dạy học tích hợp. Sự đồng thuận của đội ngũ chuyên gia đối với cả 5 thành tố và 20 biểu hiện hành vi tương ứng cho thấy cấu trúc NLST đề xuất có cơ sở lý luận vững chắc và phù hợp với thực tiễn dạy học STEM ở trường phổ thông Việt Nam hiện nay. Trên cơ sở đó, NLST của học sinh được cụ thể hóa thành các biểu hiện hành vi có thể quan sát và đánh giá trong quá trình học tập STEM như phát hiện vấn đề mới, đề xuất ý tưởng, lựa chọn giải pháp, thực hiện sản phẩm, đánh giá và cải tiến sản phẩm.

2.1.3. Quy trình tổ chức dạy học chủ đề STEM nhằm phát triển năng lực sáng tạo của học sinh trung học phổ thông

Quy trình tổ chức dạy học STEM nhằm phát triển NLST của học sinh THPT được xây dựng theo lý thuyết kiến tạo trong dạy học, định hướng tiếp cận quá trình, bảo đảm học sinh được tham gia một cách chủ động, tích cực và có cơ hội trải nghiệm đầy đủ các giai đoạn của hoạt động sáng tạo. Quy trình này gồm ba giai đoạn cơ bản: (i) hoạt động trước giờ lên lớp; (ii) hoạt động trong giờ học trên lớp; (iii) hoạt động sau giờ học (hình 1). Trong đó, mỗi giai đoạn đều có vai trò nhất định trong việc phát triển các hợp phần

của NLST. Quy trình này có sự tương đồng với mô hình Quy trình thiết kế kỹ thuật (Engineering Design Process - EDP) và lớp học đảo ngược (Flipped Classroom), giúp tích hợp hoạt động nhận thức và thực hành.



Hình 1. Quy trình tổ chức dạy học chủ đề STEM.

Giai đoạn hoạt động trước giờ lên lớp có ý nghĩa chuẩn bị và định hướng quá trình sáng tạo của học sinh, tương ứng với giai đoạn thứ nhất của mô hình lớp học đảo ngược. Ở giai đoạn này, giáo viên vận dụng nền tảng dạy học trực tuyến để giao các nhiệm vụ học tập mang tính khám phá và định hướng như: trải nghiệm thí nghiệm ảo trong không gian số, quan sát mô phỏng hiện tượng vật lý, nghiên cứu trước nội dung bài học, tìm kiếm thông tin liên quan đến vấn đề STEM sẽ được giải quyết. Thông qua các nhiệm vụ này, học sinh từng bước hình thành biểu tượng ban đầu về vấn đề, nhận ra những điểm mới, nảy sinh thắc mắc và đặt câu hỏi khoa học. Đây là tiền đề quan trọng để phát triển thành tố Nhận ra vấn đề (NVD), đồng thời giúp học sinh bước vào giờ học chính khóa với tâm thế chủ động và sẵn sàng tham gia các hoạt động sáng tạo.

Trên cơ sở kết quả của giai đoạn trước giờ lên lớp, hoạt động trong giờ học trên lớp được tổ chức theo định hướng STEM, tập trung vào việc hình thành và triển khai ý tưởng, lựa chọn giải pháp và thiết kế - chế tạo sản phẩm. giáo viên đóng vai trò tổ chức, định hướng và hỗ trợ, trong khi học sinh làm việc cá nhân hoặc theo nhóm để thảo luận, đề xuất phương án, thử nghiệm và điều chỉnh giải pháp. Cuối cùng, hoạt động sau giờ

học được sử dụng để học sinh đánh giá, điều chỉnh và mở rộng kết quả sáng tạo thông qua báo cáo, thuyết trình, tự đánh giá và đánh giá đồng đẳng dựa trên các tiêu chí đã thống nhất. Sự liên kết chặt chẽ giữa ba giai đoạn của quy trình không chỉ bảo đảm tính logic và liên tục của hoạt động dạy học STEM, mà còn tạo điều kiện thuận lợi để phát triển NLST của học sinh một cách toàn diện, từ nhận thức ban đầu đến hành động sáng tạo và tư duy phân biện độc lập.

2.2. Tổ chức dạy học chủ đề STEM “Thiết kế mô hình cầu treo”

2.2.1. Thiết kế tiến trình dạy học chủ đề STEM “Thiết kế mô hình cầu treo”

Trong điều kiện địa hình nhiều sông suối và hệ thống giao thông chưa đồng bộ, đặc biệt ở khu vực nông thôn và miền núi, nhu cầu xây dựng các công trình cầu dân sinh vẫn mang ý nghĩa thiết thực. Cầu treo qua suối là một giải pháp phù hợp trong những vùng có điều kiện kinh tế - kỹ thuật còn hạn chế, góp phần bảo đảm giao thông an toàn, liên tục cho người dân, nhất là trong mùa mưa lũ. Việc xây dựng các công trình cầu treo không chỉ giúp cải thiện điều kiện đi lại, học tập và sinh hoạt của cộng đồng mà còn giảm thiểu rủi ro tai nạn khi vượt suối, đồng thời tạo điều kiện thúc đẩy giao lưu kinh tế - xã hội ở địa phương.

Từ bối cảnh thực tiễn đó, việc khai thác hình ảnh và nguyên lý kết cấu của cầu treo như một tình huống kỹ thuật trong dạy học STEM môn Vật lý là phù hợp, vừa gắn với đời sống, vừa tạo cơ hội để học sinh vận dụng kiến thức về lực, cân bằng lực và kết cấu để thiết kế mô hình kỹ thuật.

Mục tiêu:

Về kiến thức:

- Nêu được khái niệm và biểu diễn được bằng hình vẽ các lực cơ học: trọng lực, lực ma sát, lực căng dây, áp lực.

- Nêu được khái niệm moment lực. Phát biểu và vận dụng được quy tắc moment cho một số trường hợp đơn giản trong thực tế.

- Nêu được điều kiện để vật cân bằng: Lực tổng hợp tác dụng lên vật bằng không.

Về năng lực:

- Năng lực sáng tạo:

- + Phát hiện, phân tích và làm rõ vấn đề thực tiễn cần giải quyết trong thiết kế cầu treo (thành tố NVD).

+ Đề xuất và phát triển các ý tưởng/giải pháp khác nhau cho cùng một vấn đề thiết kế (thành tố IDE).

+ Thiết kế và mô tả phương án thực hiện giải pháp bằng bản vẽ/ký hiệu kỹ thuật (thành tố ACT).

+ Tổ chức thực hiện, vận hành và thử nghiệm sản phẩm; điều chỉnh giải pháp khi cần thiết (thành tố ACT, EVA).

- Năng lực vật lý:

+ Phân tích, lựa chọn và vận dụng kiến thức khoa học phù hợp để giải quyết vấn đề thiết kế.

+ Lập luận, trình bày và phản biện ý kiến dựa trên cơ sở khoa học.

- Năng lực giao tiếp và hợp tác: Hợp tác, trao đổi và điều chỉnh quan điểm trong hoạt động nhóm.

Về phẩm chất: Chăm chỉ, trung thực, trách nhiệm.

Thiết bị dạy học và học liệu: giáo viên chuẩn bị mô hình minh họa, tài liệu học tập và bảng tiêu chí đánh giá bản thiết kế, sản phẩm; sử dụng máy chiếu, hình ảnh và video về các cây cầu trong thực tế. học sinh được hướng dẫn sử dụng một số vật liệu và dụng cụ chế tạo như que gỗ, dây kim loại hoặc dây thừng, ván mỏng, tre, đinh, súng bắn keo, kéo, búa,... bảo đảm an toàn trong quá trình thực hiện.

