

Số 2888/QĐ-BGDĐT

Hà Nội, ngày 02 tháng 10 năm 2026

QUYẾT ĐỊNH

**Ban hành Chuẩn chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ
các ngành về điện hạt nhân**

BỘ TRƯỞNG BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Căn cứ Luật Giáo dục đại học số 125/2025/QH15 ngày 10 tháng 12 năm 2025;

Căn cứ Nghị định số 279/2026/NĐ-CP ngày 12 tháng 7 năm 2026 của Chính phủ quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bộ Giáo dục và Đào tạo;

Căn cứ Thông tư số 54/2026/TT-BGDĐT ngày 30 tháng 6 năm 2026 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo quy định về xây dựng chương trình đào tạo các trình độ của giáo dục đại học;

Căn cứ Thông tư số 74/2026/TT-BGDĐT ngày 28 tháng 8 năm 2026 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo quy định Danh mục ngành đào tạo các trình độ của giáo dục đại học;

Theo đề nghị của Vụ trưởng Vụ Giáo dục Đại học.

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Ban hành kèm theo Quyết định này Chuẩn chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ các ngành về điện hạt nhân.

Điều 2. Quyết định này có hiệu lực kể từ ngày 02 tháng 10 năm 2026.

Điều 3. Các chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ, tiến sĩ các ngành về điện hạt nhân ban hành sau thời điểm Quyết định này có hiệu lực thực hiện theo Quyết định này. Đối với các chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ các ngành đào tạo về điện hạt nhân được ban hành trước ngày Quyết định này có hiệu lực thi hành, cơ sở giáo dục đại học và trường đào tạo, bồi dưỡng được cơ quan nhà nước có thẩm quyền cho phép hoạt động đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ (sau đây gọi chung là cơ sở đào tạo) có trách nhiệm hoàn thành rà soát, cập nhật bảo đảm đáp ứng các tiêu chí của Chuẩn này trong thời hạn 36 tháng kể từ ngày Quyết định này có hiệu lực thi hành.

Điều 4. Chánh Văn phòng, Vụ trưởng Vụ Giáo dục Đại học, Thủ trưởng các đơn vị có liên quan thuộc Bộ Giáo dục và Đào tạo; Hiệu trưởng, Giám đốc cơ sở đào tạo, người đứng đầu các tổ chức và cá nhân liên quan chịu trách nhiệm thi hành Quyết định này. *[Chữ ký]*

Nơi nhận:

- Bộ trưởng (để báo cáo);
- Như Điều 4 (để thực hiện);
- Công thông tin điện tử Chính phủ;
- Công thông tin điện tử Bộ GDĐT;
- Lưu: VT, GDDH.



CHUẨN CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TRÌNH ĐỘ THẠC SĨ VÀ TIẾN SĨ CÁC NGÀNH VỀ ĐIỆN HẠT NHÂN

(Ban hành kèm theo Quyết định số 2888/QĐ-BGDĐT ngày 02 tháng 10 năm 2026 của
Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo)

1. TỔNG QUAN

1.1. Giới thiệu

Điện hạt nhân là lĩnh vực khoa học và công nghệ có tính liên ngành cao, tích hợp kiến thức về vật lý hạt nhân, kỹ thuật hạt nhân, khoa học vật liệu, năng lượng, điều khiển - tự động hóa, công nghệ thông tin và nhiều lĩnh vực khoa học, kỹ thuật liên quan. Đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ các ngành về điện hạt nhân hướng tới phát triển đội ngũ nhân lực chất lượng cao có năng lực nghiên cứu, đổi mới sáng tạo, làm chủ công nghệ và giải quyết các vấn đề khoa học, kỹ thuật phức tạp. Chương trình đồng thời hướng tới đáp ứng yêu cầu phát triển chương trình điện hạt nhân quốc gia, xu thế hội nhập quốc tế và bảo đảm các yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn, an ninh, pháp quy hạt nhân.

Chuẩn chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ các ngành về điện hạt nhân quy định những yêu cầu chung tối thiểu đối với việc xây dựng, tổ chức thực hiện và bảo đảm chất lượng chương trình đào tạo, bao gồm mục tiêu đào tạo, chuẩn đầu ra, cấu trúc và nội dung chương trình, khối lượng học tập, phương pháp đào tạo và đánh giá, điều kiện bảo đảm chất lượng và các yêu cầu khác theo quy định của pháp luật hiện hành. Chuẩn đầu ra được xác định tương ứng với Bậc 7 đối với trình độ thạc sĩ và Bậc 8 đối với trình độ tiến sĩ theo Khung trình độ quốc gia Việt Nam.

Chuẩn chương trình đào tạo được xây dựng trên cơ sở Thông tư số 54/2026/TT-BGDĐT ngày 30/6/2026 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo quy định về chương trình đào tạo các trình độ của giáo dục đại học, Thông tư số 53/2026/TT-BGDĐT ngày 30/6/2026 của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành Quy chế tuyển sinh và đào tạo sau đại học, Quyết định số 39/2026/QĐ-TTg ngày 23/7/2026 của Thủ tướng Chính phủ quy định về Khung trình độ quốc gia Việt Nam và các quy định pháp luật có liên quan.

Mục đích ban hành chuẩn chương trình đào tạo là bảo đảm tính thống nhất trong các yêu cầu cốt lõi của lĩnh vực điện hạt nhân, đồng thời tạo điều kiện để các cơ sở đào tạo phát huy quyền tự chủ trong thiết kế và phát triển chương trình đào tạo phù hợp với định hướng nghiên cứu, điều kiện thực tiễn và nhu cầu phát triển nguồn nhân lực của quốc gia; tăng cường tính liên thông, đối sánh, hội nhập quốc tế và bảo đảm chất lượng đào tạo.

Chuẩn chương trình đào tạo này áp dụng đối với các cơ sở giáo dục đại học, viện nghiên cứu và các cơ sở được phép đào tạo trình độ thạc sĩ, trình độ tiến sĩ các ngành về điện hạt nhân theo quy định của pháp luật; đồng thời là căn cứ để xây dựng, thẩm định, ban hành, tổ chức thực hiện, đánh giá, cải tiến chương trình đào tạo, thực hiện kiểm định chất lượng (nếu có), công khai thông tin và trách nhiệm giải trình; làm cơ sở xây dựng chuẩn chương trình đào tạo cho từng ngành, nhóm ngành hoặc định hướng chuyên sâu trong lĩnh vực điện hạt nhân.

1.2. Danh mục các ngành về điện hạt nhân trình độ thạc sĩ và tiến sĩ

Danh mục các ngành về điện hạt nhân trình độ thạc sĩ và tiến sĩ dưới đây được phân làm hai nhóm (Phụ lục 1):

Ngành cốt lõi gồm các ngành có kiến thức và năng lực chuyên môn trực tiếp liên quan đến công nghệ, vận hành, kiểm soát và bảo đảm an toàn nhà máy điện hạt nhân.

Ngành phụ trợ - liên ngành gồm các ngành cung cấp năng lực chuyên môn hỗ trợ thiết kế, xây dựng, vận hành, bảo trì, quản lý và bảo đảm an toàn trong toàn bộ vòng đời của cơ sở điện hạt nhân.

TT	Mã ngành	Tên ngành
Ngành cốt lõi		
1.	440106	Vật lý nguyên tử và hạt nhân
2.	520402	Kỹ thuật hạt nhân
3.	520401	Vật lý kỹ thuật
4.	520115	Kỹ thuật nhiệt
5.	520135	Kỹ thuật năng lượng
6.	520201	Kỹ thuật điện
7.	520216	Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa
Ngành phụ trợ - Liên ngành		
8.	520103	Kỹ thuật cơ khí
9.	520114	Kỹ thuật cơ điện tử
10.	520320	Kỹ thuật môi trường
11.	520309	Kỹ thuật vật liệu
12.	580201	Kỹ thuật xây dựng
13.	480101	Khoa học máy tính
14.	480201	Công nghệ thông tin
15.	480106	Kỹ thuật máy tính
16.	480107	Trí tuệ nhân tạo
17.	460108	Khoa học dữ liệu
18.	440112	Hóa học

TT	Mã ngành	Tên ngành
19.	520301	Kỹ thuật hóa học
20.	440201	Địa chất học
21.	510602	Quản lý năng lượng
22.	850101	Quản lý tài nguyên và môi trường

1.3. Văn bằng tốt nghiệp

Người tốt nghiệp chương trình đào tạo các ngành về điện hạt nhân trình độ thạc sĩ được cấp bằng thạc sĩ ở trình độ Bậc 7 theo Khung trình độ quốc gia Việt Nam.

Người tốt nghiệp chương trình đào tạo ở trình độ tiến sĩ được cấp bằng tiến sĩ ở trình độ Bậc 8 theo Khung trình độ quốc gia Việt Nam.

2. CHUẨN CHƯƠNG TRÌNH ĐÀO TẠO TRÌNH ĐỘ THẠC SĨ VÀ TIẾN SĨ CÁC NGÀNH VỀ ĐIỆN HẠT NHÂN

2.1. Mục tiêu của chương trình đào tạo

2.1.1. Đối với trình độ thạc sĩ

Chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ các ngành về điện hạt nhân nhằm đào tạo người học có phẩm chất nghề nghiệp, bản lĩnh chính trị và đạo đức nghề nghiệp; có kiến thức chuyên sâu, năng lực nghiên cứu, đổi mới sáng tạo và vận dụng các thành tựu khoa học, công nghệ hiện đại để giải quyết các vấn đề trong lĩnh vực điện hạt nhân. Chương trình lấy văn hóa an toàn hạt nhân làm nền tảng, bảo đảm người học tuân thủ các yêu cầu về an toàn, an ninh và pháp quy hạt nhân trong học tập, nghiên cứu và hoạt động nghề nghiệp.

- Đối với định hướng nghiên cứu, người học có năng lực nghiên cứu độc lập, phát triển và ứng dụng các kết quả nghiên cứu trong lĩnh vực điện hạt nhân;

- Đối với định hướng ứng dụng, người học có năng lực phân tích, triển khai, vận hành, quản lý, tối ưu hóa và bảo đảm an toàn các hệ thống, thiết bị và cơ sở hạt nhân theo các tiêu chuẩn, quy chuẩn quốc gia và quốc tế.

