BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP

VẬT LÍ 12



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

VŨ VĂN HÙNG (Tổng Chủ biên)
ĐẶNG THANH HẢI (Chủ biên)
NGUYỄN CHÍNH CƯƠNG – TƯỞNG DUY HẢI – PHẠM VĂN VĨNH

Chuyên đề học tập

VẬT LÍ 12

sach-giao-khoa.com

(Tái bản lần thứ hai)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

Sách *Chuyên đề học tập Vật lí 12* gồm 3 chuyên đề. Mỗi chuyên đề gồm một số bài học. Mỗi bài học là một chuỗi các nội dung kiến thức và nhiệm vụ học tập, cụ thể như sau:

Khởi động

Nêu ra câu hỏi có vấn đề, kích thích tư duy, sự tò mò cũng như định hướng nghiên cứu cho học sinh.

Đọc hiểu

Cung cấp thông tin, định hướng, tìm tòi khám phá kiến thức mới.

Câu hỏi

Trả lời câu hỏi giúp học sinh tìm tòi, khám phá kiến thức.

Hoạt động

Tiến hành các hoạt động giúp học sinh giải quyết các vấn đề học tập, đồng thời phát triển các năng lực cần thiết.

Những điều cần lưu ý.

EM CÓ THỂ

Phát triển năng lực, tập trung vào năng lực giải quyết vấn đề trong cuộc sống và định hướng nghề nghiệp của học sinh.

EM ĐÃ HỌC

Chốt về kiến thức, tóm tắt các kiến thức cơ bản của bài học.

EM CÓ BIẾT?

Mở rộng các kiến thức cập nhật, hiện đại, có tính chất liên ngành hoặc liên môn.

Hãy bảo quản, giữ gìn sách giáo khoa để dành tặng các em học sinh lớp sau!

LỜI NÓI ĐẦU

Chuyên đề học tập Vật lí 12 được biên soạn theo định hướng đổi mới giáo dục phổ thông nhằm phát triển toàn diện phẩm chất, năng lực của người học. Kiến thức trong *Chuyên đề học tập Vật lí 12* làm cơ sở giúp học sinh hình thành và phát triển các phẩm chất và năng lực cần có trong cuộc sống hiện tại và tương lai.

Chuyên đề học tập Vật lí 12 là cuốn sách hướng dẫn học sinh hoạt động để tìm tòi, khám phá ra kiến thức mới, vận dụng vào việc giải quyết các vấn đề của học tập và của thực tiễn cuộc sống. Các hoạt động học tập trong *Chuyên đề học tập Vật lí 12* rất phong phú và đa dạng. Thông qua các hoạt động học tập này, các em không những hình thành và phát triển các năng lực khoa học nói chung và vật lí nói riêng mà còn hình thành và phát triển được các năng lực chung như năng lực tự chủ và tự học, giao tiếp và hợp tác, giải quyết vấn đề và sáng tạo,...

Ngoài việc phát triển những năng lực nêu trên, sách *Chuyên đề học tập Vật lí 12* còn giúp học sinh biết cách tự học, tự nghiên cứu, tạo điều kiện để học sinh được trao đổi, thuyết trình, hợp tác khi làm các dự án học tập, định hướng nghề nghiệp trong tương lai,...

Các tác giả mong muốn *Chuyên đề học tập Vật lí 12* sẽ mang đến cho các em niềm vui và sự đam mê trong học tập môn Vật lí để có kết quả học tập tốt môn học này cũng như hiểu rõ hơn về thế giới tự nhiên. Hi vọng rằng sách sẽ góp phần giúp các em nhận biết được rõ hơn năng lực và sở trường của bản thân để bắt đầu định hướng nghề nghiệp, có kế hoạch học tập nhằm đáp ứng các yêu cầu hướng nghiệp của mình.

CÁC TÁC GIẢ

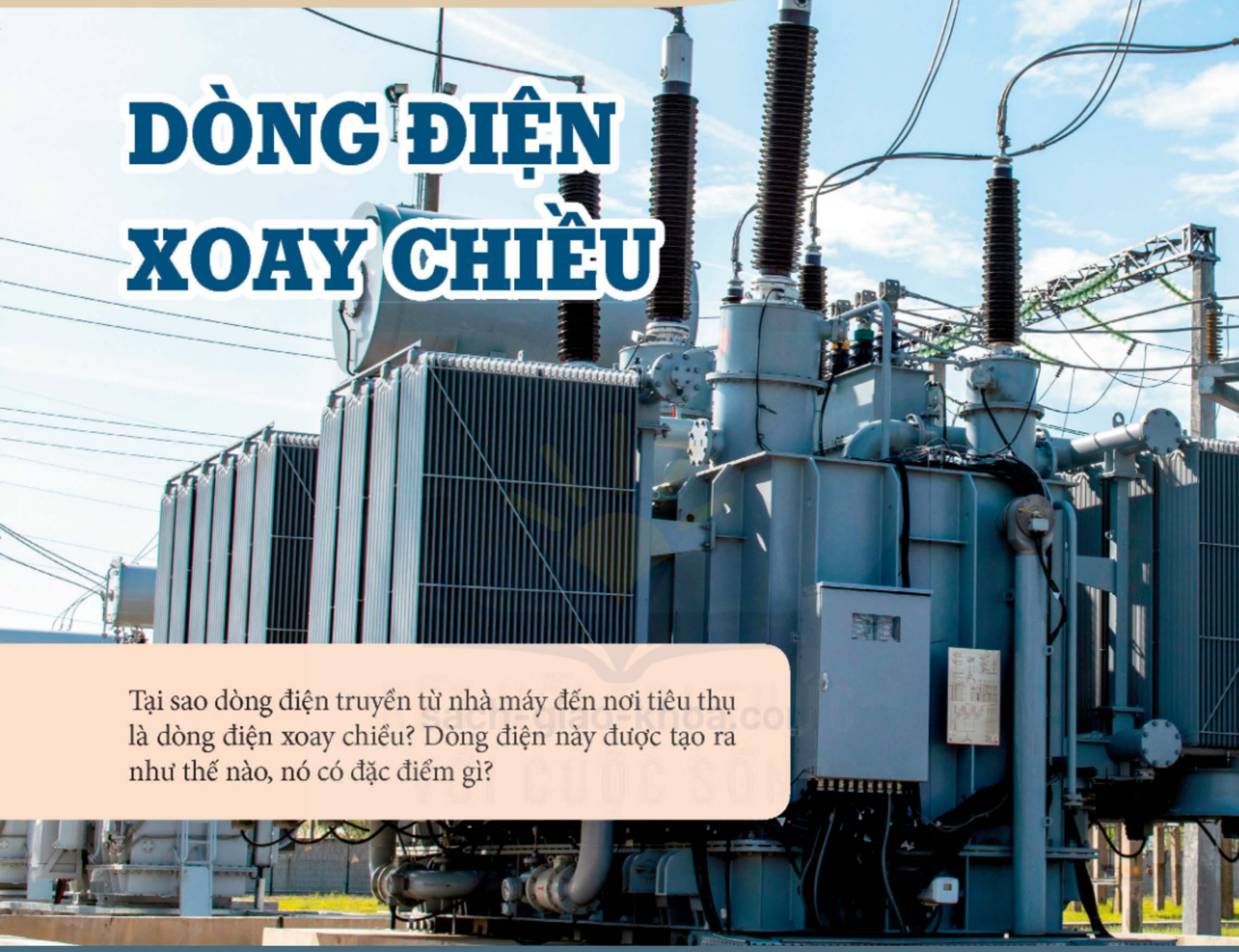
MỤC LỤC

	Trang
HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH	2
LỜI NÓI ĐẦU	3
CHUYÊN ĐỀ 1. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU	5
Bài 1. Đặc trưng của dòng điện xoay chiều	6
Bài 2. Đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp	10
Bài 3. Máy biến áp	14
Bài 4. Chỉnh lưu dòng điện xoay chiều	19
CHUYÊN ĐỀ 2. MỘT SỐ ỨNG DỤNG VẬT LÍ TRONG CHẨN ĐOÁN Y HỌC	26
Bài 5. Tia X	27
Bài 6. Chụp X–quang. Chụp cắt lớp	32
Bài 7. Siêu âm	39
Bài 8. Chụp cộng hưởng từ	44
CHUYÊN ĐỀ 3. VẬT LÍ LƯỢNG TỬ	47
Bài 9. Hiệu ứng quang điện và năng lượng của photon	48
Bài 10. Lưỡng tính sóng hạt	56
Bài 11. Quang phổ vạch của nguyên tử	59
Bài 12. Vùng năng lượng của tinh thể chất rắn	64
Giải thích một số thuật ngữ dùng trong sách	67