2.2.2. Tiến trình thực nghiệm sư phạm

Mẫu thực nghiệm được lựa chọn theo phương pháp chọn mẫu thuận tiện có chủ đích, trong đó nhóm thực nghiệm (lớp 10A7) và nhóm đối chứng (lớp 10A9) được xác định dựa trên các tiêu chí cụ thể nhằm bảo đảm tính đại diện và khả năng so sánh giữa hai nhóm.

Các tiêu chí chọn mẫu bao gồm:

Về đặc điểm học sinh: Hai lớp có sĩ số tương đương nhau; kết quả học tập môn Vật lý học kì I năm học 2025-2026 của hai nhóm không có sự chênh lệch có ý nghĩa thống kê (được kiểm định bằng T-test, $p > 0,05$), cho thấy trình độ nhận thức đầu vào của hai nhóm là tương đồng.

Về điều kiện tổ chức dạy học: Cả hai lớp đều được dạy bởi cùng một giáo viên, sử dụng cùng nội dung chương trình và tài liệu học tập, đảm bảo loại trừ sự ảnh hưởng của biến số giáo viên và tài liệu đến kết quả thực nghiệm.

Về điều kiện cơ sở vật chất: Lớp học được trang bị đầy đủ thiết bị thực hành, không gian tổ chức hoạt động nhóm và điều kiện thực hiện dự án STEM theo yêu cầu của chủ đề “*Thiết kế mô hình cầu treo*”.

Thời gian thực nghiệm sư phạm được thực hiện trong khoảng từ ngày 12/01/2026 đến ngày 24/03/2026, tương ứng với tiến trình triển khai chủ đề STEM “*Thiết kế mô hình cầu treo*” theo kế hoạch bài dạy đã xây dựng. Trong khoảng thời gian này, các hoạt động dạy học được tổ chức liên tục theo các giai đoạn: trước giờ lên lớp, trong giờ học trên lớp và hoạt động thiết kế - chế tạo - báo cáo sản phẩm. Việc bố trí thời gian thực nghiệm như trên bảo đảm học sinh có đủ thời lượng để nghiên cứu kiến thức nền, thực hành trải nghiệm, thiết kế và hoàn thiện sản phẩm, qua đó tạo điều kiện thuận lợi để đánh giá đầy đủ và toàn diện hiệu quả của chủ đề STEM. Khoảng thời gian thực nghiệm thực tế chỉ diễn ra từ ngày 12/01/2026 đến ngày 24/01/2026 do một số yếu tố khách quan như lịch học, hoạt động nhà trường và điều kiện tổ chức không thể kiểm soát hoàn toàn, dẫn đến việc không thể kéo dài thời gian can thiệp theo kế hoạch ban đầu. Đây được xem là một hạn chế của nghiên cứu, có thể ảnh hưởng đến mức độ phát triển năng lực sáng tạo quan sát được và là nguyên nhân khiến sự khác biệt giữa nhóm thực nghiệm và nhóm đối chứng chưa đạt ý nghĩa thống kê ở một số thành tố. Trong các nghiên cứu tiếp theo, bố trí thời gian thực nghiệm đủ dài và liên tục để tạo điều kiện thuận lợi cho việc đánh giá đầy đủ và toàn diện hiệu quả của chủ đề STEM.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Giai đoạn 1: Hoạt động trước giờ lên lớp

Kết quả thực nghiệm cho thấy, đa số học sinh thể hiện sự chủ động và tích cực trong hoạt động tự học trực tuyến. Thông qua việc hoàn thành Phiếu học tập số 1 và các nhiệm vụ nghiên cứu trước bài học, học sinh đã bước đầu hình thành được kiến thức nền về momen lực và điều kiện cân bằng của vật rắn. Nhiều học sinh không chỉ dừng lại ở việc tái hiện kiến thức, mà còn vận dụng linh hoạt kiến thức liên quan đến mối quan hệ giữa vị trí tác dụng của lực, độ dài cánh tay đòn và trạng thái cân bằng của hệ vật. Đây là những biểu hiện rõ nét của hợp phần nhận ra ý tưởng mới (NRI) và phát hiện, làm rõ vấn đề (PRB) trong cấu trúc NLST.

Phân tích nội dung Phiếu học tập số 1 (PHT1) cho thấy học sinh có xu hướng liên hệ kiến thức Vật lý với tình huống thực tiễn của chủ đề STEM. Một số học sinh đã chỉ

ra được vai trò của momen lực và điều kiện cân bằng trong việc bảo đảm sự ổn định của vật rắn. Những biểu hiện này cho thấy học sinh đã chuyển từ trạng thái tiếp nhận thụ động sang tư duy định hướng vấn đề.

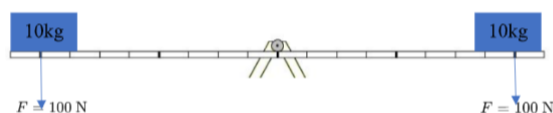
Hình 2 minh họa cách học sinh chủ động khai thác công cụ trí tuệ nhân tạo như một phương tiện hỗ trợ tự học, thể hiện khả năng tìm kiếm, lọc và xử lý thông tin một cách linh hoạt trong bối cảnh học tập số hóa. Đây là biểu hiện tích cực của năng lực tự chủ và định hướng vấn đề ngay từ giai đoạn chuẩn bị bài.

Câu 1: Hãy vẽ điều gì sẽ xảy ra với tấm ván nếu bạn đứng lên một đầu của nó.



Trả lời: Khi đứng lên một đầu của tấm ván, **đầu đó sẽ hạ xuống**, còn **đầu kia sẽ nâng lên**, vì tấm ván quay quanh trục ở giữa.

Câu 2: Bạn có hai viên gạch giống hệt nhau, mỗi viên nặng 10 kg. Hãy cẩn thận vẽ vị trí bạn sẽ đặt mỗi viên gạch lên tấm ván sao cho tấm ván vẫn giữ được trạng thái cân bằng.



Trả lời: Đặt hai viên gạch 10 kg ở hai phía đối diện của trục quay, với khoảng cách đến trục quay bằng nhau, để tấm ván giữ được trạng thái cân bằng.

Câu 3: Bây giờ hãy vẽ các lực do mỗi viên gạch tác dụng trong hình vẽ ở trên

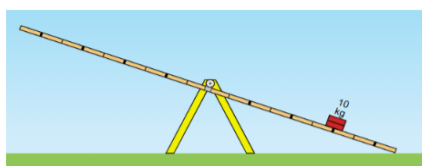
Trả lời: Mỗi viên gạch tác dụng một lực trọng lực hướng thẳng xuống dưới tại vị trí đặt viên gạch trên tấm ván.

Câu 4: Bạn có một viên gạch 10 kg và một viên gạch 20 kg. Hãy cẩn thận vẽ vị trí đặt mỗi viên gạch lên tấm ván sao cho tấm ván vẫn cân bằng.

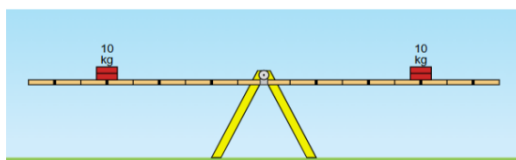
Hình 2. Học sinh sử dụng trí tuệ nhân tạo để hoàn thành Phiếu học tập số 1.

Học sinh đã tận dụng môi trường thí nghiệm ảo để trực quan hóa các khái niệm vật lý trừu tượng như momen lực và điều kiện cân bằng, qua đó hỗ trợ hiệu quả cho quá trình hoàn thành phiếu học tập (hình 3). Việc sử dụng phòng thí nghiệm ảo phản ánh sự chủ động khám phá tri thức thay vì tiếp nhận thụ động, góp phần hình thành tư duy thực nghiệm ngay ở giai đoạn trước giờ lên lớp.