2.1.2. Đối với trình độ tiến sĩ

Chương trình đào tạo trình độ tiến sĩ các ngành về điện hạt nhân nhằm đào tạo đội ngũ nhà khoa học và chuyên gia trình độ cao có bản lĩnh chính trị, phẩm chất nghề nghiệp và năng lực nghiên cứu độc lập; có khả năng sáng tạo tri thức mới, phát triển và ứng dụng các giải pháp khoa học, công nghệ tiên tiến nhằm giải quyết các vấn đề phức tạp trong lĩnh vực điện hạt nhân. Chương trình lấy văn hóa an toàn hạt nhân làm nền tảng, bảo đảm người học tuân thủ và lan tỏa các nguyên tắc về an toàn, an ninh và thanh sát hạt nhân trong nghiên cứu, đào tạo và hoạt động nghề nghiệp. Sau khi tốt nghiệp, người học có năng lực chủ trì nghiên cứu, đào tạo, phát triển công nghệ và dẫn dắt các nhóm chuyên môn; có khả năng công bố quốc tế, hợp tác nghiên cứu và hội nhập học thuật, góp phần phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao và năng lực khoa học, công nghệ trong lĩnh vực điện hạt nhân.

2.2. Chuẩn đầu ra của chương trình đào tạo

Chuẩn đầu ra dưới đây áp dụng đầy đủ cho người học thuộc nhóm ngành cốt lõi theo định hướng điện hạt nhân.

Đối với các chương trình thuộc nhóm ngành liên ngành và phụ trợ, cơ sở đào tạo lựa chọn, điều chỉnh và bổ sung chuẩn đầu ra phù hợp với mục tiêu đào tạo của chương trình, đồng thời bảo đảm đáp ứng các yêu cầu cốt lõi về an toàn, an ninh và thanh sát hạt nhân.

Các chuẩn đầu ra được xây dựng trên cơ sở tham chiếu các khung, chuẩn và thang năng lực phù hợp, bảo đảm mô tả rõ mức độ năng lực có thể đo lường, đánh giá được về kiến thức, kỹ năng, mức tự chủ và trách nhiệm, đồng thời phù hợp với khung trình độ quốc gia Việt Nam và các chuẩn năng lực có liên quan.

Chuẩn đầu ra cho trình độ thạc sĩ	Mức độ năng lực tối thiểu
1. Kiến thức: Tích hợp kiến thức chuyên sâu và liên ngành về khoa học tự nhiên, toán học, kỹ thuật và công nghệ để đánh giá và giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật phức tạp trong lĩnh vực điện hạt nhân.	Mức 5
2. Kiến thức: Đề xuất và đánh giá các mô hình, công nghệ, quy trình, hệ thống hoặc giải pháp kỹ thuật - quản lý trong lĩnh vực điện hạt nhân, đáp ứng các yêu cầu về an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, bảo vệ bức xạ, môi trường và phát triển bền vững.	Mức 5
3. Kỹ năng: Trình bày, phân tích và trao đổi các vấn đề, giải pháp và kết quả nghiên cứu trong lĩnh vực điện hạt nhân với cộng đồng khoa học, cơ quan quản lý và các bên liên quan trong nước và quốc tế.	Mức 4
4. Kỹ năng: Tổ chức, phối hợp và điều phối hoạt động của nhóm chuyên môn liên ngành nhằm giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật trong lĩnh vực điện hạt nhân.	Mức 5
5. Kỹ năng: Thực hiện nghiên cứu hoặc dự án chuyên môn bằng phương pháp phù hợp; sử dụng có trách nhiệm công cụ số, phương pháp phân tích dữ liệu và trí tuệ nhân tạo; đánh giá và kiểm chứng kết quả nghiên cứu.	Mức 5
6. Mức tự chủ và trách nhiệm: Ra quyết định chuyên môn trên cơ sở đạo đức nghề nghiệp, liêm chính học thuật và văn hóa an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân; giải trình về tác động của quyết định đối với con người, môi trường và xã hội.	Mức 5

7. Mức tự chủ và trách nhiệm: Chủ động cập nhật, lựa chọn và áp dụng các tiến bộ khoa học, công nghệ, tiêu chuẩn, quy chuẩn và quy định pháp luật; đề xuất các hoạt động đổi mới sáng tạo và phát triển chuyên môn liên tục trong lĩnh vực điện hạt nhân.	Mức 5
---	-------

Chuẩn đầu ra cho trình độ tiến sĩ	Mức độ năng lực tối thiểu
1. Kiến thức: Phát triển nguyên lý, lý thuyết hoặc phương pháp mới; xác lập vấn đề, câu hỏi hoặc hướng nghiên cứu mới có ý nghĩa khoa học và thực tiễn trong lĩnh vực điện hạt nhân.	Mức 6
2. Kiến thức: Phát triển và đánh giá mô hình, công nghệ, quy trình hoặc hệ thống mới trong lĩnh vực điện hạt nhân, đáp ứng các yêu cầu về an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, bảo vệ bức xạ, môi trường và phát triển bền vững.	Mức 6
3. Kỹ năng: Công bố, bảo vệ và phản biện kết quả nghiên cứu; giao tiếp học thuật hiệu quả với cộng đồng khoa học, cơ quan quản lý và các bên liên quan trong nước và quốc tế.	Mức 5
4. Kỹ năng: Đánh giá hiệu quả hoạt động, tổ chức và quản lý các nhóm nghiên cứu, hướng dẫn chuyên môn cho thành viên nhóm nhằm giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật trong lĩnh vực điện hạt nhân.	Mức 6
5. Kỹ năng: Thiết kế và triển khai độc lập chương trình nghiên cứu; phát triển và kiểm chứng phương pháp hoặc giải pháp mới bằng các công cụ nghiên cứu hiện đại, công nghệ số và trí tuệ nhân tạo phù hợp trong lĩnh vực điện hạt nhân.	Mức 6
6. Mức tự chủ và trách nhiệm: Dẫn dắt và lan tỏa văn hóa an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, đạo đức nghề nghiệp và liêm chính nghiên cứu; chịu trách nhiệm về các quyết định học thuật và chuyên môn.	Mức 6
7. Mức tự chủ và trách nhiệm: Khởi xướng và thúc đẩy đổi mới sáng tạo, chuyển giao tri thức - công nghệ trong lĩnh vực điện hạt nhân; tham gia phát triển tiêu chuẩn, quy chuẩn hoặc chính sách chuyên môn khi phù hợp.	Mức 6

Các định hướng chuyên sâu được xác định trên cơ sở các nhóm năng lực chuyên môn và nhu cầu nhân lực chủ yếu phục vụ phát triển, vận hành, quản lý và bảo đảm an toàn trong lĩnh vực điện hạt nhân. Chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ các ngành về điện hạt nhân được xây dựng trên cơ sở một hoặc kết hợp các định hướng chuyên sâu sau:

(1) Công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân (Nuclear technology and power systems);

(2) An toàn, an ninh và quản lý hạt nhân (Nuclear safety, security and management);

(3) Kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh (Digital and smart-infrastructure nuclear engineering).

Cơ sở đào tạo căn cứ mục tiêu đào tạo để lựa chọn và tích hợp một hoặc nhiều định hướng chuyên sâu vào chương trình đào tạo, bảo đảm chuẩn đầu ra và các yêu cầu của chuẩn chương trình đào tạo này.

2.2.1. Công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân

Các chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ theo định hướng Công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân bao gồm các nội dung chuyên sâu về vật lý và công nghệ lò phản ứng, kỹ thuật nhiệt, hệ thống năng lượng, kỹ thuật điện, điều khiển và tự động hóa, kỹ thuật cơ khí, mô phỏng tính toán, khoa học dữ liệu và các lĩnh vực kỹ thuật liên quan. Chương trình hướng đến đào tạo nguồn nhân lực trình độ cao có năng lực nghiên cứu, phát triển, vận hành, phân tích và tối ưu hóa các hệ thống, thiết bị và công nghệ điện hạt nhân, đáp ứng các yêu cầu về an toàn, an ninh và pháp quy hạt nhân.

Người học tốt nghiệp chương trình đào tạo theo định hướng Công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân phải đạt mức năng lực tối thiểu theo bảng dưới đây:

Chuẩn đầu ra cho trình độ thạc sĩ	Mức độ năng lực tối thiểu
1. Kiến thức: Tích hợp kiến thức chuyên sâu và liên ngành về khoa học tự nhiên, toán học, kỹ thuật và công nghệ để đánh giá và giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật phức tạp trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân.	Mức 5
2. Kiến thức: Đề xuất và đánh giá các mô hình, công nghệ, quy trình, hệ thống hoặc giải pháp kỹ thuật - quản lý trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân, đáp ứng các yêu cầu về an toàn, an ninh, thanh sát hạt, bảo vệ bức xạ, môi trường và phát triển bền vững.	Mức 5
3. Kỹ năng: Trình bày, phân tích và trao đổi các vấn đề, giải pháp và kết quả nghiên cứu trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân với cộng đồng khoa học, cơ quan quản lý và các bên liên quan trong nước và quốc tế.	Mức 4
4. Kỹ năng: Tổ chức, phối hợp và điều phối hoạt động của nhóm chuyên môn liên ngành nhằm giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân.	Mức 5

5. Kỹ năng: Thực hiện nghiên cứu hoặc dự án chuyên môn bằng phương pháp phù hợp; sử dụng có trách nhiệm công cụ số, phương pháp phân tích dữ liệu và trí tuệ nhân tạo; đánh giá và kiểm chứng kết quả nghiên cứu trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân.	Mức 5
6. Mức tự chủ và trách nhiệm: Ra quyết định chuyên môn trên cơ sở đạo đức nghề nghiệp, liêm chính học thuật và văn hóa an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân; giải trình về tác động của quyết định đối với con người, môi trường và xã hội.	Mức 5
7. Mức tự chủ và trách nhiệm: Chủ động cập nhật, lựa chọn và áp dụng các tiến bộ khoa học, công nghệ, tiêu chuẩn, quy chuẩn và quy định pháp luật; đề xuất các hoạt động đổi mới sáng tạo và phát triển chuyên môn liên tục trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân.	Mức 5

