

STEM EDUCATION IN HIGHER EDUCATION: A MODEL FOR TRAINING HIGH - QUALITY HUMAN RESOURCES

Doan Van Hai

Email: uhdhaidoan.edu@gmail.com

University of Hai Duong
42, Nguyen Thi Due street, Le Thanh Nghi ward,
Hai Phong City, Vietnam

Received: 09/3/2026

Revised: 23/4/2026

Accepted: 15/5/2026

Published: 15/7/2026

Abstract: In the context of digital transformation, STEM education is increasingly recognized as a key approach to developing professional competencies for engineering students. However, existing studies tend to implement Project-Based Learning (PBL) or the Engineering Design Process (EDP) separately, lacking systematically integrated models with empirical validation in higher education in Vietnam. This study proposes and evaluates the i-STEM (PD) model, which integrates PBL and EDP, through model development, implementation of a STEM project in electrical engineering, and assessment of its impact on student learning outcomes and competencies. A mixed-methods with quasi-experimental design was used with 50 electrical engineering students, divided into experimental and control groups. Data was collected via questionnaires, observations, and learning assessments, and analyzed using descriptive statistics and T-tests. The results indicate that the i-STEM (PD) model significantly improves students' problem-solving and engineering design competencies, while also enhancing engagement and learning attitudes. These findings provide empirical evidence and contribute to both theoretical and practical foundations for implementing STEM education in engineering higher education in Vietnam.

Keywords: *STEM education in higher education, integrated teaching, engineering design, problem-solving competency, engineering design competency.*

GIÁO DỤC STEM BẬC ĐẠI HỌC: MÔ HÌNH ĐÀO TẠO NGUỒN NHÂN LỰC CHẤT LƯỢNG CAO

Đoàn Văn Hải

Email: uhdhaidoan.edu@gmail.com

Trường Đại học Hải Dương
42 Nguyễn Thị Duệ, phường Lê Thanh Nghi,
Thành phố Hải Phòng, Việt Nam

Nhận bài: 09/3/2026

Chỉnh sửa xong: 23/4/2026

Chấp nhận đăng: 15/5/2026

Xuất bản: 15/7/2026

Tóm tắt: Trong bối cảnh chuyển đổi số, giáo dục STEM được xem là hướng tiếp cận then chốt nhằm phát triển năng lực nghề nghiệp cho sinh viên kỹ thuật. Tuy nhiên, các nghiên cứu hiện nay chủ yếu triển khai riêng lẻ dạy học theo dự án (PBL) hoặc quy trình thiết kế kỹ thuật (EDP), thiếu các mô hình tích hợp có hệ thống và được kiểm chứng trong giáo dục đại học tại Việt Nam. Nghiên cứu này đề xuất và kiểm chứng mô hình i-STEM (PD) tích hợp PBL và EDP, thông qua việc xây dựng mô hình, triển khai dự án STEM trong kỹ thuật điện và đánh giá tác động đến kết quả học tập và năng lực sinh viên. Phương pháp hỗn hợp với thiết kế thực nghiệm bán đối chứng được áp dụng trên 50 sinh viên, chia thành nhóm thực nghiệm và đối chứng. Dữ liệu thu thập từ bảng hỏi, quan sát và đánh giá học tập, được phân tích bằng thống kê mô tả và kiểm định T-test. Kết quả cho thấy, mô hình i-STEM (PD) cải thiện có ý nghĩa năng lực giải quyết vấn đề và năng lực thiết kế kỹ thuật, đồng thời nâng cao mức độ tham gia và thái độ học tập. Những phát hiện này cung cấp bằng chứng thực nghiệm và góp phần củng cố cơ sở lý luận, thực tiễn cho triển khai giáo dục STEM trong đào tạo kỹ thuật đại học tại Việt Nam.

Từ khóa: *Giáo dục STEM bậc đại học, dạy học tích hợp, thiết kế kỹ thuật, năng lực giải quyết vấn đề, năng lực thiết kế kỹ thuật.*

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0 và chuyển đổi số, giáo dục đại học đứng trước yêu cầu đào tạo nguồn nhân lực có năng lực giải quyết vấn đề, tư duy thiết kế và khả năng vận dụng kiến thức liên ngành. Giáo dục STEM được xem là hướng tiếp cận hiệu quả nhằm gắn kết các lĩnh vực Khoa học, Công nghệ, Kỹ thuật và Toán học với thực tiễn, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo (Bybee, 2013; Kelley & Knowles, 2016; Honey và cộng sự, 2014).

Trong đào tạo kỹ thuật, STEM thường được triển khai thông qua các phương pháp dạy học tích cực như học tập theo dự án (PBL) và quy trình thiết kế kỹ thuật (EDP). PBL thúc đẩy học tập gắn với thực tiễn, tăng cường hợp tác và tự học, trong khi EDP phát triển tư duy thiết kế thông qua các bước thiết kế - thử nghiệm - cải tiến (Dym và cộng sự, 2005; Freeman và cộng sự, 2014). Tuy nhiên, các nghiên cứu chủ yếu tiếp cận hai phương pháp này riêng lẻ hoặc tích hợp ở mức hạn chế, chưa hình thành một mô hình thống nhất, có cấu trúc rõ ràng và được kiểm chứng thực nghiệm.

Một số nghiên cứu gần đây đã đề cập đến việc kết hợp PBL và EDP và cho thấy tiềm năng phát triển năng lực Thế kỷ XXI nhưng vẫn thiếu khung tích hợp hoàn chỉnh và bằng chứng thực nghiệm, đặc biệt trong đào tạo kỹ thuật. Tại Việt Nam, STEM chủ yếu triển khai ở phổ thông; ở bậc Đại học, việc tích hợp còn hạn chế, các học phần vẫn thiên về đơn môn và chưa chú trọng phát triển năng lực giải quyết vấn đề thực tiễn. Đáng chú ý, các nghiên cứu đề xuất và kiểm chứng hệ thống mô hình tích hợp PBL và EDP trong đào tạo kỹ thuật còn hạn chế.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất mô hình i-STEM (PD), tích hợp PBL và EDP trong đào tạo kỹ thuật theo hướng gắn hoạt động học tập với quy trình thiết kế kỹ thuật trong môi trường dự án. Nghiên cứu đồng thời triển khai thực nghiệm để đánh giá tác động của mô hình đến năng lực sinh viên. Nghiên cứu tập trung trả lời hai câu hỏi: 1) Mô hình i-STEM (PD) được thiết kế và triển khai như thế nào trong đào tạo kỹ thuật đại học? 2) Mô hình tác động như thế nào đến năng lực giải quyết vấn đề và năng lực thiết kế kỹ thuật so với phương pháp truyền thống? Qua đó, nghiên cứu góp phần đề xuất mô hình tích hợp có cấu trúc rõ ràng và cung cấp minh chứng thực nghiệm về hiệu quả của dạy học STEM trong đào tạo kỹ thuật đại học tại Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp hỗn hợp nhằm