1. Hãy vẽ những gì xảy ra với tấm ván nếu bạn đứng vào một đầu của nó

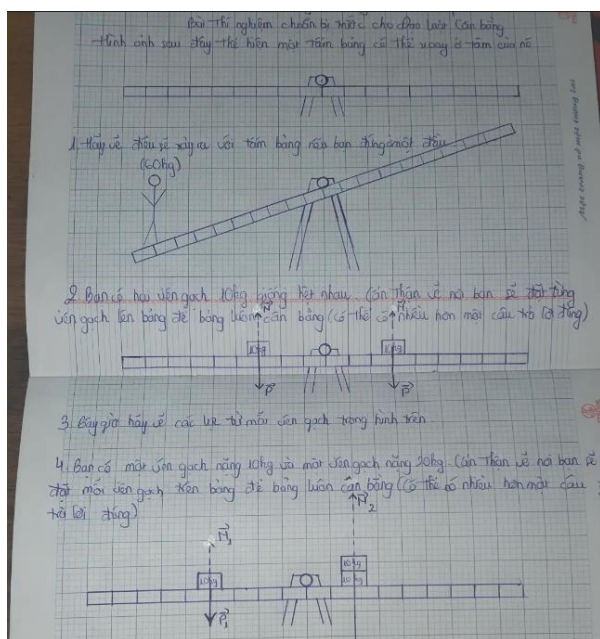


2. Bạn có hai viên gạch giống hệt nhau, mỗi viên nặng 10 kg. Hãy vẽ cẩn thận vị trí bạn sẽ đặt mỗi viên gạch lên tấm ván sao cho tấm ván giữ được thăng bằng. (Có nhiều hơn một phương án trả lời đúng)



Hình 3. Sử dụng phòng thí nghiệm ảo để hoàn thành Phiếu học tập số 1.

Hình 4 phản ánh kết quả cụ thể của quá trình tự học có hướng dẫn: sau khi tiếp cận bài giảng trực tuyến trên nền tảng K12online, học sinh đã có đủ nền tảng kiến thức để hoàn thiện phiếu học tập số 1 một cách có hệ thống. Điều này cho thấy sự phối hợp hiệu quả giữa học liệu số và nhiệm vụ học tập trong mô hình lớp học đảo ngược.



Hình 4. Hoàn thành Phiếu học tập số 1 sau khi xem bài giảng trực tuyến trên K12online.

3.2. Giai đoạn 2: Hoạt động trong giờ học

Giai đoạn 2 của chủ đề STEM “Thiết kế mô hình cầu treo” được triển khai thông qua hoạt động trải nghiệm thực hành lắp ráp và vận hành mô hình cân đòn, kết hợp với

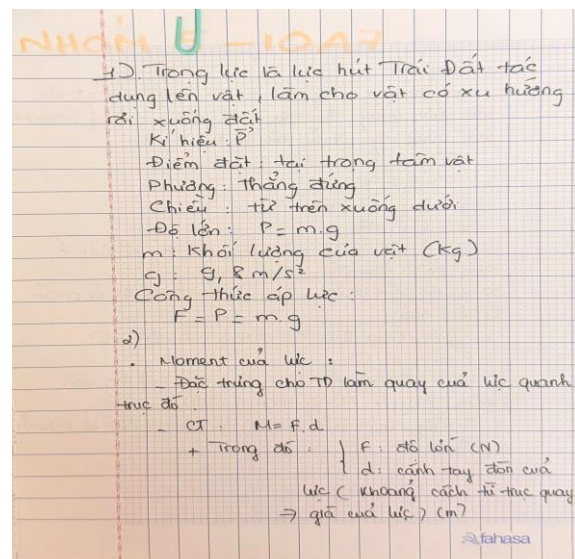
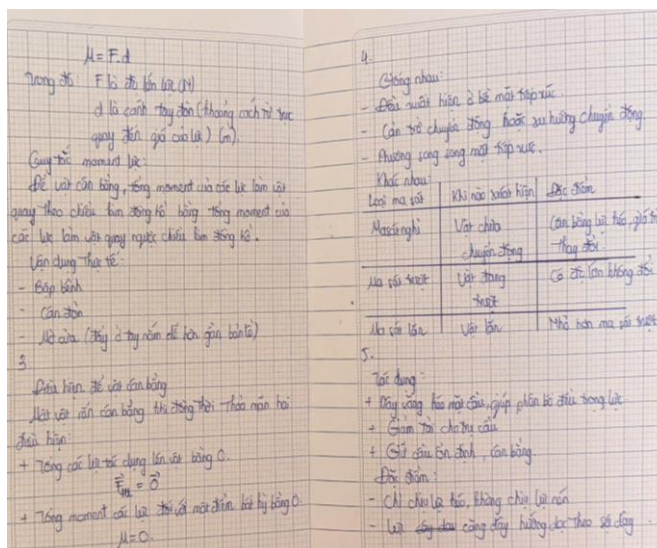
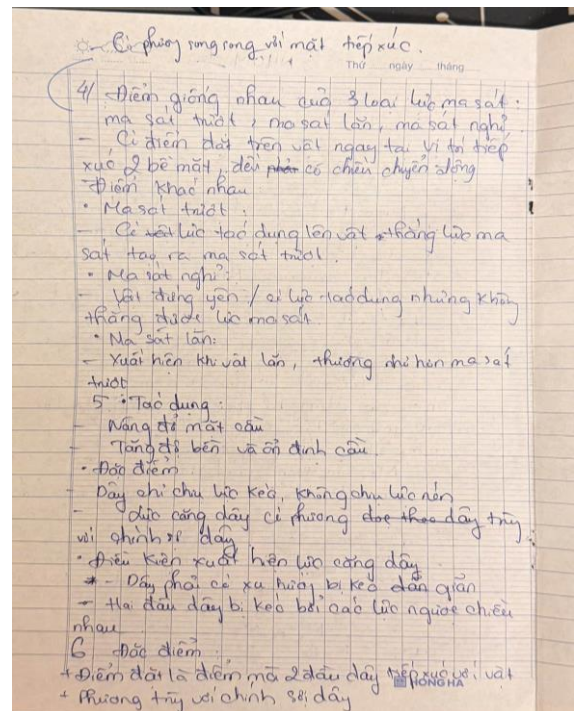
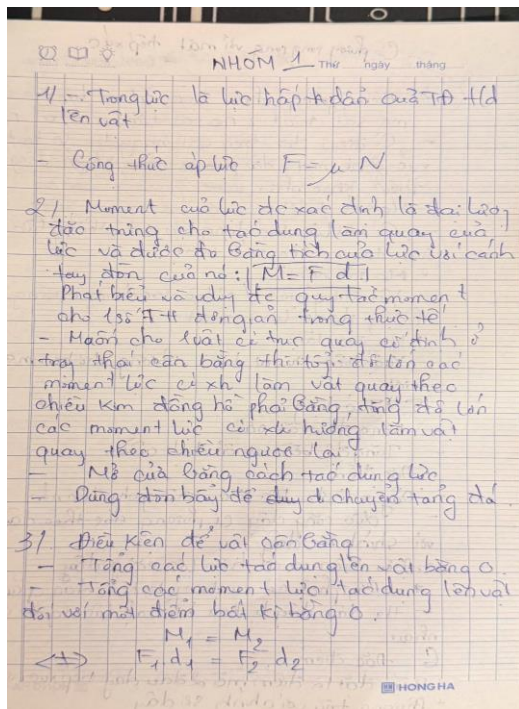
việc hoàn thành Phiếu học tập số 2 (hình 4). Đây là giai đoạn chuyển tiếp quan trọng từ hoạt động tự học cá nhân sang hoạt động học tập hợp tác, từ tiếp cận kiến thức trên môi trường số sang trải nghiệm trực tiếp với mô hình vật lý cụ thể. Kết quả thực nghiệm cho thấy, hoạt động này đã tạo điều kiện để học sinh củng cố và làm sâu sắc kiến thức nền, đồng thời thúc đẩy sự phát triển rõ nét hơn của các hợp phần NLST.