sách-giáo-khoa.com

CHUYÊN ĐỀ 1

DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU



Tại sao dòng điện truyền từ nhà máy đến nơi tiêu thụ là dòng điện xoay chiều? Dòng điện này được tạo ra như thế nào, nó có đặc điểm gì?

NỘI DUNG

- Đặc trưng của dòng điện xoay chiều
- Đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp
- Máy biến áp
- Chỉnh lưu dòng điện xoay chiều

Bài 1 ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Điện lưới cung cấp trong các hộ gia đình là dòng điện xoay chiều. Vậy dòng điện xoay chiều có đặc điểm gì?

I. ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Chúng ta đã biết, khi biểu thức cường độ dòng điện xoay chiều qua một đoạn mạch có dạng:

$$i = I_0\cos(\omega t + \varphi_i)\ (A) \qquad (1.1)$$

thì điện áp xoay chiều giữa hai đầu đoạn mạch đó là:

$$u = U_0\cos(\omega t + \varphi_u)\ (V) \qquad (1.2)$$

Giá trị hiệu dụng của cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều này lần lượt là:

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \qquad (1.3)$$

và

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \qquad (1.4)$$

Trong đó:

- i (A) và u (V) là giá trị của cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều giữa hai đầu đoạn mạch tại thời điểm t, gọi là giá trị tức thời của nó.
- I_0 (A) và U_0 (V) là các giá trị cực đại của cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều.
- ω là tần số góc của dòng điện, đơn vị là rad/s.
- φ_i và φ_u là pha ban đầu của cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều, đơn vị là rad.

Chu kì T (s) và tần số f (Hz) của dòng điện xoay chiều được xác định lần lượt là:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}\ (s) \qquad (1.5)$$

và

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \qquad (1.6)$$

sach-giao-khoa.com

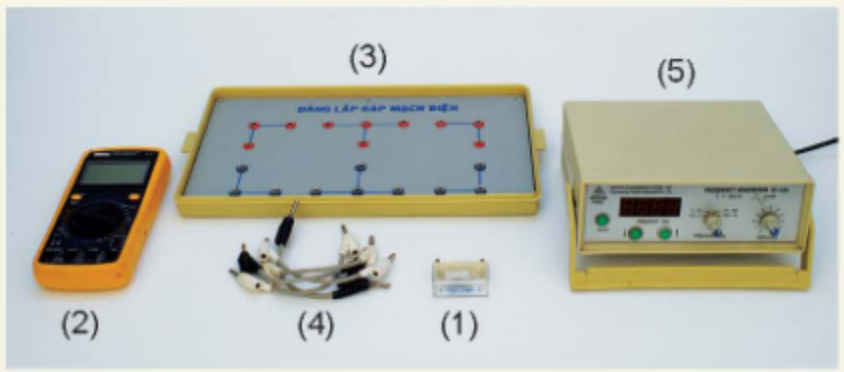
Hãy thảo luận để thực hiện các nhiệm vụ sau:

1. Mô tả các phương pháp đo điện áp và tần số của dòng điện xoay chiều.
2. Thiết kế phương án đo điện áp hiệu dụng và tần số của dòng điện xoay chiều bằng đồng hồ đo điện đa năng.

II. THỰC HÀNH ĐO TẦN SỐ, ĐIỆN ÁP CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Mục đích thí nghiệm: Đo được tần số và điện áp xoay chiều giữa hai đầu điện trở R trong đoạn mạch điện xoay chiều chỉ chứa điện trở R.

Dụng cụ (Hình 1.1): Điện trở R = 10 Ω (1), đồng hồ đo điện đa năng (2), bảng lắp mạch điện (3), dây nối (4), máy phát âm tần (máy phát tần số) (5).



Hình 1.1. Dụng cụ thí nghiệm

1. Đo tần số dòng điện xoay chiều

Thiết kế phương án:

- Tìm hiểu các dụng cụ thực hành (chức năng đo tần số của đồng hồ đo điện đa năng).
- Vẽ sơ đồ mạch điện đo tần số dòng điện xoay chiều.

Tiến hành:

- Lắp ráp dụng cụ theo sơ đồ mạch điện đề xuất.
- Đặt tần số đầu ra máy phát âm tần ở 50 Hz.
- Điều chỉnh máy phát âm tần để điện áp đầu ra lần lượt là 1,0 V; 1,5 V; 2,0 V.
- Đọc giá trị tần số dòng điện xoay chiều trên đồng hồ đo điện đa năng và ghi giá trị này vào vở theo mẫu Bảng 1.1.

Bảng 1.1. *Bảng minh hoạ giá trị tần số của dòng điện xoay chiều*

Lần đo	Điện áp đầu ra (V)	Tần số dòng điện qua điện trở R (Hz)
1	1,0	49,86
2	1,5	49,85
3	2,0	49,86

Giá trị tần số lấy gần đúng đến 0,01 Hz.

Thực hiện các yêu cầu sau:

1. So sánh tần số dòng điện đo được ở các giá trị điện áp đầu ra khác nhau. Rút ra nhận xét.
2. Tính giá trị trung bình của tần số đo được.

2. Đo điện áp xoay chiều giữa hai đầu điện trở R

Thiết kế phương án:

- Tìm hiểu các dụng cụ thực hành (chức năng đo điện áp xoay chiều của đồng hồ đo điện đa năng).
- Vẽ sơ đồ mạch điện đo điện áp xoay chiều.

Tiến hành:

- Lắp ráp dụng cụ theo sơ đồ mạch điện đề xuất.
- Điều chỉnh máy phát âm tần để điện áp đầu ra luôn là 2 V.
- Thay đổi tần số đầu ra máy phát âm tần lần lượt theo các giá trị: 50 Hz, 75 Hz, 100 Hz.
- Đọc giá trị điện áp xoay chiều trên đồng hồ đo điện đa năng và ghi các giá trị này vào vở theo mẫu Bảng 1.2.

Bảng 1.2. *Bảng minh hoạ giá trị điện áp xoay chiều giữa hai đầu điện trở R*

Lần đo	Tần số dòng điện (Hz)	Điện áp giữa hai đầu điện trở (mV)
1	50	5,3
2	75	5,2
3	100	5,4

Giá trị điện áp lấy gần đúng đến 0,1 mV.

