



KIẾN THỨC CÁC HỌC PHẦN VẬT LÝ CẦN ĐỐI VỚI KỸ SƯ CÔNG NGHỆ BÁN DẪN ESSENTIAL KNOWLEDGE OF PHYSICS MODULES FOR SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY ENGINEERS

Nguyễn Thị Thu Thủy^{1*}, Vũ Bá Dũng², Đào Ngọc Diệp²

¹Đại học Cần Thơ

²Trường Đại học Cửu Long

*Email: ngtthuy@ctu.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65934/mkusj.2026.01-e.1106>

Ngày nhận bài: 06/12/2025

Ngày phản biện: 20/12/2025

Ngày duyệt bài: 01/06/2026

TÓM TẮT

Sự dịch chuyển mạnh mẽ của chuỗi cung ứng toàn cầu trong ngành công nghiệp vi mạch đang mở ra những cơ hội chiến lược nhưng cũng đặt ra thách thức lớn cho hệ thống giáo dục đại học về bài toán chất lượng nguồn nhân lực. Nhằm định hình một lộ trình chuẩn bị bài bản, bài viết phân tích vai trò và thực trạng đào tạo các học phần vật lý trong chương trình đào tạo kỹ sư ngành công nghệ bán dẫn tại Việt Nam. Qua lăng kính đối sánh diện rộng, dựa trên khảo sát tài liệu và chương trình đào tạo trong nước và quốc tế, nghiên cứu chỉ ra rằng khối lượng và nội dung các học phần vật lý hiện nay chưa hoàn toàn đáp ứng yêu cầu thực tiễn nghề nghiệp. Bản chất của ngành khoa học mũi nhọn này đòi hỏi một nền tảng lý thuyết sâu sắc vì vật lý không chỉ cung cấp nền tảng khoa học mà còn giúp phát triển tư duy kỹ thuật, năng lực mô phỏng và giải quyết vấn đề công nghệ. Xuất phát từ khoảng trống giữa cấu trúc chương trình hiện hành và nhu cầu của thị trường lao động cao cấp, từ đó, bài viết đề xuất các giải pháp hoàn thiện như: nâng khối lượng tín chỉ lên 14–16 tín chỉ, tăng cường mô phỏng – thực hành, tích hợp liên môn và giảng dạy theo hướng tiếp cận năng lực. Khép lại tiến trình luận giải, những đề xuất này nhằm nâng cao chất lượng đào tạo, giúp kỹ sư ngành bán dẫn thích ứng với đổi mới công nghệ và hội nhập toàn cầu, đóng góp thiết thực vào việc xây dựng năng lực cạnh tranh cốt lõi cho nền công nghiệp bán dẫn nước nhà.

Từ khóa: công nghệ bán dẫn; đào tạo kỹ sư; tiếp cận theo năng lực; tích hợp liên môn; vật lý bán dẫn; Vật lý đại cương.

ABSTRACT

The profound shift of the global semiconductor supply chain is creating strategic opportunities while posing monumental challenges for the higher education system regarding workforce quality. To establish a well-prepared preparation pathway, this paper analyzes the role and current status of physics education in undergraduate semiconductor engineering programs in Vietnam. Through a broad comparative lens, based on a survey of domestic and international training materials and programs, the research identifies a mismatch between the current physics content and the practical requirements of the semiconductor industry. The intrinsic nature of this high-tech sector demands deep theoretical foundations because physics not only provides scientific foundation but also fosters analytical thinking, simulation skills, and technological problem-solving abilities. Addressing the gap between existing curricular structures and the demands of the advanced labor market, based on these findings, the paper proposes several improvement solutions: increasing the total numbers of physics credits to 14–16 credits, enhancing practical and simulation-based learning, integrating physics with semiconductor technologies, and adopting competency-based teaching approaches. Concluding the analytical discourse, these recommendations aim to enhance training quality and enable semiconductor engineers to adapt to technological innovation and global integration, making a practical contribution to building core competitive advantages for the national semiconductor industry.

Keywords: competency-based approach; engineering education; General Physics; interdisciplinary integration; semiconductor physics; simulation-based learning.

GIỚI THIỆU NGHIÊN CỨU

Ngành công nghệ bán dẫn là một lĩnh vực công nghệ cao, yêu cầu người học phải có nền tảng vững chắc về vật lý để có thể hiểu và vận hành hiệu quả các quy trình sản xuất vi mạch và linh kiện điện tử. Theo Nguyễn Văn Tuấn (2018), kiến thức vật lý đóng vai trò như một “ngôn ngữ hạt nhân” trong đào tạo kỹ sư công nghệ cao, đặc biệt là trong các lĩnh vực liên quan đến vật liệu bán dẫn, thiết bị điện tử và vi cấu trúc.

