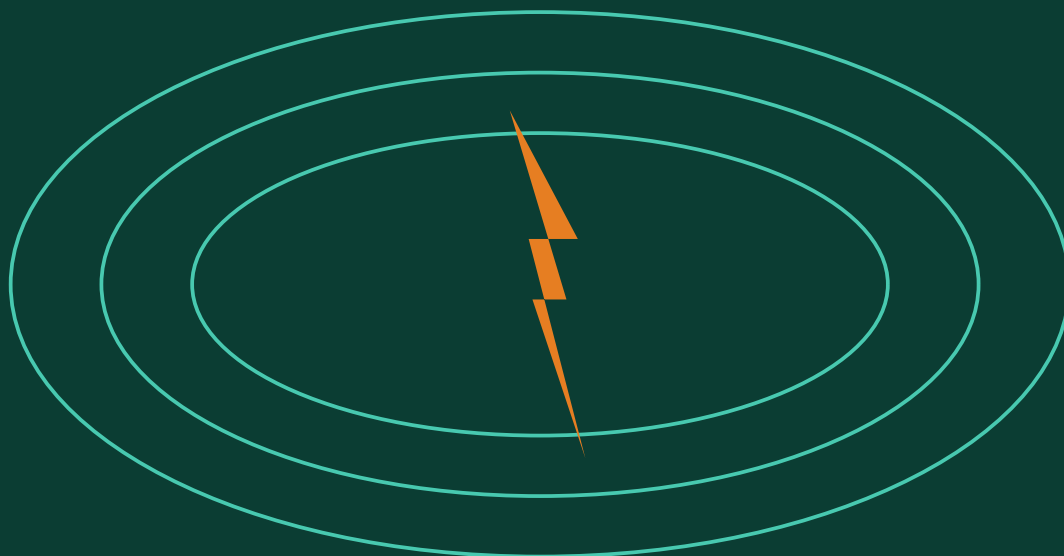


TỦ SÁCH VẬT LÝ PHỔ THÔNG

ĐIỆN TỪ HỌC DỄ HIỂU

TỪ NAM CHÂM ĐẾN SÓNG RADIO

*Từ dòng điện, nam châm đến sóng điện từ và truyền thông không dây
Lý thuyết dễ hiểu - Ví dụ thực tế - Bài tập có lời giải*



MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

CHƯƠNG 0 — ĐIỆN TÍCH VÀ LỰC ĐIỆN

- 0.1 Điện tích là gì? Hai loại điện tích
- 0.2 Sự nhiễm điện, vật dẫn điện và vật cách điện
- 0.3 Định luật Coulomb
- 0.4 Điện trường

CHƯƠNG 1 — DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

- 1.1 Dòng điện là gì? Chiều dòng điện
- 1.2 Định luật Ohm
- 1.3 Đoạn mạch nối tiếp và song song
- 1.4 Công và công suất điện

CHƯƠNG 2 — TỪ TRƯỜNG

- 2.1 Nam châm và từ tính
- 2.2 Từ trường của dòng điện - Đường sức từ
- 2.3 Từ trường Trái Đất và la bàn
- 2.4 Từ trường trong lòng ống dây

CHƯƠNG 3 — LỰC TỪ

- 3.1 Lực từ tác dụng lên dây dẫn mang dòng điện
- 3.2 Quy tắc bàn tay trái
- 3.3 Lực Lorentz tác dụng lên hạt mang điện chuyển động
- 3.4 Nguyên lý hoạt động của động cơ điện

CHƯƠNG 4 — CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

- 4.1 Hiện tượng cảm ứng điện từ - Thí nghiệm Faraday
- 4.2 Định luật Faraday - Định luật Lenz
- 4.3 Dòng điện Foucault (dòng điện xoáy)
- 4.4 Nguyên lý hoạt động của máy phát điện

CHƯƠNG 5 — DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

- 5.1 Dòng điện xoay chiều là gì?
- 5.2 Mạch điện xoay chiều: điện trở, cuộn cảm, tụ điện
- 5.3 Công suất trong mạch điện xoay chiều

CHƯƠNG 6 — MÁY BIẾN ÁP VÀ TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

- 6.1 Cấu tạo và nguyên lý máy biến áp
- 6.2 Truyền tải điện năng đi xa
- 6.3 Lưới điện quốc gia

CHƯƠNG 7 — MẠCH DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

- 7.1 Mạch dao động LC
- 7.2 Sự hình thành sóng điện từ - Lý thuyết Maxwell
- 7.3 Đặc điểm và tính chất sóng điện từ
- 7.4 Thang sóng điện từ

CHƯƠNG 8 — SÓNG RADIO VÀ TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY

- 8.1 Nguyên lý phát và thu sóng radio

- 8.2 Điều biến sóng: AM và FM
- 8.3 Ăng-ten và sự lan truyền sóng radio
- 8.4 Từ radio đến WiFi, điện thoại di động

CHƯƠNG 9 — ĐIỆN TỪ HỌC TRONG ĐỜI SỐNG VÀ CÔNG NGHỆ

- 9.1 Bếp từ hoạt động như thế nào?
- 9.2 Thẻ từ, RFID và cổng chống trộm siêu thị
- 9.3 Tàu đệm từ (Maglev)
- 9.4 Sạc không dây

CHƯƠNG 10 — ÔN TẬP TỔNG HỢP: CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

CHƯƠNG 11 — BÀI TẬP TỔNG HỢP NÂNG CAO

CHƯƠNG 12 — THÍ NGHIỆM ĐIỆN TỪ ĐƠN GIẢN TẠI NHÀ

CHƯƠNG 13 — LƯỢC SỬ ĐIỆN TỪ HỌC

CHƯƠNG 14 — ĐỀ KIỂM TRA TỔNG HỢP MẪU

PHỤ LỤC A — BẢNG TỔNG HỢP CÔNG THỨC ĐIỆN TỪ HỌC

PHỤ LỤC B — ĐÁP SỐ BÀI TẬP TỰ LUYỆN

PHỤ LỤC C — BẢNG THUẬT NGỮ ĐIỆN TỪ HỌC VIỆT - ANH

PHỤ LỤC D — BẢNG TỰ ĐÁNH GIÁ TIẾN ĐỘ HỌC TẬP

PHỤ LỤC E — CÂU HỎI THẢO LUẬN MỞ RỘNG

PHỤ LỤC F — BÀI TẬP GHÉP NỐI ÔN TẬP NHANH

PHỤ LỤC G — BẢNG ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG ĐIỆN TỪ HỌC

LỜI KẾT

LỜI NÓI ĐẦU

Điện và từ là hai hiện tượng tưởng chừng tách biệt: một bên là tia sét, dòng điện trong dây dẫn; một bên là viên nam châm hút đinh sắt, kim la bàn luôn chỉ về hướng Bắc. Nhưng suốt hơn hai thế kỷ nghiên cứu, các nhà khoa học đã dần khám phá ra rằng điện và từ thực chất là hai mặt của cùng một hiện tượng - gọi chung là điện từ học. Chính sự thống nhất kỳ diệu này đã mở đường cho hầu hết công nghệ hiện đại: từ bóng đèn, động cơ điện, đến sóng radio, WiFi và điện thoại di động trong túi bạn.

Cuốn sách "Điện Từ Học Dễ Hiểu - Từ Nam Châm Đến Sóng Radio" sẽ đưa bạn đi từ những khái niệm cơ bản nhất (điện tích, dòng điện, nam châm) đến các chủ đề nâng cao hơn như cảm ứng điện từ, dòng điện xoay chiều, sóng điện từ và truyền thông không dây - toàn bộ hành trình dẫn đến chiếc điện thoại thông minh bạn đang cầm trên tay.

Tiếp nối hai tập trước trong Tủ Sách Vật Lý Phổ Thông (Cơ học và Quang học), mỗi chương ở đây đều có ví dụ minh họa có lời giải chi tiết và bài tập tự luyện, cùng các hộp "Em có biết?" chia sẻ những sự thật thú vị về điện từ học trong tự nhiên và công nghệ.

Hãy cùng bắt đầu hành trình khám phá thứ lực vô hình đang vận hành gần như mọi thiết bị quanh bạn!

"Điện và từ không phải hai câu chuyện riêng biệt, mà là một bản giao hưởng duy nhất của tự nhiên"

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

Để việc học tập với cuốn sách này đạt hiệu quả cao nhất, bạn nên nắm rõ cấu trúc và các loại hộp nội dung được sử dụng xuyên suốt sách:

Hộp công thức: liệt kê nhanh các công thức trọng tâm của mục đang học

★ **Mẹo giải nhanh / Mẹo nhỏ**

- Hộp màu vàng chứa các mẹo giúp bạn giải bài nhanh hơn, ghi nhớ tốt hơn, hoặc lưu ý những điểm hay bị nhầm lẫn.

📌 **Ví dụ minh họa**

Hộp màu xanh lá trình bày các bài toán mẫu có lời giải chi tiết từng bước.

► **Em có biết?**

Hộp màu đỏ cam chia sẻ những sự thật thú vị, ứng dụng công nghệ liên quan đến điện từ học.

Bài tập tự luyện

1. Hộp màu xanh dương ở cuối mỗi chương chứa bài tập để bạn tự thực hành. Đáp số tại Phụ lục B.

TỔNG KẾT CHƯƠNG

✓ Hộp màu tím tổng kết những ý chính cần nhớ ở cuối mỗi chương - hữu ích để ôn tập nhanh.

Gợi ý lộ trình học tập: Nên đọc tuần tự từ Chương 0 đến Chương 9 để xây dựng nền tảng vững chắc, sau đó làm Chương 10 (trắc nghiệm) và Chương 11 (bài tập nâng cao) để tự kiểm tra. Chương 12-13 là các chương mở rộng thú vị, có thể đọc xen kẽ bất cứ lúc nào.

0.1 Điện tích là gì? Hai loại điện tích

Mọi vật chất đều được cấu tạo từ các nguyên tử, mà trong đó có các hạt mang điện tích: electron mang điện tích âm, proton mang điện tích dương. Bình thường, một vật trung hòa về điện vì số điện tích dương và âm bằng nhau. Khi một vật có dư thừa hoặc thiếu hụt electron so với trạng thái trung hòa, vật đó nhiễm điện (mang điện tích âm nếu dư electron, mang điện tích dương nếu thiếu electron).

★ Quy luật tương tác điện tích cơ bản

- Hai điện tích cùng dấu (cùng dương hoặc cùng âm) thì đẩy nhau; hai điện tích khác dấu thì hút nhau - đây là quy luật nền tảng nhất của toàn bộ chương này.

0.2 Sự nhiễm điện, vật dẫn điện và vật cách điện

Có nhiều cách làm một vật nhiễm điện, phổ biến nhất là nhiễm điện do cọ xát: khi cọ xát hai vật khác chất liệu vào nhau (như thước nhựa cọ vào vải len), electron có thể chuyển từ vật này sang vật kia, khiến cả hai vật nhiễm điện trái dấu.

Dựa vào khả năng cho điện tích di chuyển qua, vật chất được chia thành hai nhóm chính: vật dẫn điện (kim loại, nước có pha tạp chất, cơ thể người...) có nhiều electron tự do dễ dàng di chuyển, và vật cách điện (nhựa, cao su, thủy tinh khô, gỗ khô...) hầu như không có electron tự do nên điện tích khó di chuyển qua.

► Em có biết?

Hiện tượng bạn đôi khi bị "giật nhẹ" khi chạm tay vào tay nắm cửa kim loại sau khi đi trên thảm len vào ngày hanh khô chính là hiện tượng nhiễm điện do cọ xát và phóng điện - cơ thể bạn đã tích lũy điện tích từ ma sát với thảm, và khi chạm vào vật dẫn điện, toàn bộ điện tích đó phóng qua rất nhanh, tạo ra tia lửa điện nhỏ mà bạn cảm nhận được.

0.3 Định luật Coulomb

Nhà vật lý người Pháp Charles-Augustin de Coulomb đã xác định được công thức định lượng cho lực tương tác giữa hai điện tích điểm, tương tự như định luật vạn vật hấp dẫn của Newton đối với khối lượng.

$$F = k \cdot |q_1 \cdot q_2| / r^2$$

($k \approx 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$: hằng số Coulomb)

trong đó q_1, q_2 là độ lớn hai điện tích (đơn vị Coulomb - C), r là khoảng cách giữa chúng. Lực Coulomb có phương trùng với đường thẳng nối hai điện tích, chiều đẩy nhau nếu cùng dấu, hút nhau nếu khác dấu.

✎ Ví dụ 0.1

Hai điện tích điểm $q_1 = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$ và $q_2 = 3 \times 10^{-6} \text{ C}$ đặt cách nhau 30 cm trong chân không. Tính độ lớn lực tương tác giữa chúng.

Lời giải: Đổi $r = 0,3 \text{ m}$. Áp dụng định luật Coulomb: $F = k \cdot q_1 q_2 / r^2 = 9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6} / 0,3^2 = 9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-12} / 0,09 = 0,6 \text{ N}$.

★ Mẹo ghi nhớ

- Định luật Coulomb có dạng toán học giống hệ định luật vạn vật hấp dẫn ($F = G m_1 m_2 / r^2$) - chỉ khác đại lượng khối lượng được thay bằng điện tích, và hằng số G được thay bằng k . Nếu đã nhớ một công thức, bạn gần như đã nhớ luôn công thức còn lại!

0.4 Điện trường

Xung quanh mỗi điện tích luôn tồn tại một "vùng ảnh hưởng" vô hình, có khả năng tác dụng lực lên bất kỳ điện tích nào khác đặt trong đó - vùng này gọi là điện trường. Điện trường là một đại lượng vector, được biểu diễn bằng các đường sức điện: đi ra từ điện tích dương và đi vào điện tích âm.

Cường độ điện trường: $E = F/q = k \cdot Q/r^2$

✎ Ví dụ 0.2

Một điện tích điểm $Q = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$ đặt trong chân không. Tính cường độ điện trường do điện tích này gây ra tại một điểm cách nó 50 cm.