Chuẩn đầu ra cho trình độ tiến sĩ	Mức độ năng lực tối thiểu
1. Kiến thức: Phát triển nguyên lý, lý thuyết hoặc phương pháp mới; xác lập vấn đề, câu hỏi hoặc hướng nghiên cứu mới có ý nghĩa khoa học và thực tiễn trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân.	Mức 6
2. Kiến thức: Phát triển và đánh giá mô hình, công nghệ, quy trình hoặc hệ thống mới trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân, đáp ứng các yêu cầu về an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, bảo vệ bức xạ, môi trường và phát triển bền vững.	Mức 6
3. Kỹ năng: Công bố, bảo vệ và phản biện kết quả nghiên cứu; giao tiếp học thuật hiệu quả với cộng đồng khoa học, cơ quan quản lý và các bên liên quan trong nước và quốc tế.	Mức 5
4. Kỹ năng: Đánh giá hiệu quả hoạt động, tổ chức và quản lý các nhóm nghiên cứu, hướng dẫn chuyên môn cho thành viên nhóm nhằm giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân.	Mức 6
5. Kỹ năng: Thiết kế và triển khai độc lập chương trình nghiên cứu; phát triển và kiểm chứng phương pháp hoặc giải pháp mới bằng các công cụ nghiên cứu hiện đại, công nghệ số và trí tuệ nhân tạo phù hợp trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân.	Mức 6

6. Mức tự chủ và trách nhiệm: Dẫn dắt và lan tỏa văn hóa an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, đạo đức nghề nghiệp và liêm chính nghiên cứu; chịu trách nhiệm về các quyết định học thuật và chuyên môn.	Mức 6
7. Mức tự chủ và trách nhiệm: Khởi xướng và thúc đẩy đổi mới sáng tạo, chuyển giao tri thức - công nghệ trong công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân, tham gia phát triển tiêu chuẩn, quy chuẩn hoặc chính sách chuyên môn khi phù hợp.	Mức 6

2.2.2. An toàn, an ninh và quản lý hạt nhân

Các chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ theo định hướng An toàn, an ninh và quản lý hạt nhân tích hợp kiến thức về an toàn, an ninh và thanh sát hạt nhân; an toàn bức xạ, quản lý nhà nước và pháp quy hạt nhân; chu trình nhiên liệu và quản lý chất thải phóng xạ; đánh giá và quản lý rủi ro; ứng phó sự cố cùng các lĩnh vực kỹ thuật và công nghệ liên quan. Chương trình hướng đến đào tạo nguồn nhân lực trình độ cao có năng lực nghiên cứu, phân tích, đánh giá, quản lý và phát triển các giải pháp bảo đảm an toàn, an ninh, tuân thủ pháp quy và phát triển bền vững trong lĩnh vực điện hạt nhân.

Người học tốt nghiệp chương trình đào tạo theo định hướng An toàn, an ninh và quản lý hạt nhân phải đáp ứng mức năng lực tối thiểu theo bảng dưới đây:

Chuẩn đầu ra cho trình độ thạc sĩ	Mức độ năng lực tối thiểu
1. Kiến thức: Tích hợp kiến thức chuyên sâu và liên ngành về khoa học tự nhiên, toán học, kỹ thuật và công nghệ để đánh giá và giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật phức tạp trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân.	Mức 5
2. Kiến thức: Đề xuất và đánh giá các phương pháp, quy trình, công cụ hoặc giải pháp kỹ thuật - quản lý trong an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, bảo vệ bức xạ, quản lý chất thải phóng xạ và ứng phó sự cố, đáp ứng các yêu cầu của pháp luật và phát triển bền vững.	Mức 5
3. Kỹ năng: Trình bày, phân tích và trao đổi các vấn đề, giải pháp và kết quả nghiên cứu trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân với cộng đồng khoa học, cơ quan quản lý và các bên liên quan trong nước và quốc tế.	Mức 4
4. Kỹ năng: Tổ chức, phối hợp và điều phối hoạt động của nhóm chuyên môn liên ngành nhằm giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân.	Mức 5

5. Kỹ năng: Thực hiện nghiên cứu hoặc dự án chuyên môn bằng phương pháp phù hợp; sử dụng có trách nhiệm công cụ số, phương pháp phân tích dữ liệu và trí tuệ nhân tạo; đánh giá và kiểm chứng kết quả nghiên cứu trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân.	Mức 5
6. Mức tự chủ và trách nhiệm: Ra quyết định chuyên môn trên cơ sở đạo đức nghề nghiệp, liên chính học thuật và văn hóa an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân; giải trình về tác động của quyết định đối với con người, môi trường và xã hội.	Mức 5
7. Mức tự chủ và trách nhiệm: Chủ động cập nhật, lựa chọn và áp dụng các tiến bộ khoa học, công nghệ, tiêu chuẩn, quy chuẩn và quy định pháp luật; đề xuất các hoạt động đổi mới sáng tạo và phát triển chuyên môn liên tục trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân.	Mức 5

Chuẩn đầu ra cho trình độ tiến sĩ	Mức độ năng lực tối thiểu
1. Kiến thức: Phát triển nguyên lý, lý thuyết hoặc phương pháp mới; xác lập vấn đề, câu hỏi hoặc hướng nghiên cứu mới có ý nghĩa khoa học và thực tiễn trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân.	Mức 6
2. Kiến thức: Phát triển và đánh giá mô hình, công nghệ, quy trình hoặc hệ thống mới trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân, đáp ứng các yêu cầu về thanh sát hạt nhân, bảo vệ bức xạ, môi trường và phát triển bền vững.	Mức 6
3. Kỹ năng: Công bố, bảo vệ và phản biện kết quả nghiên cứu; giao tiếp học thuật hiệu quả với cộng đồng khoa học, cơ quan quản lý và các bên liên quan trong nước và quốc tế.	Mức 5
4. Kỹ năng: Đánh giá hiệu quả hoạt động, tổ chức và quản lý các nhóm nghiên cứu, hướng dẫn chuyên môn cho thành viên nhóm nhằm giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân.	Mức 6
5. Kỹ năng: Thiết kế và triển khai độc lập chương trình nghiên cứu; phát triển và kiểm chứng phương pháp hoặc giải pháp mới	Mức 6

bằng các công cụ nghiên cứu hiện đại, công nghệ số và trí tuệ nhân tạo phù hợp trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân.	
6. Mức tự chủ và trách nhiệm: Ra quyết định chuyên môn trên cơ sở đạo đức nghề nghiệp, liên chính học thuật và văn hóa an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân; giải trình về tác động của quyết định đối với con người, môi trường và xã hội.	Mức 6
7. Mức tự chủ và trách nhiệm: Khởi xướng và thúc đẩy đổi mới sáng tạo, chuyển giao tri thức - công nghệ trong an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân, tham gia phát triển tiêu chuẩn, quy chuẩn hoặc chính sách chuyên môn khi phù hợp.	Mức 6

2.2.3. Kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh

Các chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ theo định hướng Kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh tích hợp kiến thức về kỹ thuật hạt nhân, khoa học máy tính, trí tuệ nhân tạo, khoa học dữ liệu, điều khiển - tự động hóa, mô phỏng tính toán và hạ tầng kỹ thuật thông minh. Chương trình hướng đến đào tạo nguồn nhân lực trình độ cao có năng lực nghiên cứu, phát triển và ứng dụng các công nghệ số nhằm thiết kế, vận hành, giám sát, phân tích và tối ưu hóa các hệ thống điện hạt nhân, góp phần nâng cao an toàn, độ tin cậy, hiệu quả vận hành và phát triển bền vững trong bối cảnh chuyển đổi số.

Người học tốt nghiệp chương trình đào tạo theo định hướng Kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh phải đáp ứng mức năng lực tối thiểu theo bảng dưới đây:

Chuẩn đầu ra cho trình độ thạc sĩ	Mức độ năng lực tối thiểu
1. Kiến thức: Tích hợp kiến thức chuyên sâu và liên ngành về khoa học tự nhiên, toán học, kỹ thuật và công nghệ để đánh giá và giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật phức tạp trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh.	Mức 5
2. Kiến thức: Đề xuất và đánh giá các hệ thống, mô hình hoặc giải pháp công nghệ số đáp ứng các yêu cầu về an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, bảo vệ bức xạ, môi trường và phát triển bền vững.	Mức 5
3. Kỹ năng: Trình bày, phân tích và trao đổi các vấn đề, giải pháp và kết quả nghiên cứu trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh với cộng đồng khoa học, cơ quan quản lý và các bên liên quan trong nước và quốc tế.	Mức 4

4. Kỹ năng: Tổ chức, phối hợp và điều phối hoạt động của nhóm chuyên môn liên ngành nhằm giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh.	Mức 5
5. Kỹ năng: Thực hiện nghiên cứu hoặc dự án chuyên môn bằng phương pháp phù hợp; sử dụng có trách nhiệm công cụ số, phương pháp phân tích dữ liệu và trí tuệ nhân tạo; đánh giá và kiểm chứng kết quả nghiên cứu trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh.	Mức 5
6. Mức tự chủ và trách nhiệm: Đánh giá và chịu trách nhiệm đối với các quyết định chuyên môn trên cơ sở đạo đức nghề nghiệp và văn hóa an toàn hạt nhân.	Mức 5
7. Mức tự chủ và trách nhiệm: Chủ động cập nhật, lựa chọn và áp dụng các tiến bộ khoa học, công nghệ, tiêu chuẩn, quy chuẩn và quy định pháp luật; đề xuất các hoạt động đổi mới sáng tạo và phát triển chuyên môn liên tục trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh.	Mức 5