Thực hiện các yêu cầu sau:

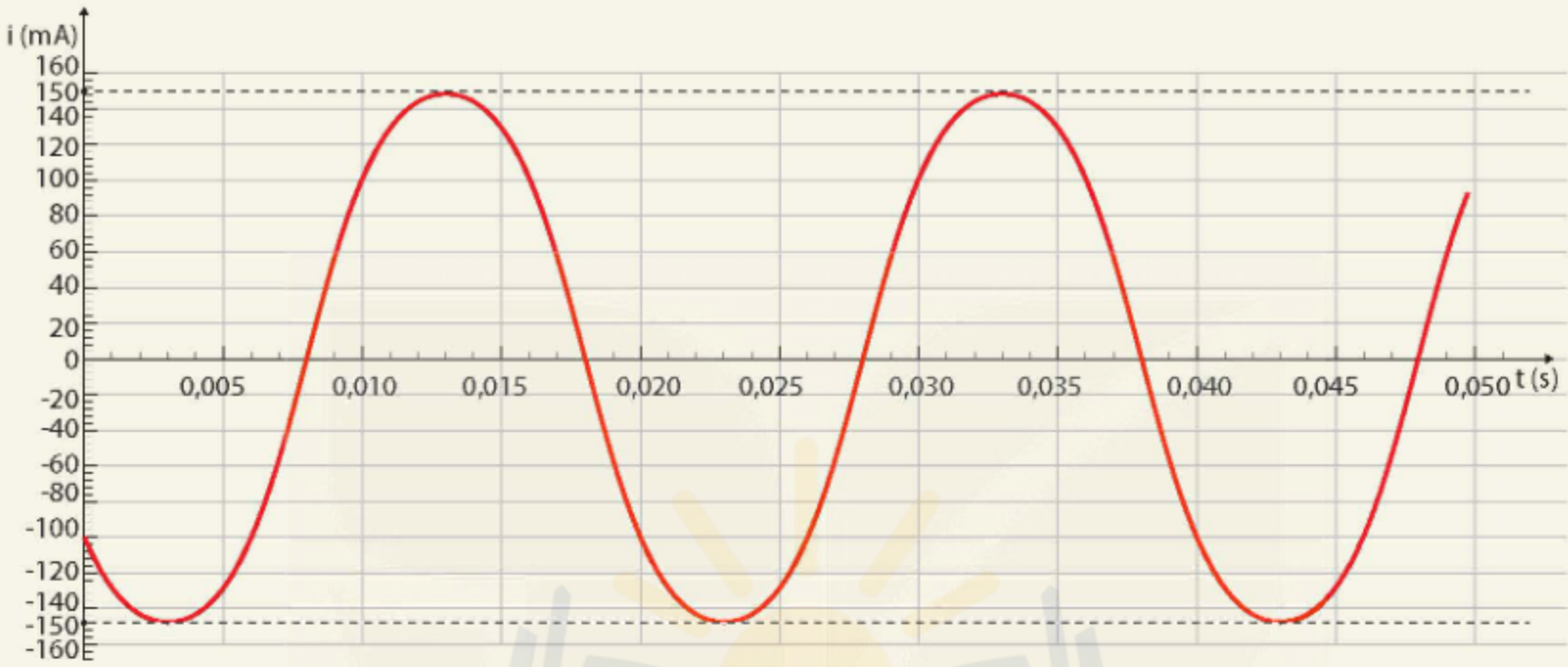
1. Giá trị điện áp đo được giữa hai đầu điện trở trong Bảng 1.2 là giá trị cực đại hay giá trị hiệu dụng của điện áp xoay chiều? Giải thích.
2. So sánh các giá trị điện áp đo được giữa hai đầu điện trở R khi thay đổi tần số của dòng điện. Rút ra nhận xét.
3. Tính giá trị trung bình của điện áp đo được giữa hai đầu của điện trở.

sach-giao-khoa.com

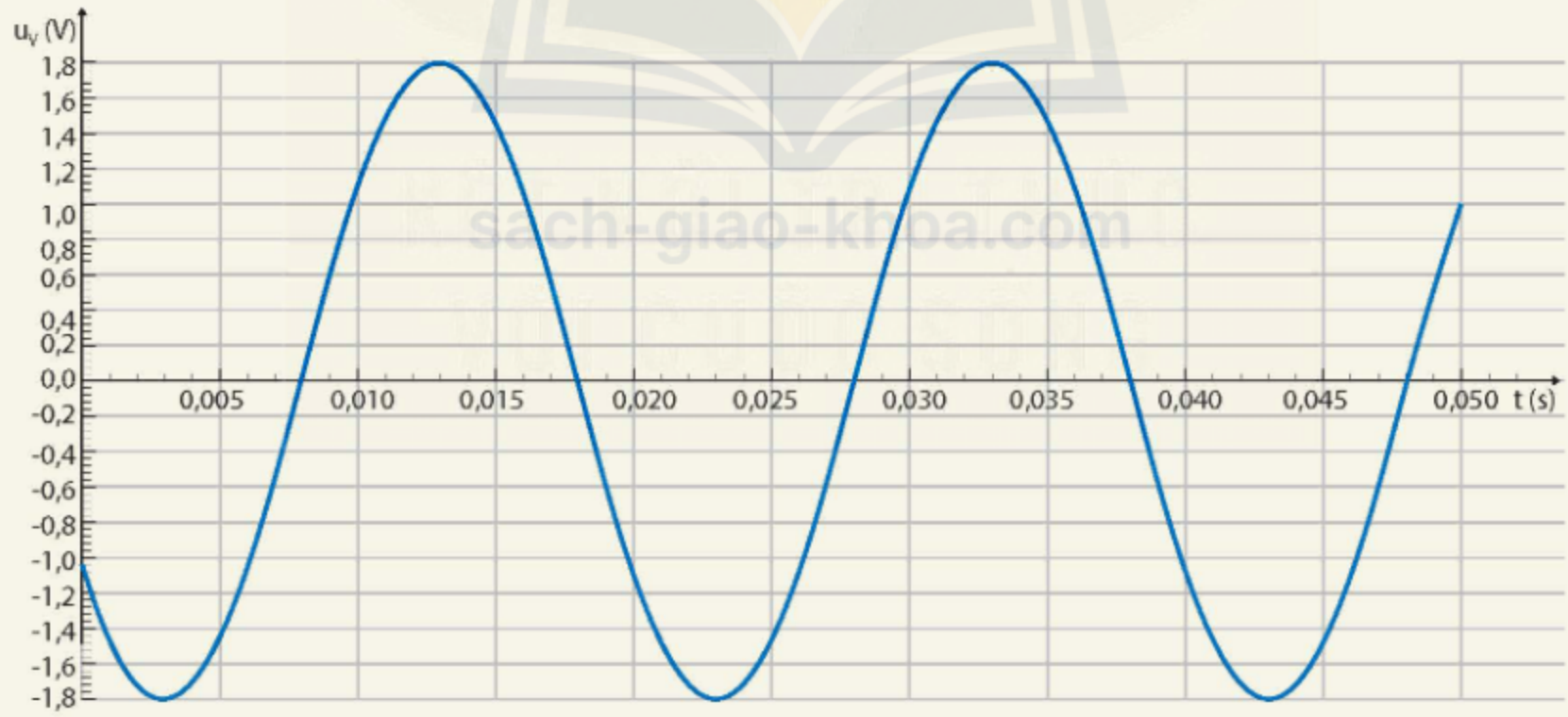
?

Nếu thay điện trở R bằng tụ điện (hoặc cuộn dây) thì các giá trị điện áp xoay chiều giữa hai đầu tụ điện (hoặc cuộn dây) có thay đổi theo tần số dòng điện xoay chiều không? Tiến hành thí nghiệm kiểm chứng.