Lời giải: Áp dụng công thức: $E = k \cdot Q/r^2 = 9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6} / 0,5^2 = 9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6} / 0,25 = 1,8 \times 10^5 \text{ V/m}$.

Bài tập tự luyện - Chương 0

1. Hai điện tích $q_1 = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$ và $q_2 = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$ đặt cách nhau 20 cm trong chân không. Tính độ lớn và cho biết lực này là lực hút hay lực đẩy.
2. Giải thích vì sao khi dùng lược nhựa chải tóc khô, sau đó đưa lược lại gần các mẩu giấy vụn nhỏ, các mẩu giấy bị hút dính vào lược.
3. Phân biệt vật dẫn điện và vật cách điện, cho ví dụ mỗi loại trong đời sống hằng ngày.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 0

- ✓ Có hai loại điện tích: dương và âm; cùng dấu đẩy nhau, khác dấu hút nhau.
- ✓ Vật dẫn điện có nhiều electron tự do; vật cách điện thì không.
- ✓ Định luật Coulomb: $F = k \cdot |q_1 q_2| / r^2$ - mô tả lực tương tác giữa hai điện tích điểm.
- ✓ Điện trường là vùng không gian xung quanh điện tích có khả năng tác dụng lực lên điện tích khác.

1.1 Dòng điện là gì? Chiều dòng điện

Dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện (thường là electron trong kim loại). Theo quy ước lịch sử (được đặt ra trước khi electron được phát hiện), chiều dòng điện được quy ước là chiều chuyển động của điện tích dương - tức là ngược chiều với chiều chuyển động thực tế của các electron trong dây dẫn kim loại.

★ Lưu ý dễ nhầm lẫn

- Chiều dòng điện quy ước (từ cực dương qua mạch ngoài về cực âm của nguồn) luôn ngược với chiều chuyển động thực tế của electron trong dây dẫn kim loại - đây là điểm học sinh mới học rất hay nhầm lẫn khi giải thích hiện tượng ở cấp độ vi mô.

1.2 Định luật Ohm

Định luật Ohm là một trong những công thức nền tảng và được sử dụng nhiều nhất của toàn bộ Điện học, mô tả mối quan hệ giữa hiệu điện thế, cường độ dòng điện và điện trở trong một đoạn mạch.

$$I = U/R$$

(U: hiệu điện thế - V; I: cường độ dòng điện - A; R: điện trở - Ω)

Điện trở R đặc trưng cho mức độ cản trở dòng điện của một vật dẫn, phụ thuộc vào chất liệu, chiều dài và tiết diện của dây dẫn: dây càng dài, càng mảnh thì điện trở càng lớn.

🔧 Ví dụ 1.1

Một bóng đèn có điện trở $20\ \Omega$ được mắc vào hiệu điện thế 12 V. Tính cường độ dòng điện chạy qua bóng đèn.

Lời giải: Áp dụng định luật Ohm: $I = U/R = 12/20 = 0,6\text{ A}$.

1.3 Đoạn mạch nối tiếp và song song

Mạch nối tiếp: $I = I_1 = I_2 = \dots$; $U = U_1 + U_2 + \dots$; $R = R_1 + R_2 + \dots$

Mạch song song: $U = U_1 = U_2 = \dots$; $I = I_1 + I_2 + \dots$; $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$

Trong đoạn mạch nối tiếp, cường độ dòng điện tại mọi điểm là như nhau (giống như nước chảy qua một đường ống duy nhất), còn hiệu điện thế được "chia sẻ" giữa các điện trở thành phần. Trong đoạn mạch song song, hiệu điện thế trên mỗi nhánh bằng nhau và bằng hiệu điện thế toàn mạch, còn cường độ dòng điện được chia ra giữa các nhánh.

★ Mẹo ghi nhớ

- "Nối tiếp cộng điện trở, song song cộng nghịch đảo" - quy tắc đơn giản để không nhầm lẫn công thức tính điện trở tương đương giữa hai loại mạch.
- Điện trở tương đương của mạch song song luôn nhỏ hơn điện trở nhánh nhỏ nhất - vì thêm nhánh mới luôn tạo thêm đường cho dòng điện đi qua dễ dàng hơn.

🔧 Ví dụ 1.2

Hai điện trở $R_1 = 6 \Omega$ và $R_2 = 3 \Omega$ mắc song song với nhau. Tính điện trở tương đương của đoạn mạch.

Lời giải: Áp dụng công thức mạch song song: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 = 1/6 + 1/3 = 1/6 + 2/6 = 3/6 = 1/2 \rightarrow R = 2 \Omega$. Đúng như dự đoán, $R = 2 \Omega$ nhỏ hơn cả $R_1 = 6 \Omega$ và $R_2 = 3 \Omega$.

1.4 Công và công suất điện

$$\text{Công suất điện: } P = U.I = I^2.R = U^2/R$$

$$\text{Điện năng tiêu thụ: } A = P.t$$

Công suất điện cho biết tốc độ tiêu thụ (hoặc sinh ra) điện năng của một thiết bị. Đây chính là con số bạn thường thấy ghi trên các thiết bị điện gia dụng (ví dụ: bóng đèn 60 W, ấm đun nước 1500 W) - số oát càng lớn, thiết bị tiêu thụ điện năng càng nhanh trong cùng một khoảng thời gian.

★ Ứng dụng thực tế: tính tiền điện

- Hóa đơn tiền điện được tính dựa trên điện năng tiêu thụ theo đơn vị kWh (kilô-oát-giờ): $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W}$ sử dụng liên tục trong 1 giờ. Ví dụ, một bóng đèn 60 W bật liên tục trong 24 giờ tiêu thụ $60 \times 24 = 1440 \text{ Wh} = 1,44 \text{ kWh}$ điện năng.

👉 Em có biết?

Georg Simon Ohm công bố định luật mang tên ông vào năm 1827, nhưng ban đầu công trình này lại bị cộng đồng khoa học Đức thời đó chỉ trích gay gắt và gần như phớt lờ, khiến ông mất nhiều năm chật vật tìm kiếm một vị trí giảng dạy ổn định. Chỉ khi các nhà khoa học Anh công nhận giá trị công trình này (trao tặng huy chương Copley danh giá năm 1841), tên tuổi của Ohm mới dần được khôi phục, và ngày nay đơn vị điện trở Ohm (Ω) được đặt theo tên ông.

Bài tập tự luyện - Chương 1

1. Một điện trở 15Ω được mắc vào hiệu điện thế 30 V. Tính cường độ dòng điện qua điện trở.
2. Hai điện trở $R_1 = 4 \Omega$ và $R_2 = 6 \Omega$ mắc nối tiếp với nhau, mắc vào nguồn điện 20 V. Tính cường độ dòng điện chạy trong mạch.
3. Một bàn là điện có công suất 1000 W, sử dụng 2 giờ mỗi ngày. Tính điện năng tiêu thụ trong một tháng (30 ngày) theo đơn vị kWh.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 1

- ✓ Chiều dòng điện quy ước ngược với chiều chuyển động thực của electron trong dây dẫn kim loại.
- ✓ Định luật Ohm: $I = U/R$.
- ✓ Mạch nối tiếp: I không đổi, U và R cộng dồn. Mạch song song: U không đổi, I cộng dồn, R tính theo nghịch đảo.
- ✓ Công suất điện: $P = U.I = I^2R = U^2/R$; điện năng tiêu thụ $A = P.t$.

2.1 Nam châm và từ tính

Nam châm là những vật có khả năng hút sắt, niken, coban và một số hợp kim khác - gọi chung là vật liệu có từ tính. Mỗi nam châm luôn có hai cực: cực Bắc (N) và cực Nam (S), và một quy luật tương tác tương tự điện tích: hai cực cùng tên đẩy nhau, hai cực khác tên hút nhau. Điều đặc biệt là không thể tách riêng một cực từ đơn lẻ - dù bẻ đôi một thanh nam châm, mỗi nửa vẫn có đủ cả hai cực Bắc - Nam.

2.2 Từ trường của dòng điện - Đường sức từ

Năm 1820, nhà vật lý người Đan Mạch Hans Christian Ørsted phát hiện ra một điều bất ngờ: khi cho dòng điện chạy qua một dây dẫn đặt gần kim la bàn, kim la bàn bị lệch hướng - chứng tỏ dòng điện cũng tạo ra từ trường, giống hệt như nam châm. Đây là phát hiện mở đầu cho toàn bộ ngành điện từ học, cho thấy mối liên hệ sâu sắc giữa điện và từ.

Từ trường được biểu diễn bằng các đường sức từ - những đường cong khép kín (không có điểm đầu, điểm cuối như đường sức điện), đi ra từ cực Bắc và đi vào cực Nam ở bên ngoài nam châm.

★ Quy tắc nắm tay phải

- Để xác định chiều đường sức từ xung quanh một dây dẫn thẳng mang dòng điện: nắm bàn tay phải sao cho ngón cái chỉ theo chiều dòng điện, các ngón còn lại khum theo sẽ chỉ chiều của đường sức từ bao quanh dây dẫn.

2.3 Từ trường Trái Đất và la bàn

Trái Đất tự nó là một nam châm khổng lồ (do dòng chảy của kim loại nóng chảy trong lõi ngoài tạo ra), với cực từ Bắc của Trái Đất nằm gần cực Bắc địa lý (thực chất về mặt từ tính là một "cực Nam" hút cực Bắc của kim la bàn). Đây chính là lý do kim la bàn (một thanh nam châm nhỏ có thể quay tự do) luôn chỉ theo hướng Bắc - Nam, được con người sử dụng để định hướng trong hàng nghìn năm.

► Em có biết?

Từ trường Trái Đất không cố định vĩnh viễn mà thay đổi theo thời gian, thậm chí đã từng đảo cực hoàn toàn (cực Bắc và Nam từ hoán đổi vị trí cho nhau) nhiều lần trong lịch sử địa chất, được ghi lại trong các lớp đá núi lửa dưới đáy đại dương. Lần đảo cực gần nhất được ghi nhận cách đây khoảng 780.000 năm.

2.4 Từ trường trong lòng ống dây

Khi cuộn dây dẫn thành nhiều vòng liên tiếp (gọi là ống dây hay cuộn cảm) và cho dòng điện chạy qua, từ trường tạo ra bên trong ống dây gần như đều và mạnh hơn nhiều so với một dây dẫn thẳng đơn lẻ, có dạng đường sức song song bên trong lòng ống - tương tự từ trường của một thanh nam châm thẳng.

Nếu đặt thêm một lõi sắt non vào trong lòng ống dây, từ trường sẽ được khuếch đại lên rất nhiều lần - cấu trúc này gọi là nam châm điện, có ưu điểm vượt trội so với nam châm vĩnh cửu: có thể bật/tắt từ tính dễ dàng bằng cách đóng/ngắt dòng điện, và độ mạnh từ trường

có thể điều chỉnh được bằng cường độ dòng điện.

Ví dụ 2.1

Vì sao cần trục nam châm điện trong các bãi phế liệu có thể "nhả" các khối sắt thép nặng hàng tấn xuống đúng vị trí mong muốn, thay vì cứ hút chặt mãi?

Lời giải: Vì đó là nam châm điện (không phải nam châm vĩnh cửu) - khi cần thả vật xuống, người vận hành chỉ cần ngắt dòng điện chạy qua cuộn dây, từ trường biến mất ngay lập tức và lực hút từ cũng biến mất theo, khiến khối sắt thép rơi xuống đúng vị trí cần thiết.

► Em có biết?

Cần trục nam châm điện công nghiệp lớn nhất có thể tạo ra lực hút đủ mạnh để nhấc bổng cả một chiếc ô tô nguyên chiếc lên khỏi mặt đất chỉ trong vài giây - đây là hình ảnh quen thuộc tại các bãi phế liệu và nhà máy tái chế kim loại trên khắp thế giới, minh chứng sống động cho sức mạnh của nam châm điện khi được khuếch đại bởi dòng điện lớn và lõi sắt phù hợp.

Bài tập tự luyện - Chương 2

1. Giải thích thí nghiệm Ørsted và ý nghĩa của phát hiện này đối với sự ra đời của ngành điện từ học.
2. Áp dụng quy tắc nắm tay phải, xác định chiều đường sức từ xung quanh một dây dẫn thẳng khi dòng điện chạy từ dưới lên trên.
3. Nêu hai ưu điểm của nam châm điện so với nam châm vĩnh cửu, cho ví dụ ứng dụng thực tế.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 2

- ✓ Nam châm luôn có hai cực (Bắc, Nam); cùng cực đẩy nhau, khác cực hút nhau.
- ✓ Dòng điện tạo ra từ trường xung quanh nó (thí nghiệm Ørsted) - nền tảng của điện từ học.
- ✓ Chiều đường sức từ quanh dây dẫn thẳng xác định bằng quy tắc nắm tay phải.
- ✓ Nam châm điện (ống dây có lõi sắt) có thể bật/tắt và điều chỉnh độ mạnh từ trường.

3.1 Lực từ tác dụng lên dây dẫn mang dòng điện

Nếu dòng điện tạo ra từ trường, thì ngược lại, một dây dẫn mang dòng điện đặt trong từ trường của một nam châm khác cũng sẽ chịu tác dụng của một lực, gọi là lực từ (hay lực Ampère). Đây chính là nguyên lý cơ bản đằng sau hoạt động của loa điện, động cơ điện và nhiều thiết bị điện khác.

$$F = B.I.l.\sin\alpha$$

(**B**: cảm ứng từ - Tesla; **I**: cường độ dòng điện; **l**: chiều dài dây dẫn trong từ trường; **α** : góc giữa dây dẫn và đường sức từ)

3.2 Quy tắc bàn tay trái

Để xác định chiều của lực từ tác dụng lên dây dẫn mang dòng điện đặt trong từ trường, ta dùng quy tắc bàn tay trái: đặt bàn tay trái sao cho các đường sức từ xuyên vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến ngón tay chỉ chiều dòng điện, khi đó ngón cái choãi ra 90° sẽ chỉ chiều của lực từ.