Chuẩn đầu ra cho trình độ tiến sĩ	Mức độ năng lực tối thiểu
1. Kiến thức: Phát triển nguyên lý, lý thuyết hoặc phương pháp mới; xác lập vấn đề, câu hỏi hoặc hướng nghiên cứu mới có ý nghĩa khoa học và thực tiễn trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh.	Mức 6
2. Kiến thức: Phát triển và đánh giá mô hình, công nghệ, quy trình hoặc hệ thống mới trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh, đáp ứng các yêu cầu về an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, bảo vệ bức xạ, môi trường và phát triển bền vững.	Mức 6
3. Kỹ năng: Công bố, bảo vệ và phản biện kết quả nghiên cứu; giao tiếp học thuật hiệu quả với cộng đồng khoa học, cơ quan quản lý và các bên liên quan trong nước và quốc tế.	Mức 5
4. Kỹ năng: Đánh giá hiệu quả hoạt động, tổ chức và quản lý các nhóm nghiên cứu, hướng dẫn chuyên môn cho thành viên nhóm nhằm giải quyết các vấn đề khoa học và kỹ thuật trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh.	Mức 6
5. Kỹ năng: Thiết kế và triển khai độc lập chương trình nghiên cứu; phát triển và kiểm chứng phương pháp hoặc giải pháp mới bằng các	Mức 6

công cụ nghiên cứu hiện đại, công nghệ số và trí tuệ nhân tạo phù hợp trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh.	
6. Mức tự chủ và trách nhiệm: Dẫn dắt và lan tỏa văn hóa an toàn, an ninh, thanh sát hạt nhân, đạo đức nghề nghiệp và liêm chính nghiên cứu; chịu trách nhiệm về các quyết định học thuật và chuyên môn.	Mức 6
7. Mức tự chủ và trách nhiệm: Khởi xướng và thúc đẩy đổi mới sáng tạo, chuyển giao tri thức - công nghệ trong kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh, tham gia phát triển tiêu chuẩn, quy chuẩn hoặc chính sách chuyên môn khi phù hợp.	Mức 6

2.3. Yêu cầu đầu vào của chương trình đào tạo

2.3.1. Điều kiện chung

a) Đối với chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ

Người dự tuyển phải đáp ứng các điều kiện theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo và cơ sở đào tạo về tuyển sinh và đào tạo trình độ thạc sĩ, đồng thời đáp ứng các yêu cầu bổ sung sau:

- Người dự tuyển phải tốt nghiệp đại học đạt hạng khá trở lên thuộc ngành phù hợp; có kiến thức nền tảng đáp ứng yêu cầu của chương trình theo quy định của cơ sở đào tạo.

- Đối với chương trình định hướng nghiên cứu, người dự tuyển cần có kinh nghiệm nghiên cứu thể hiện qua hoạt động chuyên môn phù hợp trong 03 năm gần nhất, được minh chứng bằng ít nhất 01 kết quả nghiên cứu liên quan, như công bố khoa học, bằng sáng chế, giải pháp hữu ích hoặc kết quả tương đương. Kinh nghiệm tham gia dự án, đề tài hoặc nhiệm vụ khoa học và công nghệ có thể được xem xét công nhận tương đương trên cơ sở minh chứng phù hợp và theo quy định của cơ sở đào tạo.

b) Đối với chương trình đào tạo trình độ tiến sĩ

Người dự tuyển phải đáp ứng các điều kiện theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo và cơ sở đào tạo về tuyển sinh và đào tạo trình độ tiến sĩ; đồng thời đáp ứng các yêu cầu bổ sung sau đây:

- Có luận văn thạc sĩ hoặc đại học đạt từ 8,0 điểm (thang điểm 10) hoặc tương đương trở lên; nội dung luận văn liên quan trực tiếp đến ngành hoặc hướng nghiên cứu dự tuyển (Mục 2.3.2).

- Trong 03 năm (36 tháng) tính đến ngày đăng ký dự tuyển, người dự tuyển phải đáp ứng ít nhất một trong các yêu cầu sau: là tác giả hoặc đồng tác giả của ít nhất 01 công bố khoa học liên quan đến ngành hoặc hướng nghiên cứu dự tuyển trên tạp chí khoa học chuyên ngành có mã số ISSN; có ít nhất 01 báo cáo khoa học được đăng trong kỷ yếu hội nghị, hội thảo khoa học chuyên ngành có phản biện và mã số ISBN; là tác giả của sáng chế hoặc giải pháp hữu ích; hoặc có minh chứng tham gia thực hiện đề tài, dự án, nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp Bộ hoặc tương đương trở lên.

- Có kế hoạch nghiên cứu phù hợp với hướng chuyên sâu dự tuyển và năng lực nghiên cứu, cơ sở vật chất của đơn vị đào tạo.

2.3.2. Yêu cầu đặc thù về nền tảng chuyên môn theo từng định hướng đào tạo

Do tính chất liên ngành và mức độ rủi ro kỹ thuật cao của lĩnh vực điện hạt nhân, ngoài các điều kiện chung tại mục 2.3.1, người dự tuyển phải đáp ứng yêu cầu nền tảng chuyên môn tương ứng với từng định hướng như sau:

Định hướng	Ngành đại học/thạc sĩ phù hợp	Yêu cầu về nền tảng kiến thức
(1) Công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân	Các ngành cốt lõi trong danh mục 1.2	Có kiến thức nền tảng về khoa học, kỹ thuật và năng lượng phù hợp với định hướng.
(2) An toàn, an ninh và quản lý hạt nhân	Các ngành phù hợp trong danh mục 1.2 và một số ngành phù hợp theo quy định của cơ sở đào tạo	Có kiến thức nền tảng về an toàn, quản lý hoặc lĩnh vực liên quan; hoàn thành kiến thức bổ sung nếu cần theo quy định của cơ sở đào tạo
(3) Kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh	Các ngành trong danh mục 1.2.	Có nền tảng về công nghệ số, điều khiển hoặc lĩnh vực liên quan; hoàn thành kiến thức bổ sung nếu cần theo quy định của cơ sở đào tạo.

Đối với trình độ tiến sĩ, nội dung luận văn thạc sĩ và định hướng nghiên cứu của người dự tuyển phải phù hợp với hướng chuyên sâu đăng ký; việc đánh giá mức độ phù hợp do cơ sở đào tạo quy định.

2.3.3. Phương thức tuyển sinh

Cơ sở đào tạo lựa chọn và quy định phương thức tuyển sinh trình độ thạc sĩ, tiến sĩ theo quy định hiện hành.

Việc tuyển sinh các ngành về điện hạt nhân cần bảo đảm đánh giá năng lực chuyên môn, năng lực nghiên cứu (đối với chương trình định hướng nghiên cứu) và mức độ phù hợp của nền tảng liên ngành với định hướng đào tạo; đồng thời chú trọng đánh giá nhận thức về văn hóa an toàn, an ninh và trách nhiệm nghề nghiệp trong lĩnh vực hạt nhân.

2.3.4. Yêu cầu về nền tảng chuyên môn và chuyển ngành

Yêu cầu về nền tảng chuyên môn của người dự tuyển trình độ thạc sĩ và tiến sĩ được thực hiện theo Mục 2.3.1 và Mục 2.3.2 của chuẩn chương trình đào tạo này. Cơ sở đào tạo quy định cụ thể khối kiến thức bổ sung và điều kiện học tập đối với người học tốt nghiệp từ ngành phù hợp, bảo đảm đáp ứng yêu cầu của chương trình đào tạo. Các học phần bổ sung không tính vào khối lượng tín chỉ của chương trình đào tạo.

Người học phải có kiến thức nền tảng về an toàn bức xạ; trường hợp chưa được trang bị hoặc chưa đáp ứng yêu cầu, phải hoàn thành học phần hoặc khối kiến thức bổ sung tương ứng trước khi thực hiện các hoạt động học tập, thực hành hoặc nghiên cứu có liên quan. Tùy theo nền tảng chuyên môn và định hướng đào tạo, người học phải được đánh giá và bổ sung các khối kiến thức cần thiết về vật lý hạt nhân và bức xạ; công nghệ và hệ thống điện hạt nhân; nhiệt - thủy lực; đo lường, điều khiển và tự động hóa; vật liệu, cơ khí và kết cấu; toán học, tính toán và các kiến thức chuyên ngành có liên quan.

Không thực hiện chuyển ngành trong quá trình đào tạo. Việc chuyển đổi định hướng chuyên sâu trong cùng ngành (nếu có) được thực hiện theo quy định của cơ sở đào tạo trước khi triển khai nội dung đào tạo chuyên sâu.

2.4. Khối lượng học tập và nghiên cứu

Khối lượng học tập và nghiên cứu của chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ và tiến sĩ các ngành về điện hạt nhân thực hiện theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo.

Chương trình đào tạo phải xác định cụ thể khối lượng thực hành, thí nghiệm, mô phỏng, thực tập hoặc nghiên cứu phù hợp với ngành, trình độ đào tạo và định hướng chuyên sâu. Khối lượng này phải được thể hiện trong cấu trúc chương trình đào tạo, bảo đảm đủ để người học đạt được chuẩn đầu ra tương ứng và đáp ứng các yêu cầu, tiêu chuẩn về an toàn, an ninh và pháp quy hạt nhân có liên quan; được rà soát, thẩm định với sự tham gia của chuyên gia phù hợp trong lĩnh vực điện hạt nhân.

Khối lượng các học phần thực hành mô phỏng trong từng định hướng phải đáp ứng các yêu cầu sau:

- Định hướng (1): Bảo đảm khối lượng thực hành/thí nghiệm về vật lý lò phản ứng, kỹ thuật nhiệt và hệ thống năng lượng tại phòng thí nghiệm chuyên ngành hoặc mô hình mô phỏng lò phản ứng;

- Định hướng (2): Bảo đảm khối lượng thực hành về đánh giá an toàn xác suất và phân tích rủi ro, hoặc thực tập tại cơ quan quản lý pháp quy hạt nhân/cơ sở có chức năng thanh tra, kiểm định an toàn bức xạ;

- Định hướng (3): Bảo đảm khối lượng thực hành về lập trình, mô phỏng hệ thống điều khiển số, xây dựng bản sao số hoặc phân tích dữ liệu vận hành trên nền tảng mô phỏng nhà máy điện hạt nhân.

Đối với trình độ tiến sĩ, luận án phải gắn với các vấn đề khoa học, công nghệ thuộc lĩnh vực điện hạt nhân và được thực hiện trong môi trường nghiên cứu đáp ứng yêu cầu của hướng nghiên cứu.