đánh giá hiệu quả mô hình dạy học tích hợp STEM i-STEM (PD) trong đào tạo kỹ thuật bậc đại học. Thiết kế nghiên cứu kết hợp nghiên cứu dựa trên thiết kế (DBR) với thực nghiệm bán đối chứng.

Quy trình DBR gồm bốn giai đoạn: 1) Phân tích bối cảnh và xác định vấn đề; 2) Thiết kế mô hình i-STEM (PD) dựa trên cơ sở lý thuyết về STEM, PBL và EDP; 3) Triển khai thực nghiệm trong lớp học; 4) Đánh giá và điều chỉnh mô hình.

Đối tượng nghiên cứu gồm 50 sinh viên ngành Kỹ thuật điện (hai lớp K12.KTĐ và K13LT.KTĐ) tại Trường Đại học Hải Dương, trong thời gian 10 tuần. Sinh viên được phân vào nhóm thực nghiệm ($n = 26$) và nhóm đối chứng ($n = 24$) theo các lớp có sẵn (K12.KTĐ và K13LT.KTĐ). Nhóm thực nghiệm học theo mô hình i-STEM (PD) thông qua dự án "Máy biến áp điện lực", tổ chức theo các bước của quy trình thiết kế kỹ thuật: xác định vấn đề, đề xuất giải pháp, thiết kế, thử nghiệm và cải tiến. Nhóm đối chứng học theo phương pháp truyền thống.

Dữ liệu được thu thập qua bảng hỏi, quan sát và đánh giá sản phẩm học tập. Bảng hỏi gồm 24 mục theo thang Likert 5 mức, đo lường bốn thành phần: tích hợp kiến thức STEM, năng lực giải quyết vấn đề, năng lực thiết kế kỹ thuật và mức độ tham gia học tập. Độ tin cậy của các thang đo được kiểm định bằng hệ số Cronbach's Alpha (tích hợp kiến thức STEM: $\alpha = 0,81$; năng lực giải quyết vấn đề: $\alpha = 0,85$; năng lực thiết kế kỹ thuật: $\alpha = 0,88$; mức độ tham gia học tập: $\alpha = 0,79$). Sản phẩm dự án được đánh giá bằng rubric bốn mức theo các tiêu chí: hiểu nguyên lý, thiết kế, chế tạo, thử nghiệm và trình bày.

Dữ liệu định lượng được phân tích bằng thống kê mô tả (Mean, SD), kiểm định T-test cặp và T-test độc lập với mức ý nghĩa $p < 0,05$ trên SPSS 26.0. Dữ liệu quan sát và đánh giá sản phẩm được sử dụng để đối chiếu, bổ sung, góp phần tăng độ tin cậy và tính toàn diện của kết quả nghiên cứu.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Đề xuất mô hình dạy học tích hợp dựa trên học tập dựa trên dự án, quy trình thiết kế kỹ thuật i-STEM (PD)

Trên cơ sở tổng quan, giáo dục STEM trong đào tạo kỹ thuật thường được triển khai rời rạc qua PBL hoặc EDP, thiếu một mô hình tích hợp có cấu trúc rõ ràng; tại Việt Nam, đặc biệt trong ngành Kỹ thuật điện, chưa có nghiên cứu kiểm chứng thực nghiệm một cách hệ thống.

Từ khoảng trống đó, nghiên cứu đề xuất mô hình

i-STEM (PD), tích hợp PBL và EDP trong một cấu trúc dạy học thống nhất nhằm phát triển đồng thời năng lực giải quyết vấn đề và năng lực thiết kế kỹ thuật.

Điểm mới của mô hình không chỉ nằm ở việc tích hợp PBL và EDP mà còn ở cách tổ chức đồng bộ giữa khung dạy học, cấu trúc năng lực và hệ thống đánh giá. Cụ thể, PBL được sử dụng như khung tổ chức hoạt động học tập gắn với bối cảnh thực tiễn, trong khi EDP đóng vai trò trực phát triển năng lực, định hướng quá trình giải quyết vấn đề theo các bước của thiết kế kỹ thuật. Trên cơ sở đó, cấu trúc năng lực được xác lập tương ứng với từng giai đoạn của EDP, đồng thời hệ thống đánh giá được thiết kế theo tiến trình, cho phép theo dõi và đo lường sự phát triển

năng lực của sinh viên trong suốt quá trình thực hiện dự án. Cách tiếp cận này tạo thành một chu trình học tập khép kín, đảm bảo sự gắn kết giữa hoạt động học tập, phát triển năng lực và đánh giá kết quả.

a. Cấu trúc mô hình i-STEM (PD)

Mô hình được xây dựng với ba thành tố chính như trình bày trong Bảng 1.

b. Quy trình triển khai mô hình

Mô hình i-STEM (PD) được triển khai theo quy trình gồm 05 giai đoạn, tương ứng với các bước của quy trình thiết kế kỹ thuật, đồng thời được tổ chức học tập theo dự án (xem Bảng 2).

c. Khung năng lực theo đặc thù ngành Kỹ thuật điện (xem Bảng 3)

Bảng 1: Cấu trúc và vai trò các thành tố trong mô hình i-STEM (PD)

Thành tố	Vai trò	Ý nghĩa trong đào tạo kỹ thuật
PBL	Tổ chức hoạt động học tập theo dự án	Gắn học tập với vấn đề thực tiễn
EDP	Định hướng quy trình giải quyết vấn đề kỹ thuật	Phát triển tư duy thiết kế kỹ thuật
i-STEM (PD)	Tích hợp PBL và EDP	Hình thành năng lực kỹ thuật trong bối cảnh liên ngành