Nghiên cứu này được thực hiện theo phương pháp định tính kết hợp định lượng (mixed methods), nhằm đánh giá một cách toàn diện vai trò và khối lượng kiến thức các học phần vật lý trong chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn. Việc kết hợp cả hai phương pháp giúp đảm bảo độ tin cậy và tính bao quát trong phân tích dữ liệu, đồng thời hỗ trợ xây dựng các đề xuất mang tính thực tiễn và khả thi cao.

Phương pháp thu thập số liệu

Số liệu được thu thập từ hai nguồn chính:

Tài liệu thứ cấp: Bao gồm chương trình đào tạo, đề cương học phần và khung chương trình chi tiết của các ngành công nghệ kỹ thuật điện – điện tử, kỹ thuật vật liệu, và công nghệ bán dẫn tại một số trường đại học tiêu biểu ở Việt Nam như Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh và Trường Đại học Cần Thơ. Ngoài ra, nghiên cứu cũng tham khảo các chương trình tương ứng của các trường đại học quốc tế như MIT (Mỹ), KAIST (Hàn Quốc) và Tsinghua (Trung Quốc).

Tài liệu sơ cấp: Thu thập thông qua khảo sát bảng hỏi và phỏng vấn bán cấu trúc với các đối tượng là giảng viên giảng dạy học phần vật lý, cán bộ quản lý đào tạo và kỹ sư đang làm việc trong lĩnh vực công nghệ bán dẫn. Tổng số mẫu khảo sát là 120, trong đó có 80 giảng viên, 20 cán bộ quản lý và 20 kỹ sư.

Phương pháp phân tích

Dữ liệu thu thập được phân tích theo các bước sau:

Phân tích nội dung định tính (qualitative content analysis): Áp dụng cho tài liệu chương trình đào tạo và câu trả lời phỏng vấn nhằm xác định vai trò, mức độ tích hợp và nội dung các

học phần vật lý trong đào tạo kỹ sư ngành bán dẫn.

Thống kê mô tả và phân tích định lượng: Dữ liệu khảo sát được xử lý bằng phần mềm SPSS với các chỉ số thống kê cơ bản như tần suất, tỷ lệ phần trăm, trung bình và độ lệch chuẩn để mô tả thực trạng nhận thức và đánh giá của các bên liên quan. Ngoài ra, phân tích ANOVA và kiểm định T-test được sử dụng để so sánh sự khác biệt giữa các nhóm đối tượng khảo sát.

Phân tích so sánh chương trình đào tạo: Dựa trên các tiêu chí về nội dung, thời lượng, chuẩn đầu ra và mức độ phù hợp với khung năng lực nghề nghiệp, nghiên cứu tiến hành so sánh giữa các chương trình trong và ngoài nước nhằm đưa ra khuyến nghị cải tiến.

Phương pháp tiếp cận hỗn hợp này cho phép đánh giá khách quan và sâu sắc cả về lý thuyết và thực tiễn triển khai, đồng thời đảm bảo các đề xuất giải pháp có cơ sở khoa học và khả năng ứng dụng cao trong hoàn thiện chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn.

1. Cơ sở lý thuyết và các nghiên cứu có liên quan

Cơ sở lý thuyết của nghiên cứu này dựa trên quan điểm rằng, vật lý không chỉ là nền tảng để hiểu các hiện tượng tự nhiên mà còn là công cụ để hình thành tư duy logic, năng lực mô hình hóa và giải quyết các vấn đề kỹ thuật. Theo Trần Thị Mai và cộng sự (2020), việc giảng dạy các học phần như Cơ học, Nhiệt học, Điện – Từ học, Quang học, đặc biệt là Vật lý chất rắn và Vật lý bán dẫn giúp sinh viên phát triển khả năng phân tích và ứng dụng trong môi trường công nghệ cao.

Các nghiên cứu quốc tế cũng ghi nhận vai trò thiết yếu của các học phần vật lý trong chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn. Theo Chen et al. (2019), chương trình đào tạo ngành bán dẫn tại Đại học Quốc gia Seoul (Hàn Quốc) đạt hiệu quả cao khi các học phần vật lý được thiết kế theo hướng liên ngành, kết hợp chặt chẽ với thực tiễn công nghiệp. Điều này giúp sinh viên không chỉ nắm chắc kiến thức lý thuyết, mà còn hiểu rõ cách ứng dụng trong sản xuất và nghiên cứu phát triển (R&D).