★ Mẹo ghi nhớ hai quy tắc bàn tay

- "Nắm tay phải cho từ trường của dòng điện, bàn tay trái cho lực từ tác dụng lên dòng điện" - đây là cách phân biệt đơn giản giữa quy tắc nắm tay phải (Chương 2, tìm chiều từ trường do dòng điện sinh ra) và quy tắc bàn tay trái (Chương 3, tìm chiều lực từ tác dụng lên dòng điện đặt trong từ trường có sẵn) - hai quy tắc dễ nhầm vì đều liên quan đến dòng điện và từ trường nhưng giải quyết hai bài toán ngược nhau.

3.3 Lực Lorentz tác dụng lên hạt mang điện chuyển động

Mở rộng hơn khái niệm lực từ tác dụng lên dây dẫn, mỗi hạt mang điện tích chuyển động trong từ trường cũng chịu tác dụng của một lực, gọi là lực Lorentz.

$$f = |q|.v.B.\sin\alpha$$

trong đó q là điện tích hạt, v là tốc độ chuyển động, B là cảm ứng từ, α là góc giữa vectơ vận tốc và vectơ cảm ứng từ. Đặc điểm quan trọng: lực Lorentz luôn vuông góc với vận tốc của hạt, do đó không làm thay đổi độ lớn tốc độ mà chỉ làm đổi hướng chuyển động - đây là lý do hạt mang điện chuyển động trong từ trường đều thường có quỹ đạo là đường tròn.

► Em có biết?

Hiện tượng cực quang (Aurora) rực rỡ sắc màu ở vùng cực Bắc và Nam Trái Đất được tạo ra khi các hạt mang điện từ gió Mặt Trời bị từ trường Trái Đất "bẫy" lại và uốn cong theo lực Lorentz, va chạm với các phân tử khí trong tầng khí quyển cao, khiến chúng phát sáng thành những dải màu xanh lục, đỏ, tím lung linh trên bầu trời đêm.

3.4 Nguyên lý hoạt động của động cơ điện

Động cơ điện là thiết bị biến đổi điện năng thành cơ năng, hoạt động dựa trên chính lực từ đã học ở mục 3.1: một khung dây dẫn mang dòng điện được đặt trong từ trường của nam châm, lực từ tác dụng lên hai cạnh khung dây tạo thành một ngẫu lực làm khung dây quay liên tục quanh trục của nó.

Ví dụ 3.1

Loa điện (loa phóng thanh) hoạt động dựa trên nguyên lý nào đã học trong chương này? Giải thích ngắn gọn.

Lời giải: Loa điện hoạt động dựa trên lực từ tác dụng lên dây dẫn mang dòng điện (mục 3.1): một cuộn dây nhỏ gắn với màng loa được đặt trong từ trường của nam châm vĩnh cửu; khi tín hiệu âm thanh (dòng điện xoay chiều biến thiên theo tần số âm thanh) chạy qua cuộn dây, lực từ biến thiên tác dụng lên cuộn dây làm nó rung động qua lại rất nhanh, kéo theo màng loa rung động và tạo ra sóng âm mà tai ta nghe được.

Bài tập tự luyện - Chương 3

1. Một dây dẫn dài 20 cm mang dòng điện 2 A đặt vuông góc với các đường sức từ của một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,5 \text{ T}$. Tính độ lớn lực từ tác dụng lên dây dẫn.
2. Áp dụng quy tắc bàn tay trái để xác định chiều lực từ tác dụng lên một dây dẫn mang dòng điện khi biết chiều dòng điện và chiều đường sức từ.
3. Giải thích ngắn gọn nguyên lý hoạt động cơ bản của động cơ điện dựa trên lực từ.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 3

- ✓ Lực từ tác dụng lên dây dẫn mang dòng điện trong từ trường: $F = B.I.l.\sin\alpha$.
- ✓ Quy tắc bàn tay trái xác định chiều lực từ tác dụng lên dòng điện.
- ✓ Lực Lorentz tác dụng lên hạt mang điện chuyển động luôn vuông góc với vận tốc, không đổi độ lớn tốc độ.
- ✓ Động cơ điện biến đổi điện năng thành cơ năng nhờ lực từ tác dụng lên khung dây mang dòng điện.

4.1 Hiện tượng cảm ứng điện từ - Thí nghiệm Faraday

Nếu Ørsted chứng minh dòng điện có thể tạo ra từ trường, thì câu hỏi ngược lại tự nhiên nảy sinh: liệu từ trường có thể tạo ra dòng điện hay không? Năm 1831, nhà khoa học người Anh Michael Faraday đã trả lời câu hỏi này bằng một thí nghiệm kinh điển: khi di chuyển một nam châm ra vào một cuộn dây dẫn kín, ông quan sát thấy kim điện kế bị lệch - chứng tỏ có dòng điện xuất hiện trong cuộn dây, dù không hề có nguồn điện nào được nối vào.

Hiện tượng này gọi là cảm ứng điện từ, và dòng điện sinh ra gọi là dòng điện cảm ứng. Điều kiện then chốt để xuất hiện dòng điện cảm ứng là số đường sức từ xuyên qua cuộn dây phải biến thiên (thay đổi) theo thời gian - nếu nam châm đứng yên so với cuộn dây, dù từ trường có mạnh đến đâu cũng không sinh ra dòng điện cảm ứng nào.

★ Bẫy thường gặp

- Học sinh mới học thường lầm tưởng chỉ cần có từ trường là sinh ra dòng điện cảm ứng - nhưng điều kiện thực sự là từ thông (số đường sức từ xuyên qua mạch) phải biến thiên theo thời gian. Nam châm đứng yên, dù từ trường rất mạnh, cũng không tạo ra dòng điện cảm ứng nào trong cuộn dây đặt cạnh nó.

4.2 Định luật Faraday - Định luật Lenz

Suất điện động cảm ứng: $\mathcal{E} = -N \cdot (\Delta\Phi/\Delta t)$

(N: số vòng dây; $\Delta\Phi/\Delta t$: tốc độ biến thiên từ thông)

Định luật Faraday khẳng định: suất điện động cảm ứng tỉ lệ với tốc độ biến thiên từ thông qua mạch - từ thông biến thiên càng nhanh, suất điện động cảm ứng sinh ra càng lớn. Định luật Lenz (thể hiện qua dấu âm trong công thức) cho biết thêm về chiều của dòng điện cảm ứng: dòng điện cảm ứng luôn có chiều sao cho từ trường mà nó sinh ra chống lại sự biến thiên từ thông ban đầu đã sinh ra nó.

🔧 Ví dụ 4.1

Khi đưa cực Bắc của một thanh nam châm lại gần một cuộn dây kín, dòng điện cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây có chiều như thế nào (xét về mặt từ trường mà nó tạo ra)?

Lời giải: Theo định luật Lenz, dòng điện cảm ứng phải sinh ra từ trường chống lại sự biến thiên đã gây ra nó - vì cực Bắc nam châm đang tiến lại gần (từ thông tăng), dòng điện cảm ứng phải tạo ra từ trường có chiều sao cho đầu cuộn dây gần nam châm trở thành cực Bắc (để đẩy lại nam châm đang tiến đến, chống lại chuyển động đưa nam châm lại gần).

4.3 Dòng điện Foucault (dòng điện xoáy)

Không chỉ trong cuộn dây, hiện tượng cảm ứng điện từ còn xảy ra ngay bên trong khối vật dẫn đặc (như tấm kim loại) khi từ thông qua nó biến thiên - tạo ra các dòng điện khép kín xoáy tròn bên trong khối vật dẫn, gọi là dòng điện Foucault (đặt theo tên nhà vật lý người Pháp Léon Foucault). Dòng điện xoáy này thường tỏa nhiệt, gây hao phí năng lượng không

mong muốn trong lõi máy biến áp, nhưng cũng được tận dụng có chủ đích trong nhiều ứng dụng khác.

► Em có biết?

Bếp từ (sẽ tìm hiểu kỹ hơn ở Chương 9) hoạt động chính nhờ dòng điện Foucault: cuộn dây bên dưới mặt bếp tạo ra từ trường biến thiên nhanh, sinh ra dòng điện xoáy ngay bên trong đáy nồi kim loại, làm nồi tự nóng lên do điện trở của chính nó - mặt bếp từ thực chất không hề nóng lên trực tiếp mà chỉ nóng lên gián tiếp do được truyền nhiệt ngược lại từ đáy nồi.

4.4 Nguyên lý hoạt động của máy phát điện

Máy phát điện hoạt động dựa trên nguyên lý ngược lại với động cơ điện: thay vì dùng điện để tạo chuyển động quay (như động cơ), máy phát điện dùng chuyển động quay cơ học (từ tua-bin nước, tua-bin hơi, cánh quạt gió...) để quay một khung dây trong từ trường, khiến từ thông qua khung dây biến thiên liên tục và sinh ra dòng điện cảm ứng - đây chính là cách hầu hết điện năng trên thế giới được tạo ra ngày nay, từ thủy điện, nhiệt điện đến điện gió.

🔗 Ví dụ 4.2

Vì sao các nhà máy thủy điện thường được xây dựng ở những nơi có đập nước cao, tạo dòng chảy mạnh, thay vì ở vùng sông có dòng chảy chậm và bằng phẳng?

Lời giải: Đập nước cao tạo ra thế năng trọng trường lớn, khi nước chảy qua tua-bin sẽ chuyển hóa thành động năng lớn, làm tua-bin quay nhanh và mạnh hơn. Tua-bin quay nhanh hơn đồng nghĩa với tốc độ biến thiên từ thông qua khung dây máy phát điện lớn hơn, theo định luật Faraday ($\mathcal{E} = N \cdot \Delta\Phi/\Delta t$) sẽ sinh ra suất điện động cảm ứng (và do đó công suất phát điện) lớn hơn đáng kể so với dòng chảy chậm, bằng phẳng.

Bài tập tự luyện - Chương 4

1. Trình bày ngắn gọn thí nghiệm Faraday và điều kiện để xuất hiện dòng điện cảm ứng trong một cuộn dây kín.
2. Khi kéo cực Nam của một thanh nam châm ra xa khỏi cuộn dây, dòng điện cảm ứng sinh ra có xu hướng tạo từ trường như thế nào ở đầu cuộn dây gần nam châm? Giải thích theo định luật Lenz.
3. So sánh nguyên lý hoạt động cơ bản giữa động cơ điện (Chương 3) và máy phát điện (Chương 4).

TỔNG KẾT CHƯƠNG 4

- ✓ Cảm ứng điện từ: dòng điện cảm ứng xuất hiện khi từ thông qua mạch biến thiên theo thời gian.
- ✓ Định luật Faraday: $\mathcal{E} = -N \cdot (\Delta\Phi/\Delta t)$; định luật Lenz xác định chiều dòng điện cảm ứng luôn chống lại nguyên nhân sinh ra nó.
- ✓ Dòng điện Foucault là dòng điện cảm ứng xoáy tròn trong khối vật dẫn đặc, ứng dụng trong bếp từ.
- ✓ Máy phát điện biến đổi cơ năng thành điện năng nhờ hiện tượng cảm ứng điện từ.

5.1 Dòng điện xoay chiều là gì?

Khác với dòng điện một chiều (DC) đã học ở Chương 1 - có chiều và cường độ không đổi theo thời gian - dòng điện xoay chiều (AC) là dòng điện có chiều và cường độ biến thiên tuần hoàn theo thời gian, thường theo quy luật hình sin. Đây chính là loại dòng điện được cung cấp qua hầu hết ổ cắm điện trong nhà bạn.

$$i = I_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

(I_0 : cường độ cực đại; ω : tần số góc; $f = \omega/2\pi$: tần số)

Dòng điện xoay chiều được tạo ra trực tiếp từ máy phát điện đã học ở mục 4.4 - do khung dây quay đều trong từ trường, từ thông qua khung biến thiên theo quy luật hình sin, sinh ra suất điện động và dòng điện cũng biến thiên theo quy luật tương tự.

★ Vì sao dùng dòng điện xoay chiều thay vì một chiều?

- Dòng điện xoay chiều dễ dàng thay đổi hiệu điện thế thông qua máy biến áp (sẽ học ở Chương 6), giúp truyền tải điện năng đi xa hiệu quả hơn nhiều so với dòng điện một chiều - đây là lý do lưới điện quốc gia hầu hết các nước trên thế giới sử dụng dòng điện xoay chiều.

5.2 Mạch điện xoay chiều: điện trở, cuộn cảm, tụ điện

Trong mạch điện xoay chiều, ngoài điện trở R (cản trở dòng điện giống hệt mạch một chiều), còn có hai loại linh kiện đặc biệt chỉ thể hiện rõ tác dụng trong mạch xoay chiều:

- Cuộn cảm (L): có xu hướng chống lại sự biến thiên của dòng điện (do hiện tượng cảm ứng điện từ xảy ra ngay bên trong chính nó), gây ra "cảm kháng" $Z(L) = \omega L$, cản trở dòng điện xoay chiều nhưng không cản trở dòng điện một chiều không đổi.
- Tụ điện (C): gồm hai bản kim loại đặt gần nhau, có khả năng tích trữ điện tích. Tụ điện gây ra "dung kháng" $Z(C) = 1/(\omega C)$, cho phép dòng điện xoay chiều đi qua (do liên tục nạp - xả) nhưng lại chặn hoàn toàn dòng điện một chiều khi đã tích đầy điện.

$$\text{Tổng trở mạch RLC nối tiếp: } Z = \sqrt{R^2 + (Z(L) - Z(C))^2}$$

$$\text{Định luật Ohm cho mạch xoay chiều: } I = U/Z$$

Ví dụ 5.1

Một mạch điện xoay chiều gồm điện trở $R = 30 \, \Omega$ mắc nối tiếp với cuộn cảm có cảm kháng $Z(L) = 40 \, \Omega$. Tính tổng trở của mạch (bỏ qua tụ điện).

Lời giải: Vì mạch không có tụ điện, $Z(C) = 0$. Áp dụng công thức: $Z = \sqrt{R^2 + Z(L)^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = \sqrt{900 + 1600} = \sqrt{2500} = 50 \, \Omega$.