Bảng 2: Quy trình triển khai mô hình i-STEM (PD)

Giai đoạn	Hoạt động học tập	Sản phẩm đầu ra
Xác định vấn đề	Phân tích yêu cầu kỹ thuật của hệ thống điện	Mô tả bài toán kỹ thuật
Đề xuất giải pháp	Đề xuất và lựa chọn phương án thiết kế	Phương án thiết kế
Thiết kế	Tính toán thông số, xây dựng sơ đồ mạch	Bản vẽ/sơ đồ kỹ thuật
Chế tạo – thử nghiệm	Lắp ráp, đo kiểm hệ thống	Mô hình kỹ thuật
Đánh giá – cải tiến	Phân tích kết quả, tối ưu thiết kế	Sản phẩm hoàn thiện

Bảng 3: Khung năng lực trong mô hình i-STEM (PD)

Năng lực	Tiêu chí	Biểu hiện cụ thể
Giải quyết vấn đề	Phân tích hệ thống điện	Xác định yêu cầu kỹ thuật, điều kiện vận hành và các ràng buộc an toàn.
	Đề xuất giải pháp	Lựa chọn cấu trúc hệ thống và phương án kỹ thuật phù hợp.
	Đánh giá và lựa chọn giải pháp	So sánh các phương án theo tiêu chí kỹ thuật và hiệu suất.
	Điều chỉnh giải pháp	Tối ưu hóa dựa trên kết quả thử nghiệm và phản hồi.
Thiết kế kỹ thuật	Tính toán thông số	Tính toán điện áp, dòng điện, công suất, tổn hao và hiệu suất.
	Thiết kế mạch	Xây dựng sơ đồ nguyên lý và sơ đồ lắp đặt.

Năng lực	Tiêu chí	Biểu hiện cụ thể
	Đảm bảo an toàn điện	Áp dụng các nguyên tắc an toàn trong thiết kế và vận hành.
	Chế tạo và thử nghiệm	Lắp ráp, vận hành và kiểm tra hệ thống.
	Đánh giá hiệu suất	Đo lường, phân tích hiệu quả hoạt động của hệ thống.
	Cải tiến thiết kế	Điều chỉnh nhằm nâng cao hiệu quả và độ tin cậy.

d. Công cụ đánh giá sản phẩm học tập

Nghiên cứu xây dựng rubric đánh giá sản phẩm dự án theo 04 mức độ (xem Bảng 4).

Như vậy, mô hình dạy học tích hợp i-STEM được thiết kế trên cơ sở kết hợp PBL, EDP không chỉ tạo ra một cấu trúc dạy học thống nhất mà còn bảo đảm sự gắn kết chặt chẽ giữa hoạt động dạy học và mục tiêu phát triển năng lực cho sinh viên ngành Kỹ thuật điện.

3.2. Tổ chức dạy học dự án STEM “Máy biến áp điện lực” theo mô hình i-STEM (PD)

a. Dự án STEM: “Máy biến áp điện lực”

Dự án STEM “Máy biến áp điện lực” được lựa chọn để triển khai mô hình i-STEM (PD) trong đào tạo ngành Kỹ thuật điện. Chủ đề này gắn với nội dung cốt lõi của hệ thống điện và tạo điều kiện cho sinh viên vận dụng kiến thức liên ngành vào một nhiệm vụ thiết kế kỹ thuật cụ thể.

Trong mô hình i-STEM (PD), học tập theo dự án (PBL) được tổ chức thông qua hoạt động nhóm nhằm

thực hiện nhiệm vụ kỹ thuật hoàn chỉnh, từ phân tích yêu cầu đến chế tạo sản phẩm. Đồng thời, quy trình thiết kế kỹ thuật (EDP) được tích hợp xuyên suốt qua các bước: xác định vấn đề, đề xuất giải pháp, thiết kế, thử nghiệm và cải tiến. Sự kết hợp góp phần chuyển trọng tâm tiếp cận nội dung sang phát triển năng lực thông qua giải quyết vấn đề thực tiễn.

Cụ thể, sinh viên thực hiện phân tích nguyên lý hoạt động của máy biến áp, thiết kế và chế tạo mô hình quy mô nhỏ. Quá trình này bao gồm các hoạt động: Phân tích hiện tượng cảm ứng điện từ, tính toán các thông số kỹ thuật (tỉ số biến áp, công suất, hiệu suất), thiết kế cấu trúc và sơ đồ, chế tạo và thử nghiệm sản phẩm.

Các hoạt động không chỉ đòi hỏi sự tích hợp kiến thức STEM mà còn góp phần phát triển các năng lực cốt lõi như: giải quyết vấn đề, thiết kế kỹ thuật, hợp tác và giao tiếp, tư duy sáng tạo và phản biện. Mức độ tích hợp STEM trong dự án được phân tích gắn với hoạt động học tập và năng lực phát triển (xem Bảng 5).

Bảng 4: Rubric đánh giá sản phẩm dự án

Tiêu chí	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
Hiểu nguyên lý	Sai	Chưa đầy đủ	Đúng cơ bản	Hiểu sâu
Thiết kế	Không hợp lý	Chưa tối ưu	Hợp lý	Tối ưu
Chế tạo	Không hoàn thành	Một phần	Hoàn thành	Hoạt động tốt
Thử nghiệm	Không có	Chưa rõ	Có đánh giá	Có số liệu đầy đủ
Cải tiến	Không có	Ít	Có	Hiệu quả cao

Bảng 5: Tích hợp các yếu tố STEM trong dự án “Máy biến áp điện lực”

Yếu tố STEM	Nội dung kiến thức	Biểu hiện trong dự án	Thành tố mô hình	Năng lực được phát triển
Khoa học	Nguyên lý điện từ, cảm ứng điện từ	Giải thích nguyên lý hoạt động	EDP (xác định vấn đề)	Giải quyết vấn đề, tư duy khoa học

