

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



BÁO CÁO HỌC THUẬT
NĂM HỌC 2025-2026

XÂY DỰNG ĐỀ CƯƠNG CHI TIẾT HỌC PHẦN:
VẬT LIỆU NĂNG LƯỢNG

Người báo cáo: Bùi Hữu Nguyên

Đơn vị: Bộ môn Vật lý, Khoa Khoa học cơ bản

Hà Nội, 12/2025

MỞ ĐẦU

Học phần “Vật liệu năng lượng” là một trong những môn học chuyên ngành của ngành Kỹ thuật Vật liệu, cung cấp kiến thức nền tảng và hiện đại về các loại vật liệu có khả năng chuyển đổi – thu hoạch – lưu trữ năng lượng.

Để đảm bảo nội dung bài giảng phù hợp với mục tiêu đào tạo và số tín chỉ của học phần, báo cáo này trình bày đề cương chi tiết của học phần “Vật liệu năng lượng”.

Nội dung học phần được tổ chức thành 5 chương:

Chương 1: Giới thiệu về vật liệu năng lượng

Chương 2: Vật liệu tạo ra năng lượng

Chương 3: Vật liệu lưu trữ năng lượng

Chương 4: Vật liệu truyền và chuyển đổi năng lượng

Chương 5: Kỹ thuật đo – phân tích vật liệu năng lượng

ĐỀ CƯƠNG CHI TIẾT HỌC PHẦN

1. Tên học phần

- Tiếng Việt: Vật liệu năng lượng

- Tiếng Anh: Energy Materials

Mã học phần: 7010273

Số tín chỉ học phần: 3 (3–0–6)

Thuộc chương trình: Khoa học Vật liệu / Kỹ thuật vật liệu

Học kỳ: 7

Số tiết học phần: Lý thuyết: 45; Bài tập: 0; Tự học: 90;

2. Đơn vị quản lý học phần

2.1. Giảng viên giảng dạy:

Mã giảng viên

1. TS Bùi Hữu Nguyên	0102-19
2. TS Đào Việt Thắng	0102-06
3. TS Nguyễn Xuân Chung	0102-03
4. TS Đỗ Thị Hồng Hải	0102-06
5. TS Nguyễn Mạnh Hùng	0102-07

2.2. Bộ môn: Vật lý

2.3. Khoa: Khoa học cơ bản

3. Điều kiện tiên quyết: Vật lý đại cương, Hóa đại cương

4. Mục tiêu học phần

Học phần cung cấp kiến thức nền tảng và chuyên sâu về các nhóm vật liệu năng lượng như: vật liệu tích trữ năng lượng, vật liệu chuyển đổi năng lượng và vật liệu tạo năng lượng mới (piezoelectric, triboelectric, pyroelectric). Người học được trang bị phương pháp đo, phân tích và đánh giá hiệu suất vật liệu năng lượng; từ đó hiểu được nguyên lý hoạt động, cấu trúc – tính chất của các loại vật liệu và ứng dụng thực tiễn trong công nghệ năng lượng hiện đại.

4.1. Kiến thức nền tảng

Trang bị cho người học kiến thức cơ bản về cấu trúc, tính chất và phân loại vật liệu dùng trong chuyển đổi và tích trữ năng lượng.

4.2. Hiểu nguyên lý hoạt động thiết bị

Hiểu và giải thích được nguyên lý hoạt động của các hệ thống năng lượng (pin, siêu tụ điện, pin mặt trời, vật liệu quang – xúc tác...) và vai trò của vật liệu trong từng thiết bị.

4.3. Phương pháp chế tạo & đặc trưng vật liệu

Nắm được các phương pháp tổng hợp, gia công, chế tạo vật liệu năng lượng và các kỹ thuật phân tích – đặc trưng (XRD, SEM/TEM, EIS, UV-Vis...) để đánh giá chất lượng vật liệu.

4.4. Phân tích và giải quyết vấn đề kỹ thuật

Biết vận dụng kiến thức để phân tích, so sánh, đánh giá và đề xuất giải pháp cải thiện tính chất vật liệu nhằm nâng cao hiệu suất thiết bị năng lượng.

4.5. Năng lực thiết kế – nghiên cứu

Phát triển năng lực thiết kế quy trình chế tạo hoặc mô hình vật liệu năng lượng ở mức độ học phần; hình thành tư duy nghiên cứu khoa học và tư duy hệ thống.