5.3 Công suất trong mạch điện xoay chiều

$$P = U.I.\cos\varphi$$

($\cos\varphi$: hệ số công suất, φ là độ lệch pha giữa u và i)

Khác với mạch một chiều, công suất trong mạch xoay chiều còn phụ thuộc vào hệ số công suất $\cos\varphi$ - phản ánh độ lệch pha giữa điện áp và dòng điện do ảnh hưởng của cuộn cảm, tụ điện trong mạch. Hệ số công suất càng gần 1 thì điện năng được sử dụng càng hiệu quả; đây là lý do các nhà máy công nghiệp thường phải lắp thêm tụ bù để nâng cao hệ số công suất, giảm hao phí điện năng.

Bài tập tự luyện - Chương 5

1. Phân biệt dòng điện một chiều và dòng điện xoay chiều về chiều và cường độ dòng điện theo thời gian.
2. Vì sao cuộn cảm cản trở dòng điện xoay chiều nhưng gần như không cản trở dòng điện một chiều ổn định?
3. Giải thích ngắn gọn vì sao hệ số công suất thấp lại gây hao phí điện năng không mong muốn trong hệ thống điện công nghiệp.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 5

- ✓ Dòng điện xoay chiều có chiều và cường độ biến thiên tuần hoàn theo thời gian, thường theo quy luật hình sin.
- ✓ Cuộn cảm gây cảm kháng $Z(L) = \omega L$; tụ điện gây dung kháng $Z(C) = 1/(\omega C)$.
- ✓ Tổng trở mạch RLC nối tiếp: $Z = \sqrt{R^2 + (Z(L) - Z(C))^2}$.
- ✓ Công suất mạch xoay chiều: $P = U.I.\cos\varphi$, phụ thuộc hệ số công suất $\cos\varphi$.

6.1 Cấu tạo và nguyên lý máy biến áp

Máy biến áp là thiết bị dùng để thay đổi hiệu điện thế của dòng điện xoay chiều, gồm hai cuộn dây (cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp) quấn quanh một lõi sắt chung, hoạt động dựa trên chính hiện tượng cảm ứng điện từ đã học ở Chương 4: dòng điện xoay chiều ở cuộn sơ cấp tạo ra từ thông biến thiên trong lõi sắt, từ thông này lan sang cuộn thứ cấp và sinh ra suất điện động cảm ứng ở đó.

$$U_1/U_2 = N_1/N_2 = I_2/I_1$$

(N_1, N_2 : số vòng dây cuộn sơ cấp, thứ cấp)

Nếu số vòng dây cuộn thứ cấp nhiều hơn cuộn sơ cấp ($N_2 > N_1$), máy biến áp làm tăng hiệu điện thế (gọi là máy tăng áp); ngược lại nếu $N_2 < N_1$, máy biến áp làm giảm hiệu điện thế (máy hạ áp).

✎ Ví dụ 6.1

Một máy biến áp có cuộn sơ cấp 1000 vòng, cuộn thứ cấp 200 vòng, hiệu điện thế đưa vào cuộn sơ cấp là 220 V. Tính hiệu điện thế ở cuộn thứ cấp và cho biết đây là máy tăng áp hay hạ áp.

Lời giải: Áp dụng công thức: $U_2 = U_1 \times N_2/N_1 = 220 \times 200/1000 = 44$ V. Vì $U_2 < U_1$ (và $N_2 < N_1$), đây là máy hạ áp.

6.2 Truyền tải điện năng đi xa

Khi truyền tải điện năng qua dây dẫn ở khoảng cách xa, luôn có một phần công suất bị hao phí do tỏa nhiệt trên đường dây (hiệu ứng Joule).

$$\text{Công suất hao phí: } \Delta P = (P^2 R)/U^2$$

(P : công suất truyền tải; R : điện trở đường dây; U : hiệu điện thế truyền tải)

Từ công thức này, ta thấy hao phí tỉ lệ nghịch với bình phương hiệu điện thế - đây là lý do các đường dây tải điện cao thế sử dụng hiệu điện thế cực lớn (hàng trăm nghìn Volt): tăng U lên n lần giúp giảm hao phí đi n^2 lần với cùng công suất truyền tải, hiệu quả hơn rất nhiều so với việc giảm điện trở dây dẫn (vốn tốn kém do phải dùng dây to hoặc vật liệu dẫn điện tốt hơn).

★ Mẹo giải nhanh

- Với câu hỏi dạng "tăng hiệu điện thế truyền tải lên n lần thì hao phí giảm bao nhiêu lần", đáp án luôn là n^2 lần - ghi nhớ tỉ lệ nghịch bình phương này để trả lời trực tiếp không cần tính lại từ đầu mỗi lần.

Ví dụ 6.2

Một trạm phát điện truyền đi công suất 100 kW qua đường dây có điện trở 10 Ω. Tính công suất hao phí khi hiệu điện thế truyền tải là 10.000 V, so với khi hiệu điện thế chỉ là 1000 V.

Lời giải: Với $U_1 = 10.000 \text{ V}$: $\Delta P_1 = P^2 R / U_1^2 = (10^5)^2 \times 10 / (10^4)^2 = 10^{11} / 10^8 = 1000 \text{ W}$. Với $U_2 = 1000 \text{ V}$: $\Delta P_2 = P^2 R / U_2^2 = (10^5)^2 \times 10 / (10^3)^2 = 10^{11} / 10^6 = 100.000 \text{ W}$. Ta thấy khi giảm hiệu điện thế truyền tải xuống 10 lần, hao phí tăng vọt lên 100 lần (đúng theo tỉ lệ nghịch bình phương) - minh chứng rõ ràng cho tầm quan trọng của việc truyền tải ở hiệu điện thế cao.

6.3 Lưới điện quốc gia

Hành trình điện năng từ nhà máy phát điện đến ổ cắm điện trong nhà bạn trải qua nhiều lần biến áp: đầu tiên được tăng áp lên rất cao (hàng trăm kV) ngay tại nhà máy điện để truyền tải đi xa với hao phí thấp, sau đó qua nhiều trạm biến áp trung gian hạ áp dần khi đến gần khu dân cư, và cuối cùng hạ xuống mức điện áp an toàn, phù hợp sử dụng trong gia đình (ở Việt Nam là 220 V) trước khi đến các thiết bị điện.

► Em có biết?

Cuộc "chiến tranh dòng điện" (War of Currents) nổi tiếng cuối thế kỷ 19 giữa Thomas Edison (ủng hộ dòng điện một chiều DC) và Nikola Tesla cùng George Westinghouse (ủng hộ dòng điện xoay chiều AC) cuối cùng đã kết thúc với chiến thắng thuộc về dòng điện xoay chiều - chính nhờ khả năng dễ dàng biến đổi hiệu điện thế qua máy biến áp mà AC trở thành chuẩn mực cho lưới điện toàn cầu ngày nay.

Bài tập tự luyện - Chương 6

1. Một máy biến áp có cuộn sơ cấp 500 vòng, hiệu điện thế 220 V. Muốn hạ xuống 11 V, cuộn thứ cấp cần bao nhiêu vòng dây?
2. Nếu tăng hiệu điện thế truyền tải điện năng lên gấp 5 lần trong khi công suất truyền tải không đổi, công suất hao phí trên đường dây thay đổi như thế nào?
3. Giải thích ngắn gọn vì sao lưới điện quốc gia cần nhiều trạm biến áp trung gian thay vì chỉ một lần hạ áp duy nhất từ nhà máy điện đến hộ gia đình.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 6

- ✓ Máy biến áp thay đổi hiệu điện thế xoay chiều dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ.
- ✓ Công thức máy biến áp: $U_1/U_2 = N_1/N_2 = I_2/I_1$.
- ✓ Công suất hao phí khi truyền tải: $\Delta P = P^2 R / U^2$ - tỉ lệ nghịch với bình phương hiệu điện thế.
- ✓ Lưới điện quốc gia dùng nhiều trạm biến áp: tăng áp để truyền tải xa, hạ áp dần khi đến gần nơi sử dụng.

7.1 Mạch dao động LC

Khi kết hợp một cuộn cảm (L) và một tụ điện (C) thành mạch kín, năng lượng điện từ trong mạch sẽ dao động qua lại liên tục giữa năng lượng điện trường (tích trữ trong tụ điện) và năng lượng từ trường (tích trữ trong cuộn cảm) - tương tự như cách năng lượng dao động qua lại giữa động năng và thế năng trong một con lắc lò xo cơ học.

$$\text{Tần số góc riêng: } \omega = 1/\sqrt{LC}$$

$$\text{Chu kỳ dao động: } T = 2\pi\sqrt{LC}$$

✎ Ví dụ 7.1

Một mạch dao động LC có cuộn cảm $L = 4 \text{ mH}$ và tụ điện $C = 25 \text{ nF}$. Tính chu kỳ dao động riêng của mạch.

Lời giải: Đổi đơn vị: $L = 4 \times 10^{-3} \text{ H}$, $C = 25 \times 10^{-9} \text{ F}$. Áp dụng công thức: $T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{(4 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-9})} = 2\pi\sqrt{(10^{-10})} = 2\pi \times 10^{-5} \approx 6,28 \times 10^{-5} \text{ s} \approx 62,8 \mu\text{s}$.

★ Kết nối kiến thức

- Mạch dao động LC có cấu trúc toán học hoàn toàn tương tự dao động điều hòa cơ học: điện tích q trên tụ điện đóng vai trò như li độ x , cường độ dòng điện i đóng vai trò như vận tốc v - nếu đã quen thuộc với dao động cơ, bạn có thể áp dụng ngay các công thức và trực giác tương tự cho mạch dao động LC.

7.2 Sự hình thành sóng điện từ - Lý thuyết Maxwell

Năm 1865, nhà vật lý người Scotland James Clerk Maxwell đã xây dựng một hệ phương trình toán học thống nhất mô tả đầy đủ mối quan hệ giữa điện trường và từ trường, từ đó dự đoán một điều đáng kinh ngạc: một điện trường biến thiên sẽ sinh ra một từ trường biến thiên, và ngược lại một từ trường biến thiên sẽ sinh ra một điện trường biến thiên - hai trường này lan truyền cùng nhau trong không gian dưới dạng sóng điện từ, ngay cả trong chân không, không cần môi trường vật chất.

Maxwell còn tính toán được tốc độ lan truyền của sóng điện từ trong chân không trùng khớp hoàn toàn với tốc độ ánh sáng đã đo được trước đó - từ đó đưa ra dự đoán mang tính đột phá: ánh sáng chính là một dạng sóng điện từ (đã được đề cập ở Chương 6 của tập sách Quang học).

7.3 Đặc điểm và tính chất sóng điện từ

- Sóng điện từ là sóng ngang: điện trường, từ trường và phương truyền sóng luôn vuông góc với nhau.
- Sóng điện từ truyền được trong chân không với tốc độ $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ - khác biệt cơ bản so với sóng cơ học (như sóng âm) vốn cần môi trường vật chất để lan truyền.
- Sóng điện từ tuân theo đầy đủ các quy luật của sóng nói chung: phản xạ, khúc xạ, giao thoa, nhiễu xạ (đã học ở tập sách Quang học đối với trường hợp riêng là ánh sáng nhìn thấy).

- Sóng điện từ mang năng lượng - đây là lý do ta cảm nhận được hơi ấm từ ánh nắng Mặt Trời dù nó ở cách xa hàng trăm triệu km.

7.4 Thang sóng điện từ

Sóng radio, vi sóng, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia X và tia gamma đều là những dạng khác nhau của cùng một hiện tượng - sóng điện từ - chỉ khác nhau về bước sóng (và tần số). Trong chương tiếp theo, ta sẽ tập trung tìm hiểu kỹ hơn về vùng bước sóng dài nhất của thang sóng điện từ: sóng radio - nền tảng của hầu hết công nghệ truyền thông không dây hiện đại.

Bài tập tự luyện - Chương 7

1. Một mạch dao động LC có $L = 2 \text{ mH}$, $C = 8 \text{ pF}$. Tính tần số dao động riêng của mạch (gợi ý: $f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$).
2. Trình bày ngắn gọn ý tưởng cốt lõi trong lý thuyết Maxwell về mối quan hệ giữa điện trường và từ trường biến thiên.
3. Nêu hai điểm khác biệt cơ bản giữa sóng điện từ và sóng cơ học (như sóng âm).

TỔNG KẾT CHƯƠNG 7

- ✓ Mạch dao động LC có năng lượng dao động qua lại giữa điện trường (tụ điện) và từ trường (cuộn cảm), với chu kỳ $T = 2\pi\sqrt{LC}$.
- ✓ Lý thuyết Maxwell: điện trường và từ trường biến thiên sinh ra nhau, lan truyền thành sóng điện từ.
- ✓ Sóng điện từ là sóng ngang, truyền được trong chân không với tốc độ ánh sáng.
- ✓ Ánh sáng nhìn thấy chỉ là một phần nhỏ trong thang sóng điện từ rộng lớn.

8.1 Nguyên lý phát và thu sóng radio

Sóng radio là sóng điện từ có bước sóng dài nhất trong thang sóng điện từ (từ khoảng vài mm đến hàng km). Để phát sóng radio, người ta sử dụng một mạch dao động LC (đã học ở mục 7.1) kết hợp với ăng-ten phát: dòng điện xoay chiều tần số cao trong mạch tạo ra điện trường và từ trường biến thiên, bức xạ ra không gian dưới dạng sóng điện từ lan truyền đi xa.

Ở đầu thu, một ăng-ten thu sẽ "hứng" lấy sóng điện từ lan truyền tới, sóng điện từ này làm xuất hiện dòng điện cảm ứng rất yếu trong ăng-ten (nguyên lý cảm ứng điện từ đã học ở Chương 4), sau đó được khuếch đại và xử lý để tái tạo lại tín hiệu ban đầu (âm thanh, hình ảnh, dữ liệu).

