

CREATIVE COMPETENCE OF STUDENTS AT SPECIALIZED HIGH SCHOOLS IN SOLVING PHYSICS EXPERIMENTAL PROBLEMS

Tran Van Nga¹, Nguyen Thi Nhi^{*2}

* Corresponding author
Email: ntnhi@sgu.edu.vn

¹ Email: tranvangadhy@gmail.com
Nghe An Provincial Department
of Education and Training
67 Nguyen Thi Minh Khai street, Thanh Vinh ward,
Nghe An province, Vietnam

² Email: ntnhi@sgu.edu.vn
Saigon University
273 An Duong Vuong street, Cho Quan ward,
Ho Chi Minh City, Vietnam

Received: 05/7/2026
Revised: 28/7/2026
Accepted: 10/8/2026
Published: 20/10/2026

Abstract: Developing creative competence is required by Vietnam's 2018 General Education curriculum and is especially important for specialized high school students who face new, complex, and open-ended tasks. In Physics, this competence involves not only logical and mathematical reasoning but also the ability to propose, design, implement, and evaluate experimental solutions. However, Physics-specialized students may struggle to transfer theoretical solutions to non-ideal experimental conditions. This study clarifies the structure of creative competence in solving physics experimental problems and develops an assessment rubrics. Methods included theoretical analysis, purposeful literature review, expert consultation, and preliminary testing. Four components were identified: Proposing ideas and designing experimental solutions; flexible manipulation and equipment fabrication; data optimization and error handling; and evaluation and critique of experimental solutions. The rubric comprises eight behavioral indicators and four performance levels, from Model-following to Breakthrough. Ten experts evaluated the framework (average content validity index = 0.87), and two raters assessed 30 Grade 10 Physics-specialized students (intraclass correlation coefficient = 0.84). The framework supports teachers in identifying creative competence and designing interventions through experimental problems.

Keywords: *Creative competence, experimental problems, Physics specialized students, assessment rubrics, competency-based teaching.*

NĂNG LỰC SÁNG TẠO CỦA HỌC SINH TRƯỜNG TRUNG HỌC PHỔ THÔNG CHUYÊN TRONG GIẢI QUYẾT BÀI TẬP THÍ NGHIỆM VẬT LÝ

Trần Văn Nga¹, Nguyễn Thị Nhi^{*2}

* Tác giả liên hệ
Email: ntnhi@sgu.edu.vn

¹ Email: tranvangadhy@gmail.com
Sở Giáo dục và Đào tạo Tỉnh Nghệ An
67 Nguyễn Thị Minh Khai, phường Thành Vinh,
tỉnh Nghệ An, Việt Nam

² Email: ntnhi@sgu.edu.vn
Trường Đại học Sài Gòn
273 An Dương Vương, phường Chợ Quán,
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Nhận bài: 05/7/2026
Chỉnh sửa xong: 28/7/2026
Chấp nhận đăng: 10/8/2026
Xuất bản: 20/10/2026

Tóm tắt: Phát triển năng lực sáng tạo là yêu cầu của Chương trình Giáo dục phổ thông 2018, đặc biệt đối với học sinh trường trung học phổ thông chuyên, những người học thường giải quyết nhiệm vụ mới, phức hợp và có độ mở cao. Trong dạy học Vật lý, năng lực này thể hiện không chỉ ở suy luận logic, toán học mà còn ở khả năng đề xuất, thiết kế, thực hiện và đánh giá phương án thí nghiệm. Tuy nhiên, học sinh chuyên Vật lý có thể gặp khó khăn khi chuyển lời giải lý thuyết sang điều kiện thực nghiệm không lý tưởng. Nghiên cứu nhằm làm rõ cấu trúc năng lực sáng tạo trong giải quyết bài tập thí nghiệm Vật lý và xây dựng bảng tiêu chí đánh giá. Các phương pháp gồm phân tích lý luận, rà soát tài liệu có chủ đích, tham vấn chuyên gia và thử nghiệm sơ bộ. Kết quả đề xuất bốn thành tố: Đề xuất ý tưởng và thiết kế phương án; Linh hoạt trong thao tác và chế tạo thiết bị; Tối ưu hóa dữ liệu và xử lý sai số; Đánh giá và phân biện phương án. Bảng tiêu chí gồm tám chỉ báo hành vi, bốn mức từ Theo mẫu đến Đột phá. Khung được 10 chuyên gia thẩm định, đạt chỉ số giá trị nội dung trung bình 0,87; thử nghiệm trên 30 học sinh lớp 10 chuyên Vật lý cho hệ số tương quan nội lớp 0,84. Khung đánh giá hỗ trợ giáo viên nhận diện biểu hiện sáng tạo và thiết kế can thiệp sự phạm qua bài tập thí nghiệm.

Từ khóa: *Năng lực sáng tạo, bài tập thí nghiệm, học sinh chuyên Vật lý, rubric đánh giá, dạy học phát triển năng lực.*

1. Đặt vấn đề

Trong Chương trình Giáo dục phổ thông 2018, năng lực giải quyết vấn đề và sáng tạo là năng lực chung cốt lõi. Với học sinh trường trung học phổ thông chuyên, năng lực sáng tạo gắn trực tiếp với mục tiêu phát hiện, bồi dưỡng năng khiếu, tham gia nghiên cứu khoa học và giải quyết nhiệm vụ STEM có độ mở cao. Ở học sinh chuyên Vật lý, năng lực này không chỉ được thể hiện qua tốc độ giải bài toán định lượng mà còn qua khả năng chuyển hóa kiến thức thành giả thuyết, mô hình, phương án và bằng chứng thực nghiệm. Do đó, cần xem xét năng lực sáng tạo trong hoạt động học tập đặc thù, nhất là giải quyết bài tập thí nghiệm.