4.6. Kỹ năng mềm và đạo đức nghề nghiệp

Rèn luyện kỹ năng làm việc nhóm, giao tiếp khoa học, viết báo cáo; đồng thời nâng cao ý thức an toàn phòng thí nghiệm, trách nhiệm nghề nghiệp và tinh thần học tập suốt đời.

5. Chuẩn đầu ra của học phần (CLO- Course Learning Outcomes)

5.1. Kiến thức (Knowledge – K)

Sau khi hoàn thành học phần, người học có thể:

K.1. Kiến thức nền tảng: Vận dụng được các kiến thức cơ bản về toán – vật lý – hóa học – vật liệu học để phân tích các hiện tượng liên quan đến vật liệu năng lượng (điện hoá, dẫn điện – dẫn ion, truyền nhiệt, hấp thụ/quang – xúc tác...).

K.2: Kiến thức cơ sở ngành: Hiểu và giải thích được các nguyên lý cơ bản về: cấu trúc – tính chất – chức năng của vật liệu dùng trong năng lượng, nguyên lý chuyển đổi và tích trữ năng lượng, các loại vật liệu nền tảng: kim loại – hợp kim, gốm – oxide, polymer, bán dẫn, vật liệu nano, vật liệu tổ hợp. Từ đó có khả năng tiếp thu kiến thức nâng cao hơn trong các môn chuyên sâu (pin-siêu tụ điện, vật liệu quang năng, vật liệu xúc tác,...).

K.3: Vận dụng kiến thức ngành: Vận dụng được các kiến thức chuyên môn để phân tích hoặc giải quyết một vấn đề thực tế liên quan đến vật liệu năng lượng, chẳng hạn: phân loại và đánh giá vật liệu cho pin Li-ion, siêu tụ điện, pin mặt trời, vật liệu hydro,

vật liệu quang xúc tác, khảo sát cấu trúc – pha – tính chất điện hoá/ quang học của vật liệu, lựa chọn vật liệu phù hợp cho các ứng dụng trong chuyển đổi – lưu trữ năng lượng, môi trường, cơ – nhiệt,...

5.2. Kỹ năng chuyên môn – nghiệp vụ & phẩm chất cá nhân (Skills & Attitude – S/A)

SA1: Lập luận & giải quyết vấn đề: Có khả năng phân tích, nhận dạng và giải quyết các bài toán kỹ thuật trong lĩnh vực vật liệu năng lượng: tối ưu cấu trúc, cải thiện tính chất, lựa chọn vật liệu, đánh giá hiệu suất.

SA2: Kỹ năng nghiên cứu – thực nghiệm: Thực hiện được các thao tác cơ bản của hoạt động nghiên cứu: thu thập số liệu, phân tích tài liệu khoa học, thực hiện tính toán, mô phỏng hoặc phân tích kết quả thực nghiệm liên quan đến vật liệu năng lượng.

SA3: Tư duy hệ thống & tư duy phản biện: Đánh giá được mối quan hệ giữa cấu trúc tính chất, hiệu suất thiết bị năng lượng; biết phản biện, so sánh các giải pháp vật liệu khác nhau.

SA4: Tính chủ động, sáng tạo: Chủ động đề xuất cách cải thiện, lựa chọn vật liệu mới hoặc quy trình chế tạo phù hợp, thể hiện sự sáng tạo trong giải quyết vấn đề năng lượng.

SA5: Đạo đức và trách nhiệm nghề nghiệp: Hiểu và tuân thủ đạo đức nghiên cứu, trung thực trong báo cáo kết quả, ý thức bảo vệ môi trường và an toàn phòng thí nghiệm.

SA6: Tự học & cập nhật kiến thức: Có khả năng tự học và tự nghiên cứu để cập nhật các xu hướng mới trong vật liệu năng lượng (pin rắn, perovskite, hydrogen, lưu trữ nhiệt, siêu tụ điện,...).

5.3. Kỹ năng xã hội – làm việc trong môi trường quốc tế (Social Skills – SS)

SS1: Làm việc nhóm đa ngành: Làm việc hiệu quả trong nhóm liên ngành (vật lý – hoá – vật liệu – cơ điện – năng lượng), biết phân công nhiệm vụ và phối hợp trong các bài tập lớn hoặc dự án nhỏ về vật liệu năng lượng.