8.2 Điều biến sóng: AM và FM

Sóng radio tần số cao (gọi là sóng mang) tự bản thân nó không chứa thông tin âm thanh - để truyền được âm thanh hay dữ liệu, người ta phải "gắn" thông tin vào sóng mang bằng một quá trình gọi là điều biến (modulation). Có hai phương pháp phổ biến:

- Điều biên (AM - Amplitude Modulation): thay đổi biên độ của sóng mang theo tín hiệu âm thanh cần truyền, trong khi giữ tần số không đổi. Sóng AM có thể truyền đi rất xa (nhờ phản xạ qua tầng điện ly khí quyển) nhưng dễ bị nhiễu bởi các nguồn điện từ khác, chất lượng âm thanh hạn chế.
- Điều tần (FM - Frequency Modulation): thay đổi tần số của sóng mang theo tín hiệu âm thanh, giữ biên độ không đổi. Sóng FM cho chất lượng âm thanh tốt hơn, ít bị nhiễu hơn AM, nhưng khoảng cách truyền đi thường ngắn hơn (chủ yếu truyền thẳng, ít phản xạ qua tầng điện ly).

★ Mẹo ghi nhớ

- "AM biến đổi biên độ, FM biến đổi tần số" - đúng như chính tên viết tắt của chúng (Amplitude/Frequency Modulation) đã gợi ý trực tiếp cơ chế hoạt động.

Bảng dải tần số các loại sóng radio thông dụng

Loại sóng	Dải tần số gần đúng	Ứng dụng phổ biến
Sóng dài (LW)	30 - 300 kHz	Radio AM đường dài, hàng hải
Sóng trung (MW)	300 kHz - 3 MHz	Radio AM thông dụng
Sóng ngắn (SW)	3 - 30 MHz	Radio quốc tế, nghiệp dư
Sóng cực ngắn (VHF)	30 - 300 MHz	Radio FM, truyền hình
Sóng UHF	300 MHz - 3 GHz	Truyền hình, điện thoại di động, WiFi

8.3 Ăng-ten và sự lan truyền sóng radio

Ăng-ten về bản chất là một dây dẫn (hoặc hệ dây dẫn) được thiết kế đặc biệt để bức xạ hoặc thu nhận sóng điện từ hiệu quả nhất tại một dải tần số nhất định - kích thước ăng-ten thường tỉ lệ với bước sóng cần phát/thu (ăng-ten cho sóng bước sóng dài thường phải dài hơn ăng-ten cho sóng bước sóng ngắn).

Sóng radio có thể lan truyền theo nhiều cách: truyền thẳng (giống ánh sáng, chỉ trong tầm nhìn thẳng, dùng cho sóng cực ngắn như FM, truyền hình), phản xạ qua tầng điện ly (giúp sóng AM tần số thấp truyền đi rất xa vòng quanh Trái Đất), và truyền qua vệ tinh (dùng cho liên lạc toàn cầu, GPS, truyền hình vệ tinh).

8.4 Từ radio đến WiFi, điện thoại di động

Các công nghệ không dây hiện đại như WiFi, Bluetooth, mạng di động 4G/5G đều hoạt động dựa trên chính nguyên lý sóng radio đã trình bày ở trên, chỉ khác nhau về dải tần số sử dụng và phương pháp mã hóa thông tin phức tạp hơn nhiều so với AM/FM truyền thống (thường dùng các kỹ thuật điều biến số hiện đại để truyền được lượng dữ liệu khổng lồ trong cùng một dải tần).

► Em có biết?

Guglielmo Marconi, người được xem là cha đẻ của công nghệ radio thực tiễn, đã thực hiện thành công việc truyền tín hiệu radio vượt Đại Tây Dương (từ Anh sang Canada, khoảng cách hơn 3000 km) vào năm 1901 - một kỳ tích gây chấn động vào thời điểm đó, vì nhiều nhà khoa học tin rằng sóng radio chỉ truyền thẳng và sẽ không thể "vòng qua" được độ cong của Trái Đất. Thành công này thực chất nhờ vào hiện tượng sóng radio phản xạ qua tầng điện ly mà khi đó khoa học chưa hiểu rõ.

Bài tập tự luyện - Chương 8

1. Phân biệt điều biên (AM) và điều tần (FM) về đại lượng nào của sóng mang bị biến đổi theo tín hiệu âm thanh.
2. Vì sao sóng radio AM có thể nghe được ở khoảng cách rất xa (hàng nghìn km) trong khi sóng FM thường chỉ thu được trong phạm vi vài chục đến hơn trăm km?
3. Nêu điểm chung về nguyên lý vật lý cơ bản giữa radio truyền thống và các công nghệ không dây hiện đại như WiFi, mạng di động.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 8

- ✓ Sóng radio được phát nhờ mạch dao động và ăng-ten phát, thu nhờ ăng-ten thu và hiện tượng cảm ứng điện từ.
- ✓ Điều biên (AM) thay đổi biên độ sóng mang; điều tần (FM) thay đổi tần số sóng mang.
- ✓ Sóng radio lan truyền bằng nhiều cách: truyền thẳng, phản xạ qua tầng điện ly, qua vệ tinh.
- ✓ WiFi, Bluetooth, mạng di động đều là ứng dụng hiện đại của nguyên lý sóng radio.

Chương này sẽ giới thiệu một số ứng dụng công nghệ thú vị của điện từ học trong đời sống hiện đại, cho thấy các nguyên lý đã học từ đầu sách được vận dụng khéo léo như thế nào.

9.1 Bếp từ hoạt động như thế nào?

Như đã đề cập ở mục 4.3, bếp từ chứa một cuộn dây bên dưới mặt kính, được cấp dòng điện xoay chiều tần số cao (thường hàng chục kHz) để tạo ra từ trường biến thiên rất nhanh. Khi đặt một nồi làm từ vật liệu nhiễm từ (như thép, gang) lên trên, từ trường biến thiên sinh ra dòng điện Foucault ngay bên trong đáy nồi, và chính điện trở của đáy nồi khiến nó tự nóng lên (hiệu ứng Joule) - đây là lý do bếp từ không dùng được với nồi nhôm, nồi thủy tinh (những vật liệu không nhiễm từ), và mặt bếp thường mát hơn nhiều so với bếp gas hay bếp hồng ngoại truyền thống.

9.2 Thẻ từ, RFID và cổng chống trộm siêu thị

Thẻ từ ngân hàng truyền thống lưu trữ thông tin bằng cách sắp xếp các hạt từ tính nhỏ theo mẫu khác nhau trên dải băng từ - khi quẹt thẻ qua đầu đọc, đầu đọc chứa một cuộn dây nhỏ cảm nhận sự biến thiên từ trường khi dải băng từ lướt qua (nguyên lý cảm ứng điện từ), từ đó giải mã được thông tin lưu trữ.

Công nghệ RFID (Radio Frequency Identification) hiện đại hơn sử dụng sóng radio tần số ngắn để một đầu đọc có thể "hỏi" và nhận thông tin từ một con chip nhỏ gắn trên thẻ mà không cần tiếp xúc trực tiếp - ứng dụng trong thẻ ra vào tòa nhà, vé xe buýt điện tử, và cả trong cổng chống trộm ở siêu thị: các mặt hàng chưa thanh toán có gắn thẻ từ đặc biệt, khi đi qua cổng an ninh (chứa cuộn dây phát và thu sóng điện từ tần số nhất định), thẻ chưa được "khử từ" tại quầy thu ngân sẽ tương tác với từ trường của cổng và kích hoạt chuông báo động.

9.3 Tàu đệm từ (Maglev)

Tàu đệm từ (Magnetic Levitation - Maglev) là một trong những ứng dụng ấn tượng nhất của lực từ (Chương 3): thay vì chạy trên bánh xe và đường ray truyền thống, tàu Maglev sử dụng lực đẩy từ giữa các nam châm điện mạnh trên thân tàu và đường ray để nâng cả đoàn tàu lơ lửng phía trên đường ray vài centimet, loại bỏ hoàn toàn ma sát lăn. Lực từ cũng được dùng để đẩy tàu tiến về phía trước, cho phép tàu Maglev đạt tốc độ cực cao (một số tàu thử nghiệm đã vượt mốc 600 km/h) với độ êm ái vượt trội so với tàu hỏa thông thường.

► Em có biết?

Tàu Maglev thương mại đầu tiên trên thế giới được đưa vào vận hành tại Thượng Hải, Trung Quốc vào năm 2004, kết nối trung tâm thành phố với sân bay quốc tế Phố Đông, đạt tốc độ vận hành thương mại lên đến 431 km/h - biến quãng đường khoảng 30 km chỉ mất chưa đầy 8 phút di chuyển.

Ví dụ 9.1

Vì sao tàu đệm từ (Maglev) có thể đạt tốc độ cao hơn nhiều và vận hành êm ái hơn so với tàu hỏa truyền thống chạy trên bánh xe và đường ray?

Lời giải: Vì tàu Maglev không tiếp xúc trực tiếp với đường ray (được nâng lơ lửng nhờ lực đẩy từ), nên hoàn toàn loại bỏ được ma sát lăn giữa bánh xe và đường ray - nguồn cản trở chính giới hạn tốc độ và gây rung lắc, tiếng ồn ở tàu hỏa truyền thống. Lực cản chủ yếu còn lại đối với tàu Maglev chỉ là lực cản không khí, cho phép đạt tốc độ cao hơn đáng kể với độ êm ái vượt trội.

9.4 Sạc không dây

Công nghệ sạc không dây cho điện thoại thông minh, đồng hồ thông minh ngày nay hoạt động dựa trên chính nguyên lý cảm ứng điện từ (Chương 4) và máy biến áp (Chương 6): để sạc chứa một cuộn dây sơ cấp được cấp dòng điện xoay chiều, tạo ra từ trường biến thiên; khi đặt thiết bị (có chứa cuộn dây thứ cấp nhỏ bên trong) lên gần để sạc, từ trường biến thiên đó cảm ứng ra dòng điện trong cuộn dây thứ cấp, được chỉnh lưu thành dòng điện một chiều để sạc pin - về bản chất, đây chính là một chiếc máy biến áp mà cuộn sơ cấp và thứ cấp không nối trực tiếp với nhau qua lõi sắt cố định, mà chỉ ghép với nhau qua không khí.

Bài tập tự luyện - Chương 9

1. Giải thích vì sao bếp từ không thể đun nóng trực tiếp nồi nhôm hoặc nồi thủy tinh thông thường.
2. Trình bày ngắn gọn nguyên lý hoạt động của cổng chống trộm ở siêu thị dựa trên kiến thức về sóng điện từ và cảm ứng điện từ.
3. So sánh điểm giống nhau về nguyên lý vật lý cơ bản giữa sạc không dây và máy biến áp.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 9

- ✓ Bếp từ dùng dòng điện Foucault sinh ra ngay trong đáy nồi để làm nóng nồi.
- ✓ RFID và cổng chống trộm siêu thị ứng dụng cảm ứng điện từ và sóng radio tần số ngắn.
- ✓ Tàu đệm từ dùng lực từ để nâng và đẩy tàu, loại bỏ ma sát với đường ray.
- ✓ Sạc không dây hoạt động như một máy biến áp ghép qua không khí, dựa trên cảm ứng điện từ.

Chương này tổng hợp các câu hỏi trắc nghiệm bao quát toàn bộ nội dung Điện từ học đã học, giúp bạn tự kiểm tra mức độ nắm vững kiến thức. Đáp án được tổng hợp tại Phụ lục B cuối sách.

Chương 0 - Điện tích và lực điện

1. Hai điện tích cùng dấu đặt gần nhau sẽ:

- A. Hút nhau B. Đẩy nhau C. Không tương tác D. Trung hòa lẫn nhau

2. Định luật Coulomb được biểu diễn bằng công thức:

- A. $F = k \cdot q_1 q_2 / r^2$ B. $F = k \cdot q_1 q_2 \cdot r^2$ C. $F = k \cdot (q_1 + q_2) / r$ D. $F = q_1 q_2 / (kr)$

3. Vật nào sau đây là vật dẫn điện tốt?

- A. Nhựa B. Cao su khô C. Kim loại đồng D. Gỗ khô

Chương 1 - Dòng điện một chiều

1. Định luật Ohm được biểu diễn bằng công thức:

- A. $I = U \cdot R$ B. $I = U / R$ C. $I = R / U$ D. $U = I + R$

2. Trong đoạn mạch mắc nối tiếp, đại lượng nào không đổi tại mọi điểm?

- A. Hiệu điện thế B. Cường độ dòng điện C. Điện trở D. Công suất

3. Công suất điện được tính bằng công thức nào sau đây?

- A. $P = U / I$ B. $P = U \cdot I$ C. $P = U + I$ D. $P = U^2 \cdot I$

Chương 2 - Từ trường

1. Thí nghiệm Ørsted chứng minh điều gì?

- A. Nam châm hút được sắt B. Dòng điện tạo ra từ trường C. Ánh sáng là sóng điện từ D. Từ trường tạo ra dòng điện

2. Quy tắc nào dùng để xác định chiều đường sức từ quanh dây dẫn thẳng mang dòng điện?

- A. Quy tắc bàn tay trái B. Quy tắc nắm tay phải C. Quy tắc Lenz D. Quy tắc Coulomb

Chương 3 - Lực từ

1. Quy tắc bàn tay trái dùng để xác định:

- A. Chiều từ trường do dòng điện sinh ra B. Chiều lực từ tác dụng lên dây dẫn mang dòng điện C. Chiều dòng điện cảm ứng D. Chiều điện trường

2. Lực Lorentz tác dụng lên hạt mang điện chuyển động trong từ trường luôn:

- A. Cùng hướng với vận tốc B. Ngược hướng với vận tốc C. Vuông góc với vận tốc D. Không có phương xác định

Chương 4 - Cảm ứng điện từ

1. Điều kiện để xuất hiện dòng điện cảm ứng trong một cuộn dây kín là:

- A. Có nam châm đặt gần cuộn dây B. Từ thông qua cuộn dây biến thiên theo thời gian C. Cuộn dây phải làm bằng đồng D. Cuộn dây phải có nhiều vòng

2. Định luật Lenz cho biết điều gì về dòng điện cảm ứng?