Vật lý là khoa học thực nghiệm. Khi tham gia thiết kế và tiến hành thí nghiệm, học sinh chuyển từ quan sát thụ động sang chủ thể kiến tạo tri thức (Etkina, 2015). Hoạt động này còn phát triển tư duy phê phán và năng lực ra quyết định khoa học vì học sinh phải xử lý dữ liệu không hoàn hảo, sai số đo và lựa chọn giữa nhiều phương án (Holmes và cộng sự, 2015). So với thí nghiệm kiểm chứng theo quy trình có sẵn, bài tập thí nghiệm mở tạo nhiều cơ hội hơn để học sinh nêu ý tưởng, thử nghiệm, điều chỉnh và bảo vệ phương án.

Học sinh chuyên Vật lý thường có nền tảng toán học tốt, suy luận logic và tốc độ xử lý vấn đề cao. Tuy nhiên, ưu thế này có thể dẫn đến khuynh hướng “Toán học hóa” hiện tượng, tức ưu tiên biến tình huống thành hệ phương trình hơn là quan sát, thiết kế và kiểm chứng. Việc lệ thuộc quá mức vào thuật toán có thể làm giảm khả năng kết nối mô hình lý thuyết với hiện tượng thực tiễn (Adams và cộng sự, 2006; Bing và Redish, 2009; Kuo và cộng sự, 2013). Vì vậy, phát triển năng lực sáng tạo cần gắn với tình huống thí nghiệm, nơi học sinh tự lựa chọn nguyên lý, cấu hình dụng cụ, xử lý dữ liệu nhiễu và phản biện kết quả.

Dù năng lực sáng tạo đã được nghiên cứu rộng rãi, các biểu hiện chuyên biệt trong học tập Vật lý, nhất là ở học sinh trường trung học phổ thông chuyên, vẫn thiếu tiêu chí đánh giá rõ ràng. Nhiều công trình bàn về tư duy sáng tạo hoặc sáng tạo khoa học ở bình diện chung nhưng chưa mô tả đầy đủ cách học sinh chuyên Vật lý bộc lộ năng lực khi giải quyết bài tập thí nghiệm. Khoảng trống này gây khó khăn cho việc quan sát, chấm điểm và phản hồi nhất quán.

Nghiên cứu trả lời ba câu hỏi: 1) Năng lực sáng tạo của học sinh trường trung học phổ thông chuyên trong giải quyết bài tập thí nghiệm Vật lý gồm những

thành tố nào? 2) Bảng tiêu chí nào có thể đánh giá các mức độ biểu hiện của năng lực này? 3) Bảng tiêu chí có độ hợp lệ nội dung và độ tin cậy liên đánh giá như thế nào qua thẩm định và thử nghiệm sơ bộ? Kết quả hướng tới một khung đánh giá hỗ trợ giáo viên thiết kế nhiệm vụ, quan sát và phản hồi hoạt động thí nghiệm trong bồi dưỡng học sinh chuyên Vật lý, phù hợp hơn với thực tiễn dạy học hiện nay.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu kết hợp phân tích lý luận, thẩm định chuyên gia và thử nghiệm sơ bộ công cụ. Quy trình gồm năm bước: xác định vấn đề và câu hỏi nghiên cứu; tìm kiếm, sàng lọc, phân tích tài liệu; xây dựng cấu trúc năng lực và bảng tiêu chí; thẩm định độ hợp lệ nội dung; thử nghiệm sơ bộ độ tin cậy liên đánh giá.

Tài liệu được rà soát có chủ đích từ Google Scholar, ERIC, các tạp chí giáo dục Vật lý quốc tế và văn bản chính thức về Chương trình Giáo dục phổ thông 2018. Từ khóa tiếng Anh gồm: “Scientific creativity”, “Creative competence”, “Physics experimental problem”, “Experimental design”, “Physics laboratory assessment”, “Gifted students”, “Rubric assessment”. Từ khóa tiếng Việt gồm: “Năng lực sáng tạo”, “Bài tập thí nghiệm Vật lý”, “Học sinh chuyên Vật lý”, “Đánh giá năng lực” và “Rubric”. Tài liệu được chọn khi làm rõ khái niệm hoặc mô hình sáng tạo, mô tả sáng tạo trong học tập Vật lý, đề xuất rubric, hoặc cung cấp cơ sở thẩm định độ hợp lệ và độ tin cậy. Những tài liệu chỉ bàn về sáng tạo chung, không liên hệ với học tập khoa học hay thực nghiệm Vật lý, được loại khỏi phân tích chính.

Nhóm tác giả phân tích, tổng hợp tài liệu để xác định các thành tố năng lực phù hợp với bối cảnh giải quyết bài tập thí nghiệm của học sinh chuyên Vật lý. Mỗi thành tố được cụ thể hóa thành chỉ báo hành vi có thể quan sát khi học sinh thiết kế, chế tạo, đo đạc, xử lý dữ liệu và bảo vệ phương án. Các chỉ báo được mô tả theo bốn mức: Theo mẫu; Thích ứng; Sáng tạo; Đột phá.

Độ hợp lệ nội dung của khung năng lực và bảng tiêu chí được thẩm định bằng chỉ số giá trị nội dung theo Lynn (1986) và Polit, Beck (2006). Hội đồng gồm 10 chuyên gia: 4 giảng viên phương pháp dạy học Vật lý và 6 giáo viên cốt cán có trên 15 năm kinh nghiệm tại trường trung học phổ thông chuyên. Mỗi chỉ báo được đánh giá theo bốn mức từ không phù hợp đến rất phù hợp; mức 3-4 được mã hóa là phù hợp, mức 1-2 là chưa phù hợp. Những chỉ báo dưới ngưỡng chấp nhận được chỉnh sửa theo góp ý định tính.