Hình 5. Hoạt động thực hành lắp mô hình cân đòn.

Qua quan sát quá trình lắp ráp và vận hành mô hình cân đòn, học sinh thể hiện khả năng làm rõ và cụ thể hóa các vấn đề vật lý (hình 5). Nhiều nhóm học sinh chủ động thử nghiệm các phương án bố trí lực, thay đổi vị trí đặt vật nặng và chiều dài cánh tay đòn để kiểm tra điều kiện cân bằng của hệ. Những hoạt động này cho thấy học sinh không chỉ tái hiện kiến thức, mà đã bước đầu phân tích mối quan hệ giữa các đại lượng vật lý, qua đó thể hiện sự phát triển của hợp phần phát hiện và làm rõ vấn đề trong NLST. So với Giai đoạn 1, biểu hiện năng lực của học sinh ở giai đoạn này mang tính cụ thể và gắn chặt hơn với hiện tượng thực nghiệm.

Phân tích nội dung Phiếu học tập số 2 cho thấy học sinh có khả năng lựa chọn và vận dụng kiến thức phù hợp để giải thích các hiện tượng quan sát được. Các câu trả lời của học sinh đã đề cập tương đối đầy đủ đến các khái niệm như trọng lực, momen lực, điều kiện cân bằng của vật rắn, lực ma sát và lực căng dây. Những biểu hiện này phản ánh sự hình thành và phát triển của hợp phần lựa chọn và điều chỉnh giải pháp (SEL), thể hiện khả năng kết nối kiến thức lý thuyết với bối cảnh cụ thể.

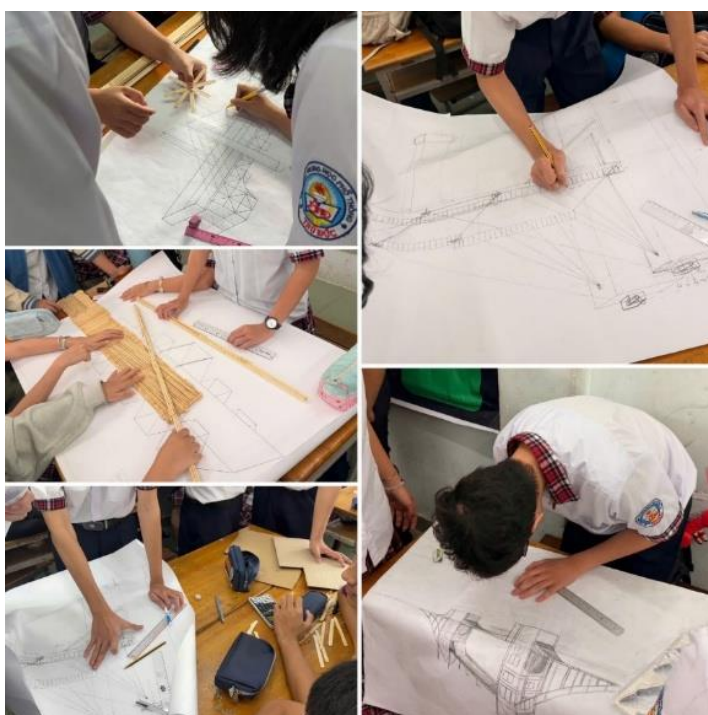


Hình 6. Sản phẩm thảo luận Phiếu học tập 2 của một số nhóm.

Như vậy, kết quả thực nghiệm ở Giai đoạn 2 cho thấy hoạt động trải nghiệm thực hành đóng vai trò như một bước bản lề trong tiến trình dạy học STEM theo EDP. Thông qua việc thao tác với mô hình vật lý cụ thể, học sinh đã chuyển từ mức độ nhận thức ban đầu sang hiểu biết có căn cứ thực nghiệm, đồng thời hình thành cơ sở khoa học vững chắc cho các hoạt động thiết kế và chế tạo mô hình cầu treo ở giai đoạn tiếp theo (hình 6). Điều này khẳng định rằng, Giai đoạn 2 không chỉ góp phần củng cố kiến thức, mà còn tạo ra môi trường trải nghiệm.

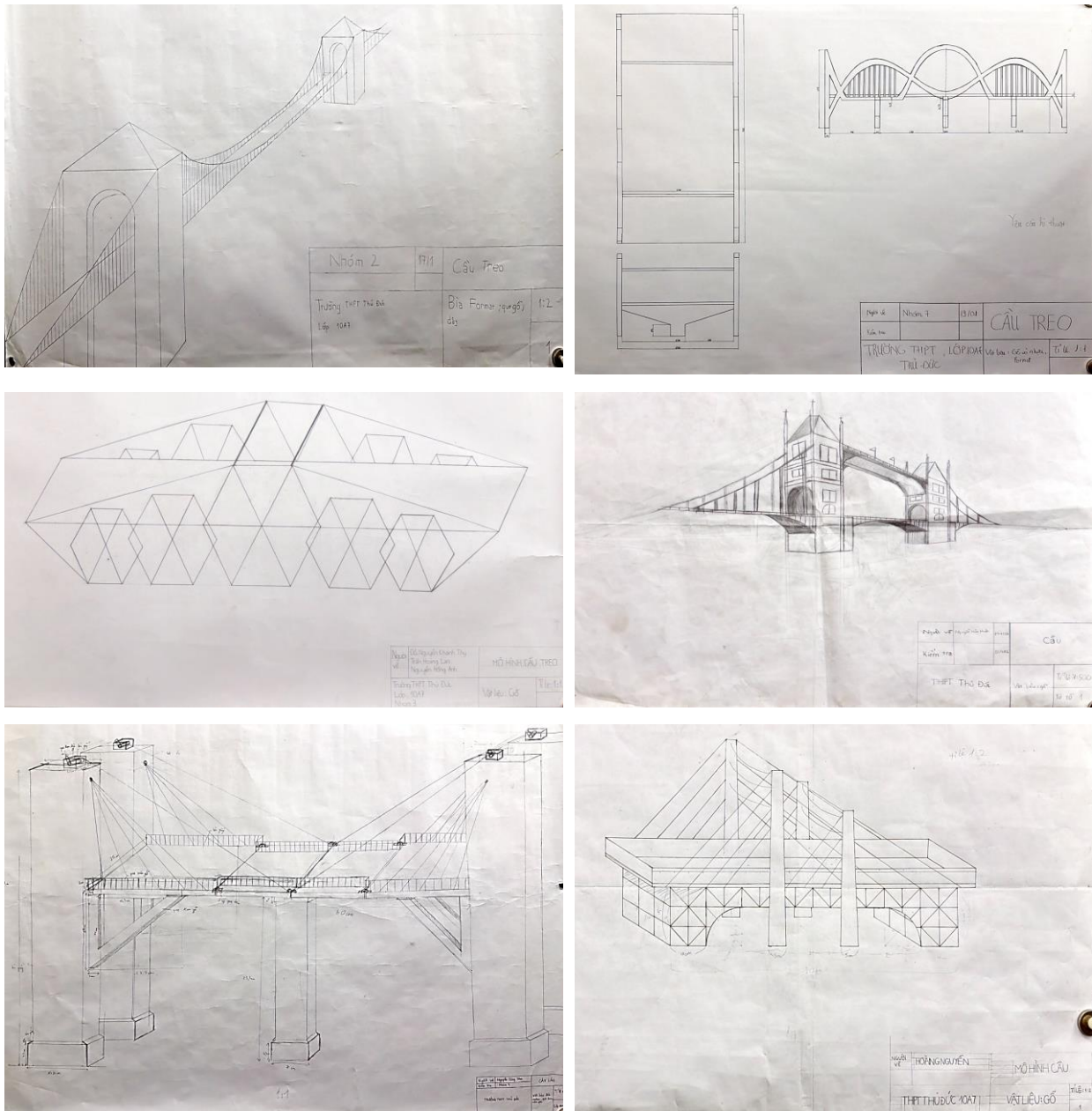
3.2.1. Giai đoạn 2.1: Thiết kế bản vẽ mô hình cầu treo