- A. Độ lớn của suất điện động cảm ứng B. Chiều dòng điện cảm ứng luôn chống lại nguyên nhân sinh ra nó C. Tần số dòng điện cảm ứng D. Không liên quan đến chiều dòng điện

Chương 5 - Dòng điện xoay chiều

1. Dòng điện xoay chiều khác dòng điện một chiều ở điểm nào?

- A. Không có sự khác biệt B. Chiều và cường độ biến thiên tuần hoàn theo thời gian C. Chỉ có cường độ biến thiên, chiều không đổi D. Chỉ dùng được cho đèn LED

2. Cảm kháng của cuộn cảm được tính bằng công thức:

- A. $Z(L) = \omega L$ B. $Z(L) = 1/(\omega L)$ C. $Z(L) = \omega/L$ D. $Z(L) = L/\omega$

Chương 6 - Máy biến áp

1. Công thức máy biến áp lý tưởng là:

- A. $U_1/U_2 = N_2/N_1$ B. $U_1/U_2 = N_1/N_2$ C. $U_1 \cdot U_2 = N_1 \cdot N_2$ D. $U_1 + U_2 = N_1 + N_2$

2. Muốn giảm hao phí khi truyền tải điện năng đi xa, cách hiệu quả nhất là:

- A. Tăng hiệu điện thế truyền tải B. Giảm hiệu điện thế truyền tải C. Dùng dây dẫn ngắn hơn D. Tăng công suất truyền tải

Chương 7 - Mạch dao động và sóng điện từ

1. Chu kỳ dao động riêng của mạch LC được tính bằng công thức:

- A. $T = 2\pi\sqrt{LC}$ B. $T = 2\pi LC$ C. $T = 2\pi\sqrt{L/C}$ D. $T = LC/(2\pi)$

2. Sóng điện từ có đặc điểm nào sau đây?

- A. Chỉ truyền được trong môi trường vật chất B. Truyền được trong chân không C. Là sóng dọc D. Không mang năng lượng

Chương 8 - Sóng radio

1. Điều biên (AM) là phương pháp thay đổi đại lượng nào của sóng mang?

- A. Tần số B. Biên độ C. Pha ban đầu D. Bước sóng

2. Sóng radio AM có thể truyền đi rất xa chủ yếu nhờ:

- A. Truyền thẳng qua không khí B. Phản xạ qua tầng điện ly C. Đi xuyên qua lòng đất D. Không cần lý do đặc biệt nào

Chương 9 - Điện từ học trong đời sống

1. Bếp từ làm nóng nồi dựa trên hiện tượng nào?

- A. Bức xạ nhiệt trực tiếp B. Dòng điện Foucault sinh ra trong đáy nồi C. Ma sát cơ học D. Phản xạ ánh sáng hồng ngoại

2. Sạc không dây cho điện thoại hoạt động dựa trên nguyên lý nào?

- A. Cảm ứng điện từ, tương tự máy biến áp B. Phản xạ toàn phần C. Lực Lorentz D. Định luật Coulomb

Ôn tập nhanh - Câu hỏi tổng hợp

1. Tàu đệm từ (Maglev) sử dụng nguyên lý nào để nâng đoàn tàu lơ lửng?

- A. Áp suất không khí B. Lực đẩy từ giữa các nam châm điện C. Động cơ phản lực D. Lực ma sát giảm

2. Ai là người thực nghiệm tạo ra và phát hiện sóng điện từ, xác nhận lý thuyết Maxwell?

- A. Thomas Edison B. Heinrich Hertz C. Nikola Tesla D. Alessandro Volta

3. Vì sao lưới điện quốc gia chủ yếu dùng dòng điện xoay chiều thay vì một chiều?

- A. Dòng xoay chiều an toàn tuyệt đối B. Dễ dàng thay đổi hiệu điện thế qua máy biến áp C.
Dòng xoay chiều rẻ hơn để sản xuất D. Không có lý do kỹ thuật đặc biệt

11

BÀI TẬP TỔNG HỢP NÂNG CAO

Các bài tập trong chương này kết hợp kiến thức từ nhiều chương khác nhau, đòi hỏi bạn vận dụng linh hoạt các công thức và phương pháp đã học.

🔧 Bài tập nâng cao 11.1 (Định luật Ohm + Công suất)

Một bếp điện có ghi 220V - 1000W được sử dụng ở hiệu điện thế đúng định mức trong 30 phút mỗi ngày. Tính điện trở của bếp điện và điện năng tiêu thụ trong 15 ngày (theo kWh).

Lời giải: Từ $P = U^2/R \rightarrow R = U^2/P = 220^2/1000 = 48,4 \Omega$. Điện năng tiêu thụ mỗi ngày: $A(\text{ngày}) = P \times t = 1000W \times 0,5h = 500 \text{ Wh} = 0,5 \text{ kWh}$. Trong 15 ngày: $A = 0,5 \times 15 = 7,5 \text{ kWh}$.

🔧 Bài tập nâng cao 11.2 (Máy biến áp + Truyền tải điện năng)

Điện năng được truyền từ nhà máy điện đến nơi tiêu thụ với công suất 200 kW ở hiệu điện thế 40.000 V qua đường dây có điện trở tổng cộng 8 Ω . Tính công suất hao phí trên đường dây.

Lời giải: Áp dụng công thức: $\Delta P = P^2 R / U^2 = (200.000)^2 \times 8 / (40.000)^2 = (4 \times 10^{10} \times 8) / (1,6 \times 10^9) = (3,2 \times 10^{11}) / (1,6 \times 10^9) = 200 \text{ W}$. Vậy công suất hao phí là 200 W, một tỉ lệ rất nhỏ so với công suất truyền tải 200.000 W nhờ hiệu điện thế truyền tải rất cao.

🔧 Bài tập nâng cao 11.3 (Cảm ứng điện từ + Định luật Lenz)

Một cuộn dây phẳng có 100 vòng, diện tích mỗi vòng 20 cm², đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng cuộn dây, biến thiên đều từ 0,2 T lên 0,5 T trong thời gian 0,1 giây. Tính suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây.

Lời giải: Độ biến thiên từ thông qua một vòng: $\Delta \Phi = \Delta B \times S = (0,5 - 0,2) \times 20 \times 10^{-4} = 6 \times 10^{-4} \text{ Wb}$. Áp dụng định luật Faraday: $e = N \times |\Delta \Phi / \Delta t| = 100 \times (6 \times 10^{-4} / 0,1) = 100 \times 6 \times 10^{-3} = 0,6 \text{ V}$.

🔧 Bài tập nâng cao 11.4 (Mạch dao động LC + Sóng điện từ)

Một mạch dao động LC dùng để phát sóng radio có $L = 5 \mu\text{H}$ và điện dung C thay đổi được. Tính điện dung C cần thiết để mạch phát ra sóng điện từ có bước sóng $\lambda = 300 \text{ m}$ (biết $\lambda = c.T$, $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$).

Lời giải: Từ $\lambda = c.T \rightarrow T = \lambda / c = 300 / (3 \times 10^8) = 10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s}$. Từ công thức chu kỳ mạch LC: $T = 2\pi\sqrt{LC} \rightarrow C = T^2 / (4\pi^2 L) = (10^{-6})^2 / (4\pi^2 \times 5 \times 10^{-6}) = 10^{-12} / (1,974 \times 10^{-4}) \approx 5,07 \times 10^{-9} \text{ F} \approx 5,07 \text{ nF}$.

★ Chiến lược làm bài tập tổng hợp Điện từ học

- Luôn xác định rõ đơn vị của từng đại lượng và đổi về đơn vị chuẩn SI trước khi thay số - đặc biệt với các đại lượng nhỏ như điện dung (thường cho theo pF, nF, μF) và cuộn cảm (thường cho theo mH, μH).
- Với bài toán kết hợp nhiều chương (ví dụ máy biến áp + truyền tải điện năng), hãy giải quyết tuần tự từng bước, dùng kết quả của bước trước làm dữ kiện cho bước sau, thay vì cố gắng lập một công thức tổng quát phức tạp ngay từ đầu.

Dưới đây là một số thí nghiệm Điện từ học đơn giản, an toàn, có thể thực hiện tại nhà với các vật dụng dễ tìm, giúp bạn quan sát trực tiếp các hiện tượng đã học.

Thí nghiệm 1: Nhiễm điện do cọ xát

Chuẩn bị: Một chiếc thước nhựa (hoặc quả bóng bay), một mảnh vải len hoặc tóc khô, vài mẫu giấy vụn nhỏ.

Cách làm: Cọ xát thước nhựa vào vải len hoặc tóc khô trong khoảng 10-15 giây, sau đó đưa thước lại gần các mẫu giấy vụn.

Giải thích: Quá trình cọ xát làm electron chuyển từ vải len (hoặc tóc) sang thước nhựa, khiến thước nhựa nhiễm điện âm. Điện tích trên thước nhựa hút các mẫu giấy trung hòa lại gần (do hiện tượng phân cực điện tích trong mẫu giấy), minh họa trực quan cho hiện tượng nhiễm điện do cọ xát đã học ở mục 0.2.

Thí nghiệm 2: Tự chế nam châm điện đơn giản

Chuẩn bị: Một chiếc đinh sắt dài, khoảng 1-2 mét dây điện có bọc nhựa cách điện, một viên pin (loại 1,5V hoặc pin AA), vài chiếc ghim kẹp giấy nhỏ.

Cách làm: Quấn dây điện quanh chiếc đinh sắt thành nhiều vòng sát nhau (càng nhiều vòng càng tốt), nối hai đầu dây với hai cực của viên pin. Đưa đầu đinh lại gần các ghim kẹp giấy.

Giải thích: Dòng điện chạy qua cuộn dây quấn quanh đinh sắt tạo ra từ trường (nguyên lý Ørsted, mục 2.2), và lõi sắt giúp khuếch đại từ trường này lên nhiều lần, biến chiếc đinh trở thành một nam châm điện tạm thời có thể hút được các ghim kẹp giấy - đúng như nguyên lý đã học ở mục 2.4.

★ Lưu ý an toàn

- Chỉ dùng nguồn pin nhỏ (1,5V - 9V), không dùng nguồn điện lưới nhà (220V) để làm thí nghiệm này - dây điện có thể nóng lên sau một thời gian ngắn, nên chỉ nối mạch trong khoảng thời gian ngắn khi quan sát.

Thí nghiệm 3: La bàn tự chế

Chuẩn bị: Một cây kim khâu bằng thép, một nam châm nhỏ, một chậu nước, một miếng xốp mỏng nhỏ (hoặc lá cây khô nhỏ).

Cách làm: Cọ xát cây kim theo một chiều cố định vào nam châm khoảng 20-30 lần (luôn cọ theo cùng một hướng). Đặt kim đã nhiễm từ lên miếng xốp, thả nhẹ nhàng lên mặt nước yên tĩnh.

Giải thích: Việc cọ xát kim theo một chiều cố định vào nam châm giúp sắp xếp lại các "nam châm nhỏ" bên trong cấu trúc thép của kim theo cùng một hướng, khiến kim trở thành một nam châm nhỏ tạm thời. Khi thả nổi tự do trên mặt nước (giảm ma sát với không khí và bề mặt), kim sẽ tự xoay để một đầu chỉ theo hướng Bắc từ, đầu kia chỉ hướng Nam từ của Trái Đất - tái hiện chính xác nguyên lý la bàn đã học ở mục 2.3.

Thí nghiệm 4: Cảm ứng điện từ với nam châm và cuộn dây

Chuẩn bị: Một cuộn dây đồng có nhiều vòng (có thể tháo từ động cơ cũ hoặc mua sẵn), một nam châm nhỏ, một điện kế nhạy (hoặc đồng hồ đo điện đa năng ở thang đo dòng điện nhỏ nhất).

Cách làm: Nối hai đầu cuộn dây với điện kế. Di chuyển nam châm nhanh vào rồi ra khỏi lòng cuộn dây, quan sát kim điện kế.

Giải thích: Đây chính là thí nghiệm tái hiện lại phát hiện lịch sử của Faraday (mục 4.1) - khi nam châm di chuyển, từ thông qua cuộn dây biến thiên, sinh ra dòng điện cảm ứng làm kim điện kế lệch. Thử di chuyển nam châm nhanh hơn hoặc chậm hơn để quan sát độ lệch kim thay đổi ra sao - liên hệ trực tiếp với định luật Faraday về tốc độ biến thiên từ thông.

Thí nghiệm 5: Động cơ điện đơn giản

Chuẩn bị: Một viên pin AA, một nam châm nhỏ, một đoạn dây đồng trần (không bọc nhựa) uốn thành hình chữ nhật hoặc oval có thể tự cân bằng.

Cách làm: Đặt nam châm lên đầu cực dương của viên pin. Uốn dây đồng thành khung có thể tựa cân bằng lên đầu pin và chạm nhẹ vào cả hai cực (một đầu dây chạm cực dương qua nam châm, đầu kia chạm cực âm ở đáy pin), sao cho khung dây có thể quay tự do quanh trục thẳng đứng.

Giải thích: Dòng điện chạy qua khung dây kết hợp với từ trường của nam châm tạo ra lực từ (quy tắc bàn tay trái, mục 3.2) làm khung dây quay liên tục quanh trục - đây là mô hình động cơ điện đơn giản nhất có thể tự chế tại nhà, minh họa trực tiếp nguyên lý đã học ở mục 3.4.

★ Lưu ý an toàn khi thực hiện thí nghiệm

- Luôn dùng nguồn điện pin nhỏ (dưới 9V), tuyệt đối không thí nghiệm trực tiếp với nguồn điện lưới 220V vì có thể gây nguy hiểm chết người.
- Nên có sự giám sát của người lớn khi thực hiện các thí nghiệm liên quan đến dây dẫn điện, dù là nguồn điện pin an toàn.

Hành trình khám phá mối liên hệ giữa điện và từ là một trong những câu chuyện khoa học đẹp đẽ nhất, trải dài suốt hơn hai thế kỷ với sự đóng góp của nhiều nhà khoa học lỗi lạc.