Bảng tiêu chí sau chỉnh sửa được thử nghiệm với 30 học sinh lớp 10 chuyên Vật lý tại một trường trung học phổ thông chuyên. Học sinh giải một bài tập thí nghiệm Cơ học, sản phẩm và quá trình thực hiện được hai giáo viên chấm độc lập. Trước khi chấm, hai giáo viên thống nhất cách hiểu từng chỉ báo và minh chứng cần quan sát. Độ tin cậy liên đánh giá được xác định bằng hệ số tương quan nội lớp theo Koo và Li (2016). Dữ liệu chỉ phục vụ nghiên cứu và không công bố thông tin nhận diện cá nhân hay nhà trường. Các ý tưởng, dữ liệu, phân tích, diễn giải và kết luận khoa học do nhóm tác giả trực tiếp thực hiện. Công cụ trí tuệ nhân tạo sinh chỉ được dùng khi hoàn thiện bản thảo để rà soát chính tả và chuẩn hóa diễn đạt, không dùng để tạo hoặc phân tích dữ liệu, thay thế đánh giá chuyên môn hay quyết định kết luận. Nhóm tác giả kiểm tra, hiệu đính và chịu trách nhiệm về nội dung sau cùng. Thử nghiệm được nhà trường đồng ý; học sinh được giải thích mục đích nghiên cứu và bảo đảm ẩn danh.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Khái niệm và các dạng bài tập thí nghiệm Vật lý

Bài tập thí nghiệm Vật lý được hiểu là nhiệm vụ học tập trong đó học sinh phải huy động kiến thức Vật lý cùng các thao tác thực nghiệm để xác lập hoặc kiểm chứng quan hệ giữa các đại lượng, xác định đại lượng chưa biết, giải thích hiện tượng, hoặc tạo ra và cải tiến một hệ đo. Khác với bài tập định lượng thuần túy, lời giải của bài tập thí nghiệm phải dựa ít nhất một phần vào việc lựa chọn nguyên lý đo, thiết kế hoặc sử dụng dụng cụ, thu thập dữ liệu và đánh giá sai số; sản phẩm có thể là phương án, thiết bị, bộ dữ liệu, kết quả đo hoặc lập luận bảo vệ kết quả (Karelina & Etkina, 2007; Etkina, 2015).

Theo mức độ mở và yêu cầu hoạt động, bài tập thí nghiệm gồm bốn dạng chính: 1) Thực hiện hoặc kiểm chứng theo quy trình cho sẵn; 2) Xác định đại lượng hoặc quy luật khi đã có mục tiêu và một phần dụng cụ nhưng học sinh tự chọn quy trình; 3) Thiết kế, chế tạo hoặc cải tiến thiết bị, hệ đo dưới các ràng buộc; 4) Phân tích dữ liệu, phát hiện sai số, so sánh và phân biệt phương án. Các dạng có thể kết hợp trong một nhiệm vụ. Năng lực sáng tạo bộc lộ rõ hơn khi nhiệm vụ cho phép nhiều phương án, có dữ liệu không hoàn hảo và yêu cầu giải thích, điều chỉnh hoặc bảo vệ lựa chọn (Holmes & Wieman, 2018; Zwickl và cộng sự, 2013).

3.2. Năng lực sáng tạo trong học tập Vật lý

Khái niệm năng lực sáng tạo trong giáo dục có thể được tiếp cận từ nhiều mô hình. Guilford (1950) nhấn mạnh tư duy phân kỳ với các đặc trưng như tính trôi chảy, tính linh hoạt, tính độc đáo và khả năng phát triển chi tiết. Kaufman và Beghetto (2009) cho rằng, năng lực sáng tạo của người học không nhất thiết là phát minh có giá trị lịch sử mà có thể là cách hiểu, cách giải quyết hoặc sản phẩm mới và có ý nghĩa đối với chính quá trình học tập. Vì vậy, đánh giá năng lực sáng tạo ở trường phổ thông cần đồng thời xem xét tính mới, tính phù hợp hoặc hiệu quả và mức độ tự chủ của học sinh, thay vì chỉ căn cứ vào sự khác lạ của sản phẩm.

Trong học tập Vật lý, năng lực sáng tạo là khả năng tạo ra và kiểm chứng các ý tưởng hoặc giải pháp mới đối với người học nhưng vẫn tuân thủ quy luật Vật lý và được biện minh bằng mô hình, dữ liệu và bằng chứng thực nghiệm (Hu & Adey, 2002). Năng lực này biểu hiện qua việc nêu nhiều giả thuyết hoặc phương án, chuyển đổi linh hoạt giữa biểu diễn lý thuyết và thao tác thực nghiệm, thiết kế hoặc cải tiến hệ đo, xử lý dữ liệu và sai số, phát hiện mâu thuẫn, phản biện và điều chỉnh phương án. Trong phạm vi nghiên cứu này, năng lực sáng tạo của học sinh chuyên Vật lý được hiểu là khả năng huy động kiến thức Vật lý, kỹ năng thực nghiệm và tư duy phân kỳ để tự chủ đề xuất, thiết kế, chế tạo, tối ưu hóa và bảo vệ phương án thí nghiệm nhằm giải quyết một tình huống Vật lý thực tiễn, trong đó tính mới và tính hiệu quả được đánh giá phù hợp với trình độ nhận thức của học sinh.

3.3. Đặc thù nhận thức của học sinh chuyên Vật lý và sự phù hợp của bài tập thí nghiệm

Học sinh chuyên Vật lý thường có khả năng suy luận trừu tượng, thao tác toán học và khái quát hóa tốt, thuận lợi cho việc tiếp cận mô hình phức tạp. Tuy nhiên, nếu học tập thiên về bài toán định lượng lý tưởng, các em dễ hình thành thói quen dùng công thức có sẵn, trong khi năng lực quan sát, thiết kế và kiểm chứng chưa phát triển tương xứng. Giáo dục khoa học cho người học năng khiếu cần tạo thách thức mở thay vì chỉ tăng độ khó tính toán (Taber, 2007). Việc lạm dụng thuật toán và lý tưởng hóa hiện tượng có thể khiến học sinh lúng túng trước ma sát, lực cản, nhiễu cảm biến và sai số thực tiễn (Kuo và cộng sự, 2013; Bing & Redish, 2009).