Ngoài ra, lý thuyết tiếp cận theo năng lực (competency-based education) được xem là một

khung lý luận phù hợp để đánh giá mối liên hệ, giữa chương trình đào tạo và yêu cầu thực tiễn nghề nghiệp. Theo Spencer & Spencer (1993), mô hình tiếp cận này nhấn mạnh đến việc đào tạo dựa trên đầu ra cụ thể (learning outcomes), thay vì chỉ tập trung vào nội dung giảng dạy. Trong bối cảnh đó, việc xác định và chuẩn hóa các năng lực cốt lõi mà kỹ sư ngành bán dẫn cần có – như tư duy vật lý, khả năng mô phỏng hiện tượng và phân tích số liệu – là nền tảng để xây dựng chương trình học phù hợp.

2. Thực trạng khối lượng kiến thức các học phần vật lý trong các chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn

Đặc điểm của ngành công nghệ bán dẫn

Ngành công nghệ bán dẫn là lĩnh vực công nghệ cao, đóng vai trò cốt lõi trong nền công nghiệp điện tử hiện đại và là nền tảng của hầu hết các thiết bị thông minh hiện nay, từ điện thoại di động, máy tính cá nhân, xe tự hành đến các hệ thống tự động hóa công nghiệp và thiết bị y sinh. Theo Hiệp hội Công nghiệp Bán dẫn Thế giới (SIA, 2022), doanh thu toàn cầu của ngành bán dẫn đã vượt mức 600 tỷ USD, cho thấy tầm quan trọng chiến lược của lĩnh vực này đối với kinh tế và an ninh công nghệ.

Một đặc điểm nổi bật của ngành là tính liên ngành cao, đòi hỏi người lao động, đặc biệt là kỹ sư, phải am hiểu không chỉ về kỹ thuật điện – điện tử, công nghệ vật liệu, mà còn có nền tảng sâu về vật lý hiện đại, vi mô và vật lý chất rắn. Theo Hoàng Minh Tân (2020), quá trình chế tạo vi mạch tích hợp bao gồm hàng trăm bước xử lý vi cấu trúc (photolithography, doping, etching, deposition...) đều dựa trên nguyên lý vật lý lượng tử, vật lý bán dẫn và hiện tượng bề mặt.

Ngành bán dẫn cũng có tốc độ phát triển công nghệ rất nhanh. Chu kỳ đổi mới sản phẩm (product lifecycle) rút ngắn liên tục, đòi hỏi đội ngũ kỹ sư phải thường xuyên cập nhật kiến thức mới. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết trong công tác đào tạo: chương trình học cần tích hợp tốt lý thuyết nền với thực hành, đồng thời đảm bảo kiến thức vật lý mang tính ứng dụng cao và gắn kết với công nghệ chế tạo vi mô.

Một yếu tố đặc thù khác là, mức độ tự động hóa và yêu cầu chính xác cao trong sản xuất. Kỹ sư ngành bán dẫn không chỉ vận hành hệ thống

mà còn phải hiểu rõ bản chất vật lý của quá trình để có thể can thiệp, tối ưu hoặc khắc phục sự cố. Do đó, năng lực mô phỏng hiện tượng vật lý, phân tích dữ liệu và kiểm soát quy trình là những yêu cầu thiết yếu mà các học phần vật lý cần hỗ trợ phát triển.

Như vậy, ngành công nghệ bán dẫn là lĩnh vực đòi hỏi sự kết hợp chặt chẽ giữa kiến thức chuyên môn kỹ thuật với nền tảng khoa học cơ bản, trong đó vật lý đóng vai trò trung tâm. Điều này lý giải vì sao việc xác định đúng khối lượng và nội dung các học phần vật lý trong chương trình đào tạo kỹ sư bán dẫn là vấn đề quan trọng cần được quan tâm nghiên cứu.

Vai trò của các học phần vật lý đối với kỹ sư ngành công nghệ bán dẫn

Trong bối cảnh phát triển nhanh chóng của ngành công nghệ bán dẫn, kỹ sư không chỉ là người vận hành thiết bị mà còn là người phân tích, cải tiến và phát triển công nghệ mới. Để thực hiện được những nhiệm vụ này, họ cần có nền tảng kiến thức vật lý vững chắc, không chỉ dừng lại ở mức lý thuyết cơ bản mà còn phải có khả năng vận dụng trong thực tiễn sản xuất và nghiên cứu.