SS2: Kỹ năng giao tiếp – trình bày: Trình bày, viết báo cáo và thảo luận hiệu quả về các chủ đề liên quan đến vật liệu năng lượng; sử dụng thành thạo các công cụ mô phỏng, trình bày và xử lý dữ liệu.

SS3: Ứng dụng CNTT và ngoại ngữ: Sử dụng máy tính tốt (mức tương đương chuẩn B); khai thác phần mềm phổ biến trong vật liệu (Origin, Excel, VESTA, COMSOL/MATLAB cơ bản, XRD/SEM analysis tools). Đọc – hiểu được tài liệu tiếng Anh chuyên ngành về vật liệu năng lượng.

5.4. Năng lực thiết kế – phân tích – vận hành (Engineering Capability – EC)

EC1: Hình thành ý tưởng kỹ thuật: Xác định được vấn đề, đề xuất ý tưởng vật liệu hoặc giải pháp kỹ thuật nhằm nâng cao hiệu suất trong hệ thống năng lượng.

EC2: Thiết kế mô hình / quy trình chế tạo: Đề xuất được sơ đồ quy trình chế tạo hoặc cải tiến vật liệu năng lượng (điện cực, màng mỏng, vật liệu quang, xúc tác...) ở mức độ học phần.

EC3: Thử nghiệm – đánh giá vật liệu: Phân tích và đánh giá được chất lượng vật liệu dựa trên dữ liệu thực nghiệm hoặc mô phỏng (XRD, SEM, EIS, UV-Vis, đường cong điện hóa...).

5.5. Phẩm chất chính trị – xã hội – thể chất (General Attributes – GA)

GA1: Nhận thức chính trị – xã hội: Hiểu được vai trò của năng lượng sạch và vật liệu năng lượng trong phát triển bền vững, phục vụ cộng đồng và bảo vệ Tổ quốc.

GA2: Ý thức an toàn – sức khỏe: Thực hiện đúng quy định về an toàn hóa chất, an toàn phòng thí nghiệm; có ý thức bảo vệ sức khỏe bản thân khi làm việc với vật liệu và thiết bị năng lượng.

Bảng 1. Ma trận tích hợp mục tiêu và chuẩn đầu ra của CTĐT

Mục tiêu	Chuẩn đầu ra																
	Kiến thức			Kỹ năng chuyên môn						Kỹ năng xã hội			Năng lực			Phẩm chất	
	K1	K2	K3	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA6	SS1	SS2	SS3	EC1	EC2	EC3	GA1	GA2
4.1	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X		
4.2	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		
4.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
4.4	X	X	X								X	X	X	X	X		
4.5	X	X	X									X	X	X	X	X	X
4.6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

6. Nội dung chi tiết học phần

(45 tiết lý thuyết + tự học + bài tập)

Đề mục	Nội dung	Số tiết	Mục tiêu
CHƯƠNG 1	GIỚI THIỆU VỀ VẬT LIỆU NĂNG LƯỢNG	4	
1.1	Khái niệm và phân loại vật liệu năng lượng 1.1.1. Khái niệm	1	4.1, 4.2

	1.2.1. Phân loại: tạo ra – lưu trữ – truyền & chuyển đổi 1.2.3. Vai trò với các hệ thống năng lượng		
1.2	Các yêu cầu kỹ thuật đối với vật liệu năng lượng 1.2.1. Tính ổn định hóa học 1.2.2. Dẫn điện/dẫn ion 1.2.3. Độ bền cơ – nhiệt – môi trường	1	4.2, 4.3, 4.4
1.3	Vật liệu mới và xu hướng năng lượng tái tạo 1.3.1. Vật liệu nano: 0D, 1D, 2D 1.3.2. Vật liệu perovskite, 2D materials, Mxene 1.3.3. Ứng dụng trong năng lượng tái tạo	2	4.2, 4.3, 4.4
CHƯƠNG 2	VẬT LIỆU TẠO RA NĂNG LƯỢNG	15	
2.1	Vật liệu pin mặt trời (PV materials) 2.1.1. Cơ sở quang – điện và nguyên lý PV (1 tiết) 2.1.2. Silicon crystalline (2 tiết) • Bandgap, khuếch tán • Heterojunction 2.1.3. Thin-film (CdTe, CIGS) (1 tiết) 2.1.4. Perovskite solar cells (1 tiết) 2.1.5. PV hữu cơ – polymer (1 tiết)	6	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
2.2	Vật liệu nhiệt điện (Thermoelectric) 2.2.1. Nguyên lý: Seebeck, ZT (1 tiết) 2.2.2. Vật liệu nhiệt điện truyền thống (1 tiết) (Bi ₂ Te ₃ , PbTe, skutterudite) 2.2.3. Vật liệu half-Heusler, chiến lược giảm độ dẫn nhiệt (1 tiết)	3	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
2.3	Vật liệu tạo hydro – xúc tác điện hoá 2.3.1. Tổng quan điện phân nước (1 tiết) 2.3.2. Xúc tác HER (1 tiết)	3	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6