Để giải quyết điểm nghẽn này và đánh thức tiềm năng sáng tạo, việc sử dụng các dạng bài tập thí nghiệm được xem là một can thiệp sư phạm

mang tính chiến lược. Học sinh chỉ được giao mục tiêu, một số dụng cụ giới hạn và các điều kiện ràng buộc. Khi đó, học sinh phải lựa chọn nguyên lý Vật lý, thiết kế sơ đồ đo, tự cấu hình thiết bị, dự báo nguồn sai số, xử lý dữ liệu và phản biện kết quả. Cấu trúc nhiệm vụ như vậy làm xuất hiện các biểu hiện về năng lực sáng tạo mà bài tập lý thuyết khó bộc lộ đầy đủ (Holmes & Wieman, 2018). Theo Zwickl và cộng sự (2014), cấu trúc bài tập này buộc học sinh phải đối mặt với sự không chắc chắn của thế giới thực (Zwickl và cộng sự, 2013). Để giải quyết loại bài tập này học sinh không thể chỉ dùng toán học, mà buộc phải huy động tư duy phân kì để phác thảo nhiều

phương án, lựa chọn vật liệu, tự cấu hình thiết bị và tìm cách hiệu chỉnh hệ thống nhằm tối ưu hóa độ chính xác của phép đo.

3.4. Đề xuất cấu trúc và bảng tiêu chí đánh giá năng lực sáng tạo của học sinh trong giải quyết bài tập thí nghiệm Vật lý

Dựa trên sự kết hợp giữa mô hình tư duy phân kì của Guilford (1950), lý thuyết về năng lực sáng tạo khoa học của Hu và Adey (2002) và các khuyến nghị của Hiệp hội Giáo viên Vật lý Hoa Kỳ (AAPT) về phát triển kỹ năng thực hành (Kozminski và cộng sự, 2014), nghiên cứu này tiến hành cấu trúc hóa năng

Bảng 1: Bảng tiêu chí đánh giá năng lực sáng tạo qua giải quyết bài tập thí nghiệm Vật lý

Thành tố	Chỉ báo hành vi	Mức 1: Theo mẫu	Mức 2: Thích ứng	Mức 3: Sáng tạo	Mức 4: Đột phá
Đề xuất ý tưởng và thiết kế phương án	Huy động kiến thức để đề xuất phương án	Đề xuất một phương án quen thuộc, chủ yếu mô phỏng sách giáo khoa hoặc ví dụ đã học.	Điều chỉnh được phương án quen thuộc cho phù hợp với bối cảnh và dụng cụ được giao.	Đề xuất từ hai phương án độc lập trở lên dựa trên các nguyên lý Vật lý khác nhau và biết lựa chọn phương án phù hợp.	Đề xuất phương án độc đáo cho tình huống thiếu dữ kiện, có khả năng tận dụng hiệu ứng hoặc kỹ thuật đo ít thông dụng.
	Cấu trúc hóa ý tưởng thành sơ đồ và quy trình	Vẽ lại sơ đồ có sẵn; quy trình còn rập khuôn và thiếu kiểm soát đại lượng.	Điều chỉnh được sơ đồ nguyên lý và trình tự thao tác theo dụng cụ hiện có.	Tự xây dựng sơ đồ đo logic, xác định rõ đại lượng cần đo, đại lượng kiểm soát và cách thu thập dữ liệu.	Thiết kế quy trình có phương án dự phòng, dự kiến được rủi ro kỹ thuật và nguồn nhiễu chính.
Linh hoạt trong thao tác và chế tạo thiết bị	Ứng biến và tái cấu trúc thiết bị	Phụ thuộc vào dụng cụ chuẩn; lúng túng khi thiếu thiết bị hoặc thiết bị có lỗi nhỏ.	Thay thế được một số chi tiết bằng vật liệu tương đương sẵn có.	Tự chế tạo hoặc cải tiến mô hình đo từ vật liệu rẻ tiền nhưng vẫn bảo đảm yêu cầu phép đo.	Tái cấu trúc dụng cụ thô sơ thành hệ đo có khả năng tinh chỉnh và khắc phục rõ giới hạn ban đầu.
	Tích hợp công nghệ hỗ trợ đo đạc	Không sử dụng hoặc sử dụng công nghệ ở mức rất cơ bản.	Biết dùng chức năng phổ thông của thiết bị thông minh để hỗ trợ quan sát hoặc ghi thời gian.	Khai thác phần mềm hoặc cảm biến trên điện thoại thông minh để thu thập và trích xuất dữ liệu.	Tự động hóa một phần quá trình đo bằng cảm biến, vi điều khiển hoặc công cụ số phù hợp.
Tối ưu hóa dữ liệu và xử lý sai số	Cô lập nhiễu và giảm sai số	Thu thập số liệu máy móc; chưa nhận diện rõ nguồn sai số.	Nhận diện được sai số dễ thấy và thực hiện thao tác hiệu chỉnh hoặc đo lặp.	Chủ động cải tiến thao tác, chọn dải đo hoặc vùng dữ liệu ổn định để giảm sai số ngẫu nhiên.	Thiết kế giải pháp cơ khí hoặc công nghệ để cô lập tác nhân gây nhiễu chính.
	Phân tích đồ thị và xử lý dữ liệu	Tính trung bình đơn giản; vẽ đồ thị thủ công chưa thể hiện quan hệ biến số.	Biết nhập số liệu vào phần mềm và sử dụng đường xu hướng cơ bản.	Vận dụng tuyến tính hóa hoặc xử lý đồ thị để trích xuất đại lượng cần đo.	Sử dụng phương pháp ngoại suy, bình phương tối thiểu hoặc thuật toán phù hợp để tách nhiễu và ước lượng đại lượng ẩn.