Sử dụng cảm biến dòng điện và cảm biến điện thế để đo cường độ và điện áp xoay chiều giữa hai đầu điện trở R = 12 Ω thu được kết quả như đồ thị Hình 1.2a và Hình 1.2b dưới đây:



a) Đồ thị cường độ dòng điện xoay chiều qua điện trở R theo thời gian



b) Đồ thị điện áp xoay chiều giữa hai đầu điện trở R theo thời gian

Hình 1.2. Đồ thị cường độ dòng điện xoay chiều (a) qua điện trở R và điện áp xoay chiều (b) giữa hai đầu điện trở đó

Từ đồ thị biểu diễn trong Hình 1.2a và Hình 1.2b, hãy thực hiện các yêu cầu sau:

1. So sánh tần số, pha ban đầu của cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều.
2. Viết biểu thức cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều.
3. Tìm mối liên hệ giữa cường độ dòng điện cực đại và điện áp cực đại với điện trở R. Rút ra mối liên hệ giữa cường độ dòng điện hiệu dụng và điện áp hiệu dụng giữa hai đầu điện trở. Mối liên hệ này có tuân theo định luật Ohm hay không?

Nếu tỉ số giữa giá trị hiệu dụng của điện áp ở hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện qua đoạn mạch đó mà không đổi thì mối liên hệ giữa I và U tuân theo định luật Ohm như dòng điện không đổi.

Cho dòng điện xoay chiều có $i = I_0\cos(\omega t + \varphi_i)$ chạy qua điện trở thuần R. Xét trong khoảng thời gian Δt rất ngắn, coi i là không đổi. Công suất toả nhiệt trên điện trở R là:

$$p = Ri^2 = RI_0^2\left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\cos(2\omega t + 2\varphi_i)\right] \qquad (1.7)$$

Biểu thức (1.7) cho thấy công suất toả nhiệt của dòng điện xoay chiều đạt giá trị cực đại khi:

$$\cos(2\omega t + 2\varphi_i) = 1 \text{ và } \mathcal{P}_{max} = RI_0^2 \qquad (1.8)$$

Giá trị trung bình của $\cos(2\omega t + 2\varphi_i)$ trong một chu kì bằng 0 nên công suất toả nhiệt trung bình là:

$$\mathcal{P} = \frac{1}{2}RI_0^2 \qquad (1.9)$$

So sánh công suất toả nhiệt trung bình với công suất cực đại của dòng điện xoay chiều hình sin chạy qua điện trở R.

EM ĐÃ HỌC

- Dòng điện xoay chiều qua điện trở R có cường độ và điện áp tức thời luôn cùng pha và tỉ số giữa giá trị hiệu dụng của điện áp và cường độ dòng điện bằng giá trị điện trở.
- Công suất toả nhiệt trung bình của dòng điện xoay chiều hình sin trên điện trở R bằng một nửa công suất cực đại của dòng điện này chạy qua cùng điện trở đó.
- Cách đo điện áp và tần số của dòng điện xoay chiều bằng dụng cụ thực hành.

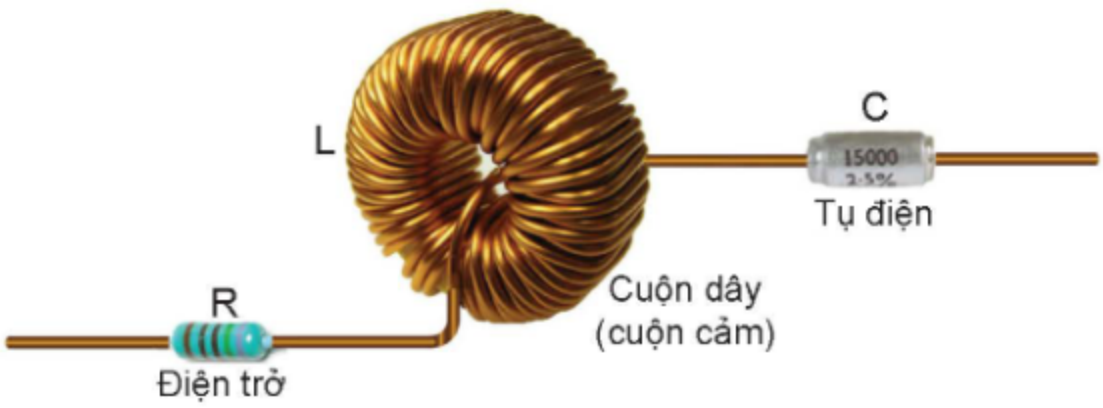
EM CÓ THỂ

- Xác định được tần số và điện áp xoay chiều sử dụng trong gia đình.
- Xác định được công suất toả nhiệt của dòng điện xoay chiều trên điện trở thuần.

Bài 2

ĐOẠN MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU RLC MẮC NỐI TIẾP

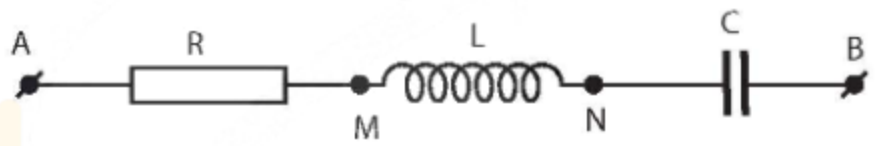
Đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp là đoạn mạch điện có điện trở (R), cuộn dây (L) và tụ điện (C) mắc nối tiếp. Đoạn mạch này được ứng dụng phổ biến trong các thiết bị điện tử. Cường độ dòng điện hiệu dụng qua mạch có mối liên hệ như thế nào so với điện áp hiệu dụng ở hai đầu đoạn mạch đó?



Đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp.

I. ĐOẠN MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU RLC MẮC NỐI TIẾP

Xét đoạn mạch điện AB gồm điện trở R, cuộn dây L (có điện trở không đáng kể) và tụ điện C mắc nối tiếp như Hình 2.1.



Hình 2.1. Sơ đồ đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp

Nếu cường độ dòng điện xoay chiều qua đoạn mạch AB có dạng:

$$i = I_0 \cos\omega t \ (A) \qquad (2.1)$$

thì điện áp giữa hai đầu điện trở, cuộn dây và tụ điện lần lượt là:

$$u_R = U_{0R} \cos\omega t \ (V) \qquad (2.2)$$

với $U_{0R} = I_0 R$

$$u_L = U_{0L} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \ (V) \qquad (2.3)$$

với $U_{0L} = I_0 Z_L$ và $Z_L = \omega L$ là cảm kháng của cuộn dây có đơn vị là ôm (Ω), L là hệ số tự cảm của cuộn dây có đơn vị là henry (H).

$$u_C = U_{0C} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \ (V) \qquad (2.4)$$

với $U_{0C} = I_0 Z_C$ và $Z_C = \frac{1}{\omega C}$ là dung kháng của tụ điện có đơn vị là ôm (Ω), C là điện dung của tụ điện có đơn vị là fara (F).

Điện áp giữa hai đầu đoạn mạch AB là:

$$u = u_R + u_L + u_C = U_0 \cos(\omega t + \varphi_{ui}) \ (V) \qquad (2.5)$$

$$\text{với } U_0 = I_0 Z \qquad (2.6)$$

Trong đó $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$ là tổng trở của đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp có đơn vị là ôm (Ω), φ_{ui} là pha ban đầu của điện áp có đơn vị là radian (rad).

Từ biểu thức (2.6), ta có: $I_0 = \frac{U_0}{Z}$; $I = \frac{U}{Z}$, do đó cường độ dòng điện hiệu dụng và điện áp hiệu dụng của dòng điện xoay chiều qua đoạn mạch RLC mắc nối tiếp tuân theo định luật Ohm.