Thế kỷ 18: Những bước đi đầu tiên

Benjamin Franklin (nổi tiếng với thí nghiệm thả diều trong giông bão) đã có những nghiên cứu quan trọng đầu tiên về bản chất điện tích vào giữa thế kỷ 18, đề xuất khái niệm điện tích dương và âm. Đến cuối thế kỷ, Charles-Augustin de Coulomb đã xác định được định luật định lượng cho lực tương tác giữa các điện tích - nền tảng cho toàn bộ Chương 0 của cuốn sách này.

Đầu thế kỷ 19: Điện và từ bắt đầu hội ngộ

Năm 1800, Alessandro Volta chế tạo thành công viên pin điện hóa đầu tiên (Volta pile), cung cấp cho các nhà khoa học một nguồn dòng điện ổn định để nghiên cứu - trước đó, điện chủ yếu chỉ được nghiên cứu qua các hiện tượng tĩnh điện tức thời như tia sét. Năm 1820, phát hiện tình cờ của Hans Christian Ørsted (đã kể ở mục 2.2) đã lần đầu tiên chứng minh mối liên hệ trực tiếp giữa dòng điện và từ trường, mở ra một làn sóng nghiên cứu sôi nổi khắp châu Âu.

Ngay sau đó, André-Marie Ampère (người mà đơn vị cường độ dòng điện Ampe được đặt theo tên) đã phát triển một lý thuyết toán học chặt chẽ mô tả lực tương tác giữa các dòng điện, trong khi Georg Simon Ohm xác định được mối quan hệ giữa hiệu điện thế, dòng điện và điện trở - chính là định luật Ohm nền tảng đã học ở Chương 1.

Giữa thế kỷ 19: Faraday và sự thống nhất

Michael Faraday, dù xuất thân khiêm tốn và không được đào tạo bài bản về toán học cao cấp, lại trở thành một trong những nhà thực nghiệm vĩ đại nhất lịch sử Vật lý. Phát hiện về cảm ứng điện từ năm 1831 (mục 4.1) của ông đã hoàn thiện vòng tròn khép kín giữa điện và từ: dòng điện tạo ra từ trường (Ørsted), và từ trường biến thiên cũng tạo ra dòng điện (Faraday) - đặt nền móng trực tiếp cho sự ra đời của máy phát điện và động cơ điện.

Cuối thế kỷ 19: Maxwell thống nhất lý thuyết

James Clerk Maxwell đã tổng hợp toàn bộ các định luật thực nghiệm rời rạc của Coulomb, Ampère, Faraday thành một hệ bốn phương trình toán học chặt chẽ (ngày nay gọi là phương trình Maxwell), không chỉ giải thích được mọi hiện tượng điện từ đã biết mà còn dự đoán chính xác sự tồn tại của sóng điện từ (mục 7.2) - một trong những thành tựu lý thuyết vĩ đại nhất của Vật lý cổ điển.

Năm 1887, Heinrich Hertz đã thực nghiệm tạo ra và phát hiện được sóng điện từ trong phòng thí nghiệm, xác nhận trực tiếp dự đoán của Maxwell - đơn vị tần số Hertz (Hz) ngày nay được đặt theo tên ông. Chưa đầy hai mươi năm sau, Guglielmo Marconi đã biến phát hiện lý thuyết thuần túy này thành công nghệ truyền thông thực tiễn với radio (đã kể ở mục 8.4).

► Em có biết?

Khi được hỏi về ứng dụng thực tiễn của hiện tượng cảm ứng điện từ mà ông vừa khám phá, Michael Faraday được cho là đã trả lời: "Tôi không biết nó dùng để làm gì, nhưng tôi chắc chắn một ngày nào đó ngài sẽ đánh thuế được nó" - một câu nói tiên tri đầy hài hước, vì chính phát hiện tưởng chừng thuần lý thuyết ấy sau này đã trở thành nền tảng của toàn bộ ngành công nghiệp phát điện trị giá hàng nghìn tỷ đô la trên toàn thế giới.

Đề kiểm tra mẫu dưới đây bao quát toàn bộ nội dung Điện từ học đã học trong sách, gồm hai phần: trắc nghiệm và tự luận. Thời gian làm bài đề xuất: 45 phút.

Phần I - Trắc nghiệm (6 điểm, mỗi câu 0,5 điểm)

1. Hai điện tích trái dấu đặt gần nhau sẽ:

- A. Đẩy nhau B. Hút nhau C. Không tương tác D. Chuyển thành trung hòa ngay lập tức

2. Định luật Ohm phát biểu mối quan hệ giữa:

- A. U, I, R B. U, I, P C. R, P, t D. I, P, t

3. Trong mạch mắc song song, đại lượng nào bằng nhau trên các nhánh?

- A. Cường độ dòng điện B. Hiệu điện thế C. Điện trở D. Công suất

4. Thí nghiệm nào chứng minh dòng điện tạo ra từ trường?

- A. Thí nghiệm Coulomb B. Thí nghiệm Ørsted C. Thí nghiệm Faraday D. Thí nghiệm Young

5. Quy tắc bàn tay trái dùng để xác định:

- A. Chiều từ trường B. Chiều lực từ tác dụng lên dòng điện C. Chiều dòng điện cảm ứng D. Chiều điện trường

6. Điều kiện xuất hiện dòng điện cảm ứng là:

- A. Có từ trường mạnh B. Từ thông qua mạch biến thiên theo thời gian C. Có nam châm gần đó D. Mạch phải là vật dẫn điện tốt

7. Máy phát điện biến đổi:

- A. Điện năng thành cơ năng B. Cơ năng thành điện năng C. Nhiệt năng thành điện năng D. Quang năng thành điện năng

8. Công thức tính cảm kháng của cuộn cảm trong mạch xoay chiều:

- A. $Z(L) = \omega L$ B. $Z(L) = 1/(\omega L)$ C. $Z(L) = \omega^2 L$ D. $Z(L) = L/\omega^2$

9. Máy biến áp chỉ hoạt động được với loại dòng điện nào?

- A. Dòng điện một chiều B. Dòng điện xoay chiều C. Cả hai loại D. Không loại nào

10. Muốn giảm hao phí truyền tải điện năng, biện pháp hiệu quả nhất là:

- A. Giảm hiệu điện thế truyền tải B. Tăng hiệu điện thế truyền tải C. Giảm công suất nhà máy D. Dùng dây dẫn ngắn hơn 1 mét

11. Sóng điện từ có thể truyền được trong:

- A. Chỉ trong không khí B. Chỉ trong chất rắn C. Cả môi trường vật chất và chân không D. Chỉ trong chân không

12. Điều tần (FM) là phương pháp thay đổi đại lượng nào của sóng mang?

- A. Biên độ B. Tần số C. Bước sóng trong chân không D. Điện áp nguồn phát

Phần II - Tự luận (4 điểm)

Câu 1 (1,5 điểm)

1. Hai điện trở $R_1 = 10 \Omega$ và $R_2 = 15 \Omega$ mắc nối tiếp, mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế 50 V. a) Tính điện trở tương đương của mạch. b) Tính cường độ dòng điện chạy trong mạch.

Câu 2 (1,5 điểm)

1. Một máy biến áp lý tưởng có cuộn sơ cấp 2000 vòng, cuộn thứ cấp 100 vòng, hiệu điện thế đưa vào cuộn sơ cấp là 220 V. a) Tính hiệu điện thế ở cuộn thứ cấp. b) Đây là máy tăng áp hay hạ áp? Giải thích.

Câu 3 (1 điểm)

1. Một cuộn dây có 200 vòng, diện tích mỗi vòng 25 cm^2 , đặt trong từ trường đều vuông góc với mặt phẳng cuộn dây. Từ trường giảm đều từ 0,4 T về 0 trong 0,2 giây. Tính suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây.

Đáp án đề kiểm tra tổng hợp mẫu

Phần I: 1-B, 2-A, 3-B, 4-B, 5-B, 6-B, 7-B, 8-A, 9-B, 10-B, 11-C, 12-B

- Câu 1: a) $R = R_1 + R_2 = 10 + 15 = 25 \Omega$. b) $I = U/R = 50/25 = 2 \text{ A}$.
- Câu 2: a) $U_2 = U_1 \times N_2/N_1 = 220 \times 100/2000 = 11 \text{ V}$. b) Vì $U_2 < U_1$ (và $N_2 < N_1$), đây là máy hạ áp.
- Câu 3: $\Delta\Phi = \Delta B \times S = 0,4 \times 25 \times 10^{-4} = 10^{-3} \text{ Wb}$. $e = N \times |\Delta\Phi/\Delta t| = 200 \times (10^{-3}/0,2) = 200 \times 5 \times 10^{-3} = 1 \text{ V}$.

Điện tích và dòng điện một chiều

Đại lượng	Công thức	Ghi chú
Định luật Coulomb	$F = k \cdot q_1 q_2 / r^2$	$k \approx 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$
Định luật Ohm	$I = U/R$	U: V; I: A; R: Ω
Mạch nối tiếp	$R = R_1 + R_2 + \dots$	I không đổi
Mạch song song	$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$	U không đổi
Công suất điện	$P = U \cdot I = I^2 R = U^2 / R$	Đơn vị: Watt
Điện năng tiêu thụ	$A = P \cdot t$	Đổi ra kWh khi tính tiền điện

Từ trường, lực từ và cảm ứng điện từ

Đại lượng	Công thức	Ghi chú
Lực từ	$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$	Quy tắc bàn tay trái xác định chiều
Lực Lorentz	$f = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$	Luôn vuông góc với vận tốc
Suất điện động cảm ứng	$e = -N \cdot (\Delta \Phi / \Delta t)$	Định luật Faraday - Lenz

Dòng điện xoay chiều và máy biến áp

Đại lượng	Công thức	Ghi chú
Cảm kháng	$Z(L) = \omega L$	Của cuộn cảm
Dung kháng	$Z(C) = 1/(\omega C)$	Của tụ điện
Tổng trở mạch RLC	$Z = \sqrt{R^2 + (Z(L) - Z(C))^2}$	Nối tiếp
Công suất mạch xoay chiều	$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$	$\cos \phi$: hệ số công suất
Máy biến áp	$U_1/U_2 = N_1/N_2 = I_2/I_1$	Máy biến áp lý tưởng
Công suất hao phí truyền tải	$\Delta P = P^2 R / U^2$	Tỉ lệ nghịch U^2

Mạch dao động và sóng điện từ

Đại lượng	Công thức	Ghi chú
Chu kỳ mạch dao động LC	$T = 2\pi \sqrt{LC}$	
Tần số góc riêng	$\omega = 1/\sqrt{LC}$	

Đại lượng	Công thức	Ghi chú
Bước sóng điện từ	$\lambda = c.T$	$c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

So sánh nhanh: Điện trường và Từ trường

Tiêu chí	Điện trường	Từ trường
Nguồn gốc sinh ra	Điện tích	Nam châm hoặc dòng điện
Đường sức	Có điểm đầu, điểm cuối (hở)	Đường cong khép kín
Tác dụng lực lên	Điện tích khác	Dòng điện, hạt mang điện chuyển động
Quy tắc xác định chiều	Theo dấu điện tích	Nắm tay phải / bàn tay trái

Chương 0

- Câu 1: $F = k|q_1q_2|/r^2 = 9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6} / 0,2^2 = 1,8 \text{ N}$; là lực hút (do trái dấu).
- Câu 2: Do ma sát với tóc, lược nhựa nhiễm điện và hút các mẩu giấy nhẹ nhờ lực điện.
- Câu 3: Vật dẫn điện: kim loại, nước muối; vật cách điện: nhựa, cao su, gỗ khô.

Chương 1

- Câu 1: $I = U/R = 30/15 = 2 \text{ A}$.
- Câu 2: $R = R_1 + R_2 = 10 \Omega$; $I = U/R = 20/10 = 2 \text{ A}$.
- Câu 3: $A = P.t.n(\text{ngày}) = 1000 \times 2 \times 30 = 60.000 \text{ Wh} = 60 \text{ kWh}$.

Chương 2

- Câu 1-3: Học sinh tự trình bày dựa trên nội dung mục 2.2-2.4.

Chương 3

- Câu 1: $F = B.I.l = 0,5 \times 2 \times 0,2 = 0,2 \text{ N}$.
- Câu 2-3: Học sinh tự áp dụng quy tắc bàn tay trái và trình bày dựa trên mục 3.4.

Chương 4

- Câu 1: Trình bày dựa trên mục 4.1 - điều kiện là từ thông qua mạch biến thiên.
- Câu 2: Đầu cuộn dây gần nam châm sẽ trở thành cực Nam (để giữ nam châm lại, chống lại sự rời đi).
- Câu 3: Động cơ điện biến điện năng thành cơ năng nhờ lực từ; máy phát điện biến cơ năng thành điện năng nhờ cảm ứng điện từ - hai quá trình ngược nhau.

Chương 5

- Câu 1: DC có chiều và cường độ không đổi; AC biến thiên tuần hoàn theo thời gian.
- Câu 2: Vì cảm kháng $Z(L) = \omega L$ tỉ lệ với tần số góc ω ; dòng một chiều có $\omega = 0$ nên $Z(L) = 0$.
- Câu 3: Hệ số công suất thấp khiến dòng điện cần lớn hơn để đạt cùng công suất hữu ích, gây hao phí thêm trên đường dây và thiết bị.

Chương 6

- Câu 1: $N_2 = N_1 \times U_2/U_1 = 500 \times 11/220 = 25 \text{ vòng}$.
- Câu 2: Hao phí giảm $5^2 = 25 \text{ lần}$.
- Câu 3: Giúp giảm dần hiệu điện thế qua nhiều bước an toàn, tránh chênh lệch điện áp quá lớn trong một lần biến đổi, dễ kiểm soát và bảo trì hệ thống.

Chương 7

- Câu 1: $f = 1/(2\pi\sqrt{LC}) = 1/(2\pi\sqrt{(2 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^{-12})}) \approx 1,26 \times 10^6 \text{ Hz} \approx 1,26 \text{ MHz}$.
- Câu 2: Trình bày dựa trên mục 7.2 - điện trường và từ trường biến thiên sinh ra nhau.