Yếu tố STEM	Nội dung kiến thức	Biểu hiện trong dự án	Thành tố mô hình	Năng lực được phát triển
Công nghệ	Vật liệu, công cụ, phần mềm	Lựa chọn vật liệu, mô phỏng	PBL	Ứng dụng công nghệ, hợp tác
Kĩ thuật	Thiết kế, chế tạo, thử nghiệm	Thiết kế và chế tạo mô hình	EDP (thiết kế – thử nghiệm)	Thiết kế kĩ thuật
Toán học	Công thức, tính toán	Tính toán thông số kĩ thuật	EDP	Tư duy logic, phân tích

Kết quả phân tích cho thấy, dự án “Máy biến áp điện lực” không chỉ đáp ứng các yêu cầu của một dự án STEM tích hợp mà còn thể hiện rõ sự gắn kết giữa các lĩnh vực Khoa học, Công nghệ, Kĩ thuật và Toán học trong việc giải quyết một nhiệm vụ kĩ thuật cụ thể.

b. Quy trình thiết kế kĩ thuật trong dự án STEM “Máy biến áp điện lực”

Trong mô hình i-STEM (PD), quy trình thiết kế kĩ thuật (EDP) được sử dụng như trục tổ chức hoạt động học tập, định hướng cho sinh viên giải quyết nhiệm vụ thiết kế máy biến áp theo một tiến trình có hệ thống. Quy trình này không chỉ giúp cấu trúc hóa hoạt động học tập mà còn đóng vai trò trực tiếp trong việc phát triển năng lực giải quyết vấn đề và năng lực thiết kế kĩ thuật trong bối cảnh thực tiễn ngành Kĩ thuật điện.

Ở mỗi bước của quy trình, sinh viên thực hiện các nhiệm vụ học tập gắn với yêu cầu kĩ thuật cụ thể của dự án. Đồng thời, giảng viên tham gia với vai trò tư vấn rõ ràng và cụ thể, bao gồm: 1) Thiết kế tình huống học tập và giao nhiệm vụ; 2) Đặt câu hỏi định

hướng tư duy kĩ thuật; 3) Hướng dẫn phương pháp và cung cấp tài liệu chuyên môn; 4) Theo dõi tiến độ, đưa ra phản hồi và hỗ trợ kĩ thuật, đặc biệt trong các hoạt động tính toán, thiết kế và đo kiểm.

c. Quy trình thiết kế kĩ thuật gắn với hoạt động học tập và phát triển năng lực (xem Bảng 6)

Cơ chế lặp trong quy trình thiết kế kĩ thuật

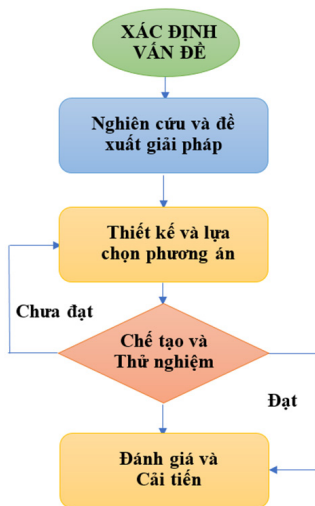
Quy trình thiết kế kĩ thuật (xem Hình 1) được tổ chức theo cơ chế phản hồi giữa thử nghiệm và thiết kế. Sau khi chế tạo và kiểm tra, sản phẩm được đánh giá theo yêu cầu kĩ thuật; nếu chưa đạt, sinh viên quay lại bước thiết kế để điều chỉnh các thông số như số vòng dây, vật liệu lõi hoặc cấu trúc mạch.

Cơ chế lặp này phản ánh bản chất của thiết kế kĩ thuật, nơi giải pháp được hoàn thiện qua chu trình thử nghiệm – đánh giá – tối ưu hóa, đồng thời giúp sinh viên phát triển tư duy thiết kế và khả năng học từ sai lệch dựa trên bằng chứng thực nghiệm.

Việc triển khai theo hướng lặp không chỉ tăng tính gắn gũi với thực hành kĩ thuật mà còn thúc đẩy đồng thời năng lực giải quyết vấn đề và thiết kế. Các

Bảng 6: Quy trình thiết kế kĩ thuật trong dự án “Máy biến áp điện lực”

Bước EDP	Nội dung hoạt động	Nhiệm vụ của sinh viên	Sản phẩm học tập	Năng lực được phát triển
Xác định vấn đề	Phân tích yêu cầu và ràng buộc kĩ thuật	Xác định mục tiêu thiết kế, điều kiện vận hành	Bản mô tả yêu cầu kĩ thuật	Năng lực xác định và phân tích vấn đề
Nghiên cứu và đề xuất giải pháp	Tìm hiểu nguyên lí, thu thập thông tin	Đề xuất các phương án (lõi thép, dây quấn, vật liệu)	Bảng so sánh và lựa chọn phương án	Năng lực tư duy sáng tạo, ra quyết định
Thiết kế và lựa chọn phương án	Xây dựng sơ đồ, tính toán thông số	Tính tỷ số biến áp, công suất, vẽ sơ đồ nguyên lí	Bản vẽ thiết kế, bảng tính toán	Năng lực thiết kế kĩ thuật và tính toán
Chế tạo và thử nghiệm	Lắp ráp, đo đạc, kiểm tra	Chế tạo mô hình, đo điện áp, dòng điện, hiệu suất	Mô hình và dữ liệu đo (bảng kết quả)	Năng lực thực hành và phân tích dữ liệu
Đánh giá và cải tiến	Phân tích kết quả, điều chỉnh thiết kế	So sánh với lí thuyết, đề xuất cải tiến	Báo cáo đánh giá và phương án cải tiến	Năng lực phản biện và cải tiến kĩ thuật



Hình 1: Quy trình thiết kế kỹ thuật trong dự án STEM “Máy biến áp điện lực”

nhệm vụ như tính toán tỉ số biến áp, đo điện áp đầu ra và đánh giá hiệu suất góp phần làm rõ đặc thù ngành và nâng cao tính ứng dụng của học tập.

d. Tổ chức dạy học dự án STEM “Máy biến áp điện lực” theo mô hình i-STEM

Dự án hướng đến phát triển hai năng lực cốt lõi của sinh viên ngành Kỹ thuật điện, bao gồm: 1) Năng lực giải quyết vấn đề kỹ thuật; 2) Năng lực thiết kế kỹ thuật, đồng thời góp phần củng cố kiến thức chuyên môn và kỹ năng nghề nghiệp.