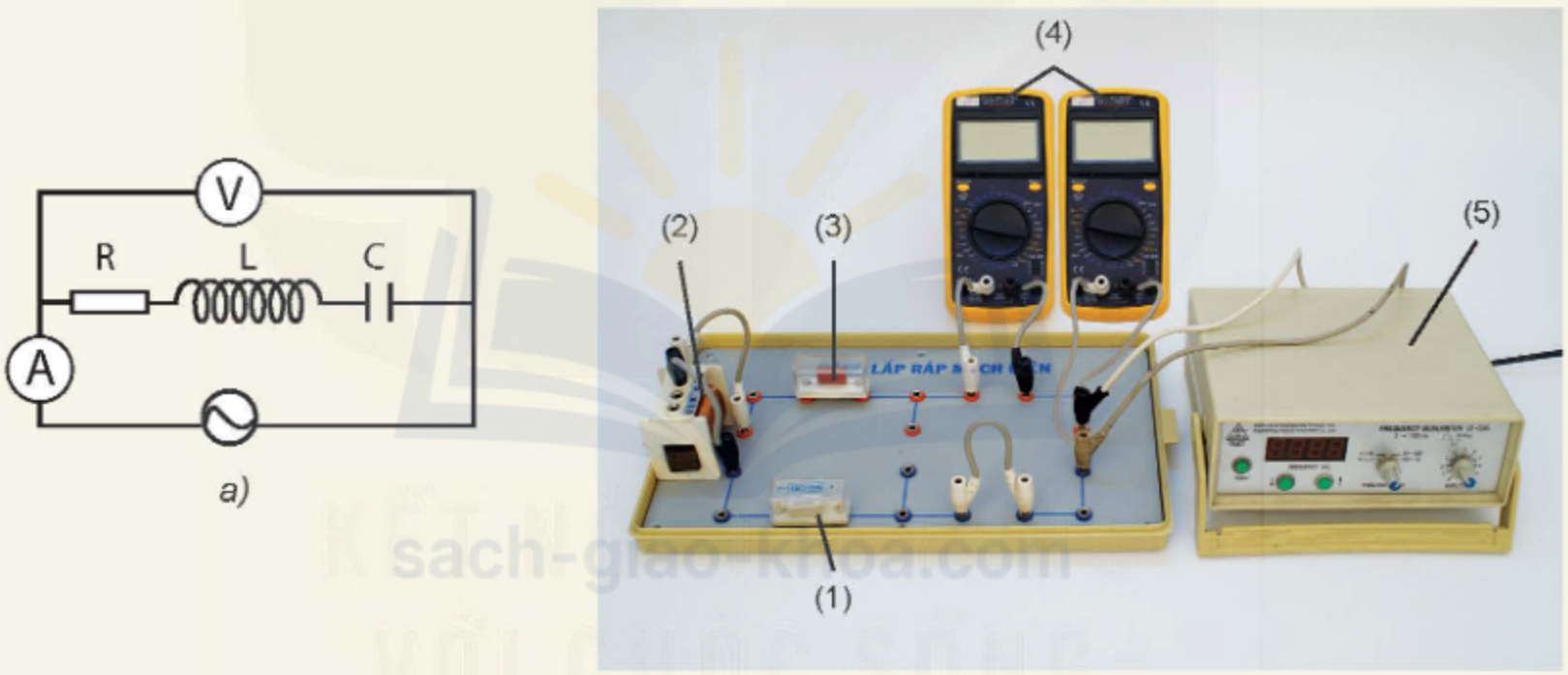
sách-giáo-khoa.com

II. ĐƯỜNG ĐẶC TRƯNG VÔN – AMPE (V – A) CỦA ĐOẠN MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU RLC MẮC NỐI TIẾP

Mục đích thí nghiệm: Khảo sát được mối quan hệ giữa điện áp hiệu dụng và cường độ dòng điện hiệu dụng trong mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp.

Dụng cụ:

- Điện trở R =10 Ω (1).
- Cuộn dây 400 vòng (2) (không có lõi sắt).
- Tụ điện có điện dung C = 2 μF (3).
- Hai đồng hồ đo điện đa năng (4).
- Máy phát âm tần (5).
- Dây nối, công tắc và bảng lắp mạch điện.



Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lí (a), bố trí thí nghiệm (b) để khảo sát I – U trong mạch điện RLC mắc nối tiếp

Thiết kế phương án thí nghiệm:

Nêu các bước tiến hành thí nghiệm khảo sát mối quan hệ giữa điện áp hiệu dụng và cường độ dòng điện hiệu dụng trong mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp.

Tiến hành:

- Lắp ráp thiết bị thí nghiệm như bố trí trong Hình 2.2b.
- Đặt tần số của máy phát âm tần là 1 000 Hz.
- Điều chỉnh máy phát âm tần để giá trị điện áp hiệu dụng ở hai đầu đoạn mạch tăng từ 0 V đến 6 V (Bước 0,5 V). Đọc giá trị cường độ dòng điện.
- Ghi giá trị điện áp hiệu dụng và giá trị cường độ dòng điện hiệu dụng trong mạch vào vở theo mẫu Bảng 2.1.

sách-giáo-khoa.com

Bảng 2.1. *Minh hoạ kết quả đo trong một lần thí nghiệm.*

Lần đo	1	2	3	4	5	6	7
U (V)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I (mA)	0,0	6,8	13,7	20,8	27,7	34,8	41,8

Từ kết quả thí nghiệm, hãy thực hiện các yêu cầu sau:

1. Vẽ đường đặc trưng V – A.
2. Từ đồ thị trên, rút ra nhận xét về mối liên hệ giữa I và U.

Lấy gần đúng cường độ dòng điện đến 0,1 mA và điện áp đến 0,1 V.

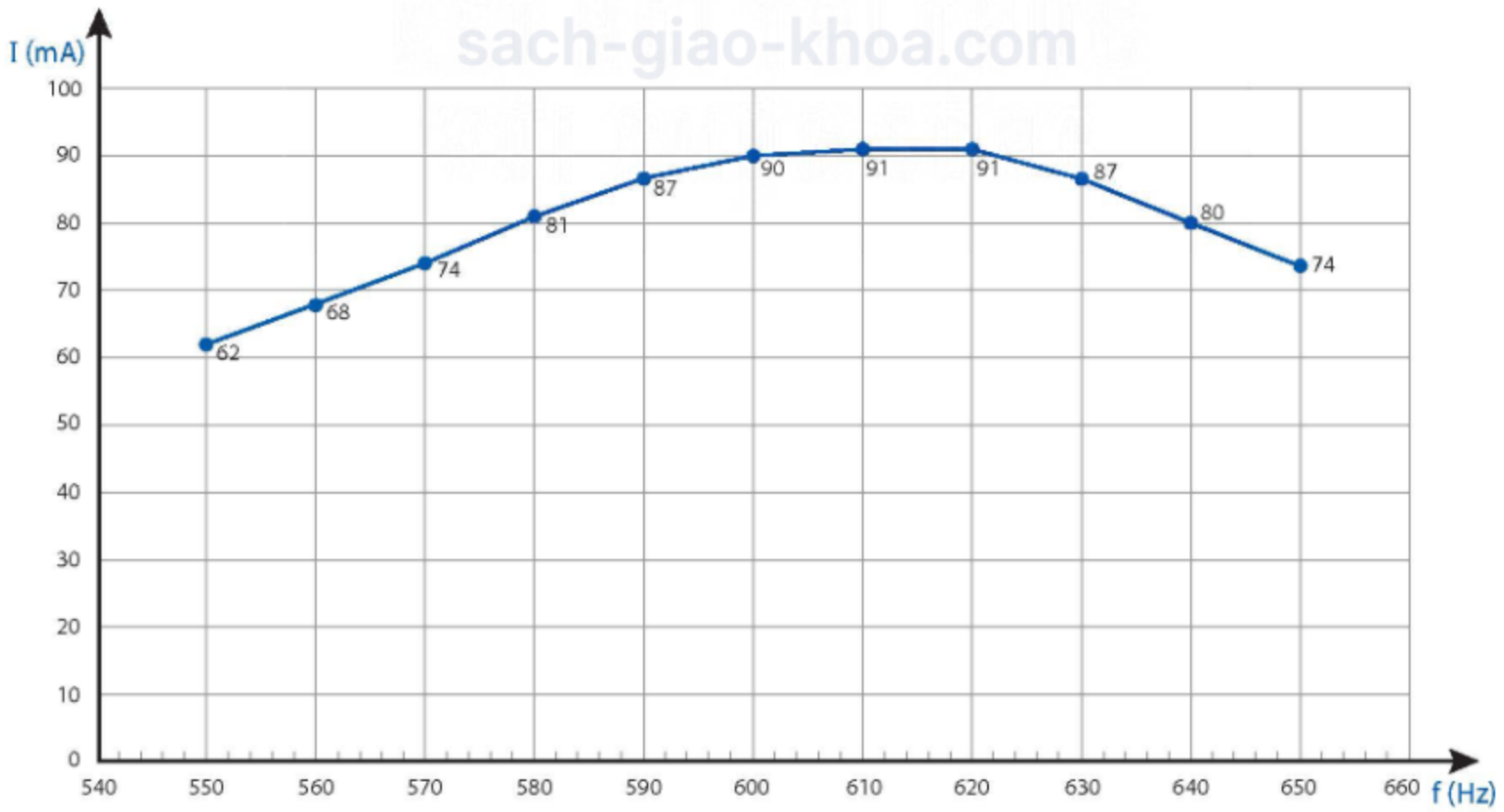
?