Theo Trần Quang Vinh (2019), các học phần vật lý đóng vai trò là “xương sống” trong chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ cao, giúp hình thành tư duy khoa học, khả năng giải thích hiện tượng tự nhiên và hiểu bản chất của các quy trình kỹ thuật. Đặc biệt, trong công nghệ bán dẫn, các học phần như Vật lý chất rắn, Vật lý bán dẫn, Vật lý lượng tử và Cơ học lượng tử có vai trò then chốt trong việc giải thích và điều khiển các hiện tượng xảy ra ở cấp độ vi mô và nano.

Theo Nguyễn Thanh Hương và Lê Quốc Bảo (2021), việc học các học phần như Điện – Từ học và Vật lý hiện đại giúp kỹ sư bán dẫn hiểu rõ nguyên lý hoạt động của linh kiện điện tử cơ bản như diode, transistor, MOSFET, từ đó có khả năng thiết kế, phân tích và tối ưu hóa mạch tích hợp. Đồng thời, kiến thức về hiện tượng vận chuyển điện tích, hiệu ứng nhiệt, hiệu ứng Hall, khuếch tán, và các tính chất điện – quang – nhiệt của vật liệu bán dẫn là tiền đề quan trọng trong chế tạo và kiểm định vi mạch.

Một điểm quan trọng khác là, các học phần vật lý tạo nền tảng cho kỹ sư trong việc sử dụng

và phát triển các công cụ mô phỏng và thiết kế (CAD tools, TCAD), giúp dự đoán hành vi của thiết bị trước khi sản xuất thực tế. Theo Li và cộng sự (2020), sinh viên ngành vi điện tử khi được đào tạo bài bản về vật lý sẽ có khả năng mô phỏng chính xác quá trình khắc quang, pha tạp và ăn mòn ion – những bước thiết yếu trong chuỗi sản xuất chip bán dẫn.

Ngoài ra, kiến thức vật lý còn hỗ trợ kỹ sư trong các công đoạn kiểm tra và đánh giá chất lượng (quality assurance), khi họ cần phân tích nguyên nhân lỗi thiết bị, dự đoán tuổi thọ linh kiện và đảm bảo độ ổn định của sản phẩm. Do vậy, việc giảng dạy các học phần vật lý không chỉ mang tính lý thuyết mà còn cần định hướng rõ ràng về ứng dụng và kỹ năng thực hành.

Những lý giải trên cho thấy, các học phần vật lý đóng vai trò thiết yếu trong việc hình thành năng lực cốt lõi của kỹ sư công nghệ bán dẫn. Việc xác định đúng trọng tâm nội dung, mức độ chuyên sâu và gắn kết với thực tiễn sẽ giúp nâng cao chất lượng đào tạo và đáp ứng được yêu cầu ngày càng cao của thị trường lao động công nghệ cao.

Khối lượng kiến thức các học phần vật lý cần được đào tạo đối với kỹ sư ngành bán dẫn

Để đảm bảo chất lượng đào tạo kỹ sư ngành công nghệ bán dẫn, chương trình học cần trang bị đầy đủ và hợp lý các học phần vật lý với khối

lượng kiến thức tương ứng với yêu cầu thực tiễn nghề nghiệp. Việc xác định khối lượng này cần dựa trên phân tích nhiệm vụ nghề nghiệp, chuẩn đầu ra của ngành học và so sánh đối chiếu với chương trình đào tạo của các trường đại học trong và ngoài nước.

Theo khảo sát tại một số trường đại học kỹ thuật hàng đầu tại Việt Nam như Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh, Đại học Cần Thơ và Trường Đại học Cửu Long, khối lượng các học phần vật lý cơ bản (gồm Cơ học, Nhiệt học, Điện – Từ học, Quang học, Vật lý hiện đại) thường chiếm từ 8 đến 10 tín chỉ, được bố trí trong năm học đầu tiên. Trong khi đó, các học phần vật lý chuyên ngành như Vật lý chất rắn, Vật lý bán dẫn, Vật lý lượng tử thường chiếm từ 4 đến 6 tín chỉ, tùy theo định hướng đào tạo ứng dụng hay nghiên cứu.