- Câu 3: Sóng điện từ truyền được trong chân không, là sóng ngang; sóng âm cần môi trường vật chất, là sóng dọc.

Chương 8

- Câu 1: AM thay đổi biên độ; FM thay đổi tần số của sóng mang.
- Câu 2: Vì sóng AM (tần số thấp hơn) phản xạ tốt qua tầng điện ly, truyền vòng quanh Trái Đất; sóng FM chủ yếu truyền thẳng nên bị giới hạn bởi đường chân trời.
- Câu 3: Đều dựa trên nguyên lý phát và thu sóng điện từ qua ăng-ten, chỉ khác dải tần số và phương pháp mã hóa thông tin.

Chương 9

- Câu 1: Vì nhôm và thủy tinh không nhiễm từ, không sinh ra dòng điện Foucault khi đặt trong từ trường biến thiên của bếp từ.
- Câu 2: Thẻ chưa khử từ tương tác với từ trường/sóng điện từ tần số riêng của cổng an ninh, kích hoạt cảm biến và chuông báo động.
- Câu 3: Cả hai đều dùng một cuộn dây sơ cấp tạo từ trường biến thiên cảm ứng ra dòng điện ở cuộn thứ cấp, chỉ khác việc ghép nối qua lõi sắt cố định (biến áp) hay qua không khí (sạc không dây).

Đáp án trắc nghiệm - Chương 10

Chương 0: 1-B, 2-A, 3-C Chương 1: 1-B, 2-B, 3-B Chương 2: 1-B, 2-B

Chương 3: 1-B, 2-C Chương 4: 1-B, 2-B Chương 5: 1-B, 2-A

Chương 6: 1-B, 2-A Chương 7: 1-A, 2-B Chương 8: 1-B, 2-B Chương 9: 1-B, 2-A

Ôn tập nhanh: 1-B, 2-B, 3-B

Bảng thuật ngữ dưới đây giúp bạn làm quen với tên gọi tiếng Anh của các khái niệm Điện tử học đã học, hữu ích khi tra cứu thêm tài liệu quốc tế.

Tiếng Việt	Tiếng Anh	Ký hiệu
Điện tích	Electric charge	q
Định luật Coulomb	Coulomb's law	-
Điện trường	Electric field	E
Dòng điện	Electric current	I
Hiệu điện thế	Voltage / Potential difference	U
Điện trở	Resistance	R
Định luật Ohm	Ohm's law	-
Công suất điện	Electric power	P
Từ trường	Magnetic field	B
Đường sức từ	Magnetic field line	-
Nam châm điện	Electromagnet	-
Lực từ	Magnetic force	F
Lực Lorentz	Lorentz force	f
Cảm ứng điện từ	Electromagnetic induction	-
Định luật Faraday	Faraday's law	-
Định luật Lenz	Lenz's law	-
Suất điện động	Electromotive force (EMF)	e
Máy phát điện	Electric generator	-
Động cơ điện	Electric motor	-
Dòng điện xoay chiều	Alternating current (AC)	-
Dòng điện một chiều	Direct current (DC)	-
Cuộn cảm	Inductor	L
Tụ điện	Capacitor	C
Máy biến áp	Transformer	-
Mạch dao động	Oscillating circuit / LC circuit	-
Sóng điện từ	Electromagnetic wave	-

Tiếng Việt	Tiếng Anh	Ký hiệu
Sóng radio	Radio wave	-
Ăng-ten	Antenna	-
Điều biên	Amplitude Modulation (AM)	-
Điều tần	Frequency Modulation (FM)	-



BẢNG TỰ ĐÁNH GIÁ TIẾN ĐỘ HỌC TẬP

Hãy đánh dấu vào bảng dưới đây sau khi hoàn thành mỗi chủ đề, kèm theo mức độ tự tin của bạn (1 = chưa hiểu, 5 = rất tự tin) để có kế hoạch ôn tập phù hợp.

Chủ đề	Đã học?	Đã làm bài tập?	Mức tự tin (1-5)
0. Điện tích và lực điện	☐	☐	—
1. Dòng điện một chiều	☐	☐	—
2. Từ trường	☐	☐	—
3. Lực từ	☐	☐	—
4. Cảm ứng điện từ	☐	☐	—
5. Dòng điện xoay chiều	☐	☐	—
6. Máy biến áp và truyền tải điện năng	☐	☐	—
7. Mạch dao động và sóng điện từ	☐	☐	—
8. Sóng radio và truyền thông không dây	☐	☐	—
9. Điện từ học trong đời sống và công nghệ	☐	☐	—
10-11. Trắc nghiệm & bài tập nâng cao	☐	☐	—
14. Để kiểm tra tổng hợp mẫu	☐	☐	—

★ Gợi ý sử dụng bảng tự đánh giá

- Với các chủ đề có mức tự tin dưới 3, hãy quay lại đọc phần lý thuyết và làm thêm bài tập tự luyện tương ứng trước khi chuyển sang chủ đề tiếp theo.
- Nên đánh giá lại bảng này sau khoảng 2-3 tuần để kiểm tra mức độ ghi nhớ kiến thức có được duy trì theo thời gian hay không.

Khác với các bài tập tính toán, những câu hỏi dưới đây không có một đáp số duy nhất - chúng được thiết kế để khuyến khích bạn suy nghĩ sâu hơn, kết nối kiến thức đã học với những tình huống mới.

Câu hỏi thảo luận

1. Nếu con người chưa từng phát hiện ra mối liên hệ giữa điện và từ (như phát hiện của Ørsted và Faraday), thế giới công nghệ hiện đại sẽ thiếu vắng những gì? Hãy liệt kê và giải thích.
2. Vì sao gần như toàn bộ lưới điện quốc gia trên thế giới đều sử dụng dòng điện xoay chiều thay vì dòng điện một chiều, dù các thiết bị điện tử hiện đại (điện thoại, máy tính) bên trong lại hầu hết dùng dòng điện một chiều?
3. Sóng radio, WiFi, ánh sáng nhìn thấy đều là sóng điện từ - vậy tại sao ta có thể "nhìn thấy" ánh sáng nhưng không thể nhìn thấy sóng radio hay sóng WiFi đang bay xung quanh ta?
4. Hãy thử tưởng tượng: nếu Trái Đất đột nhiên mất đi từ trường của mình, điều gì có thể xảy ra với các thiết bị sử dụng la bàn, và xa hơn nữa là với sự sống trên Trái Đất (gợi ý: liên hệ với vai trò của từ trường trong việc chắn gió Mặt Trời)?
5. Cuộc "chiến tranh dòng điện" giữa Edison và Tesla/Westinghouse cho thấy điều gì về mối quan hệ giữa khoa học, công nghệ và lợi ích thương mại trong lịch sử phát triển khoa học?

★ Gợi ý sử dụng

- Hãy thử trả lời những câu hỏi này bằng chính ngôn ngữ của mình, không cần công thức - việc diễn đạt lại một hiện tượng khoa học bằng lời văn tự nhiên là một cách kiểm tra hiểu biết rất hiệu quả.



BÀI TẬP GHÉP NỐI ÔN TẬP NHANH

Hãy nối mỗi khái niệm/hiện tượng ở cột A với định nghĩa hoặc đặc điểm tương ứng ở cột B - cách ôn tập nhanh trước khi làm bài kiểm tra.

Cột A	Cột B
1. Định luật Coulomb	a. Tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa 2 điện tích
2. Định luật Ohm	b. $I = U/R$
3. Quy tắc nắm tay phải	c. Xác định chiều từ trường quanh dây dẫn
4. Quy tắc bàn tay trái	d. Xác định chiều lực từ tác dụng lên dòng điện
5. Định luật Lenz	e. Dòng điện cảm ứng chống lại nguyên nhân sinh ra nó
6. Máy biến áp	f. Thay đổi hiệu điện thế của dòng điện xoay chiều
7. Mạch dao động LC	g. Năng lượng dao động giữa điện trường và từ trường
8. Điều biên (AM)	h. Thay đổi biên độ của sóng mang theo tín hiệu

Đáp án: 1-a, 2-b, 3-c, 4-d, 5-e, 6-f, 7-g, 8-h.

Bảng tổng hợp dưới đây liệt kê các đơn vị đo lường thường gặp trong Điện tử học theo hệ SI, giúp bạn tra cứu nhanh khi làm bài tập hoặc đọc thông số kỹ thuật của các thiết bị điện.

Đại lượng	Tên đơn vị	Ký hiệu
Điện tích	Coulomb	C
Cường độ dòng điện	Ampe	A
Hiệu điện thế	Volt	V
Điện trở	Ohm	Ω
Công suất	Watt	W
Điện năng (công của dòng điện)	Jun (hoặc kWh)	J (hoặc kWh)
Cảm ứng từ	Tesla	T
Từ thông	Weber	Wb
Điện dung	Fara	F
Độ tự cảm (cuộn cảm)	Henry	H
Tần số	Hertz	Hz

★ Lưu ý về tiền tố đơn vị

• Các đại lượng như điện dung, độ tự cảm thường có giá trị rất nhỏ trong thực tế, nên hay được biểu diễn với tiền tố: milli (m, 10^{-3}), micro (μ , 10^{-6}), nano (n, 10^{-9}), pico (p, 10^{-12}). Ví dụ: một tụ điện "100 nF" nghĩa là 100×10^{-9} F - luôn đổi về đơn vị chuẩn (Fara, Henry...) trước khi thay vào công thức tính toán.

LỜI KẾT

Vậy là bạn đã cùng chúng tôi đi qua toàn bộ hành trình khám phá Điện từ học - từ điện tích tĩnh đơn giản nhất, qua dòng điện, từ trường, cảm ứng điện từ, đến sóng điện từ và những công nghệ truyền thông không dây định hình thế giới hiện đại.

Hy vọng rằng sau khi đọc xong cuốn sách này, mỗi khi bạn cắm sạc điện thoại, bật công tắc đèn, hay đơn giản là nghe đài radio trong xe, bạn sẽ nhớ đến hành trình dài hơn hai thế kỷ của biết bao nhà khoa học - từ Coulomb, Ørsted, Ampère, Faraday đến Maxwell và Hertz - những người đã lặng lẽ ghép từng mảnh ghép nhỏ để tạo nên bức tranh điện từ học hoàn chỉnh mà ta thừa hưởng ngày nay.

Đây là tập thứ ba trong Tủ Sách Vật Lý Phổ Thông, tiếp nối hai tập trước về Cơ học và Quang học. Ba lĩnh vực này - chuyển động, ánh sáng, điện từ - chính là ba trụ cột của Vật lý cổ điển, đặt nền móng vững chắc để bạn tự tin bước tiếp sang những chân trời mới của Vật lý hiện đại. Chúc bạn luôn giữ được ánh mắt tò mò trước những điều kỳ diệu của thế giới tự nhiên!

"Từ tia sét trên bầu trời đến con chip trong điện thoại - tất cả đều nói chung một ngôn ngữ: điện từ học"

— Hết —

TÀI LIỆU THAM KHẢO GỢI Ý

Để tiếp tục mở rộng và củng cố kiến thức Điện từ học sau khi hoàn thành cuốn sách này, bạn có thể tham khảo thêm các nguồn tài liệu sau:

- Sách giáo khoa Vật lý 9, 11, 12 (chương trình phổ thông hiện hành) - phần Điện học và Điện từ học.
- Các bài giảng Điện từ học đại cương của những trường đại học kỹ thuật, khoa học tự nhiên.
- Các nền tảng học trực tuyến quốc tế có bài giảng về Electromagnetism nhập môn bằng tiếng Anh - vừa củng cố kiến thức, vừa luyện thêm thuật ngữ chuyên ngành (tham khảo Phụ lục C).
- Các thí nghiệm mô phỏng Điện từ học trực tuyến (PhET Interactive Simulations và các nền tảng tương tự) - giúp trực quan hóa từ trường, cảm ứng điện từ và mạch điện bằng mô hình tương tác.

Cuốn sách này được biên soạn với mục tiêu làm tài liệu nhập môn, giúp bạn xây dựng nền tảng vững chắc trước khi tiếp cận các tài liệu chuyên sâu hơn về Điện từ học và Vật lý hiện đại.

LỜI CẢM ƠN

Xin chân thành cảm ơn bạn đã dành thời gian đồng hành cùng cuốn sách "Điện Từ Học Dễ Hiểu - Từ Nam Châm Đến Sóng Radio" từ những trang đầu tiên cho đến tận trang cuối cùng này. Việc kiên trì theo đuổi một cuốn sách chuyên môn từ đầu đến cuối đã là một minh chứng cho tinh thần ham học hỏi rất đáng trân trọng.

Cuốn sách chắc chắn còn nhiều điểm có thể hoàn thiện hơn nữa. Nếu trong quá trình học tập, bạn phát hiện những nội dung cần làm rõ thêm, đó chính là những đóng góp quý giá giúp tài liệu ngày càng hoàn thiện hơn cho những người học sau này.

Một lần nữa, xin chúc bạn luôn giữ vững ngọn lửa đam mê với môn Vật lý nói riêng và khoa học nói chung.

"Every expert was once a beginner"

Về phiên bản sách: Đây là phiên bản 1.0 của ebook "Điện Từ Học Dễ Hiểu - Từ Nam Châm Đến Sóng Radio", tập trung vào chuyên đề Điện từ học trong chương trình Vật lý phổ thông. Cuốn sách này là tập thứ ba trong Tủ Sách Vật Lý Phổ Thông, tiếp nối hai tập trước về Cơ học ("Vật Lý Không Khó") và Quang học ("Bí Mật Của Ánh Sáng").

Ba tập sách này cùng nhau tạo thành một bộ nền tảng khá đầy đủ về Vật lý cổ điển ở cấp độ phổ thông: chuyển động và lực (Cơ học), ánh sáng (Quang học), và điện - từ (Điện từ học). Người đọc quan tâm đến các chuyên đề nâng cao hơn như Dao động và sóng cơ, Nhiệt học, hay Vật lý hiện đại (lượng tử, hạt nhân) có thể tìm đọc thêm ở các tài liệu chuyên sâu khác sau khi đã nắm vững nền tảng từ ba tập sách này.