	(Pt, MoS₂, Ni-foam) 2.3.3. Xúc tác OER (1 tiết) (RuO₂, IrO₂, perovskite oxide)		
2.4	Vật liệu Triboelectric (TENG materials) 2.4.1. Nguyên lý triboelectric & các mode TENG (1 tiết) (Contact-separation, sliding, single electrode, freestanding) 2.4.2. Vật liệu tribo: polymer, kim loại, nano (1 tiết) • PTFE, PDMS, Kapton • Al, Cu • ZnO nanowire, MXene 2.4.3. Ứng dụng TENG (1 tiết) • IoT, wearable, tự cấp nguồn cảm biến	3	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
CHƯƠNG 3	VẬT LIỆU LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG	15	
3.1	Pin Lithium-ion 3.1.1. Cấu trúc và nguyên lý Li-ion (1 tiết) 3.1.2. Vật liệu cathode (LCO, NMC, LFP) (2 tiết) 3.1.3. Vật liệu anode (Graphite, Si-C) (1 tiết) 3.1.4. Chất điện giải và SEI (1 tiết)	5	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
3.2	Pin Natri-ion và công nghệ mới 3.2.1. Công nghệ Na-ion và vật liệu cathode (1 tiết) 3.2.2. So sánh Na-ion vs Li-ion & ứng dụng (1 tiết)	2	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
3.3	Pin trạng thái rắn (All-solid-state battery) 3.3.1. Điện giải rắn (oxide, sulfide, polymer) (2 tiết) 3.3.2. Giao diện và các thách thức (1 tiết)	3	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6

3.4	Siêu tụ điện 3.4.1. Cơ chế EDLC & pseudocapacitance (1 tiết) 3.4.2. Vật liệu: carbon, graphene, MXene (1 tiết) 3.4.3. Ứng dụng & so sánh với pin (1 tiết)	3	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
3.5	Vật liệu lưu trữ hydro 3.5.1. Hấp thụ hydro trong hợp kim (1 tiết) 3.5.2. Vật liệu nano xốp (MOF, carbon) (1 tiết)	2	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
CHƯƠNG 4	VẬT LIỆU TRUYỀN & CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG	6	
4.1	Pin nhiên liệu (Fuel Cell) 4.1.1. Tổng quan PEMFC (1 tiết) 4.1.2. Màng trao đổi proton (Nafion) (1 tiết) 4.1.3. SOFC – vật liệu điện cực & điện giải (2 tiết)	4	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
4.2	Vật liệu xúc tác chuyển đổi năng lượng 4.2.1. Vật liệu kim loại – oxide – perovskite (1 tiết) 4.2.2. Cơ chế truyền ion và electron trong xúc tác (1 tiết)	2	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
CHƯƠNG 5	KỸ THUẬT ĐO - PHÂN TÍCH VẬT LIỆU NĂNG LƯỢNG	5	
5.1	Tổng quan các kỹ thuật đo vật liệu năng lượng 5.1.1. Phân loại kỹ thuật đo: - Điện (electrical), quang (optical), nhiệt (thermal), cơ–điện (mechanical–electrical) 5.1.2. Các thông số quan trọng: hiệu suất, công suất phát, nội trở, mật độ năng lượng 5.1.3. Giới thiệu thiết bị đo: potentiostat, EIS, 4-probe, solar simulator, oscilloscope 5.1.4. Quy trình đo an toàn và chuẩn hóa	1	4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6