Kết quả thực nghiệm cho thấy, đa số các nhóm học sinh đã xây dựng được bản thiết kế mô hình cầu treo tương đối hoàn chỉnh, thể hiện rõ các bộ phận cơ bản như trụ cầu, mố neo, hệ dây treo và mặt cầu. Trong quá trình thiết kế, học sinh không chỉ tái hiện các hình ảnh trực quan đã quan sát, mà còn biết lý giải cấu tạo của mô hình dựa trên các nguyên lý Vật lý, đặc biệt là momen lực, điều kiện cân bằng của vật rắn và lực căng dây. So với các giai đoạn trước, biểu hiện năng lực của học sinh ở giai đoạn này cho thấy sự chuyển biến từ tư duy mô tả sang tư duy thiết kế kỹ thuật có cơ sở khoa học, phản ánh sự phát triển rõ nét của hợp phần đề xuất và phát triển ý tưởng (IDE) trong NLST (hình 7).



Hình 7. Các nhóm học sinh thực hiện bản thiết kế kỹ thuật.

Phân tích nội dung các bản vẽ thiết kế cho thấy, học sinh đã biết so sánh và lựa chọn phương án thiết kế trên cơ sở các tiêu chí kỹ thuật và tính khả thi (hình 8). Nhiều nhóm học sinh đã thảo luận và cân nhắc các phương án bố trí dây treo, lựa chọn vật liệu và xác định kích thước mô hình sao cho bảo đảm tính ổn định và độ bền của cầu. Một số nhóm còn thể hiện khả năng điều chỉnh và hoàn thiện phương án thiết kế sau khi nhận được ý kiến góp ý từ giáo viên và các nhóm khác. Những biểu hiện này cho thấy sự hình thành và phát triển của hợp phần lựa chọn và điều chỉnh giải pháp (SEL), đồng thời phản ánh năng lực ra quyết định trong bối cảnh giải quyết vấn đề kỹ thuật mở.



Hình 8. Bản thiết kế kỹ thuật của một số nhóm.

Kết quả thực nghiệm ở Giai đoạn 3 khẳng định vai trò trung tâm của hoạt động thiết kế kỹ thuật trong dạy học STEM nhằm phát triển NLST của học sinh. Việc yêu cầu học sinh xây dựng bản vẽ thiết kế không chỉ giúp các em hệ thống hóa kiến thức đã học, mà còn thúc đẩy khả năng hình thành ý tưởng, lựa chọn giải pháp và lập luận khoa học. Đây là bước chuyển quan trọng từ hoạt động học tập mang tính khám phá sang hoạt động sáng tạo có định hướng, tạo tiền đề vững chắc cho việc hiện thực hóa ý tưởng thông qua chế tạo và thử nghiệm mô hình.

3.2.2. Giai đoạn 2.2: Chế tạo và thử nghiệm mô hình cầu treo

Qua quan sát quá trình chế tạo, đa số các nhóm học sinh tuân thủ tương đối sát bản thiết kế đã xây dựng, đồng thời linh hoạt điều chỉnh một số chi tiết kỹ thuật để phù hợp với điều kiện vật liệu và thao tác thực tế. Trong quá trình lắp ráp, học sinh đã biết vận dụng kiến thức về lực căng dây, momen lực và điều kiện cân bằng của vật rắn để bố trí hệ dây treo, mặt cầu và trụ cầu sao cho mô hình đạt được trạng thái ổn định. Những điều chỉnh như thay đổi vị trí neo dây, gia cố mặt cầu hoặc tăng cường liên kết giữa các bộ phận cho thấy học sinh đã chuyển từ bản thiết kế kỹ thuật trên giấy sang hoạt động chế tạo - thử nghiệm, phản ánh sự phát triển rõ rệt của hợp phần tổ chức thực hiện (ACT) trong cấu trúc NLST.

Từ góc độ sư phạm, kết quả thực nghiệm ở giai đoạn chế tạo và thử nghiệm khẳng định vai trò quan trọng của trải nghiệm thực tiễn và quá trình “*thử - sai - điều chỉnh*” trong phát triển NLST của học sinh (hình 9). Việc cho phép học sinh đối diện với những khó khăn thực tế, chấp nhận sản phẩm chưa hoàn thiện và khuyến khích cải tiến liên tục đã tạo điều kiện để các em phát triển tư duy linh hoạt, khả năng thích ứng và tinh thần kiên trì trong giải quyết vấn đề.



Hình 9. Hoạt động chế tạo mô hình tại lớp.

3.3. Hoạt động sau giờ học

Qua phần báo cáo của các nhóm, có thể nhận thấy học sinh đã biết trình bày có cấu trúc về sản phẩm của mình, bao gồm: ý tưởng thiết kế, cấu tạo mô hình, nguyên lý hoạt động và kết quả thử nghiệm. Nhiều nhóm đã sử dụng các thuật ngữ vật lý tương đối chính

xác để giải thích vai trò của momen lực, điều kiện cân bằng và lực căng dây trong việc bảo đảm sự ổn định của cầu treo (hình 10). Những biểu hiện này cho thấy học sinh không chỉ nắm vững kiến thức nền, mà còn có khả năng tái cấu trúc và diễn đạt kiến thức trong bối cảnh thực tiễn, phản ánh sự phát triển của hợp phần tư duy độc lập (IND) trong NLST.



Hình 10. Các nhóm trưng bày mô hình cầu treo.

Hoạt động phản biện giữa các nhóm là điểm nhấn quan trọng của giai đoạn này. Trong quá trình báo cáo, một số học sinh thể hiện khả năng phân tích ưu điểm, hạn chế của từng mô hình, đồng thời đưa ra các đề xuất cải tiến dựa trên lập luận khoa học. Một số học sinh đã đặt ra những câu hỏi liên quan đến khả năng chịu tải, độ ổn định lâu dài hoặc tính tối ưu của cấu trúc dây treo, qua đó buộc nhóm trình bày phải bảo vệ và làm rõ phương án thiết kế của mình. Những biểu hiện này cho thấy học sinh đã phát triển năng lực đánh giá và phản biện sáng tạo, đồng thời mở rộng hợp phần đề xuất ý tưởng và cải tiến giải pháp (IDE) ở mức độ cao hơn so với các giai đoạn trước. Bên cạnh đó, hoạt động tự đánh giá và đánh giá đồng đẳng cho thấy học sinh đã hình thành được tư duy đánh giá dựa trên tiêu chí rõ ràng, góp phần củng cố năng lực ra quyết định và tinh thần trách nhiệm trong hoạt động học tập nhóm.

Như vậy, kết quả thực nghiệm ở hoạt động trình bày và báo cáo sản phẩm khẳng định vai trò của giao tiếp và phản biện khoa học trong phát triển NLST của học sinh. Việc tạo điều kiện để học sinh trình bày, lắng nghe, phản hồi và điều chỉnh quan điểm không chỉ

giúp các em hoàn thiện sản phẩm, mà còn thúc đẩy sự phát triển tư duy phản tư và khả năng nhìn nhận vấn đề dưới nhiều góc độ.