Mục tiêu học tập:

Kiến thức (sinh viên có khả năng): Giải thích nguyên lý cảm ứng điện từ theo định luật Faraday; phân tích nguyên lý hoạt động của máy biến áp trong hệ thống điện.

Kỹ năng (sinh viên có khả năng): Tính toán các thông số cơ bản của máy biến áp (tỉ số biến áp, điện áp đầu ra, công suất, hiệu suất); thiết kế, chế tạo và vận hành mô hình quy mô nhỏ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật; đo lường, đánh giá hiệu suất và phân tích dữ

liệu; đề xuất và thực hiện cải tiến thiết kế dựa trên kết quả thử nghiệm.

Thái độ (sinh viên thể hiện): Chủ động, hợp tác trong học tập nhóm; tuân thủ các quy định về an toàn điện trong thực hành.

Các mục tiêu được cụ thể hóa bằng rubric nhằm đảm bảo khả năng đo lường. Việc đánh giá được thực hiện xuyên suốt dự án, tập trung vào: Xác định và phân tích vấn đề; đề xuất giải pháp; chế tạo, đo kiểm và thu thập dữ liệu; phân tích, đánh giá và cải tiến sản phẩm (xem Bảng 7).

Tiến trình tổ chức dạy học dự án STEM “Máy biến áp điện lực” theo mô hình i-STEM:

Quá trình được tổ chức theo các giai đoạn của EDP. Ở giai đoạn khởi động, sinh viên tiếp cận bối cảnh hệ thống điện, phân tích nguyên lý và yêu cầu kỹ thuật của máy biến áp để hình thành năng lực xác định vấn đề, dưới sự định hướng của giảng viên.

Tiếp theo, sinh viên nghiên cứu nguyên lý cảm ứng điện từ, thu thập thông tin và đề xuất phương án thiết kế, qua đó phát triển năng lực phân tích và đề xuất giải pháp với sự hỗ trợ chuyên môn.

Giai đoạn thiết kế - chế tạo là trung tâm, nơi sinh viên tính toán, xây dựng sơ đồ và lắp ráp mô hình. Năng lực thiết kế kỹ thuật được thể hiện qua việc hiện thực hóa ý tưởng thành sản phẩm và được đánh giá bằng rubric theo mức độ đáp ứng yêu cầu.

Ở giai đoạn thử nghiệm - cải tiến, sinh viên đo đạc, phân tích dữ liệu và điều chỉnh sản phẩm, thể hiện cơ chế lặp của EDP và phát triển năng lực phân tích, cải tiến kỹ thuật.

Cuối cùng, sinh viên hoàn thiện và trình bày sản phẩm, qua đó phát triển năng lực giao tiếp, hợp tác và phản biện. Toàn bộ tiến trình được hệ thống hóa, làm rõ mối liên hệ giữa các giai đoạn, hoạt động, năng lực và đánh giá (xem Bảng 8).

Bảng 7: Liên kết mục tiêu – hoạt động – đánh giá trong dự án

Thành phần năng lực	Biểu hiện cụ thể	Sản phẩm học tập	Công cụ đánh giá
Giải quyết vấn đề	Xác định yêu cầu, phân tích ràng buộc kỹ thuật	Bản mô tả yêu cầu thiết kế	Rubric quá trình
Thiết kế kỹ thuật	Xây dựng phương án, tính toán thông số	Bản vẽ thiết kế, bảng tính	Rubric sản phẩm
Thực hành kỹ thuật	Lắp ráp, đo điện áp, kiểm tra hiệu suất	Mô hình máy biến áp, bảng số liệu đo	Quan sát, checklist
Phân tích và cải tiến	Đánh giá kết quả, điều chỉnh thiết kế	Báo cáo kỹ thuật, phương án cải tiến	Rubric báo cáo

Bảng 8: Tiến trình dạy học dự án STEM “Máy biến áp điện lực” theo mô hình i-STEM (PD)

Giai đoạn	Hoạt động học tập	Bước EDP	Sản phẩm học tập	Năng lực phát triển	Đánh giá
Khởi động	Phân tích bối cảnh hệ thống điện, xác định yêu cầu và ràng buộc của máy biến áp	Xác định vấn đề	Bản mô tả yêu cầu thiết kế	Năng lực xác định vấn đề, tư duy hệ thống	Quan sát, checklist
Nghiên cứu – đề xuất	Tìm hiểu nguyên lý cảm ứng điện từ, đề xuất các phương án thiết kế	Nghiên cứu – đề xuất giải pháp	Danh sách phương án thiết kế	Năng lực phân tích, đề xuất giải pháp	Câu hỏi định hướng, đánh giá quá trình
Thiết kế – chế tạo	Tính toán thông số (tỉ số biến áp, điện áp), thiết kế sơ đồ, lắp ráp mô hình	Thiết kế – chế tạo	Bản vẽ thiết kế, mô hình máy biến áp	Năng lực thiết kế kĩ thuật, vận dụng kiến thức	Rubric sản phẩm, quan sát
Thử nghiệm – đánh giá	Đo điện áp, kiểm tra hoạt động, phân tích hiệu suất	Thử nghiệm	Dữ liệu, bảng kết quả	Năng lực phân tích dữ liệu, đánh giá kĩ thuật	Rubric, báo cáo kết quả
Cải tiến – hoàn thiện	Điều chỉnh thiết kế dựa trên kết quả thử nghiệm	Cải tiến	Mô hình hoàn thiện	Năng lực cải tiến kĩ thuật	Đánh giá sản phẩm
Báo cáo – trình bày	Trình bày sản phẩm và giải pháp kĩ thuật	Truyền thông kết quả	Báo cáo thuyết trình	Năng lực giao tiếp, hợp tác	Rubric thuyết trình