Khi tần số dòng điện qua đoạn mạch RLC mắc nối tiếp là không thay đổi, sự phụ thuộc của I theo U có tuân theo định luật Ohm không?

EM CÓ BIẾT?

Khi ta giữ điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đoạn mạch RLC mắc nối tiếp trong thí nghiệm trên (Hình 2.2) không đổi là 2,0 V và thay đổi tần số dòng điện trong mạch từ 550 Hz đến 650 Hz (mỗi lần tăng 10 Hz) thì cường độ dòng điện hiệu dụng trong mạch thay đổi theo tần số có dạng như đồ thị trong Hình 2.3.

sach-giao-khoa.com



Hình 2.3. Sự thay đổi của cường độ dòng điện hiệu dụng theo tần số khi điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đoạn mạch RLC mắc nối tiếp không đổi

EM ĐÃ HỌC

- Đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp là đoạn mạch gồm điện trở, cuộn dây và tụ điện mắc nối tiếp với nhau.
- Cường độ dòng điện hiệu dụng và điện áp hiệu dụng giữa hai đầu đoạn mạch RLC mắc nối tiếp tuân theo định luật Ohm. Đường đặc trưng V – A trong đoạn mạch RLC mắc nối tiếp là đường thẳng

EM CÓ THỂ

Khảo sát được mối liên hệ giữa điện áp và cường độ dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp.

EM CÓ BIẾT?

Độ lệch pha của điện áp giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch RLC mắc nối tiếp được xác định bằng biểu thức:

$$\tan \varphi_{ui} = \frac{Z_L - Z_C}{R}$$

Đoạn mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp được ứng dụng trong một số thiết bị điện tử như sau:

- Mạch lọc tín hiệu điện: Đoạn mạch RLC được sử dụng để lọc và tinh chỉnh tín hiệu điện, để loại bỏ tần số nhiễu trong thu phát sóng điện từ.
- Mạch cộng hưởng: Đoạn mạch RLC có thể tạo ra hiện tượng cộng hưởng, được sử dụng trong mạch thu phát sóng điện từ.
- Mạch bảo vệ các hệ thống điện: Đoạn mạch RLC có thể được sử dụng để kiểm soát và cải thiện yếu tố công suất trong các hệ thống điện.
- Mạch tinh chỉnh âm thanh: Đoạn mạch RLC được sử dụng để điều chỉnh tần số và biên độ của các tín hiệu âm thanh trong các thiết bị thu phát âm thanh.

Bài 3

MÁY BIẾN ÁP

Máy biến áp có vai trò rất quan trọng trong truyền tải điện năng đi xa. Vậy máy biến áp có cấu tạo và nguyên tắc hoạt động như thế nào?



Máy biến áp trong hệ thống truyền tải điện năng

I. MÁY BIẾN ÁP

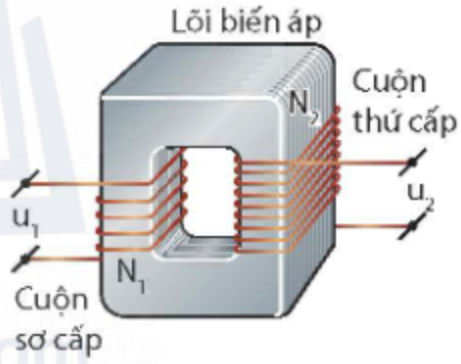
Máy biến áp là thiết bị dùng để biến đổi điện áp xoay chiều mà không làm thay đổi tần số của nó.

1. Cấu tạo

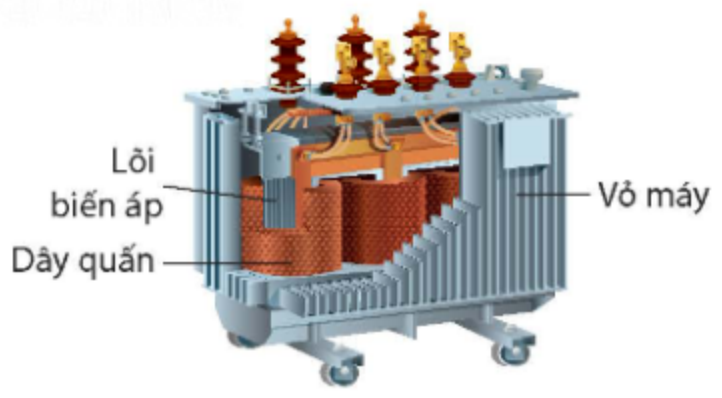
Máy biến áp có các bộ phận chính là hai cuộn dây có số vòng khác nhau quấn trên một lõi biến áp. Lõi biến áp thường làm bằng các lá sắt hoặc thép pha silic, ghép cách điện với nhau và cách điện với các cuộn dây.

Các cuộn dây thường được làm bằng đồng có các vòng dây cách điện với nhau. Một trong hai cuộn dây được nối với nguồn điện xoay chiều, gọi là cuộn sơ cấp, có số vòng dây là N_1, điện áp đầu vào kí hiệu u_1. Cuộn dây còn lại được nối với tải tiêu thụ điện năng, gọi là cuộn thứ cấp, có số vòng dây là N_2, điện áp đầu ra kí hiệu u_2 (Hình 3.1).

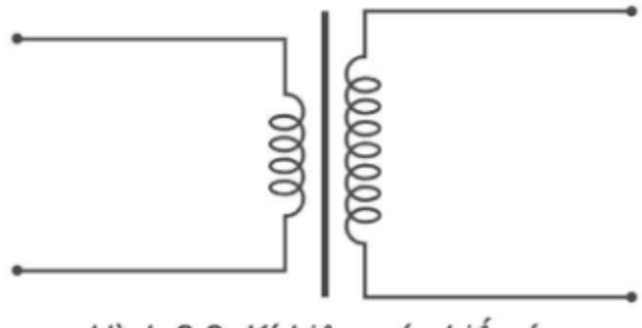
Ngoài các bộ phận chính nêu trên, máy biến áp còn có các bộ phận khác như vỏ máy, bộ phận làm mát, chống sét,... (Hình 3.2). Trong các mạch điện xoay chiều, máy biến áp được kí hiệu như Hình 3.3.



Hình 3.1. Sơ đồ cấu tạo chính của máy biến áp



Hình 3.2. Mô tả một số bộ phận của máy biến áp



Hình 3.3. Kí hiệu máy biến áp trong sơ đồ mạch điện

?

Tại sao lõi biến áp không làm bằng thép nguyên khối mà bằng các lá thép được ghép cách điện với nhau?