Thành tố	Chỉ báo hành vi	Mức 1: Theo mẫu	Mức 2: Thích ứng	Mức 3: Sáng tạo	Mức 4: Đột phá
Đánh giá và phản biện phương án	Phát hiện khiếm khuyết và nghịch lý	Gượng ép số liệu cho khớp lý thuyết; chưa nhận ra mâu thuẫn trong dữ liệu.	Nhận ra sai khác nhưng giải thích còn chung chung.	Phân tích được nguyên nhân Vật lý hoặc kỹ thuật gây sai lệch và chỉ ra mắt xích ảnh hưởng lớn nhất.	Phát hiện hiện tượng dị thường ngoài dự kiến và đưa ra cách lý giải có căn cứ khoa học.
	Bảo vệ phương án và đề xuất nâng cấp	Tiếp nhận góp ý một cách thụ động; chưa giải thích được lựa chọn và chưa nêu được hướng cải tiến.	Giải thích được một phần lựa chọn, tiếp thu góp ý phù hợp nhưng giải pháp cải tiến còn chung chung.	Bảo vệ phương án bằng dữ liệu thực nghiệm, chủ động đối thoại và chọn lọc góp ý; đề xuất cải tiến cụ thể.	Phản biện có căn cứ, tích hợp góp ý để đề xuất phiên bản nâng cấp khả thi, tối ưu hóa rõ rệt phép đo.

lực sáng tạo của học sinh chuyên Vật lý thành 4 thành tố cốt lõi. Sự phân chia này được đặt trong bối cảnh đặc thù của việc giải quyết các bài tập thí nghiệm, nơi học sinh phải tự chủ từ khâu hình thành ý tưởng đến khâu đánh giá kết quả đo lường.

- *Năng lực đề xuất ý tưởng và thiết kế phương án*: Thể hiện qua tính trôi chảy và độc đáo khi chuyển hóa một vấn đề trừu tượng thành thiết kế thực nghiệm khả thi (Karelina & Etkina, 2007).

- *Năng lực linh hoạt trong thao tác và chế tạo*: Phản ánh khả năng thích ứng, tận dụng vật liệu để tìm hoặc ứng dụng công nghệ hiện đại để vượt qua các rào cản kỹ thuật của thiết bị đo (Kuhn & Vogt, 2013).

- *Năng lực tối ưu hóa dữ liệu và xử lý sai số*: Khả năng sử dụng các thủ thuật kỹ thuật và toán học tinh tế nhằm cô lập nhiễu, giảm thiểu sai số trong một tập dữ liệu không chắc chắn (Holmes và cộng sự, 2020).

- *Năng lực đánh giá và phản biện*: Khả năng tự vấn, phát hiện nghịch lý trong dữ liệu, bảo vệ phương án và đề xuất hướng cải tiến (Etkina, 2015).

Bốn thành tố này có quan hệ chặt chẽ trong tiến trình giải quyết bài tập thí nghiệm. Học sinh có thể mạnh ở khâu nêu ý tưởng nhưng yếu ở khâu xử lý dữ liệu, hoặc thao tác tốt nhưng chưa phản biện được sai số. Vì vậy, việc đánh giá năng lực sáng tạo cần dựa trên nhiều chỉ báo hành vi thay vì chỉ căn cứ vào kết quả cuối cùng của phép đo.

Để đánh giá năng lực sáng tạo, các biểu hiện nhận thức cần được chuyển thành chỉ báo hành vi có thể quan sát. Rubric vừa nâng cao độ tin cậy, tính hợp lệ của đánh giá, vừa cung cấp phản hồi định hình cho người học (Jonsson & Svingby, 2007). Từ bốn thành tố, nghiên cứu xây dựng bốn mức tăng dần: Theo mẫu, Thích ứng, Sáng tạo và Đột phá. “Theo mẫu”

phản ánh sự phụ thuộc vào quy trình hoặc ví dụ có sẵn; “Đột phá” ghi nhận biểu hiện vượt trội của học sinh năng khiếu (Dawson, 2017). Bảng 1 mô tả tám chỉ báo hành vi theo bốn mức này.

3.5. Thẩm định độ hợp lệ nội dung và độ tin cậy liên đánh giá

Để đảm bảo giá trị khoa học trước khi ứng dụng diện rộng, khung lý thuyết và cấu trúc Rubric này đã trải qua quy trình đánh giá độ hợp lệ nội dung (CVI) bằng phương pháp Delphi (Lynn, 1986). Hội đồng tham vấn gồm 10 chuyên gia (04 giảng viên Phương pháp dạy học Vật lý tại các trường Đại học Sư phạm và 06 giáo viên cốt cán có trên 15 năm kinh nghiệm giảng dạy tại các trường trung học phổ thông chuyên). Mức đánh giá 3 - 4 được mã hóa là phù hợp, mức 1-2 là chưa phù hợp. I-CVI của mỗi mục là tỉ lệ chuyên gia đánh giá phù hợp; S-CVI/Ave là trung bình I-CVI của 13 nội dung, gồm 4 thành tố, 8 chỉ báo và 1 tiêu chí tổng quát. Kết quả cho thấy, I-CVI của bốn thành tố dao động từ 0,80 đến 0,90 và S-CVI/Ave đạt 0,87, thể hiện độ hợp lệ nội dung tốt. Góp ý định tính tập trung vào diễn đạt chỉ báo theo hướng quan sát được, giảm thuật ngữ chung chung và bổ sung minh chứng phù hợp với học sinh trường trung học phổ thông chuyên (xem Bảng 2).