2.5. Cấu trúc và nội dung chương trình đào tạo

2.5.1. Chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ

Chương trình đào tạo được thiết kế theo định hướng nghiên cứu hoặc định hướng nghề nghiệp theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo. Nội dung chương trình phải bảo đảm cung cấp kiến thức chuyên sâu, cập nhật và phù hợp theo định hướng đào tạo:

- Định hướng (1): Kiến thức chuyên sâu về công nghệ lò phản ứng, hệ thống

năng lượng, kỹ thuật và công nghệ phục vụ thiết kế, vận hành và phát triển hệ thống điện hạt nhân.

- Định hướng (2): Kiến thức chuyên sâu về an toàn, an ninh, bảo vệ bức xạ, pháp quy và quản lý trong lĩnh vực điện hạt nhân.

- Định hướng (3): Kiến thức chuyên sâu về công nghệ số, trí tuệ nhân tạo, mô phỏng, khoa học dữ liệu và hạ tầng số trong lĩnh vực điện hạt nhân.

Luận văn thạc sĩ phải gắn với định hướng chuyên sâu và giải quyết vấn đề khoa học, kỹ thuật hoặc công nghệ trong lĩnh vực điện hạt nhân.

2.5.2. Chương trình đào tạo trình độ tiến sĩ

Chương trình đào tạo trình độ tiến sĩ được tổ chức theo định hướng nghiên cứu theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo. Chương trình phải phát triển năng lực nghiên cứu độc lập, sáng tạo và giải quyết các vấn đề khoa học, công nghệ trong lĩnh vực điện hạt nhân; bảo đảm nghiên cứu sinh được tham gia các hoạt động nghiên cứu, học thuật và hợp tác khoa học phù hợp với định hướng đào tạo.

Nội dung học phần và chuyên đề tiến sĩ chuyên sâu theo từng định hướng:

- Định hướng (1): Các chuyên đề nghiên cứu chuyên sâu về công nghệ và hệ thống năng lượng điện hạt nhân;

- Định hướng (2): Các chuyên đề nghiên cứu chuyên sâu về an toàn, an ninh và quản lý hạt nhân;

- Định hướng (3): Các chuyên đề nghiên cứu chuyên sâu về kỹ thuật hạt nhân số và hạ tầng thông minh.

Công bố khoa học là yêu cầu bắt buộc đối với nghiên cứu sinh. Nghiên cứu sinh chỉ được phép bảo vệ luận án tiến sĩ khi đã đáp ứng tiêu chí về công bố theo quy định của Bộ Giáo dục và Đào tạo và của cơ sở đào tạo.

Luận án tiến sĩ phải có đóng góp mới về khoa học, công nghệ hoặc ứng dụng trong lĩnh vực điện hạt nhân, phù hợp với hướng nghiên cứu đã đăng ký và đáp ứng các yêu cầu đối với luận án tiến sĩ.

2.5.3. Yêu cầu về năng lực ngoại ngữ và năng lực số đối với người học

Đối với năng lực ngoại ngữ, người học tốt nghiệp trình độ thạc sĩ và tiến sĩ phải có năng lực ngoại ngữ tối thiểu tương đương bậc 4 theo khung năng lực ngoại ngữ 6 bậc dùng cho Việt Nam hoặc tương đương, bảo đảm người học có khả năng khai thác tài liệu khoa học, tiêu chuẩn, quy chuẩn và tài liệu kỹ thuật chuyên ngành điện hạt nhân, đồng thời có khả năng giao tiếp, trao đổi học thuật và chuyên môn trong môi trường quốc tế. Cơ sở đào tạo phải quy định cụ thể ngoại ngữ được chấp nhận và văn bằng, chứng chỉ hoặc hình thức minh chứng tương đương.

Đối với năng lực số, người học phải đáp ứng yêu cầu về năng lực số theo quy định của chương trình đào tạo - đối với 03 định hướng của ngành điện hạt nhân, cơ sở đào tạo cần cụ thể hóa yêu cầu này theo mức độ khác nhau:

- Định hướng (1), (2): năng lực sử dụng phần mềm mô phỏng, tính toán chuyên ngành, khai thác cơ sở dữ liệu kỹ thuật;

- Định hướng (3): yêu cầu năng lực số ở mức cao hơn, bao gồm lập trình, phân tích dữ liệu, làm việc với nền tảng trí tuệ nhân tạo - coi đây là năng lực cốt lõi, không chỉ là yêu cầu tốt nghiệp thông thường.

2.5.4. Yêu cầu khác về cấu trúc và nội dung

Cơ sở đào tạo chịu trách nhiệm tổ chức và bảo đảm việc rà soát, cập nhật chương trình đào tạo định kỳ theo quy định hiện hành hoặc khi có thay đổi quan trọng về khoa học, công nghệ, an toàn, an ninh và pháp quy hạt nhân; phân công rõ trách nhiệm trong việc đề xuất, rà soát, thẩm định và cập nhật chương trình; đồng thời bảo đảm sự tham gia của cơ quan quản lý, cơ sở nghiên cứu, đơn vị sử dụng nhân lực và chuyên gia trong lĩnh vực điện hạt nhân.

2.6. Phương pháp giảng dạy và đánh giá kết quả học tập

2.6.1. Phương pháp giảng dạy

Chương trình đào tạo phải bảo đảm tính liên thông, tích hợp và cập nhật; tránh trùng lặp nội dung giữa các học phần và giữa các định hướng đào tạo.

Đối với chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ định hướng ứng dụng: Chú trọng phương pháp đào tạo dựa trên vấn đề, dự án và tình huống chuyên môn; gắn với mô phỏng, thực hành và giải quyết các vấn đề kỹ thuật, công nghệ hoặc quản lý theo định hướng chuyên sâu.

Đối với chương trình đào tạo trình độ thạc sĩ định hướng nghiên cứu và trình độ tiến sĩ: Chú trọng đào tạo dựa trên nghiên cứu và trao đổi học thuật; phát triển năng lực nghiên cứu độc lập. Đối với trình độ tiến sĩ, phương pháp đào tạo phải gắn với nhóm nghiên cứu và nhiệm vụ khoa học, công nghệ.

Yêu cầu chung đối với cả ba định hướng chuyên sâu:

- Tích hợp công cụ số, mô phỏng, dữ liệu và trí tuệ nhân tạo phù hợp với từng định hướng đào tạo.

- Bảo đảm liêm chính học thuật, an toàn thông tin, bảo mật dữ liệu và khả năng kiểm chứng kết quả.

- Gắn đào tạo với hoạt động thực hành, nghiên cứu và hợp tác với cơ quan, doanh nghiệp phù hợp với lĩnh vực điện hạt nhân.

2.6.2. Đánh giá kết quả học tập

Việc đánh giá kết quả học tập và nghiên cứu thực hiện theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo và của cơ sở đào tạo.

Đối với các ngành về điện hạt nhân, việc đánh giá cần bảo đảm đo lường được năng lực vận dụng kiến thức liên ngành, giải quyết các vấn đề khoa học, kỹ thuật và công nghệ; năng lực phân tích, mô phỏng, kiểm chứng và đánh giá kết quả; đồng thời xem xét việc tuân thủ các yêu cầu về văn hóa an toàn, an ninh, đạo đức nghề nghiệp và liêm chính học thuật.

2.7. Đội ngũ giảng viên và nhân lực hỗ trợ

Do tính chất công nghệ cao, yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn, an ninh và tính

liên ngành của lĩnh vực điện hạt nhân, đội ngũ giảng viên và nhân lực hỗ trợ phải đáp ứng các yêu cầu chuyên môn phù hợp với chương trình đào tạo.

2.7.1. Yêu cầu định lượng về đội ngũ giảng viên

Cơ sở đào tạo phải có đội ngũ giảng viên tham gia chương trình đào tạo đáp ứng các yêu cầu về số lượng, trình độ và cơ cấu theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo đồng thời các giảng viên cần đáp ứng các tiêu chuẩn về công bố khoa học:

- Trình độ thạc sĩ: Trong 03 năm liên kề, số công bố khoa học thuộc danh mục Web of Science, Scopus hoặc tương đương của đội ngũ giảng viên tham gia chương trình, tính bình quân theo năm, đạt tối thiểu 01 công bố/giảng viên/năm.

- Trình độ tiến sĩ: Trong 03 năm liên kề, số công bố khoa học thuộc danh mục Web of Science, Scopus, hoặc tương đương của đội ngũ giảng viên tham gia chương trình, tính bình quân theo năm, đạt tối thiểu 02 công bố/giảng viên/năm.

- Trường hợp giảng viên tham gia trong 03 năm liên kề được công nhận các sở hữu trí tuệ như sáng chế/giải pháp hữu ích hoặc tham gia với vai trò chủ nhiệm hoặc thành viên chính trong các đề tài, nhiệm vụ khoa học và công nghệ, dự án chuyên môn có nội dung liên quan đến lĩnh vực đào tạo từ cấp bộ, cấp tỉnh hoặc tương đương trở lên, bao gồm các nhiệm vụ, dự án có yêu cầu bảo mật theo quy định, cơ sở đào tạo có thể xem xét quy đổi một phần yêu cầu về công bố khoa học theo quy định cụ thể của cơ sở đào tạo. Đối với nhiệm vụ, dự án đã kết thúc phải được nghiệm thu hoặc đánh giá đạt yêu cầu; đối với nhiệm vụ, dự án đang thực hiện phải có căn cứ xác nhận việc tham gia và vai trò chuyên môn của giảng viên.

Đội ngũ giảng viên tham gia chương trình đào tạo phải có chuyên môn phù hợp với định hướng đào tạo, có năng lực nghiên cứu và kinh nghiệm giảng dạy sau đại học; đồng thời bảo đảm khả năng tổ chức giảng dạy, hướng dẫn nghiên cứu, phát triển chương trình đào tạo và hợp tác khoa học trong lĩnh vực điện hạt nhân.

Cơ sở đào tạo cần ưu tiên phát triển đội ngũ giảng viên có kinh nghiệm nghiên cứu, chuyển giao công nghệ hoặc hợp tác với các cơ sở nghiên cứu, cơ quan quản lý, doanh nghiệp và tổ chức quốc tế trong lĩnh vực điện hạt nhân.