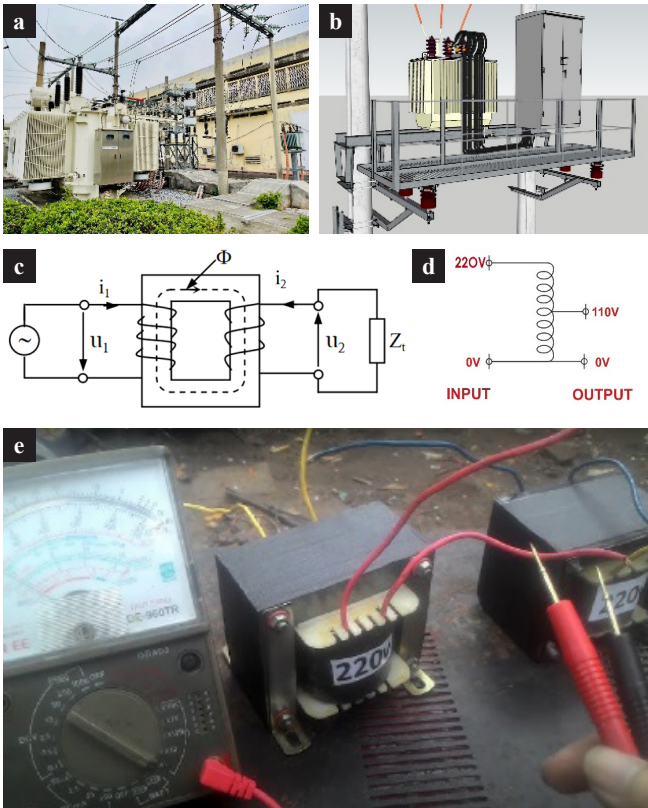
Kế hoạch tổ chức dạy học trong Bảng 8 cho thấy sự gắn kết chặt chẽ giữa các giai đoạn của dự án, quy trình thiết kế kĩ thuật và mục tiêu phát triển năng lực. Sự tích hợp này không chỉ đảm bảo tính hệ thống trong tổ chức dạy học mà còn khẳng định tính khả thi và giá trị sư phạm của mô hình i-STEM (PD) trong đào tạo kĩ thuật ở bậc đại học.

Minh họa triển khai thực nghiệm:

Việc triển khai dạy học dự án theo mô hình i-STEM (PD) được tổ chức theo tiến trình đã trình bày trong Bảng 7, trong đó các hoạt động học tập được thiết kế tương ứng với từng bước của quy trình thiết kế kĩ thuật. Cách tổ chức này tạo ra một cấu trúc học tập liên kết, giúp sinh viên từng bước tiếp cận và giải quyết nhiệm vụ kĩ thuật thông qua chuỗi hoạt động từ phân tích, thiết kế đến thử nghiệm và hoàn thiện sản phẩm.

e. Tiến hành đo đạc và đánh giá hoạt động của sản phẩm.

Các minh họa cho thấy quá trình học tập được tổ chức gắn với thực tiễn kĩ thuật, trong đó sinh viên không chỉ tiếp nhận kiến thức mà còn trực tiếp tham gia thiết kế và thử nghiệm. Sự chuyển từ phân tích nguyên lý sang xây dựng và kiểm chứng mô hình thể hiện rõ đặc trưng của quy trình thiết kế kĩ thuật trong mô hình dạy học. Dưới góc độ phát triển năng



Hình 2: Minh họa quá trình triển khai dạy học dự án STEM “Máy biến áp điện lực” theo mô hình i-STEM (PD): (a) Tiếp cận thiết bị thực tế và phân tích bối cảnh kĩ thuật; (b) Xây dựng và biểu diễn sơ đồ nguyên lý; (c) Phát triển phương án thiết kế; (d) Chế tạo mô hình máy biến áp.

lực, các hoạt động phản ánh tiến trình từ nhận diện vấn đề đến hoàn thiện giải pháp. Năng lực giải quyết vấn đề thể hiện qua việc xác định yêu cầu và điều chỉnh phương án, trong khi năng lực thiết kế kỹ thuật được thể hiện qua quá trình xây dựng, thử nghiệm và cải tiến sản phẩm. Đặc biệt, hoạt động đo đạc và phân tích kết quả cho thấy sinh viên bước đầu hình thành tư duy đánh giá dựa trên dữ liệu thực nghiệm.

3.3. Kết quả thực nghiệm sư phạm

Thực nghiệm sư phạm được triển khai nhằm đánh giá tác động của mô hình i-STEM đối với năng lực giải quyết vấn đề và năng lực thiết kế kỹ thuật của sinh viên ngành Kỹ thuật điện. Dữ liệu được thu thập qua rubric đánh giá năng lực, kết quả học tập và bảng hỏi thái độ học tập. Các dữ liệu được xử lý bằng SPSS 26.0 với thống kê mô tả và kiểm định trước – sau thực nghiệm để xác định mức độ thay đổi.

a. Công cụ đánh giá năng lực

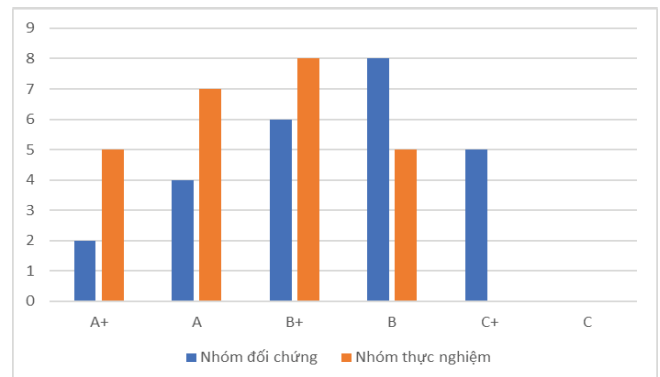
Để đánh giá mức độ phát triển năng lực của sinh viên trong quá trình thực nghiệm, nghiên cứu xây dựng rubric dựa trên hai nhóm năng lực cốt lõi gồm: Năng lực giải quyết vấn đề và năng lực thiết kế kỹ thuật. Mỗi nhóm năng lực được cụ thể hóa thành các tiêu chí đánh giá gắn với đặc thù của ngành Kỹ thuật điện. Rubric được thiết kế theo thang đo bốn mức (từ 1 đến 4), trong đó mỗi mức phản ánh mức độ đạt

được của sinh viên từ thấp đến cao, giúp phân hóa rõ năng lực người học (xem Bảng 9).