3.6. Minh họa ứng dụng Rubric vào bài tập thí nghiệm phần Cơ học

Để minh họa cách sử dụng rubric, nghiên cứu xây dựng bài tập Động lực học: Chỉ dùng một hộp gỗ phẳng, tấm ván dài, thước chia đến milimét và điện thoại thông minh có Phyphox để xác định hệ số ma sát trượt giữa hộp và ván; không dùng lực kế, đồng hồ bấm giây tiêu chuẩn hoặc máng trượt đồng

Bảng 2: Kết quả thẩm định độ hợp lệ nội dung của khung năng lực và bảng tiêu chí đánh giá năng lực sáng tạo (N=10)

Nội dung thẩm định	Số chuyên gia đánh giá phù hợp	Chỉ số I-CVI	Kết luận
1. Năng lực đề xuất ý tưởng và thiết kế phương án	9/10	0.90	Đạt
Chỉ báo 1.1. Huy động kiến thức để đề xuất phương án	9/10	0.90	Đạt
Chỉ báo 1.2. Cấu trúc hóa ý tưởng thành sơ đồ và quy trình	8/10	0.80	Đạt
2. Năng lực linh hoạt trong thao tác và chế tạo	8/10	0.80	Đạt
Chỉ báo 2.1. Ứng biến và tái cấu trúc thiết bị	8/10	0.80	Đạt
Chỉ báo 2.2. Tích hợp công nghệ hỗ trợ đo đạc	9/10	0.90	Đạt
3. Năng lực tối ưu hóa dữ liệu và xử lý sai số	9/10	0.90	Đạt
Chỉ báo 3.1. Cô lập nhiễu và giảm sai số	8/10	0.80	Đạt
Chỉ báo 3.2. Phân tích đồ thị và xử lý dữ liệu	9/10	0.90	Đạt
4. Năng lực đánh giá và phản biện	9/10	0.90	Đạt
Chỉ báo 4.1. Phát hiện khiếm khuyết và nghịch lý	9/10	0.90	Đạt
Chỉ báo 4.2. Bảo vệ phương án và đề xuất nâng cấp	9/10	0.90	Đạt
5. Tính phù hợp với học sinh trường trung học phổ thông chuyên	9/10	0.90	Đạt
Toàn bộ bảng tiêu chí		S-CVI/Ave = 0.87	Đạt

bộ. Học sinh có thể xác định góc bắt đầu trượt, đo gia tốc trên mặt phẳng nghiêng, dùng cảm biến gia tốc, hoặc đo ở nhiều góc để kiểm chứng độ ổn định. Nhiệm vụ tạo cơ hội quan sát việc lựa chọn nguyên lý, cố định điện thoại, giảm nhiễu rung, chọn vùng dữ liệu ổn định và phản biện sai khác giữa mô hình

với dữ liệu (xem Bảng 3).

Rubric này được thử nghiệm sơ bộ trên 30 học sinh lớp 10 chuyên Vật lý ở trường trung học phổ thông chuyên. Đồng thời, để kiểm soát độ tin cậy giữa các người đánh giá, các giáo viên tham gia sử

Bảng 3: Minh họa biểu hiện hành vi của học sinh qua bài tập đo hệ số ma sát trượt

Chỉ báo hành vi	Mức 1: Theo mẫu	Mức 2: Thích ứng	Mức 3: Sáng tạo	Mức 4: Đột phá
Huy động kiến thức để đề xuất phương án	Chỉ nêu phương án nâng ván đến khi vật trượt, thiếu kiểm soát trạng thái trượt.	Điều chỉnh phương án bằng cách đo góc nghiêng và ước lượng gia tốc gián tiếp.	Đề xuất dùng cảm biến gia tốc của điện thoại để đo trực tiếp chuyển động của hộp gỗ.	Đo ở nhiều góc nghiêng, so sánh các kết quả để kiểm chứng tính nhất quán của hệ số ma sát.
Cấu trúc hóa ý tưởng thành sơ đồ và quy trình	Sơ đồ rập khuôn, chưa xác định rõ đại lượng cần kiểm soát.	Có quy trình đo góc, chiều dài và thời gian nhưng còn phụ thuộc thao tác thủ công.	Thiết kế quy trình gắn điện thoại vào vật trượt, ghi dữ liệu và xuất đồ thị gia tốc.	Dự kiến rủi ro do lệch trọng tâm, rung lắc và có phương án kiểm soát trước khi đo.
Ứng biến và tái cấu trúc thiết bị	Lúng túng khi không có đồng hồ bấm giây hoặc lực kế.	Biết dùng thước và ván để tạo mặt phẳng nghiêng có thể điều chỉnh.	Tự tạo cơ cấu cố định điện thoại vào hộp gỗ để bảo đảm dữ liệu ổn định.	Bổ sung thanh dẫn hoặc vật cân bằng để giảm dao động của hệ hộp gỗ - điện thoại.

Chỉ báo hành vi	Mức 1: Theo mẫu	Mức 2: Thích ứng	Mức 3: Sáng tạo	Mức 4: Đột phá
Tích hợp công nghệ hỗ trợ đo đạc	Chỉ dùng điện thoại như đồng hồ bấm giờ.	Dùng điện thoại để quay video hoặc hỗ trợ quan sát chuyển động.	Khai thác Phyphox để ghi dữ liệu gia tốc tuyến tính và xuất dữ liệu.	Tự động hóa một phần quá trình thu thập dữ liệu, biết tối ưu vị trí và hướng cảm biến.
Cô lập nhiễu và giảm sai số	Chưa nhận diện được nhiễu do tay bấm, rung lắc hoặc mặt ván không đều.	Biết đo lặp và hiệu chỉnh điểm 0 trước khi đo.	Chọn vùng chuyển động ổn định trên đồ thị, loại bỏ đoạn va chạm ban đầu và đoạn dừng.	Thiết kế biện pháp cơ khí để giảm rung, làm đồ thị cảm biến mượt và có tính lặp lại.
Phân tích đồ thị và xử lý dữ liệu	Tính trung bình đơn giản từ các số liệu rời rạc.	Sử dụng bảng tính để xử lý dữ liệu và vẽ đồ thị cơ bản.	Tuyến tính hóa quan hệ giữa gia tốc và góc nghiêng để trích xuất hệ số ma sát.	Dùng bình phương tối thiểu hoặc ngoại suy để giảm ảnh hưởng nhiễu và đánh giá độ không chắc chắn.
Phát hiện khiếm khuyết và nghịch lí	Không nhận ra mâu thuẫn khi dùng công thức trượt đều cho vật trượt nhanh dần.	Nhận ra kết quả sai khác nhưng giải thích chung chung do thao tác đo.	Chỉ ra sai số chính đến từ đo thời gian thủ công hoặc rung lắc cảm biến.	Phát hiện ảnh hưởng của phân bố khối lượng tổ hợp hộp gỗ - điện thoại đến dữ liệu cảm biến.
Bảo vệ phương án và đề xuất nâng cấp	Tiếp nhận góp ý một cách thụ động; chưa giải thích được lựa chọn và không có minh chứng để bảo vệ phương án.	Giải thích được một phần lựa chọn, tiếp thu góp ý phù hợp nhưng chưa nêu được giải pháp kĩ thuật cụ thể.	Bảo vệ phương án bằng đồ thị và dữ liệu đo; chủ động đối thoại, chọn lọc góp ý và đề xuất điều chỉnh cụ thể.	Phản biện có căn cứ, tích hợp góp ý để đề xuất phiên bản cải tiến sử dụng cảm biến ngoài hoặc vi điều khiển nhằm tự động hóa phép đo.