2.7.2. Yêu cầu chuyên môn đặc thù theo từng định hướng

Ngoài các yêu cầu chung, đội ngũ giảng viên tham gia chương trình đào tạo phải có chuyên môn phù hợp với định hướng đào tạo, cụ thể:

- Định hướng (1): Có chuyên môn về công nghệ, hệ thống và năng lượng điện hạt nhân hoặc các lĩnh vực liên quan.

- Định hướng (2): Có chuyên môn về an toàn hạt nhân, bảo vệ bức xạ, an ninh hạt nhân, pháp quy, quản lý hoặc các lĩnh vực liên quan.

- Định hướng (3): Có chuyên môn về công nghệ số, điều khiển, mô phỏng, trí tuệ nhân tạo, khoa học dữ liệu hoặc các lĩnh vực liên quan đến điện hạt nhân.

2.7.3. Yêu cầu về người hướng dẫn và tài hướng dẫn

Người hướng dẫn luận văn thạc sĩ và luận án tiến sĩ phải đáp ứng các tiêu chuẩn

theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo; đồng thời có chuyên môn, hướng nghiên cứu và kinh nghiệm phù hợp với lĩnh vực nghiên cứu của người học.

Ngoài các yêu cầu trên, người hướng dẫn luận văn thạc sĩ phải có tối thiểu 03 năm và người hướng dẫn luận án tiến sĩ phải có tối thiểu 05 năm kinh nghiệm nghiên cứu, giảng dạy hoặc hoạt động chuyên môn phù hợp với lĩnh vực của đề tài. Đối với đề tài liên quan trực tiếp đến công nghệ, vận hành, an toàn, an ninh hoặc pháp quy hạt nhân, người hướng dẫn hoặc ít nhất một người trong trường hợp đồng hướng dẫn phải có kinh nghiệm nghiên cứu, thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ hoặc hoạt động chuyên môn thực tiễn có minh chứng trong lĩnh vực tương ứng.

Cơ sở đào tạo khuyến khích thực hiện đồng hướng dẫn và tăng cường hợp tác với các cơ sở nghiên cứu, cơ quan quản lý, doanh nghiệp và tổ chức quốc tế đối với các đề tài liên ngành hoặc chuyên sâu nhằm nâng cao chất lượng đào tạo, nghiên cứu và khả năng tiếp cận các công nghệ mới trong lĩnh vực điện hạt nhân.

2.7.4. Yêu cầu về an toàn bức xạ đối với giảng viên

Giảng viên giảng dạy các học phần có liên quan đến bức xạ ion hóa, nguồn phóng xạ, thiết bị bức xạ, lò phản ứng, an toàn bức xạ hoặc an toàn hạt nhân phải đáp ứng các yêu cầu về đào tạo, chứng nhận và điều kiện hành nghề theo quy định của pháp luật về năng lượng nguyên tử và các quy định có liên quan.

Cơ sở đào tạo có trách nhiệm tổ chức bồi dưỡng, cập nhật kiến thức về văn hóa an toàn, an ninh hạt nhân và ứng phó sự cố phù hợp với nội dung giảng dạy và hoạt động chuyên môn của giảng viên.

2.7.5. Sự tham gia của chuyên gia trong đào tạo và nghiên cứu

Khuyến khích cơ sở đào tạo tăng cường hợp tác với IAEA và các cơ sở nghiên cứu, cơ quan quản lý, doanh nghiệp, tổ chức nghề nghiệp, tổ chức quốc tế có uy tín trong đào tạo, nghiên cứu, phát triển học liệu, mô phỏng, thực hành và trao đổi chuyên gia theo quy định hiện hành.

Việc tham gia của chuyên gia phải bảo đảm chất lượng đào tạo, sự phối hợp với đội ngũ giảng viên của cơ sở đào tạo và trách nhiệm học thuật theo quy định hiện hành.

2.7.6. Nhân lực hỗ trợ

Cơ sở đào tạo phải có đội ngũ nhân lực hỗ trợ đáp ứng yêu cầu tổ chức đào tạo, nghiên cứu và phục vụ người học theo quy định hiện hành.

Đối với các ngành về điện hạt nhân, đội ngũ nhân lực hỗ trợ phải có năng lực vận hành, quản lý và hỗ trợ khai thác các phòng thí nghiệm, hệ thống mô phỏng, hạ tầng số và các trang thiết bị chuyên ngành; đồng thời bảo đảm các yêu cầu về an toàn, an ninh và hỗ trợ kỹ thuật trong quá trình đào tạo và nghiên cứu.

2.8. Cơ sở vật chất, công nghệ và học liệu

Cơ sở đào tạo phải đáp ứng các yêu cầu về cơ sở vật chất, công nghệ và học liệu theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo; xem xét sử dụng các tài liệu hướng dẫn của IAEA và các tổ chức tương đương như một nguồn học liệu quan trọng cần sử dụng.

Cơ sở đào tạo phải bảo đảm cơ sở vật chất, phòng thí nghiệm, hệ thống mô phỏng và trang thiết bị chuyên ngành đủ để thực hiện các hoạt động thực hành, thí nghiệm, mô phỏng và nghiên cứu theo chuẩn đầu ra, trình độ đào tạo và định hướng chuyên sâu của chương trình, trong đó (xem Phụ lục 2):

- Định hướng (1): bảo đảm điều kiện thực hành, thí nghiệm hoặc mô phỏng tương ứng với các nội dung chuyên môn của chương trình đào tạo bao gồm các nội dung phù hợp như vật lý lò phản ứng, nhiệt - thủy lực, hệ thống và thiết bị nhà máy điện hạt nhân, cơ học, vật liệu, kết cấu và công trình có liên quan đến điện hạt nhân;

- Định hướng (2): bảo đảm công cụ, phần mềm, cơ sở dữ liệu hoặc môi trường thực hành đối với một hoặc một số nội dung chuyên môn phù hợp với ngành và chương trình đào tạo, như phân tích an toàn, đánh giá rủi ro, an toàn bức xạ, an ninh hạt nhân, thanh sát và pháp quy hạt nhân;

- Định hướng (3): bảo đảm hạ tầng tính toán, phần mềm hoặc môi trường thực hành, mô phỏng đối với một hoặc một số nội dung chuyên môn phù hợp với ngành và chương trình đào tạo, như lập trình, phân tích dữ liệu, mô phỏng hệ thống điều khiển số, bản sao số và các ứng dụng số trong điện hạt nhân.

Việc quản lý, vận hành phòng thí nghiệm, thiết bị và nguồn bức xạ (nếu có) phải tuân thủ các quy định của pháp luật về an toàn, an ninh và bảo vệ bức xạ.

Cơ sở đào tạo phải bảo đảm quyền tiếp cận và sử dụng các cơ sở vật chất, trang thiết bị và môi trường thực hành, nghiên cứu cần thiết cho người học thông qua đầu tư của cơ sở đào tạo hoặc duy trì hợp tác chính thức với viện nghiên cứu, phòng thí nghiệm, doanh nghiệp, cơ sở hạt nhân, cơ quan quản lý và các tổ chức trong nước, quốc tế.

Cơ sở đào tạo có trách nhiệm bảo đảm cơ sở vật chất được duy trì, nâng cấp và học liệu được cập nhật phù hợp với yêu cầu đào tạo, nghiên cứu và sự phát triển của khoa học, công nghệ.

2.9. Quản lý, bảo đảm và cải tiến nâng cao chất lượng đào tạo

Việc quản lý, bảo đảm và cải tiến chất lượng chương trình đào tạo thực hiện theo quy định hiện hành của Bộ Giáo dục và Đào tạo.

Cơ sở đào tạo phải thiết lập cơ chế tham vấn định kỳ các bên liên quan trong quá trình rà soát, cập nhật và cải tiến chương trình đào tạo. Thành phần tham vấn phải có đại diện phù hợp của cơ sở đào tạo, bao gồm hội đồng ngành, hội đồng chuyên môn hoặc tổ chức có chức năng tương đương; chuyên gia trong lĩnh vực hạt nhân và điện hạt nhân; đại diện cơ quan quản lý, cơ sở nghiên cứu, đơn vị sử dụng nhân lực và các tổ chức chuyên môn có liên quan. Ý kiến tham vấn phải được tổng hợp, xem xét và có minh chứng về việc tiếp thu hoặc giải trình nhằm bảo đảm chương trình đào tạo đáp ứng yêu cầu thực tiễn và phù hợp với sự phát triển của lĩnh vực.

Ngoài việc rà soát định kỳ theo quy định hiện hành, chương trình đào tạo các ngành về điện hạt nhân phải được rà soát, cập nhật kịp thời khi có thay đổi quan trọng về khoa học, công nghệ, an toàn, an ninh, pháp quy hạt nhân hoặc yêu cầu phát triển nguồn nhân lực.

PHỤ LỤC 1

Cơ sở phân chia nhóm các ngành cốt lõi và nhóm các ngành phụ trợ - liên ngành

Nguyên tắc chung. Việc phân nhóm được thực hiện theo mức độ gần và trực tiếp của nền tảng đào tạo đối với các quá trình vật lý, hệ thống công nghệ chính và chức năng vận hành - an toàn đặc thù của nhà máy điện hạt nhân, đồng thời xem xét phạm vi tham gia trong toàn bộ vòng đời nhà máy.

Ngành cốt lõi là ngành cung cấp nền tảng khoa học - kỹ thuật trực tiếp cho một hoặc nhiều chức năng công nghệ chính của nhà máy điện hạt nhân và có sự tham gia xuyên suốt hoặc ở các giai đoạn trọng yếu của vòng đời nhà máy, đặc biệt đối với vật lý lò phản ứng, chuyển đổi năng lượng, hệ thống công nghệ, hệ thống điện, đo lường - điều khiển và các chức năng quan trọng đối với an toàn.

Ngành phụ trợ - liên ngành là ngành cung cấp các năng lực chuyên môn cần thiết cho một hoặc một số công đoạn, hệ thống hoặc chức năng hỗ trợ của chương trình điện hạt nhân, nhưng nội dung đào tạo gốc không chủ yếu hướng tới các quá trình vật lý và hệ thống công nghệ đặc thù của nhà máy điện hạt nhân.