3.4. Kết quả thực nghiệm sư phạm

Công cụ đo lường là bảng hỏi được xây dựng theo thang Likert 5 mức dựa trên khung NLST gồm 5 thành tố và 20 chỉ số hành vi. Điểm của từng thành tố được tính bằng giá trị trung bình của các chỉ số tương ứng; điểm NLST tổng hợp (*NLST_mean*) được xác định bằng trung bình của năm thành tố.

Bảng hỏi được xây dựng theo quy trình gồm ba bước:

Bước 1. Xây dựng phiếu nháp: các mục hỏi được soạn thảo dựa trên khung NLST gồm 5 thành tố và 20 chỉ số hành vi, sử dụng thang Likert 5 mức (1 = Hoàn toàn không đồng ý; 5 = Hoàn toàn đồng ý).

Bước 2. Xin ý kiến chuyên gia: phiếu nháp được gửi đến 5 chuyên gia trong lĩnh vực giáo dục STEM và đo lường đánh giá để đánh giá tính phù hợp về nội dung và ngôn ngữ; các mục hỏi được điều chỉnh theo góp ý trước khi khảo sát thử.

Bước 3. Thử nghiệm và chuẩn hóa: bảng hỏi được khảo sát thử trên 30 học sinh không thuộc mẫu thực nghiệm chính thức; kết quả được phân tích độ tin cậy (Cronbach's alpha) và độ giá trị cấu trúc (EFA) để loại bỏ hoặc điều chỉnh các mục hỏi chưa đạt yêu cầu trước khi triển khai chính thức.

Kết quả kiểm tra độ tin cậy cho thấy các thang đo đạt mức chấp nhận tốt: Cronbach's alpha của các hợp phần lần lượt là $NVD=0,828$; $IDE=0,811$; $SEL=0,762$; $ACT=0,767$; $EVA=0,813$; toàn thang đo đạt $\alpha=0,864$, cho thấy độ nhất quán nội tại cao. Phân tích nhân tố khám phá cho thấy dữ liệu phù hợp với EFA ($KMO=0.800$; Bartlett's test $\chi^2(190)=692,87$; $p<0.001$). Các nhân tố trích có *eigenvalue* >1 , giải thích 63,69% phương sai, với các biến quan sát tải mạnh lên đúng hợp phần lý thuyết, xác nhận độ giá trị cấu trúc của thang đo.

So sánh hậu kiểm bằng T-test cho thấy điểm NLST tổng hợp của lớp thực nghiệm ($M=2,4809$; $SD=0,5536$; $n=47$) cao hơn lớp đối chứng ($M=2,3043$; $SD=0,4986$; $n=47$), tuy nhiên, sự khác biệt chưa đạt ý nghĩa thống kê ($t=1,63$; $p=0,108$). Kiểm định phi tham số Mann-Whitney U cho kết quả tương tự ($p=0,148$). Kích thước ảnh hưởng Cohen's $d=0,34$, cho thấy mức tác động nhỏ - trung bình của can thiệp sư phạm.

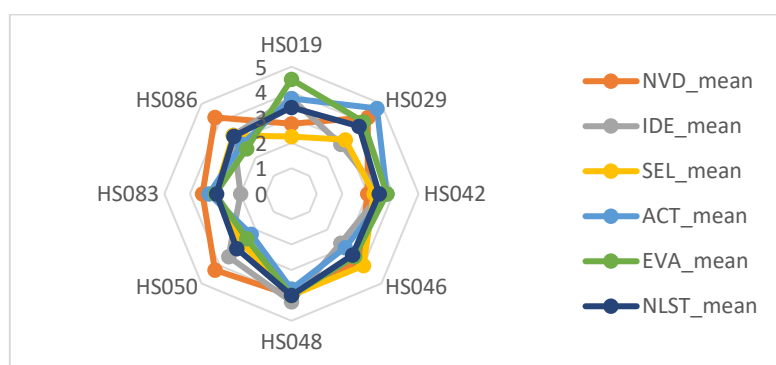
Kết quả này tương đồng với một số nghiên cứu về dạy học STEM trong bối cảnh ngắn hạn. Cụ thể, S. Guzey và cs (2016) [13] khi triển khai các đơn vị học tập STEM tích hợp trong 4-6 tuần cũng ghi nhận mức tác động nhỏ đến trung bình ($d=0,28-0,42$) lên năng lực tư duy thiết kế của học sinh trung học, đồng thời chỉ ra rằng khoảng thời gian can thiệp ngắn thường chưa đủ để tạo ra chuyển biến có ý nghĩa thống kê ở mức toàn thang đo. Tương tự, Jonassen (2010) [14] nhấn mạnh rằng năng lực sáng tạo và giải quyết vấn đề mang tính kỹ thuật đòi hỏi quá trình tích lũy qua nhiều chu kỳ thực hành, do đó, mức Cohen's $d=0,34$ quan sát được trong nghiên cứu này là phù hợp với quy luật phát triển năng lực theo giai đoạn.

Ở cấp hợp phần, tác động thể hiện rõ nhất ở ACT_mean ($t=2,37$; $p=0,020$; $d=0,49$) và có xu hướng ở EVA_mean ($t=1,96$; $p=0,053$; $d=0,40$), trong khi NVD_mean gần như không khác biệt giữa hai nhóm ($p=0,547$; $d=-0,12$). Kết quả này cho thấy can thiệp sư phạm thông qua chủ đề STEM chủ yếu ảnh hưởng đến các thành tố triển khai, thử nghiệm và cải tiến giải pháp của NLST.

Có thể lý giải kết quả này từ đặc trưng cấu trúc của quy trình thiết kế kỹ thuật được tích hợp trong chủ đề STEM: học sinh được yêu cầu trực tiếp xây dựng, thử nghiệm và điều chỉnh sản phẩm, từ đó tạo điều kiện thực hành có chủ đích cho các thành tố ACT và EVA. Ngược lại, thành tố NVD - vốn liên quan đến việc nhận diện và phân tích vấn đề - ít được kích hoạt có hệ thống hơn trong cấu trúc các nhiệm vụ học tập, do vấn đề kỹ thuật thường đã được giáo viên hoặc ngữ cảnh bài học định khung sẵn. Điều này phù hợp với lập luận của K. Dorst (2011) [15] rằng khung hóa vấn đề là kỹ năng bậc cao, đòi hỏi môi trường học tập có độ mở cao hơn và ít cấu trúc hơn so với các nhiệm vụ thiết kế có hướng dẫn.

Bảng 2. Điểm NLST theo từng thành tố của một số học sinh tiêu biểu thuộc nhóm thực nghiệm và nhóm đối chứng.

Học sinh	NHOM	NVD_mean	IDE_mean	SEL_mean	ACT_mean	EVA_mean	NLST_mean
HS019	TN	2,75	3,75	2,25	3,75	4,5	3,4
HS029	TN	4,25	2,75	3	4,75	4	3,75
HS042	TN	3	3,5	3,25	3,75	3,75	3,45
HS046	TN	3,75	2,75	4	3	3,5	3,4
HS048	ĐC	4	4,25	4	3,75	4	4
HS050	ĐC	4,25	3,5	2,75	2,25	2,5	3,05
HS083	ĐC	3,5	2	3	3,25	3	2,95
HS086	ĐC	4,25	3,25	3,25	2,75	2,5	3,2



Hình 11. Biểu đồ so sánh điểm trung bình các thành tố NLST giữa nhóm thực nghiệm và nhóm đối chứng sau can thiệp sư phạm.