Bảng 4: Kết quả kiểm định độ tin cậy liên đánh giá trên mẫu thử nghiệm (N=30)

Đối tượng thử nghiệm	Số giáo viên đánh giá	Hệ số tương quan nội lớp (ICC)	Khoảng tin cậy 95%	Mức độ đồng thuận
30 học sinh lớp 10 Chuyên Vật lí	02 Giáo viên	0.84	[0.72 - 0.91]	Tốt

dụng rubric được tập huấn đầy đủ (Stemler, 2004). Trong thử nghiệm sơ bộ, hai giáo viên chấm độc lập sản phẩm và quá trình giải quyết bài tập thí nghiệm của 30 học sinh. Kết quả tính hệ số tương quan nội lớp đạt 0,84, với khoảng tin cậy 95% từ 0,72 đến 0,91 (Bảng 4). Theo cách diễn giải của Koo và Li (2016), kết quả này cho thấy độ tin cậy liên đánh giá ở mức tốt. Điều đó cho thấy, các mô tả chỉ báo trong bảng tiêu chí đủ rõ để giảm sự phụ thuộc vào cảm nhận chủ quan của người chấm, mặc dù công cụ vẫn cần được kiểm định trên mẫu lớn hơn ở các nghiên cứu tiếp theo.

Mỗi chỉ báo được chấm từ 1 đến 4, tương ứng với Theo mẫu, Thích ứng, Sáng tạo và Đột phá. Vì nhiệm vụ minh họa cho phép quan sát đủ tám chỉ báo, điểm

trung bình được phân loại: Theo mẫu từ 1,00 đến dưới 1,75; Thích ứng từ 1,75 đến dưới 2,50; Sáng tạo từ 2,50 đến dưới 3,25; Đột phá từ 3,25 đến 4,00. Trong 30 học sinh, có 5 em ở mức Theo mẫu, 12 em Thích ứng, 9 em Sáng tạo và 4 em Đột phá. Với nhiệm vụ khác, chỉ tính trung bình trên các chỉ báo thực sự có cơ hội quan sát theo mục 3.7.

3.7. Nguyên tắc vận dụng Rubric và diễn giải kết quả

Rubric không mặc định rằng mọi bài tập thí nghiệm phải tạo cơ hội quan sát đủ tám chỉ báo. Trước khi triển khai, giáo viên cần lập ma trận đặc tả nhiệm vụ, xác định những chỉ báo được kích hoạt bởi yêu cầu của bài tập. Chỉ báo không có cơ hội quan sát được kí hiệu “KQO” (không có cơ hội quan sát) và

không quy đổi thành điểm 0. Điểm của một nhiệm vụ chỉ được tính trên số chỉ báo thực sự quan sát; để kết luận về năng lực tổng thể, cần sử dụng một chuỗi nhiệm vụ đa dạng sao cho cộng dồn bao phủ đủ bốn thành tố và tám chỉ báo.

Để phân hóa bốn mức, nhiệm vụ cần có độ mở phù hợp: cho phép nhiều hơn một nguyên lý hoặc phương án, có ràng buộc về dụng cụ hay dữ liệu, chứa nguồn nhiễu hoặc sai số cần xử lý và yêu cầu học sinh giải thích, bảo vệ hoặc cải tiến lựa chọn. Giáo viên có thể bổ sung các yêu cầu mở rộng như thiết kế phương án dự phòng, tối ưu hóa, tự động hóa hoặc đánh giá độ không chắc chắn để tạo cơ hội xuất hiện mức Đột phá. Nếu cấu trúc bài tập chỉ cho phép biểu hiện hai hoặc ba mức thì Rubric được dùng để phản hồi các mức quan sát được; không nên suy diễn học sinh không đạt mức cao chỉ vì nhiệm vụ không tạo cơ hội thể hiện.

Trong thử nghiệm sơ bộ, các chỉ báo được tạm thời gán trọng số bằng nhau vì nghiên cứu chưa có bằng chứng thực nghiệm đủ để xác lập trọng số khác biệt. Điểm trung bình chỉ nên được xem là thông tin tổng hợp thứ cấp; hồ sơ điểm theo từng thành tố và chỉ báo cần được ưu tiên khi phản hồi. Trong sử dụng dạy học, giáo viên có thể điều chỉnh trọng số theo mục tiêu nhiệm vụ, chẳng hạn tăng trọng số của thành tố đề xuất ý tưởng và thiết kế phương án đối với bài tập thiết kế, nhưng phải xác định trước, công khai và chuẩn hóa tổng trọng số trên những chỉ báo được quan sát. Việc xác lập trọng số ổn định cần được kiểm định trên mẫu lớn bằng các phân tích giá trị cấu trúc trong những nghiên cứu tiếp theo.