2. Nguyên tắc hoạt động

Nếu cường độ dòng điện xoay chiều trong mỗi vòng dây của cuộn sơ cấp là i_1 sẽ gây ra từ thông biến thiên trong cuộn sơ cấp là $\Phi_1 = N_1\Phi$, trong đó Φ là từ thông qua mỗi vòng dây cuộn sơ cấp.

Do máy biến áp có lõi kín nên có thể coi mọi đường sức từ chỉ chạy trong lõi biến áp. Như vậy, từ thông qua mỗi vòng dây ở cuộn sơ cấp và thứ cấp là như nhau, nên từ thông trong cuộn dây thứ cấp là $\Phi_2 = N_2\Phi$.

Theo định luật Faraday, ta có suất điện động cảm ứng sinh ra do sự biến thiên của từ thông qua cuộn sơ cấp và thứ cấp lần lượt là:

$$c_1 = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -N_1\frac{d\Phi}{dt} \text{ và } c_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt} = -N_2\frac{d\Phi}{dt}$$

Từ đó, suy ra được: $\frac{c_1}{c_2} = \frac{N_1}{N_2}$ hay tỉ số giữa suất điện động của hai cuộn dây luôn không đổi và bằng với tỉ số giữa số vòng dây của hai cuộn dây đó.

Do tỉ số giữa các suất điện động tức thời là không đổi nên tỉ số giữa suất điện động hiệu dụng của hai cuộn dây cũng không thay đổi.

Ta có:
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (3.1)$$

Nếu bỏ qua điện trở (máy biến áp lí tưởng) của dây dẫn trong cuộn sơ cấp và thứ cấp thì có thể coi điện áp hiệu dụng ở hai đầu mỗi cuộn dây bằng suất điện động hiệu dụng tương ứng với chúng hay $U_1 = E_1$ và $U_2 = E_2$.

Từ biểu thức (3.1) suy ra:
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (3.2)$$

Biểu thức (3.2) cho thấy tỉ số giữa số vòng dây cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp càng lớn thì sự thay đổi điện áp giữa đầu ra và đầu vào máy biến áp càng lớn.

- Nếu $N_1 > N_2$ thì $U_1 > U_2$: máy hạ áp.
- Nếu $N_1 < N_2$ thì $U_1 < U_2$: máy tăng áp.

Nếu hệ số công suất trong mạch thứ cấp và sơ cấp như nhau và bỏ qua hao phí điện năng trong máy biến áp (máy biến áp được coi là lí tưởng nên hao phí là không đáng kể) thì công suất của dòng điện trong mạch sơ cấp và mạch thứ cấp có thể coi bằng nhau. Khi đó:

$$U_1I_1 = U_2I_2 \qquad (3.3)$$

và từ (3.2) ta suy ra:
$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \qquad (3.4)$$

Biểu thức (3.3) cho thấy máy biến áp làm tăng điện áp lên bao nhiêu lần thì làm giảm cường độ dòng điện đi bấy nhiêu lần và ngược lại.

?

1. Từ thông qua một vòng dây của cuộn sơ cấp có biểu thức:

$$\Phi = \Phi_0 \cos\omega t$$

Vận dụng định luật Faraday về cảm ứng điện từ hãy chứng minh tỉ số giữa suất điện động hiệu dụng trong cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp bằng tỉ số giữa số vòng dây của hai cuộn đó.

2. Nêu nguyên tắc hoạt động của máy biến áp.

II. TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

Điện năng truyền tải đi xa bị tiêu hao chủ yếu do toả nhiệt trên đường dây dẫn.

Dòng điện phát ra từ nhà máy điện có điện áp hiệu dụng U, được truyền đến nơi tiêu thụ trên đường dây.

Giả sử cường độ dòng điện hiệu dụng trên đường dây là I thì công suất điện phát ra từ nhà máy:

$$\mathscr{P} = UI \qquad (3.5)$$

Nếu điện trở tổng cộng của dây dẫn là R thì công suất hao phí trên đường dây dẫn điện là:

$$\Delta\mathscr{P} = RI^2 \qquad (3.6)$$

Từ biểu thức (3.5) và (3.6) ta suy ra được:

$$\Delta\mathscr{P} = R\frac{\mathscr{P}^2}{U^2} \qquad (3.7)$$

Với dây dẫn có điện trở suất là ρ thì điện trở trên dây dẫn là:

$$R = \rho\frac{l}{S} \qquad (3.8)$$

với l là chiều dài dây dẫn và S là tiết diện của dây dẫn.

Do đó, biểu thức (3.7) có thể viết dưới dạng:

$$\Delta\mathscr{P} = \rho\frac{l}{S}\frac{\mathscr{P}^2}{U^2} \qquad (3.9)$$

Biểu thức (3.9) cho thấy, khi muốn truyền tải một công suất điện $\mathscr{P}$ không đổi từ nhà máy đến nơi tiêu thụ thì có một số phương án giảm công suất hao phí $\Delta\mathscr{P}$ như sau:

a) Giảm khoảng cách truyền từ nhà máy đến nơi tiêu thụ.

b) Sử dụng dây dẫn có điện trở suất nhỏ như đồng, nhôm,...

c) Tăng tiết diện dây dẫn.

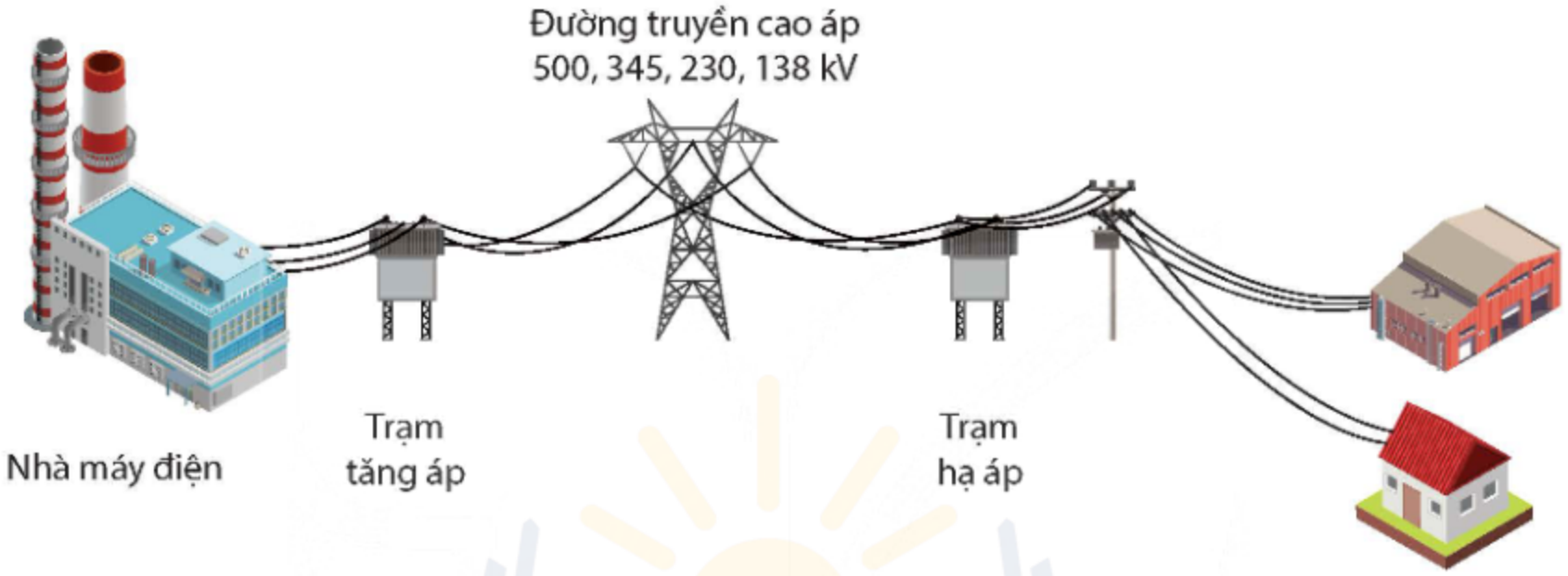
d) Tăng điện áp hiệu dụng ở nhà máy phát điện khi truyền tải điện năng đi xa và giảm điện áp hiệu dụng ở nơi tiêu thụ tới giá trị cần thiết.