Sự phân nhóm này không thể hiện thứ bậc về tầm quan trọng của các ngành. Trong thực tế, nhiều lĩnh vực thuộc nhóm phụ trợ - liên ngành, như kỹ thuật cơ khí, kỹ thuật xây dựng, vật liệu, môi trường hoặc công nghệ thông tin, có thể trực tiếp liên quan đến các chức năng quan trọng đối với an toàn. Việc phân nhóm chủ yếu nhằm xác định mức độ gần của nền tảng đào tạo đối với lĩnh vực điện hạt nhân và làm cơ sở xác định yêu cầu bổ sung kiến thức phù hợp.

Một nhà máy điện hạt nhân không chỉ có “lò phản ứng”. Có thể mô tả chuỗi năng lực như sau: Chiến lược năng lượng - lựa chọn địa điểm - thiết kế - cấp phép - xây dựng - lắp đặt - chạy thử - vận hành - bảo dưỡng/nâng cấp - quản lý nhiên liệu - quản lý chất thải - kéo dài tuổi thọ - ngừng hoạt động - tháo dỡ - phục hồi địa điểm.

IAEA coi năng lực phải được duy trì suốt vòng đời; riêng giai đoạn tháo dỡ vẫn yêu cầu đội ngũ đủ số lượng, được đào tạo, có năng lực và duy trì tri thức của cơ sở.

Giai đoạn vòng đời	Các nhiệm vụ/chức năng chính	Nền tảng cốt lõi nổi bật	Các lĩnh vực phụ trợ – liên ngành tiêu biểu
Quy hoạch, chuẩn bị chương trình và lựa chọn địa điểm	Nhu cầu điện, công nghệ, lưới điện, địa điểm, môi trường, khung quản lý và nguồn nhân lực.	Kỹ thuật điện; Kỹ thuật năng lượng; Kỹ thuật hạt nhân.	Địa chất; Kỹ thuật môi trường; Kỹ thuật xây dựng; Quản lý năng lượng; Quản lý tài nguyên và môi trường.
Thiết kế và cấp phép	Vật lý lò, thủy nhiệt, hệ thống công nghệ, điện, I&C, chức năng an	Kỹ thuật hạt nhân; Kỹ thuật nhiệt; Kỹ thuật điện; Điều khiển và tự động hóa; Vật lý hạt	Cơ khí; Xây dựng; Vật liệu; Hóa học; Kỹ thuật hóa học; CNTT/Kỹ thuật máy tính.

	toàn; phân tích thiết kế và an toàn.	nhân; Vật lý kỹ thuật.	
Xây dựng, lắp đặt và chạy thử	Công trình, thiết bị cơ khí, điện, I&C; kiểm tra, tích hợp và xác nhận hệ thống.	Kỹ thuật điện; Kỹ thuật nhiệt; Điều khiển và tự động hóa; Kỹ thuật hạt nhân.	Cơ khí; Cơ điện tử; Xây dựng; Vật liệu; Kỹ thuật máy tính; CNTT.
Vận hành, bảo dưỡng và nâng cấp	Điều khiển phản ứng, tải nhiệt, phát điện, giám sát, bảo vệ, bảo dưỡng, quản lý lão hóa và chuyển đổi số.	Kỹ thuật hạt nhân; Kỹ thuật nhiệt; Kỹ thuật điện; Kỹ thuật năng lượng; Điều khiển và tự động hóa; Vật lý kỹ thuật.	Cơ khí; Cơ điện tử; Vật liệu; Hóa học; CNTT; Kỹ thuật máy tính; AI; Khoa học dữ liệu.
Nhiên liệu, bức xạ và chất thải	Quản lý nhiên liệu, che chắn, đo bức xạ, hóa nước, xử lý và quản lý chất thải phóng xạ.	Kỹ thuật hạt nhân; Vật lý nguyên tử và hạt nhân; Vật lý kỹ thuật.	Vật liệu; Hóa học; Kỹ thuật hóa học; Môi trường; Địa chất.
Ngừng hoạt động, tháo dỡ và phục hồi địa điểm	Đặc trưng phóng xạ, tháo dỡ thiết bị/công trình, xử lý chất thải và phục hồi môi trường.	Kỹ thuật hạt nhân; Vật lý kỹ thuật; Kỹ thuật điện/điều khiển ở các hệ thống còn vận hành.	Cơ khí; Xây dựng; Vật liệu; Hóa học; Kỹ thuật hóa học; Môi trường; Quản lý tài nguyên và môi trường.

PHỤ LỤC 2

Đề xuất yêu cầu dành cho cơ sở vật chất phòng thí nghiệm

1. Cơ sở đề xuất

Đề xuất áp dụng cách tiếp cận theo năng lực thực hành tối thiểu: Nhà nước quy định các nhóm chức năng và năng lực thực hành bắt buộc mà cơ sở đào tạo phải bảo đảm; cơ sở đào tạo được chủ động lựa chọn thiết bị, phần mềm, hệ thống thực nghiệm hoặc mô phỏng để đáp ứng các yêu cầu đó. Cơ sở vật chất có thể thuộc sở hữu của cơ sở đào tạo hoặc được khai thác thông qua thỏa thuận hợp tác/dùng chung, nhưng phải có minh chứng về quyền tiếp cận ổn định và việc người học thực sự được sử dụng trong quá trình đào tạo.

Ba định hướng đào tạo đề xuất:

(1) Công nghệ hạt nhân và hệ thống điện tập trung vào vật lý lò, thủy nhiệt, hệ thống nhà máy, điện và I&C;

(2) An toàn, an ninh và quản lý hạt nhân tập trung vào phân tích an toàn, rủi ro, an toàn bức xạ, an ninh, pháp quy và ứng phó sự cố;

(3) Hạ tầng số và công nghệ thông minh trong điện hạt nhân tập trung vào tính toán, dữ liệu, AI, điều khiển số, bản sao số và an ninh mạng.

Cơ sở đào tạo phải có hoặc được bảo đảm quyền sử dụng ổn định các phòng thí nghiệm, hệ thống thực nghiệm, hệ thống mô phỏng, phần mềm chuyên dụng, cơ sở dữ liệu và hạ tầng tính toán đáp ứng mục tiêu, chuẩn đầu ra và định hướng của chương trình đào tạo. Đối với mỗi định hướng đào tạo được triển khai, cơ sở đào tạo phải đáp ứng đầy đủ các nhóm năng lực thực hành tối thiểu tương ứng; mỗi nhóm năng lực được đáp ứng bằng ít nhất một hệ thống thực nghiệm, mô phỏng, phần mềm hoặc nền tảng chuyên dụng phù hợp. Cơ sở đào tạo được lựa chọn giải pháp công nghệ và hình thức sở hữu, dùng chung hoặc hợp tác, nhưng phải có minh chứng về quyền tiếp cận, khả năng khai thác thực tế của người học và việc tích hợp các cơ sở vật chất này vào hoạt động đào tạo, nghiên cứu.

2. Yêu cầu chung áp dụng cho mọi định hướng

STT	Nhóm yêu cầu	Yêu cầu tối thiểu đề xuất	Mục đích/ý nghĩa
1	Hạ tầng chuyên môn	Có hoặc được bảo đảm quyền sử dụng ổn định phòng thí nghiệm, hệ thống thực nghiệm, mô phỏng, phần mềm chuyên dụng, cơ sở dữ liệu và hạ tầng tính toán phù hợp với định hướng đào tạo.	Không chấp nhận chỉ có phòng máy tính thông thường nếu không chứng minh được khả năng thực hiện các bài toán chuyên môn điện hạt nhân.
2	Tích hợp vào đào tạo	Cơ sở vật chất phải được tích hợp vào học phần, thực	Bảo đảm cơ sở vật chất không chỉ tồn tại trên danh

STT	Nhóm yêu cầu	Yêu cầu tối thiểu đề xuất	Mục đích/ý nghĩa
		hành, nghiên cứu, đồ án, luận văn hoặc luận án; có tài liệu hướng dẫn và minh chứng sử dụng.	mục mà được người học khai thác thực tế.
3	Quyền tiếp cận	Nếu sử dụng hạ tầng của đơn vị khác, phải có văn bản hợp tác hoặc cơ chế dùng chung xác định rõ phạm vi, thời hạn, khả năng tiếp cận và số lượng người học được phục vụ.	Cho phép tận dụng viện nghiên cứu, doanh nghiệp, cơ sở quốc gia/quốc tế nhưng ngăn liên kết hình thức.
4	An toàn và tuân thủ	Nguồn phóng xạ, thiết bị bức xạ hoặc vật liệu thuộc diện quản lý, nếu sử dụng, phải đáp ứng đầy đủ yêu cầu pháp luật về cấp phép, an toàn, an ninh, bảo vệ bức xạ, quản lý nguồn và ứng phó sự cố.	Không bắt buộc mọi cơ sở phải sở hữu nguồn phóng xạ; ưu tiên sử dụng hạ tầng được cấp phép và dùng chung khi phù hợp.
5	Nhân lực vận hành	Có cán bộ/giảng viên/kỹ thuật viên đủ năng lực vận hành, hướng dẫn và bảo đảm an toàn đối với các hệ thống, thiết bị và phần mềm chuyên dụng.	Thiết bị chỉ có ý nghĩa đào tạo khi có nhân lực đủ năng lực khai thác.
6	Duy trì và cập nhật	Có kế hoạch bảo trì, hiệu chuẩn/kiểm định khi cần, quản lý bản quyền, cập nhật phần mềm, dữ liệu và quy trình sử dụng.	Bảo đảm khả năng sử dụng liên tục và chất lượng kết quả thực hành.