Phân tích ở mức cá nhân cho thấy sự khác biệt về cấu trúc NLST giữa nhóm thực nghiệm và nhóm đối chứng sau can thiệp sư phạm. Bốn học sinh lớp thực nghiệm thể hiện mức điểm tương đối cao và ổn định ở các thành tố *IDE*, *ACT* và *EVA*, đặc biệt ở các trường hợp HS029 và HS042 với điểm *ACT_mean* và *EVA_mean* đạt từ 3,75 đến 4,75 (bảng 2, hình 11), phản ánh khả năng triển khai ý tưởng và đánh giá - cải tiến giải pháp khá rõ. Ngược lại, các học sinh lớp đối chứng có điểm số phân tán hơn và xu hướng thấp hơn ở các thành tố gắn với hoạt động thiết kế và cải tiến sản phẩm, đặc biệt ở *ACT_mean* và *EVA_mean*. Điều này cho thấy sự khác biệt không chỉ ở mức điểm trung bình tổng hợp mà còn ở cấu trúc biểu hiện NLST của học sinh.

Như vậy, kết quả thực nghiệm cho thấy nhóm thực nghiệm có xu hướng “mở rộng” hơn ở các thành tố thuộc giai đoạn thực thi và đánh giá, trong khi nhóm đối chứng tập trung chủ yếu ở các thành tố nhận diện vấn đề và hình thành ý tưởng. Nói cách khác, các hợp phần *ACT* và *EVA* là những thành tố có mức chênh lệch rõ rệt hơn giữa hai nhóm. Từ góc độ đánh giá năng lực, điều này cho thấy việc tổ chức dạy học theo chủ đề STEM đã góp phần tăng cường khả năng hiện thực hóa ý tưởng và cải tiến giải pháp của học sinh - những biểu hiện cốt lõi của NLST trong bối cảnh thiết kế kỹ thuật và giải quyết vấn đề.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thiết kế và tổ chức dạy học chủ đề STEM “Thiết kế mô hình cầu treo” trong môn Vật lý THPT theo quy trình ba giai đoạn gắn với mô hình lớp học đảo ngược và quy trình thiết kế kỹ thuật, nhằm phát triển năng lực sáng tạo (NLST) của học sinh. Đồng thời, xây dựng và chuẩn hóa bộ công cụ đánh giá NLST gồm 5 thành tố và 20 biểu hiện hành vi có độ tin cậy cao (Cronbach’s $\alpha=0,864$), đủ điều kiện để đo lường định lượng các biểu hiện sáng tạo của học sinh trong quá trình học tập STEM.

Kết quả thực nghiệm sư phạm trên hai lớp 10 cho thấy, nhóm thực nghiệm có điểm NLST tổng hợp cao hơn nhóm đối chứng ($M=2,48$ so với $M=2,30$), với kích thước ảnh hưởng ở mức nhỏ đến trung bình (Cohen's $d=0,34$). Tác động của can thiệp sư phạm thể hiện rõ nét nhất ở thành tố triển khai ý tưởng thành sản phẩm (ACT: $t=2,37$; $p=0,020$; $d=0,49$) và có xu hướng ở thành tố đánh giá, điều chỉnh và mở rộng sáng tạo (EVA: $t=1,96$; $p=0,053$; $d=0,40$). Trong khi đó, thành tố nhận ra vấn đề (NVD) chưa có sự khác biệt có ý nghĩa giữa hai nhóm, phản ánh đặc điểm cấu trúc của các nhiệm vụ học tập trong chủ đề STEM: vấn đề kỹ thuật thường được giáo viên định khung sẵn, do đó ít kích hoạt có hệ thống khả năng tự phát hiện và đặt vấn đề của học sinh. Tuy nhiên, sự khác biệt ở điểm NLST tổng hợp giữa hai nhóm chưa đạt ý nghĩa thống kê ($p=0,108$), cho thấy thời gian can thiệp còn ngắn và cỡ mẫu còn hạn chế.

Những kết quả trên góp phần khẳng định tính khả thi của quy trình tổ chức dạy học STEM đề xuất trong việc phát triển các thành tố hành động và đánh giá của NLST, đồng thời cung cấp cơ sở thực tiễn cho việc tích hợp giáo dục STEM vào dạy học Vật lý ở trường phổ thông. Để có bằng chứng thực nghiệm thuyết phục hơn, các nghiên cứu tiếp theo cần mở rộng cỡ mẫu, kéo dài thời gian can thiệp và bổ sung các nhiệm vụ học tập có độ mở cao hơn nhằm kích hoạt đồng đều cả năm thành tố của NLST, đặc biệt là thành tố nhận ra vấn đề và hình thành ý tưởng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.A. Runco, G.J. Jaeger (2012), “The standard definition of creativity”, *Creativity Research Journal*, **24**(1), pp. 92-96, DOI: 10.1080/10400419.2012.650092.
- [2] Ministry of Education and Training (2018a), *General Education Program - Comprehensive Program* (in Vietnamese).
- [3] Ministry of Education and Training (2018b), *General Education Program - Physics* (in Vietnamese).
- [4] Ministry of Education and Training (2024), “Improving the quality of STEM education in general education”, <https://moet.gov.vn/tintuc/Pages/tin-tong-hop.aspx%3FItemID=9223> (in Vietnamese).
- [5] R.J. Sternberg, T.I. Lubart (1991), “An investment theory of creativity and its development”, *Human Development*, **34**(1), pp.1-31.
- [6] Organization for Economic Cooperation and Development (2025), *Seven Questions about Creativity and Creative Thinking: What Do PISA 2022 Data Tell Us?*, OECD Publishing, 153pp, DOI: 10.1787/0aa52128-en.

- [7] Organization for Economic Cooperation and Development (2019), *OECD Future of Education and Skills 2030 - OECD Learning Compass 2030*, OECD Publishing, 144pp.
- [8] J.P. Guilford (1967), *The Nature of Human Intelligence*, McGraw Hill, 538pp.
- [9] T.M. Amabile (1983), “The social psychology of creativity: A componential conceptualization”, *Journal of Personality and Social Psychology*, **45**, pp.357-376, DOI: 10.1037/0022-3514.45.2.357.
- [10] R.W. Weisberg (2006), *Creativity: Understanding Innovation in Problem Solving, Science, Invention, and The Arts*, Wiley, 622pp.
- [11] N. Sirajudin, J. Suratno, Pamuti (2021), “Developing creativity through STEM education”, *Journal of Physics: Conference Series*, **1806(1)**, DOI: 10.1088/1742-6596/1806/1/012211.
- [12] D.H. Dung, Q.N.B. Nguyen, P.G.A. Vu (2022), “Current situation and solutions for fostering creative abilities in students in Physics teaching”, *Hue Univ. J. of Sci. Soc. Sci. and Humanit.*, **131(6A)**, pp.71-81, DOI: 10.26459/hueunijssh.v131i6a.6566 (in Vietnamese).
- [13] S. Guzey, T. Moore, M. Harwell, et al. (2016), “STEM integration in middle school life science: Student learning and attitudes”, *Journal of Science Education and Technology*, **25**, pp.550-560, DOI: 10.1007/s10956-016-9612-x.
- [14] D. H. Jonassen (2010), *Learning to Solve Problems*, Routledge, 472pp, DOI: 10.4324/9780203847527.
- [15] K. Dorst (2011), “The core of ‘design thinking’ and its application”, *Design Studies*, **32**, pp.521-532, DOI: 10.1016/j.destud.2011.07.006.

PHỤ LỤC

TIỀN TRÌNH DẠY HỌC

GIAI ĐOẠN 1. HOẠT ĐỘNG TRƯỚC GIỜ LÊN LỚP

(Lớp học đảo ngược trên nền tảng K12online)

Mục tiêu: Học sinh trình bày được kiến thức cốt lõi về momen lực và điều kiện cân bằng của vật rắn làm cơ sở khoa học cho việc thiết kế cầu treo; bước đầu nhận ra vấn đề thực tiễn liên quan đến kết cấu cầu treo; hình thành thói quen tự học và khai thác học liệu số.