4. Kết luận

Nghiên cứu tập trung vào năng lực sáng tạo của học sinh trường trung học phổ thông chuyên trong giải quyết bài tập thí nghiệm Vật lý. Kết quả nghiên cứu cho thấy, bài tập thí nghiệm là môi trường phù hợp để nhận diện và phát triển năng lực sáng tạo của học sinh chuyên Vật lý vì đặt học sinh vào tiến

trình giải quyết vấn đề thực nghiệm trọn vẹn: nêu ý tưởng, thiết kế phương án, chế tạo hoặc cấu hình thiết bị, thu thập dữ liệu, xử lý sai số và phản biện kết quả. Trên cơ sở phân tích lý luận, nghiên cứu đề xuất cấu trúc năng lực sáng tạo gồm 4 thành tố: Đề xuất ý tưởng và thiết kế phương án thí nghiệm; linh hoạt trong thao tác và chế tạo thiết bị; tối ưu hóa dữ liệu và xử lý sai số; đánh giá và phản biện phương án. Bảng tiêu chí đánh giá được xây dựng với 8 chỉ báo hành vi và 4 mức độ biểu hiện, tạo điều kiện để giáo viên quan sát quá trình sáng tạo một cách cụ thể hơn thay vì chỉ đánh giá sản phẩm cuối cùng.

Kết quả thẩm định và thử nghiệm sơ bộ cho thấy cấu trúc năng lực sáng tạo và bảng tiêu chí có độ hợp lệ nội dung và độ tin cậy liên đánh giá ở mức tốt. Tuy nhiên, nghiên cứu còn giới hạn ở quy mô thử nghiệm nhỏ và mới tập trung vào một bài tập phần Cơ học; do đó, chưa thể khẳng định mọi bài tập thí nghiệm đều kích hoạt đủ tám chỉ báo hoặc cho phép phân hóa đầy đủ bốn mức. Việc gán trọng số bằng nhau cho các chỉ báo cũng mới là lựa chọn tạm thời trong giai đoạn thử nghiệm. Hướng nghiên cứu tiếp theo cần mở rộng mẫu học sinh ở nhiều trường trung học phổ thông chuyên, xây dựng hệ thống nhiệm vụ ở các mạch kiến thức khác nhau, kiểm tra độ giá trị cấu trúc và xác định trọng số phù hợp cho từng mục đích đánh giá. Khi được hoàn thiện, bảng tiêu chí có thể hỗ trợ giáo viên bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lý, thiết kế nhiệm vụ thí nghiệm và phản hồi quá trình sáng tạo của học sinh một cách có căn cứ.

Tuyên bố về xung đột lợi ích và liên chính học

Thuật: Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích liên quan đến nghiên cứu này. Các dữ liệu được sử dụng trong bài báo phục vụ mục đích nghiên cứu, không công bố thông tin định danh cá nhân hoặc đơn vị tham gia. Các tác giả chịu trách nhiệm về tính chính xác của dữ liệu, nhận định khoa học và việc tuân thủ các nguyên tắc đạo đức xuất bản.

Tài liệu tham khảo

- Adams, W. K., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Dubson, M., Finkelstein, N. D. & Wieman, C. E. (2006). New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2(1), 10101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.2.010101>
- Bing, T. J. & Redish, E. F. (2009). Analyzing problem solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5(2), 20108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.020108>
- Dawson, P. (2017). Assessment rubrics: towards clearer and more replicable design, research and practice. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 42(3), pp.347-360. <https://doi.org/10.1080/02602938.2015.1111294>

- Etkina, E. (2015). Millikan award lecture: Students of physics - Listeners, observers, or collaborative participants in physics scientific practices? *American Journal of Physics*, 83(8), pp.669-679. <https://doi.org/10.1119/1.4923432>
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444. 10.1037/h0063487
- Holmes, N. G., Keep, B. & Wieman, C. E. (2020). Developing scientific decision making by structuring and supporting student agency. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1), 10109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010109>
- Holmes, N. G. & Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: We can do better. *Physics Today*, 71(1), pp.38-45.
- Holmes, N. G., Wieman, C. E. & Bonn, D. A. (2015). Teaching critical thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(36), pp.11199-11204. <https://doi.org/10.1073/pnas.1505329112>
- Hu, W. & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), pp.389-403. <https://doi.org/10.1080/09500690110098912>
- Jonsson, A. & Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. *Educational Research Review*, 2(2), pp.130-144. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.05.002>
- Karelina, A. & Etkina, E. (2007). Acting like a physicist: Student approach study to experimental design. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3(2), 20106. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.020106>
- Kaufman, J. C. & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four c model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), pp.1-12.
- Kozminski, J., Lewandowski, H., Beverly, N., Lindaas, S., Deardorff, D., Reagan, A., Dietz, R., Tagg, R., EblenZayas, M. & Williams, J. (2014). AAPT recommendations for the undergraduate physics laboratory curriculum. *American Association of Physics Teachers*, 29.
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2013). Smartphones as experimental tools: Different methods to determine the gravitational acceleration in classroom physics by using everyday devices. *European Journal of Physics Education*, 4(1), pp.16-27.
- Kuo, E., Hull, M. M., Gupta, A. & Elby, A. (2013). How students blend conceptual and formal mathematical reasoning in solving physics problems. *Science Education*, 97(1), pp.32-57. <https://doi.org/10.1002/sce.21043>
- Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 35(6), pp.382-386.
- Newton, D. P., Nolan, S. & Rees, S. (2022). *Creative thinking in university physics education*. IOP Publishing.
- Stemler, S. E. (2004). A comparison of consensus, consistency, and measurement approaches to estimating interrater reliability. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 9(1). <https://doi.org/10.7275/96jp-xz07>
- Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P. & Worrell, F. C. (2011). Rethinking giftedness and gifted education: A proposed direction forward based on psychological science. *Psychological Science in the Public Interest*, 12(1), pp.3-54.
- Tabe, K. S. (2007). Science education for gifted learners? In *Science education for gifted learners* (pp.17-30). Routledge.
- Zwickl, B. M., Finkelstein, N. & Lewandowski, H. J. (2013). The process of transforming an advanced lab course: Goals, curriculum, and assessments. *American Journal of Physics*, 81(1), pp.63-70. <https://doi.org/10.1119/1.4768890>