3. Yêu cầu theo Định hướng 1 – Công nghệ hạt nhân và hệ thống điện

STT	Nhóm năng lực	Cơ sở vật chất/chức năng tối thiểu	Nội dung thực hành phải hỗ trợ	Mức yêu cầu
1	Vật lý lò phản ứng	Phần mềm hoặc hệ thống mô phỏng vật lý lò, vận chuyển và khuếch tán neutron, động học lò phản ứng	Người học có thể khảo sát phân bố neutron/công suất, độ phản ứng, điều khiển phản ứng, hệ	Bắt buộc

STT	Nhóm năng lực	Cơ sở vật chất/chức năng tối thiểu	Nội dung thực hành phải hỗ trợ	Mức yêu cầu
		hoặc công cụ có chức năng tương đương.	số phản hồi, trạng thái tới hạn và các bài toán vật lý lò phù hợp trình độ đào tạo.	
2	Thủy nhiệt và truyền nhiệt	Hệ thống thực nghiệm và/hoặc phần mềm mô phỏng thủy nhiệt, truyền nhiệt, dòng chảy và các quá trình tải nhiệt.	Phân tích nhiệt độ, áp suất, lưu lượng, truyền nhiệt, khả năng tải nhiệt và đáp ứng của hệ thống trong điều kiện vận hành/chuyển tiếp.	Bắt buộc
3	Hệ thống nhà máy điện hạt nhân	Hệ thống hoặc môi trường mô phỏng các nguyên lý, quá trình và hệ thống công nghệ của nhà máy điện hạt nhân.	Khảo sát tương tác lò-hệ sơ cấp-hệ thứ cấp, thay đổi công suất, khởi động/dừng ở mức phù hợp, trạng thái chuyển tiếp và một số tình huống bất thường/sự cố.	Bắt buộc
4	Điện và nguồn điện an toàn	Phòng thí nghiệm/hệ thống mô phỏng điện, phân phối điện, nguồn dự phòng, bảo vệ và kết nối lưới.	Thực hành cấu trúc hệ thống điện nhà máy, nguồn bình thường/dự phòng, tải quan trọng, bảo vệ và các tình huống mất/khôi phục nguồn.	Bắt buộc
5	Đo lường - điều khiển và bảo vệ	Hệ thống thực hành/mô phỏng I&C, cảm biến-điều khiển-thực thi, PLC/DCS hoặc môi trường tương đương.	Đo lường quá trình, logic điều khiển, interlock, trip/protection, đáp ứng của hệ thống và chẩn đoán lỗi.	Bắt buộc

STT	Nhóm năng lực	Cơ sở vật chất/chức năng tối thiểu	Nội dung thực hành phải hỗ trợ	Mức yêu cầu
6	Đo lường hạt nhân/bức xạ	Thiết bị đo bức xạ hoặc quyền sử dụng phòng thí nghiệm được cấp phép; có thể kết hợp mô phỏng khi phù hợp.	Hiểu nguyên lý hoạt động của đầu dò bức xạ; thực hiện đo, phân tích và đánh giá tín hiệu bức xạ; liên hệ với các hệ thống đo lường trong kỹ thuật hạt nhân.	Khuyến nghị mạnh; bắt buộc nếu chương trình đào tạo có học phần thực nghiệm tương ứng

4. Yêu cầu theo Định hướng 2 – An toàn, an ninh và quản lý hạt nhân

STT	Nhóm năng lực	Cơ sở vật chất/chức năng tối thiểu	Nội dung thực hành phải hỗ trợ	Mức yêu cầu
1	Phân tích an toàn hạt nhân	Phần mềm/môi trường mô phỏng phục vụ phân tích an toàn tất định hoặc đánh giá đáp ứng hệ thống.	Phân tích trạng thái vận hành, chuyển tiếp và tình huống sự cố; đánh giá các chức năng an toàn và kết quả phân tích.	Bắt buộc
2	Đánh giá rủi ro PSA/PRA	Công cụ hoặc phần mềm phục vụ đánh giá an toàn xác suất (PSA/PRA), có khả năng xây dựng và định lượng cây sự cố, cây sự kiện, mô hình độ tin cậy và mô hình rủi ro.	Xây dựng mô hình sự kiện, hồng học, xác suất, chuỗi sự cố và các chỉ số rủi ro ở mức phù hợp.	Bắt buộc
3	An toàn và bảo vệ bức xạ	Thiết bị đo bức xạ và/hoặc quyền sử dụng cơ sở thực hành được cấp phép; công cụ tính liều/che chắn khi phù hợp.	Đo hoặc mô phỏng suất liều, nhiễm bẩn, phổ/nhận diện bức xạ; đánh giá phơi nhiễm, che chắn và biện pháp bảo vệ.	Bắt buộc về năng lực; hình thức vật lý hoặc kết hợp mô phỏng tùy nội dung
4	An ninh hạt nhân	Môi trường mô phỏng, thực hành hoặc hệ	Thực hành hoặc diễn tập các tình	Bắt buộc về năng lực

STT	Nhóm năng lực	Cơ sở vật chất/chức năng tối thiểu	Nội dung thực hành phải hỗ trợ	Mức yêu cầu
		thống thiết bị phù hợp phục vụ phát hiện, kiểm soát truy cập, cảnh báo, bảo vệ thực thể và ứng phó trong bảo đảm an ninh hạt nhân	huống phát hiện - đánh giá - cảnh báo - ứng phó và nguyên tắc bảo vệ thực thể.	
5	Pháp quy và thanh sát hạt nhân	Cơ sở dữ liệu văn bản, tiêu chuẩn, hồ sơ mẫu, tình huống cấp phép/thanh sát và công cụ quản lý tài liệu.	Đọc, đánh giá và xử lý hồ sơ; áp dụng yêu cầu pháp quy; xây dựng/đánh giá tình huống thanh sát, tuân thủ và quản lý.	Bắt buộc
6	Ứng phó sự cố	Môi trường mô phỏng hoặc bộ kịch bản có dữ liệu kỹ thuật, bức xạ, khí tượng và phương án ứng phó.	Đánh giá tình huống, dự báo/đánh giá hậu quả ở mức phù hợp, đề xuất hành động bảo vệ, phối hợp và ra quyết định.	Bắt buộc
7	Chu trình nhiên liệu và chất thải	Phần mềm, mô hình, dữ liệu hoặc cơ sở thực hành phù hợp với nội dung chương trình đào tạo.	Phân tích các bước chính của chu trình nhiên liệu, quản lý nhiên liệu đã qua sử dụng, phân loại/xử lý/lưu giữ chất thải.	Bắt buộc nếu nội dung này thuộc cấu phần chuyên sâu của định hướng

5. Yêu cầu theo Định hướng 3 – Hạ tầng số và công nghệ thông minh trong điện hạt nhân

STT	Nhóm năng lực	Cơ sở vật chất/chức năng tối thiểu	Nội dung thực hành phải hỗ trợ	Mức yêu cầu
1	Hạ tầng tính toán khoa học	Máy trạm, máy chủ hoặc hạ tầng tính toán dùng chung/cloud phù hợp với quy mô mô	Thực hiện mô phỏng số, xử lý dữ liệu kỹ thuật, huấn luyện/đánh giá mô hình và các bài toán	Bắt buộc

STT	Nhóm năng lực	Cơ sở vật chất/chức năng tối thiểu	Nội dung thực hành phải hỗ trợ	Mức yêu cầu
		phòng và xử lý dữ liệu của chương trình.	tính toán chuyên ngành.	
2	Dữ liệu đặc thù NPP	Kho dữ liệu thực, mô phỏng hoặc synthetic có cấu trúc đại diện cho dữ liệu nhà máy hoặc dữ liệu tương đương.	Tiền xử lý, đồng bộ, quản trị, phân tích và khai thác dữ liệu có ngữ cảnh vật lý và vận hành của hệ thống điện hạt nhân.	Bắt buộc
3	AI và phân tích dữ liệu	Nền tảng lập trình, máy học và học sâu, phân tích thống kê và công cụ quản lý thí nghiệm/mô hình phù hợp.	Phát hiện bất thường, chẩn đoán, dự báo, phân loại/nhận dạng và hỗ trợ quyết định trên dữ liệu.	Bắt buộc
4	Digital I&C	Hệ thống thực hoặc môi trường mô phỏng cảm biến-điều khiển-chấp hành thực thi, PLC/DCS, mạng công nghiệp hoặc hệ thống tương đương.	Thiết kế/đánh giá logic điều khiển, fault injection, thu nhận dữ liệu, giám sát và tương tác giữa hệ vật lý và hệ điều khiển số.	Bắt buộc
5	Bản sao số	Môi trường cho phép tích hợp mô hình vật lý/hệ thống với dữ liệu thời gian hoặc dữ liệu mô phỏng.	Xây dựng mô hình trạng thái, đồng bộ dữ liệu, giám sát, dự báo và đánh giá hành vi của thiết bị/hệ thống.	Bắt buộc ở mức phù hợp với mục tiêu định hướng
6	An ninh mạng hệ thống công nghiệp	Môi trường thực hành, thử nghiệm an ninh mạng độc lập và được kiểm soát, không kết nối với hệ thống vận hành thực tế.	Thực hành phân vùng mạng, kiểm soát truy cập, giám sát, phát hiện bất thường, phân tích sự cố và nguyên tắc bảo vệ hệ thống số quan trọng.	Bắt buộc

STT	Nhóm năng lực	Cơ sở vật chất/chức năng tối thiểu	Nội dung thực hành phải hỗ trợ	Mức yêu cầu
7	Kiểm tra/robot thông minh	Thiết bị camera/cảm biến, robot hoặc dữ liệu/môi trường mô phỏng tương đương nếu chương trình đào triển khai nội dung này.	Kiểm tra trực quan, giám sát từ xa, robot trong môi trường hạn chế tiếp cận hoặc ứng dụng AI cho kiểm tra/bảo trì.	Theo cầu phần chuyên sâu

6. Cơ chế đáp ứng và minh chứng

STT	Hình thức đáp ứng	Minh chứng tối thiểu cần có
1	Sở hữu trực tiếp	Danh mục thiết bị/phần mềm; hồ sơ vận hành, bảo trì/hiệu chuẩn; lịch sử sử dụng; học phần và bài thực hành liên quan.
2	Dùng chung trong cơ sở đào tạo	Quy chế dùng chung; lịch sử khai thác; quyền truy cập của người học; cán bộ phụ trách.
3	Hợp tác với viện, doanh nghiệp hoặc cơ sở khác	Thỏa thuận/văn bản hợp tác còn hiệu lực; mô tả hạ tầng; thời lượng và số lượt người học được tiếp cận; minh chứng hoạt động thực tế.
4	Hạ tầng số/cloud/phần mềm từ xa	Tài khoản/quyền truy cập hợp pháp; năng lực tính toán; dữ liệu/phần mềm được sử dụng; cơ chế bảo mật và quản lý truy cập.
5	Nguồn/thiết bị bức xạ	Giấy phép và hồ sơ quản lý theo quy định hiện hành; nhân lực phụ trách; quy trình an toàn và ứng phó sự cố.