Nội dung:

- Hoàn thành PHT1: Học sinh sử dụng công cụ AI hỗ trợ dịch toàn bộ nội dung PHT1 từ tiếng Anh sang tiếng Việt, sau đó vận dụng Phòng thí nghiệm ảo Cân bằng

(PTNCB) để trả lời các câu hỏi trong phiếu. Sản phẩm nộp dưới dạng file Word, PDF hoặc bản viết tay, đảm bảo đầy đủ nội dung dịch và câu trả lời tương ứng.

- Nghiên cứu bài học trước: Học sinh xem bài giảng trực tuyến về momen lực và điều kiện cân bằng của vật, kết hợp quan sát mô phỏng và thí nghiệm ảo để hiểu bản chất vật lý của hiện tượng cân bằng và tác dụng của momen lực trong các hệ chịu lực.

- Tìm hiểu định hướng STEM: Học sinh tìm hiểu sơ bộ về cấu trúc và nguyên lý hoạt động của cầu treo, bước đầu liên hệ kiến thức đã học với vấn đề thực tiễn cần giải quyết trong chủ đề.

Tổ chức thực hiện: Giáo viên đăng tải PHT1, bài giảng, đường dẫn phòng thí nghiệm ảo và hướng dẫn nộp bài trên nền tảng; đưa ra câu hỏi định hướng để HỌC SINH tập trung vào kiến thức trọng tâm. Học sinh chủ động vận dụng AI và trải nghiệm phòng thí nghiệm ảo, hoàn thành PHT1, ghi chép nội dung quan trọng và chuẩn bị câu hỏi để thảo luận trên lớp.

Đánh giá: Mức độ nắm vững kiến thức ban đầu qua kết quả PHT1 (theo rubric); khả năng vận dụng AI và nền tảng số qua sản phẩm nộp bài; tinh thần tự học qua thời gian nộp bài và mức độ hoàn thành yêu cầu.

GIẢI ĐOẠN 2. HOẠT ĐỘNG TRONG GIỜ HỌC TRÊN LỚP

(Thực hành mô hình cân đòn - nghiên cứu kiến thức nền)

Mục tiêu: Vận dụng kiến thức Vật lý đã chuẩn bị (trọng lực, áp lực, momen lực, điều kiện cân bằng vật rắn, lực căng dây) vào phân tích hệ chịu lực thực tế; giải thích hiện tượng cân bằng và mất cân bằng qua thực hành; phát triển năng lực hợp tác, thảo luận và lập luận khoa học.

Tổ chức hoạt động:

- HĐ1: Giao nhiệm vụ: Giáo viên chia nhóm, phát bộ mô hình cân đòn rời, nêu mục tiêu và quy tắc an toàn. Học sinh nhận nhiệm vụ, phân công vai trò và nghiên cứu yêu cầu PHT2.

- HĐ2: Thực hành lắp ráp: Học sinh lắp ráp mô hình cân đòn từ các bộ phận rời, tiến hành thử nghiệm với các trường hợp đặt vật nặng khác nhau, quan sát trạng thái cân bằng và mất cân bằng, điều chỉnh để đạt cân bằng. Giáo viên quan sát, hỗ trợ kỹ thuật, gợi ý học sinh chú ý vị trí đặt lực và cánh tay đòn.

- HĐ3: Hoàn thành PHT2: Học sinh dựa trên kết quả thực hành và kiến thức SGK Vật lý 10 (bài 11, 14) để trả lời câu hỏi về trọng lực, áp lực, momen lực, quy tắc momen, điều kiện cân bằng vật rắn, các loại lực ma sát và lực căng dây. Giáo viên định hướng liên hệ kết quả thí nghiệm với lý thuyết.

- HĐ4: Thảo luận kết luận: Đại diện nhóm trình bày kết quả; các nhóm phản biện và bổ sung. Giáo viên chuẩn hóa kiến thức, nhấn mạnh mối liên hệ giữa mô hình cân đòn và hệ chịu lực trong cầu treo.

Đánh giá: Quan sát quá trình hoạt động nhóm và sản phẩm PHT2 theo tiêu chí: mức độ hiểu và vận dụng kiến thức Vật lý nền tảng; khả năng thảo luận và lập luận khoa học; mức độ liên hệ kiến thức với mô hình thực hành.

GIẢI ĐOẠN 3. THIẾT KẾ - CHẾ TẠO MÔ HÌNH CẦU TREO

Mục tiêu chung: Hình thành năng lực làm việc theo quy trình thiết kế kỹ thuật từ ý tưởng đến sản phẩm; phát triển tư duy độc lập, hợp tác và phản biện.

HĐ1: Thiết kế bản vẽ kỹ thuật (trên lớp)

Các nhóm dựa trên kết quả nghiên cứu kiến thức nền và PHT2 để đề xuất phương án thiết kế, lựa chọn vật liệu, xác định cấu tạo và kích thước cơ bản. Học sinh vẽ bản thiết kế trên giấy A0, thể hiện rõ: trụ cầu, móng neo, hệ dây cáp, mặt cầu và kích thước cơ bản; đồng thời giải thích nguyên lý chịu lực và cân bằng dựa trên momen lực, điều kiện cân bằng, lực căng dây và ma sát. Giáo viên đặt câu hỏi phản biện về độ bền, ổn định, tính đối xứng và tính hợp lý của thiết kế.

Sản phẩm: Bản thiết kế A0 + phần trình bày giải thích nguyên lý hoạt động.

HĐ2: Chuẩn bị nguyên vật liệu (tại nhà)

Các nhóm rà soát bản thiết kế sau khi nhận góp ý, lập danh sách nguyên vật liệu và dụng cụ cần thiết, phân công nhiệm vụ cụ thể cho từng thành viên và hoàn thiện bản thiết kế cuối cùng sẵn sàng đưa vào chế tạo.

Sản phẩm: Danh sách vật liệu + bản thiết kế cuối cùng.

HĐ3: Chế tạo và thử nghiệm (giờ học tiếp theo)

học sinh lắp ráp mô hình theo đúng bản thiết kế, tiến hành thử nghiệm với các mức tải trọng khác nhau, ghi chép kết quả, nhận diện vấn đề và điều chỉnh sản phẩm. giáo viên tổ chức không gian làm việc nhóm, hỗ trợ kỹ thuật, nhắc nhở an toàn và gợi ý ghi chép quá trình thử nghiệm.

Sản phẩm: Mô hình cầu treo hoàn chỉnh + bảng kết quả thử nghiệm và ghi chép điều chỉnh.

HĐ4: Trình bày và báo cáo sản phẩm

- Bước 1. Thuyết trình: Mỗi nhóm trình bày cấu tạo và nguyên lý hoạt động mô hình; các kiến thức Vật lý được vận dụng; quy trình chế tạo; những khó khăn gặp phải và biện pháp khắc phục.

- Bước 2. Phản biện: Các nhóm đặt câu hỏi và nhận xét cho nhau dựa trên lập luận khoa học và kết quả thử nghiệm thực tế.

- Bước 3. Đánh giá: giáo viên và học sinh sử dụng bảng tiêu chí đánh giá sản phẩm (mô hình hoàn thiện, thuyết trình, hoạt động nhóm) kết hợp đánh giá quá trình tham gia. Giáo viên tổng hợp kết luận, khen thưởng và động viên kịp thời.

Sản phẩm cuối: Mô hình cầu treo hoàn chỉnh + bài thuyết trình + các đề xuất cải tiến và phát triển mô hình.