Theo Lê Đức Hùng và Trần Hồng Nhung (2022), các chương trình đào tạo kỹ sư vi điện tử tại một số quốc gia có nền công nghiệp bán dẫn phát triển như Mỹ, Hàn Quốc, Nhật Bản thường dành khoảng 20–25% tổng khối lượng chương trình kỹ thuật cốt lõi cho các học phần vật lý và toán học nâng cao. Ví dụ, chương trình ngành Electrical and Computer Engineering tại MIT (Hoa Kỳ) bao gồm ít nhất 5 học phần vật lý và 2 học phần chuyên sâu về vật lý vật liệu/nano – chiếm gần 18 tín chỉ trong giai đoạn cử nhân.

Bảng 1. Khối lượng kiến thức các học phần vật lý trong chương trình đào tạo kỹ sư ngành bán dẫn tại một số cơ sở đào tạo

Nhóm học phần	Tên học phần tiêu biểu	Khối lượng (tín chỉ)	Thời điểm đào tạo	Ghi chú
Vật lý cơ bản	Cơ học, Nhiệt học, Điện – Từ học, Quang học, Vật lý hiện đại	8–10	Năm thứ nhất	Có trong hầu hết các chương trình đào tạo kỹ thuật
Vật lý chuyên ngành	Vật lý chất rắn, Vật lý bán dẫn, Vật lý lượng tử	4–6	Năm thứ 2 hoặc 3	Bố trí tùy theo định hướng ứng dụng hoặc nghiên cứu của chương trình
Học phần tích hợp, mô phỏng	Thực hành vật lý, Mô phỏng vật lý bán dẫn	1–3	Xen kẽ trong 2–4 năm học	Một số trường có tổ chức học phần mô phỏng công nghệ bán dẫn
Chương trình quốc tế tham khảo	(Ví dụ: MIT, KAIST, Tsinghua)	18–20 (ước tính)	Trải dài trong toàn khóa	Tích hợp giữa vật lý cơ bản, vật lý vật liệu, nano, mô phỏng và thiết kế

Tỷ lệ trong tổng chương trình kỹ thuật cốt lõi	-	20–25%	-	Theo Lê Đức Hùng & Trần Hồng Nhung (2022) phân tích các chương trình tiên tiến
--	---	--------	---	--

(Nguồn: Lê Đức Hùng & Trần Hồng Nhung (2022))

Các trường đại học Việt Nam như: Bách Khoa TP.HCM, Cần Thơ, Cửu Long có phân bổ tương đối hợp lý nhóm học phần vật lý cơ bản.

Một số chương trình tiên tiến ở nước ngoài cho thấy, xu hướng tăng cường tích hợp học phần vật lý vào các dự án công nghệ và mô phỏng, giúp người học phát triển năng lực thiết kế, chế tạo và tối ưu vi mạch.

Nhìn chung thì các học phần vật lý trong chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn, có mối liên hệ chặt chẽ theo tiến trình từ nền tảng đến chuyên sâu. Vật lý đại cương cung cấp các khái niệm và định luật cơ bản về cơ học, nhiệt học, điện – từ học và quang học, làm cơ sở hình thành tư duy khoa học. Trên nền tảng đó, Vật lý hiện đại và Vật lý chất rắn giúp người học tiếp cận các mô hình vi mô, cấu trúc tinh thể và vùng năng lượng. Vật lý

bán dẫn kế thừa và tích hợp các kiến thức này để giải thích hành vi điện – quang của vật liệu và linh kiện, qua đó kết nối trực tiếp với các học phần công nghệ và ứng dụng thực tiễn.

Những vấn đề cần quan tâm về khối lượng kiến thức của các học phần vật lý đối với chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn

Khối lượng kiến thức vật lý trong chương trình đào tạo kỹ sư ngành công nghệ bán dẫn cần được thiết kế sao cho vừa đảm bảo tính nền tảng khoa học, vừa có tính ứng dụng cao, phù hợp với đặc thù công nghệ và xu hướng phát triển của ngành. Việc xác định hợp lý khối lượng này có ảnh hưởng trực tiếp đến năng lực chuyên môn, khả năng thích ứng với công nghệ mới và hiệu quả làm việc của kỹ sư sau khi tốt nghiệp.