Độ tin cậy được kiểm định bằng hệ số Cronbach's alpha. Dữ liệu sau đó được xử lý bằng các thống kê như giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và kiểm định T-test nhằm xác định mức độ tác động của mô hình đến sự phát triển năng lực.

b. Kết quả học tập của sinh viên

Kết quả học tập của sinh viên được phân tích thông qua phân bố điểm chữ theo thang đánh giá của học phần (A+, A, B+, B, C+, C, D và F), nhằm so sánh mức độ đạt chuẩn đầu ra giữa nhóm thực nghiệm (áp dụng mô hình i-STEM (PD)) và nhóm đối chứng (dạy học theo phương pháp truyền thống).



Hình 3: Phổ điểm học tập của sinh viên

Bảng 9: Rubric đánh giá năng lực giải quyết vấn đề và thiết kế kỹ thuật

Nhóm năng lực	Tiêu chí	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
Giải quyết vấn đề	Xác định vấn đề kỹ thuật	Xác định sai hoặc không rõ yêu cầu	Xác định được một phần yêu cầu nhưng chưa đầy đủ	Xác định đúng yêu cầu kỹ thuật	Xác định đầy đủ, rõ ràng và phân tích được các ràng buộc
	Phân tích yêu cầu và ràng buộc	Không phân tích được	Phân tích còn thiếu hoặc chưa chính xác	Phân tích đúng các yếu tố chính	Phân tích đầy đủ, có lập luận và liên hệ thực tiễn
	Đề xuất giải pháp	Không đề xuất được giải pháp phù hợp	Đề xuất giải pháp nhưng thiếu tính khả thi	Đề xuất giải pháp phù hợp với yêu cầu	Đề xuất giải pháp tối ưu, có so sánh và lựa chọn
Thiết kế kỹ thuật	Thực hiện quy trình EDP	Không tuân thủ quy trình	Thực hiện chưa đầy đủ các bước	Thực hiện đầy đủ các bước cơ bản	Thực hiện linh hoạt, có điều chỉnh theo kết quả thử nghiệm
	Thiết kế và chế tạo	Không có thiết kế hoặc sản phẩm không hoàn thành	Thiết kế chưa hoàn chỉnh, sản phẩm hoạt động chưa ổn định	Thiết kế đúng, sản phẩm hoạt động đạt yêu cầu	Thiết kế tối ưu, sản phẩm hoạt động tốt và ổn định
	Thử nghiệm và cải tiến	Không thử nghiệm hoặc không cải tiến	Có thử nghiệm nhưng chưa phân tích rõ kết quả	Thử nghiệm và có điều chỉnh phù hợp	Thử nghiệm có hệ thống, cải tiến hiệu quả dựa trên dữ liệu

Phân tích phổ điểm cho thấy sự dịch chuyển rõ rệt về phía các mức điểm cao ở nhóm thực nghiệm. Tỷ lệ đạt từ B+ trở lên cao hơn đáng kể, tập trung ở A, A+, trong khi nhóm đối chứng chủ yếu ở B-B+ và vẫn xuất hiện mức C+. Nhóm thực nghiệm không có trường hợp C+, cho thấy xu hướng giảm kết quả ở mức thấp.

Xu hướng này phản ánh tác động tích cực của i-STEM (PD), đặc biệt trong việc hỗ trợ sinh viên đạt mức độ nhận thức và vận dụng cao hơn thông qua các nhiệm vụ dự án gắn với quy trình thiết kế kỹ thuật.

Tuy nhiên, cần kiểm định suy luận (như T-test) để xác nhận ý nghĩa thống kê của sự khác biệt, từ đó củng cố kết luận về hiệu quả mô hình.

c. Kết quả đánh giá năng lực giải quyết vấn đề và thiết kế kỹ thuật

Kết quả cho thấy, năng lực giải quyết vấn đề của sinh viên được cải thiện rõ rệt sau thực nghiệm. Điểm trung bình tăng từ 5,81 (SD = 0,83) lên 7,44 (SD = 0,79), phản ánh sự tiến bộ trong việc xác định vấn đề kỹ thuật, phân tích yêu cầu và đề xuất giải pháp. Đối với năng lực thiết kế kỹ thuật, điểm trung bình tăng từ 5,63 (SD = 0,90) lên 7,58 (SD = 0,74), cho thấy sinh viên thực hiện tốt hơn các bước của quy trình thiết kế kỹ thuật như thiết kế, chế tạo, thử nghiệm và cải tiến sản phẩm. Để xác định mức độ khác biệt trước và sau thực nghiệm, nghiên cứu sử dụng kiểm định T-test cặp (Paired Samples T-test). Kết quả kiểm định được trình bày trong Bảng 10.

Kết quả kiểm định *Paired samples T-test* cho thấy sự khác biệt trước-sau thực nghiệm ở cả hai năng lực đều có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$), khẳng định hiệu

quả của can thiệp. Mức tăng của năng lực thiết kế kỹ thuật ($\Delta = 1,95$) cao hơn năng lực giải quyết vấn đề ($\Delta = 1,63$), cho thấy mô hình i-STEM (PD) tác động mạnh hơn đến năng lực thiết kế. Kết quả này phù hợp với đặc trưng của mô hình, khi quy trình thiết kế kỹ thuật (EDP) giữ vai trò trung tâm, định hướng học tập theo chu trình thiết kế – thử nghiệm – cải tiến.

d. Thái độ học tập của sinh viên đối với mô hình i-STEM

Bên cạnh việc đánh giá sự phát triển năng lực, nghiên cứu tiến hành khảo sát thái độ học tập của sinh viên nhằm xác định mức độ hứng thú và cảm nhận về hiệu quả của mô hình i-STEM (PD). Bảng hỏi sử dụng thang đo Likert 5 mức (từ 1 – hoàn toàn không đồng ý đến 5 – hoàn toàn đồng ý) được phát cho 50 sinh viên sau khi kết thúc thực nghiệm. Các biến quan sát (A1–A8) được thiết kế để phản ánh các khía cạnh cốt lõi của mô hình, bao gồm: (A1–A2) hứng thú và động cơ học tập; (A3–A4) mức độ tham gia và tính chủ động trong học tập theo dự án (PBL); (A5–A6) hiệu quả hợp tác và giao tiếp trong làm việc nhóm; (A7) vai trò của quy trình thiết kế kỹ thuật (EDP) trong việc hỗ trợ học tập và (A8) nhận thức về tính hữu ích cũng như mong muốn tiếp tục học tập theo mô hình i-STEM.