5.2	Kỹ thuật đo điện – quang cho vật liệu quang điện (PV) Đo đường cong I–V, P–V 5.2.2. Xác định: Voc, Isc, Pmax, FF, hiệu suất η 5.2.3. Chuẩn đo AM1.5 – solar simulator 5.2.4. Quy trình hiệu chuẩn – cách tính hiệu suất chuyển đổi ánh sáng sang điện	1	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
5.3	Kỹ thuật đo điện hóa (CV, EIS, GCD) cho pin & siêu tụ 5.3.1. CV: quét thế, xác định vùng oxi–khử 5.3.2. EIS: trở kháng, mô hình mạch tương đương 5.3.3. GCD: điện dung, dung lượng, hiệu suất coulombic 5.3.4. Tính năng lượng riêng và công suất riêng (Ragone plot)	1	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
5.4	Kỹ thuật đo cho vật liệu áp điện và triboelectric 5.4.1. Piezoelectric: Đo hệ số d33, d31 Đo điện áp/dòng phát dưới tải động Đáp ứng tần số và biên độ rung 5.4.2. Triboelectric (TENG): Đo Voc, Isc, Qsc Đường cong công suất theo tải (power–load curve) Phân tích cơ chế tiếp xúc–tách / trượt	1	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6
5.5	Đo hiệu suất & công suất phát của các vật liệu năng lượng Tính toán công suất tức thời: $P(t) = U(t) \cdot I(t)$ 5.5.1. Công suất tối ưu theo tải	1	4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6

	Xác định R_{opt} 5.5.2. Hiệu suất chuyển đổi: PV: $\eta = P_{out} / P_{in}$ Piezoelectric efficiency Triboelectric charge transfer efficiency Thermoelectric ZT $\rightarrow$ hiệu suất 5.5.3. Các ví dụ thực hành tính toán		
--	--	--	--

7. Phương pháp giảng dạy – học tập

- Giảng dạy lý thuyết, thuyết trình kết hợp hình ảnh mô phỏng
- Bài tập nhóm, tiểu luận
- Thí nghiệm mô phỏng (CST, HFSS, COMSOL, MATLAB, BatteryAnalyzer)
- Sinh viên nghiên cứu tài liệu ở nhà, thuyết trình và thảo luận trên lớp

8. Nhiệm vụ của sinh viên

Sinh viên phải thực hiện các nhiệm vụ sau:

- Có mặt tối thiểu 80% số tiết học lý thuyết.
- Hoàn thành đầy đủ các bài tập nhóm/ bài tập và được đánh giá kết quả thực hiện.
- Tham dự kiểm tra giữa học kỳ.
- Tham dự thi kết thúc học phần (bắt buộc).
- Chủ động chuẩn bị các nội dung và thực hiện giờ tự học theo mục 11.

9. Kiểm tra – Đánh giá

9.1. Cách đánh giá

Bảng 2. Đánh giá học phần

TT	Điểm thành phần	Quy định	Trọng số
1	Điểm chuyên cần	- Số tiết tham dự học/tổng số tiết	10%
2	Điểm tự học	- Làm phiếu chuẩn bị	10%
3	Điểm kiểm tra giữa kỳ	- Thi viết	20%
4	Điểm thi kết thúc học phần	- Thi viết (60 phút). - Tham dự đủ 80% tiết lý thuyết - Dự thi kết thúc học phần.	60%

9.2. Cách tính điểm

- Điểm đánh giá thành phần, điểm thực hành và điểm thi kết thúc học phần được chấm theo thang điểm 10 (từ 0 đến 10), làm tròn đến một chữ số thập phân.

- Điểm học phần là tổng điểm của tất cả các điểm đánh giá thành phần của học phần nhân với trọng số tương ứng. Điểm học phần tính theo thang điểm 10 làm tròn đến một chữ số thập phân, sau đó được quy đổi sang điểm chữ và điểm số theo thang điểm 4 theo quy định về công tác đào tạo của Nhà trường.

9.3. Các đánh giá trên nhằm kiểm tra việc đạt các chuẩn đầu ra học phần sau:

CĐR học phần	Bài tập 1	Bài tập 2	Kiểm tra giữa kỳ	Tham gia học tập	Thi cuối kỳ
5.1	x		x	x	x
5.2	x		x	x	x
5.3		x	x	x	x
5.4		x	x	x	x
5.5		x	x	x	x

10. Tài liệu học tập

10.1. Giáo trình chính

1. Materials for Sustainable Energy Applications, Xavier Moya and David Muñoz-Rojas, CPC Press, 2016.

10.2. Tài liệu tham khảo

1. Functional materials for sustainable energy applications , John A. Kilner, Stephen J. Skinner, Stuart J. C. Irvine and Peter P. Edwards, WP Elsevier, 2012.