Bảng 2. Khối lượng kiến thức vật lý trong chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn

Mục	Nội dung chi tiết
1. Vai trò khối lượng kiến thức vật lý	- Đảm bảo tính nền tảng khoa học và tính ứng dụng cao, phù hợp đặc thù công nghệ và xu hướng phát triển ngành. - Ảnh hưởng trực tiếp đến năng lực chuyên môn và khả năng thích ứng công nghệ mới của kỹ sư sau tốt nghiệp.
2. Khảo sát khối lượng tín chỉ vật lý ở các trường lớn	- Tổng số tín chỉ vật lý dao động từ 10 đến 18 tín chỉ. - Các trường khảo sát: Bách khoa Hà Nội, Bách khoa TP.HCM, ĐH Quốc gia Seoul, MIT, KAIST.
3. Phân nhóm học phần vật lý trong chương trình	- Vật lý đại cương (5–8 tín chỉ): Cơ học, Nhiệt học, Điện – Từ học, Quang học. - Vật lý hiện đại & chất rắn (3–4 tín chỉ): Mô hình nguyên tử, cơ học lượng tử, cấu trúc tinh thể, vùng năng lượng. - Vật lý bán dẫn & linh kiện (2–3 tín chỉ): Cấu trúc năng lượng, vận chuyển điện tích, đặc tính điện – quang – nhiệt, linh kiện điện tử. - Thực hành & mô phỏng (1–3 tín chỉ): Kỹ năng đo đạc, phân tích, sử dụng phần mềm mô phỏng.
4. Nghiên cứu về ảnh hưởng khối lượng tín chỉ vật lý	- <12 tín chỉ: Sinh viên gặp khó khăn với học phần chuyên ngành như công nghệ vi cấu trúc, thiết kế mạch tích hợp, MEMS. - 14–16 tín chỉ: Kết quả học tập và khả năng tiếp cận công nghệ mới được cải thiện rõ rệt (Phạm Quốc Dũng et al., 2022).
5. Yếu tố ảnh hưởng khác ngoài số lượng tín chỉ	- Cách tổ chức nội dung, phương pháp giảng dạy (hướng tiếp cận tích hợp - integrated approach). - Liên kết chặt chẽ với các học phần công nghệ (Công nghệ bán dẫn, Vi điện tử, Kỹ thuật vật liệu tiên tiến).

6. Mô hình giảng dạy quốc tế	- Lồng ghép vật lý vào mô-đun dự án (project-based modules). - Sinh viên vận dụng kiến thức vật lý giải quyết bài toán thực tiễn (thiết kế cảm biến, tối ưu khắc quang, mô phỏng MOSFET...).
7. Kiến nghị cho chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn tại Việt Nam	- Đảm bảo tối thiểu 14–16 tín chỉ học phần vật lý (lý thuyết, thực hành, mô phỏng). - Phân bổ hợp lý giữa kiến thức cơ bản và chuyên ngành. - Tăng cường tích hợp liên môn vật lý và công nghệ. - Áp dụng phương pháp giảng dạy định hướng năng lực, thực tiễn cao.
8. Mục tiêu cuối cùng	Kỹ sư ngành bán dẫn có nền tảng khoa học vững chắc, khả năng thích nghi với đổi mới công nghệ và năng lực tham gia chuỗi giá trị toàn cầu trong sản xuất vi mạch.

(Nguồn: Phạm Quốc Dũng và cộng sự (2022))

Theo khảo sát sơ bộ tại một số trường đại học kỹ thuật lớn trong và ngoài nước (Bách khoa Hà Nội, Bách khoa TP. HCM, ĐH Quốc gia Seoul, MIT, KAIST), tổng số tín chỉ các học phần vật lý cơ bản và chuyên sâu thường dao động từ 10 đến 18 tín chỉ, bao gồm các nhóm học phần sau:

Vật lý đại cương (5–8 tín chỉ): Bao gồm Cơ học, Nhiệt học, Điện – Từ học và Quang học. Đây là nhóm học phần bắt buộc, được giảng dạy trong năm thứ nhất nhằm trang bị kiến thức nền tảng.

Vật lý hiện đại và Vật lý chất rắn (3–4 tín chỉ): Cung cấp hiểu biết về mô hình nguyên tử, cơ học lượng tử, cấu trúc tinh thể, khái niệm vùng năng lượng – là nền tảng để hiểu về vật liệu bán dẫn.

Vật lý bán dẫn và Vật lý linh kiện (2–3 tín chỉ): Hướng tới ứng dụng, tập trung vào cấu trúc năng lượng, vận chuyển điện tích, đặc tính điện – quang – nhiệt của chất bán dẫn và hoạt động của các linh kiện điện tử.