Kết quả ở Bảng 11 cho thấy, điểm trung bình các biến từ 4,14–4,48, phản ánh thái độ tích cực của sinh viên đối với mô hình i-STEM (PD). Các biến A2, A1 và A8 đạt cao nhất, cho thấy việc tích hợp PBL–EDP giúp tăng hứng thú, làm rõ mối liên hệ lý thuyết–thực tiễn và nâng cao nhận thức về tính ứng dụng của kiến thức kỹ thuật.

Các biến A5–A6 khẳng định hiệu quả trong phát

Bảng 10: So sánh kết quả đánh giá năng lực trước và sau thực nghiệm

Năng lực	Trước thực nghiệm (Mean $\pm$ SD)	Sau thực nghiệm (Mean $\pm$ SD)	Δ	t	p
Giải quyết vấn đề	5,81 $\pm$ 0,83	7,44 $\pm$ 0,79	1,63	-9,42	<0,05
Thiết kế kỹ thuật	5,63 $\pm$ 0,90	7,58 $\pm$ 0,74	1,95	-10,15	<0,05

Bảng 11: Kết quả thống kê mô tả thái độ học tập của sinh viên ($n = 50$)

Nội dung	Điểm TB	SD	Nội dung	Điểm TB	SD
A1	4,32	0,61	A5	4,14	0,65
A2	4,46	0,54	A6	4,36	0,57
A3	4,18	0,67	A7	4,22	0,62
A4	4,28	0,59	A8	4,48	0,51

triển kĩ năng hợp tác và giao tiếp, trong khi A7 nhấn mạnh vai trò định hướng của EDP thông qua chu trình thiết kế – thử nghiệm – cải tiến, góp phần củng cố tư duy kĩ thuật và duy trì sự tham gia.

Tổng thể, kết quả cung cấp bằng chứng thực nghiệm rằng i-STEM (PD) không chỉ nâng cao năng lực giải quyết vấn đề và thiết kế kĩ thuật mà còn thúc đẩy động lực học tập. Tuy nhiên, cần mở rộng quy mô mẫu để tăng tính khái quát.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã đề xuất và kiểm chứng mô hình i-STEM (PD) trong đào tạo ngành Kỹ thuật điện, với điểm mới nằm ở sự tích hợp có hệ thống giữa học tập dựa trên dự án (PBL) và quy trình thiết kế kĩ thuật (EDP) nhằm phát triển đồng thời hai năng lực cốt lõi: Giải quyết vấn đề và thiết kế kĩ thuật. Khác với các tiếp cận trước chủ yếu dừng ở mức tích hợp nội dung STEM, mô hình i-STEM (PD) được cụ thể hóa thông qua cấu trúc năng lực đặc thù ngành, quy trình tổ chức dạy học và hệ thống công cụ đánh giá định lượng.

Kết quả thực nghiệm bước đầu cho thấy mô hình

có tác động tích cực và có ý nghĩa thống kê đến sự phát triển năng lực của sinh viên, đặc biệt là năng lực thiết kế kĩ thuật. Đồng thời, kết quả học tập và thái độ học tập của sinh viên cũng được cải thiện rõ rệt, thể hiện qua sự dịch chuyển phổ điểm theo hướng tích cực và mức độ hứng thú cao đối với các hoạt động học tập gắn với thực tiễn kĩ thuật.

Về ý nghĩa lí luận, nghiên cứu góp phần làm rõ cơ chế phát triển năng lực trong dạy học STEM ở bậc đại học thông qua việc gắn kết PBL với EDP trong một mô hình tích hợp. Về ý nghĩa thực tiễn, mô hình i-STEM (PD) cung cấp một khung triển khai khả thi cho giảng dạy các học phần kĩ thuật, đồng thời đề xuất hệ thống công cụ đánh giá có độ tin cậy, có thể áp dụng và điều chỉnh trong các bối cảnh đào tạo kĩ thuật tương tự.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn Trường Đại học Hải Dương, lớp Kỹ thuật điện K12.KTĐ và Đại học liên thông K13LT.KTĐ với các giảng viên chuyên ngành và các chuyên gia Giáo dục đã hoàn thành công tác giảng dạy thực nghiệm và khảo sát.

Tài liệu tham khảo

- Akgunduz, D. (2016). A research about the placement of the top 1000 students in STEM fields and variables affecting their STEM career choices. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(5), pp.1365–1377.
- Borrego, M. & Henderson, C. (2014). Increasing the use of evidence-based teaching in STEM higher education. *Journal of Engineering Education*, 103(2), pp.220–252.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C. & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), pp.3–11.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Carnevale, A. P., Smith, N. & Melton, M. (2011). *STEM: Science, technology, engineering, mathematics*. Georgetown University Center on Education and the Workforce.
- Chai, C. S. (2019). Teacher professional development for STEM education: A review of empirical studies. *Educational Technology & Society*, 22(3), pp.1–11.
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S. & Brodeur, D. R. (2014). *Rethinking engineering education: The CDIO approach* (2nd ed.). Springer.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D. & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), pp.103–120.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), pp.8410–8415.
- Gao, X., Li, P., Shen, J. & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7(1), Article 24.
- Han, S., Capraro, R. & Capraro, M. M. (2015). How STEM project-based learning affects high-need students in the U.S. *The Journal of Educational Research*, 108(1), pp.63–77.
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Hsu, Y. S., Lin, Y. H. & Yang, B. (2022). Impact of self-regulated learning goals on students' video-based learning in a STEM context. *Journal of Science Education and Technology*, 31, pp.356–368.
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 11.
- Kolmos, A., de Graaff, E. & Du, X. (2009). Diversity of problem-based learning: Learning principles and models. *International Journal of Engineering Education*, 25(5), pp.798–806.