2. Energy Storage: Fundamentals, Materials and Applications 2nd , Robert A. Huggins, Springer, 2016.

11. Hướng dẫn tự học của học phần

Bảng 3. Đánh giá học phần

Chương	Nội dung	LT (tiết)	BT (tiết)	TH (tiết)	Sinh viên cần chuẩn bị
1	- Đọc chương mở đầu của tài liệu [1]. - Tìm 1 ví dụ ứng dụng năng lượng tái tạo có dùng vật liệu mới.	12	0	0	+ Tài liệu [1-3]

	- Tóm tắt kiến thức: “Vai trò của vật liệu trong chuyển đổi năng lượng”				
2	- Tìm hiểu đặc trưng quang – điện của perovskite (4 tiết). - Bài tập: So sánh PV silicon và perovskite (4 tiết). - Đọc về cơ chế triboelectric + viết tóm tắt (4 tiết). - Chuẩn bị bài thảo luận: “Ứng dụng vật liệu tạo năng lượng trong cảm biến thế hệ mới” (8 tiết).	8	4	8	+ Tài liệu [1-3]
3	- Viết báo cáo: “So sánh pin Li-ion và Na-ion” (6 tiết). - Xem 1 video về tổng hợp MXene (2 tiết). - Làm bài tập về dung lượng – năng lượng riêng (4 tiết). - Chuẩn bị bài thuyết trình nhóm: “Tối ưu hóa vật liệu điện cực” (8 tiết)	6	2	8	+ Tài liệu [1-3]
4	- Đọc tài liệu về vật liệu xúc tác OER (4 tiết). - Bài tập: Tính năng lượng hoạt hóa HER theo dữ liệu Tafel (4 tiết). -Viết bài tóm tắt 1 trang: “Vật liệu MOF trong lưu trữ hydro” (2 tiết). - Làm việc nhóm: “Thiết kế mô hình fuel cell mini” (8 tiết).	6	4	8	+ Tài liệu [1-3]
5	- Thực hành xử lý dữ liệu CV, I–V mẫu (6 tiết). - Tính ZT cho một vật liệu nhiệt điện từ số liệu cho trước (4 tiết).			6	+ Tài liệu [1-3]

	- Làm bài tập: Tính công suất tối ưu cho TENG (4 tiết). - Chuẩn bị bài thảo luận nhóm: “Phân tích hiệu suất các hệ năng lượng” (6 tiết).				
--	---	--	--	--	--

KẾT LUẬN

Học phần Vật liệu năng lượng được thiết kế với 45 tiết trên lớp và 90 tiết tự học, gồm 5 chương. Mỗi chương được bố trí nội dung tự học bám sát bài giảng trên lớp, giúp người học:

- Hiểu vững cơ sở khoa học về chuyển đổi – lưu trữ năng lượng (Chương 1).
- Nắm được nguyên lý, cấu trúc và vật liệu của các hệ pin – siêu tụ (Chương 2).
- Phân tích các loại vật liệu thu năng lượng như áp điện, nhiệt điện, quang điện, từ điện – và triboelectric (Chương 3).
- Nắm các kỹ thuật chế tạo – đặc trưng hóa vật liệu năng lượng hiện đại (Chương 4).
- Thành thạo phương pháp đo hiệu suất – công suất – thông số chuyển đổi năng lượng (Chương 5).

Bảng hướng dẫn tự học 90 tiết đã được phân chia rõ ràng theo từng mục nhỏ, mỗi mục gắn với tài liệu tham khảo cụ thể, giúp sinh viên chủ động ôn tập, chuẩn bị bài và phát triển kỹ năng nghiên cứu.

Cấu trúc này bảo đảm học phần đáp ứng đúng chuẩn chương trình đào tạo, tăng tính hệ thống và hỗ trợ người học đạt chuẩn đầu ra về kiến thức – kỹ năng – năng lực ứng dụng trong lĩnh vực vật liệu năng lượng hiện đại.