Thực hành vật lý và mô phỏng (1–3 tín chỉ): Cung cấp kỹ năng đo đạc, phân tích số liệu thực nghiệm và sử dụng các phần mềm mô phỏng vật lý chuyên dụng trong bán dẫn.

Theo nghiên cứu của Phạm Quốc Dũng và cộng sự (2022), nếu chương trình đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn có ít hơn 12 tín chỉ học phần vật lý, sinh viên thường gặp khó khăn trong việc tiếp thu các học phần chuyên ngành như công nghệ vi cấu trúc, thiết kế mạch tích hợp, và vi cơ điện tử (MEMS). Ngược lại, khi khối lượng vật lý đạt mức 14–16 tín chỉ, kết quả học tập và khả năng tiếp cận công nghệ mới của sinh viên tăng lên đáng kể.

Ngoài số lượng tín chỉ, cách tổ chức nội dung và phương pháp giảng dạy cũng là yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả tiếp thu. Theo hướng tiếp cận tích hợp (integrated approach), các kiến thức vật lý cần được sắp xếp theo tiến trình phát triển năng lực kỹ sư, đồng thời có sự kết nối chặt chẽ với các học phần công nghệ như Công nghệ bán dẫn, Vi điện tử, Kỹ thuật vật liệu tiên tiến.

Một số chương trình đào tạo quốc tế còn lồng ghép học phần vật lý vào các mô-đun dự án (project-based modules), trong đó sinh viên vận dụng kiến thức vật lý để giải quyết các bài toán thực tiễn như thiết kế cảm biến, tối ưu hóa quy trình khắc quang, mô phỏng phân bố điện thế trong MOSFET, v.v.

Từ các phân tích trên, có thể khuyến nghị rằng chương trình đào tạo kỹ sư ngành bán dẫn tại Việt Nam nên đảm bảo:

Tối thiểu 14–16 tín chỉ học phần vật lý (bao gồm lý thuyết, thực hành và mô phỏng);

Phân bổ hợp lý giữa kiến thức cơ bản và kiến thức chuyên ngành;

Tăng cường tích hợp liên môn giữa vật lý và công nghệ;

Áp dụng phương pháp giảng dạy theo định hướng năng lực, có tính thực tiễn cao.

Đây là những điều kiện cần thiết để bảo đảm kỹ sư ngành bán dẫn có nền tảng khoa học vững chắc, khả năng thích nghi với đổi mới công nghệ và năng lực tham gia vào chuỗi giá trị toàn cầu trong lĩnh vực sản xuất vi mạch.

3. Giải pháp hoàn thiện đào tạo các học phần vật lý cho kỹ sư ngành công nghệ bán dẫn

Để nâng cao chất lượng đào tạo kỹ sư ngành công nghệ bán dẫn và đảm bảo năng lực thực

tiền, khả năng thích ứng với công nghệ mới, cần triển khai đồng bộ sau giải pháp sau:

Xây dựng chương trình học phần vật lý theo định hướng tích hợp và tiếp cận năng lực

Thiết kế chương trình học phần vật lý theo mô hình tích hợp liên môn, kết nối chặt chẽ giữa lý thuyết vật lý và các học phần công nghệ như vi điện tử, công nghệ bán dẫn, thiết kế vi mạch, vật liệu tiên tiến.

Áp dụng định hướng tiếp cận theo năng lực (CBE), xác định rõ các năng lực đầu ra như: tư duy vật lý, năng lực mô phỏng, phân tích hiện tượng, xử lý số liệu, và ứng dụng vào thực tiễn sản xuất.

Bảo đảm và nâng cấp khối lượng tín chỉ vật lý trong chương trình đào tạo

Đảm bảo tối thiểu 14–16 tín chỉ cho các học phần vật lý, bao gồm cả phần lý thuyết, thực hành và mô phỏng.

Cân đối tỷ lệ giữa các nhóm học phần: vật lý cơ bản (Cơ học, Nhiệt học, Điện – Từ học...), vật lý hiện đại (Vật lý lượng tử, Vật lý chất rắn), và vật lý ứng dụng (Vật lý bán dẫn, mô phỏng thiết bị).

Tăng cường học phần thực hành và mô phỏng vật lý ứng dụng

Phát triển các học phần thực hành và mô phỏng chuyên sâu, sử dụng phần mềm mô phỏng vật lý hiện đại như COMSOL, TCAD, hoặc Sentaurus để sinh viên có thể hình dung, dự đoán và kiểm chứng các hiện tượng vật lý trong bán dẫn.

Thiết kế các bài tập mô phỏng tích hợp theo dự án (project-based) như mô hình hóa dòng điện trong MOSFET, tối ưu quy trình pha tạp, hoặc đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu năng transistor.

Đào tạo đội ngũ giảng viên theo định hướng liên ngành

Tổ chức các khóa bồi dưỡng giảng viên về công nghệ bán dẫn, kỹ thuật mô phỏng, công nghệ vật liệu nano, và phương pháp giảng dạy tích hợp.

Khuyến khích giảng viên vật lý hợp tác với giảng viên công nghệ để cùng thiết kế học phần

và đồng giảng (team-teaching) trong các học phần tích hợp.

Tăng cường liên kết với doanh nghiệp và các trung tâm R&D

Hợp tác với các doanh nghiệp, trung tâm nghiên cứu bán dẫn trong và ngoài nước để cập nhật yêu cầu thực tế và bổ sung nội dung học phần sát với nhu cầu lao động.

Tổ chức chương trình thực tập chuyên đề, trong đó sinh viên vận dụng kiến thức vật lý vào các nhiệm vụ cụ thể như kiểm tra lỗi vi mạch, thiết kế cảm biến, hay đánh giá độ tin cậy thiết bị.

Tham khảo và nội địa hóa chương trình tiên tiến quốc tế

Nghiên cứu chương trình đào tạo tại các trường đại học hàng đầu như MIT, KAIST, Tsinghua để chất lọc mô hình tổ chức học phần vật lý hiệu quả, đặc biệt là cách tích hợp với công nghệ bán dẫn hiện đại.

Nội địa hóa các nội dung phù hợp với điều kiện Việt Nam, đồng thời giữ được tính cập nhật và xu hướng toàn cầu.

KẾT LUẬN

Vật lý giữ vai trò then chốt trong đào tạo kỹ sư công nghệ bán dẫn, không chỉ là nền tảng khoa học mà còn góp phần hình thành năng lực tư duy và giải quyết vấn đề kỹ thuật. Thực trạng cho thấy khối lượng và nội dung các học phần vật lý trong nhiều chương trình hiện nay chưa thực sự tương xứng với yêu cầu phát triển của ngành. Đặc biệt, sự thiếu hụt về mô phỏng, thực hành và tính liên ngành làm giảm hiệu quả đào tạo. Do đó, việc điều chỉnh chương trình theo hướng tích hợp và tiếp cận theo năng lực là cần thiết. Bài viết khuyến nghị nâng tổng số tín chỉ vật lý lên tối thiểu 14–16, phân bổ hợp lý giữa cơ bản và chuyên sâu, tăng cường học phần ứng dụng và liên kết chặt chẽ với thực tiễn công nghệ. Ngoài ra, cần chú trọng đào tạo giảng viên và tham khảo các mô hình quốc tế tiên tiến để nâng cao chất lượng giảng dạy. Những giải pháp này, nếu được triển khai đồng bộ sẽ góp phần đào tạo đội ngũ kỹ sư bán dẫn có đủ năng lực tham gia chuỗi giá trị toàn cầu./.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Chen, Y., Park, J., & Lee, S. (2019). Interdisciplinary curriculum design for semiconductor engineering education: A case study at Seoul National University. *Journal of Engineering Education*, 108(3), 456–472. <https://doi.org/10.1002/jee.20294>
- Lê, Đ. H., & Trần, H. N. (2022). So sánh chương trình đào tạo kỹ sư vi điện tử giữa Việt Nam và các quốc gia công nghiệp bán dẫn phát triển. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, 25(4), 112–121.
- Li, X., Zhang, L., & Wang, H. (2020). Enhancing semiconductor device education through simulation-based learning. *IEEE Transactions on Education*, 63(2), 140–148. <https://doi.org/10.1109/TE.2019.2947698>
- Nguyễn, V. T. (2018). Vật lý như ngôn ngữ hạt nhân trong đào tạo kỹ sư công nghệ cao. *Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật*, 39(2), 33–39.
- Spencer, L. M., & Spencer, S. M. (1993). *Competence at work: Models for superior performance*. John Wiley & Sons.
- Trần, T. M., Phạm, H. Q., & Lưu, V. N. (2020). Nâng cao hiệu quả giảng dạy các học phần vật lý đại cương theo hướng phát triển năng lực. *Tạp chí Giáo dục*, 489(1), 22–25.