1. Hãy giải thích tại sao trong thực tế truyền tải điện năng đi xa người ta thường chỉ sử dụng phương án b và d.
2. Thảo luận để đánh giá vai trò của máy biến áp trong việc giảm hao phí năng lượng điện khi truyền tải điện năng đi xa.
3. Nêu ưu điểm của dòng điện và điện áp xoay chiều trong truyền tải năng lượng điện về phương diện khoa học và kinh tế.

sách-giáo-khoa.com

EM CÓ BIẾT?

Điện áp ở đầu ra của nhà máy phát điện thường vào khoảng từ 10 kV đến 25 kV. Trước khi truyền tải điện năng đi xa, người ta sử dụng máy biến áp để tăng điện áp này đến giá trị khoảng từ 110 kV đến 500 kV. Trong phân phối điện năng, cần sử dụng nhiều máy biến áp đặt ở các trạm điện khác nhau để hạ điện áp xuống mức phù hợp với nơi sử dụng. Ở nước ta, mức điện áp cuối cùng dùng trong các gia đình, văn phòng là 220 V (Hình 3.4).



Hình 3.4. Minh hoạ một sơ đồ truyền tải và phân phối điện năng

?

Trong truyền tải điện năng đi xa, dòng điện xoay chiều có ưu điểm gì so với dòng điện một chiều?

EM ĐÃ HỌC

- Máy biến áp có cấu tạo gồm bộ phận chính là hai cuộn dây có số vòng khác nhau được quấn cách điện với nhau trên lõi sắt kín. Nguyên tắc hoạt động của máy biến áp dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Dòng điện xoay chiều chạy trong cuộn sơ cấp sẽ gây ra từ thông biến thiên trong hai cuộn dây tạo ra điện áp khác nhau giữa hai đầu mỗi cuộn dây.
- Sử dụng máy biến áp trong truyền tải dòng điện xoay chiều giúp giảm hao phí trên đường dây, giảm chi phí và tăng hiệu suất truyền tải điện năng đi xa.

sach-giao-khoa.com

EM CÓ THỂ

- Mô tả được cấu tạo, vai trò và nguyên tắc hoạt động của máy biến áp trong truyền tải điện năng đi xa.
- Đánh giá được lợi ích về phương diện kinh tế khi sử dụng máy biến áp trong hệ thống truyền tải điện năng.

EM CÓ BIẾT?

Vào thế kỉ XIX đã chứng kiến cuộc tranh luận lớn giữa hai nhà bác học nổi tiếng là Thomas Edison (Tô-mát Ê-đi-xơn) và Nikola Tesla (Ni-cô-la Tét-xla) về lựa chọn dòng điện một chiều hoặc dòng điện xoay chiều để truyền tải đi xa.

Thomas Edison cho rằng dòng điện một chiều là cách tốt nhất để truyền tải và ông đã thành công truyền tải điện từ trạm điện đầu tiên của ông để bán cho 82 khách hàng vào ngày 4 tháng 9 năm 1882 tại phố Pearl, khu Manhattan, New York, Mỹ. Trong khi đó, Nikola Tesla lại ủng hộ truyền tải dòng điện xoay chiều đi xa vì có ưu thế về mặt kinh tế.

Truyền tải dòng điện không đổi ở điện áp thấp sẽ an toàn hơn, nhưng hao phí lớn và nếu truyền tải dòng điện xoay chiều ở điện áp cao sẽ giảm hao phí nhưng lại gây nguy hiểm ở nơi sử dụng. Chính máy biến áp là chìa khóa giúp giải quyết các vấn đề truyền tải điện năng đi xa. Do đó, dòng điện xoay chiều hiện nay được sử dụng trong truyền tải điện năng đi xa.

sach-giao-khoa.com

Bài 4

CHỈNH LƯU DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

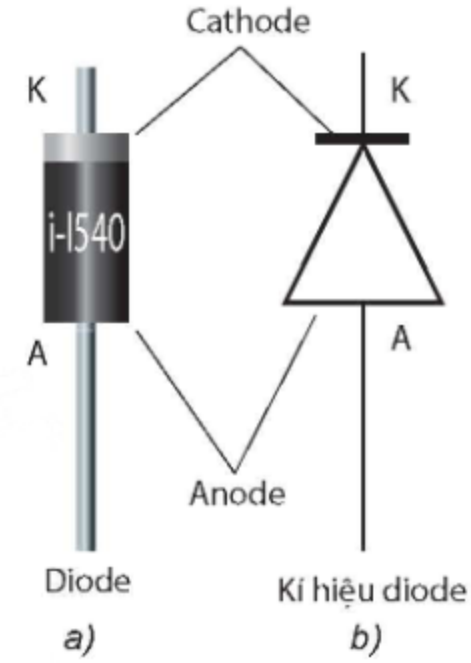
Dòng điện được truyền từ nhà máy đến nơi tiêu thụ là dòng điện xoay chiều, nhưng một số thiết bị điện tử lại sử dụng dòng điện một chiều. Làm thế nào chuyển từ dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều?

I. DIODE BÁN DẪN

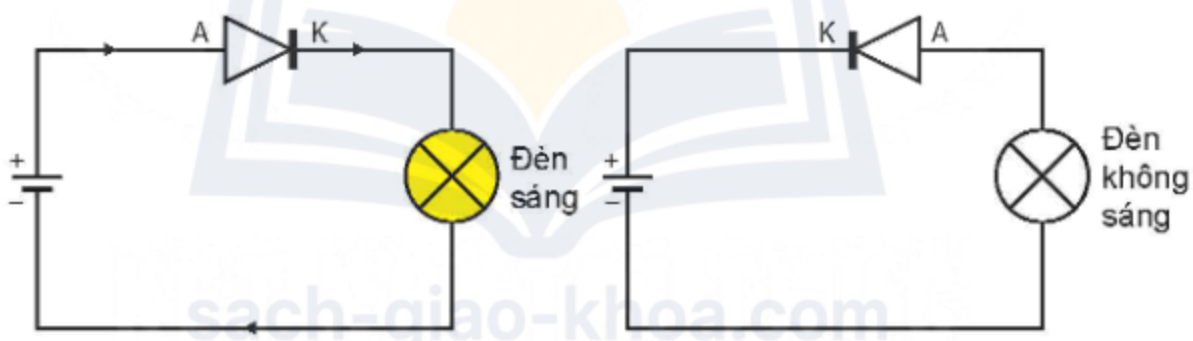
Diode bán dẫn (Hình 4.1a) là linh kiện bán dẫn cho dòng điện đi qua theo một chiều.

Cấu tạo của diode bán dẫn có hai cực là anode (kí hiệu là A) và cathode (kí hiệu là K). Diode trong các mạch điện được kí hiệu như Hình 4.1b.

Đối với dòng điện một chiều, khi mắc diode có anode nối với cực dương và cathode nối với cực âm của nguồn (mắc phân cực thuận – Hình 4.2a) thì nó cho dòng điện chạy qua, gọi là dòng điện thuận. Nếu mắc diode theo chiều ngược lại (mắc phân cực ngược – Hình 4.2b) tức là cực dương của nguồn điện nối với cathode và cực âm nối với anode thì dòng điện đi qua có cường độ rất nhỏ, gọi là dòng điện ngược.



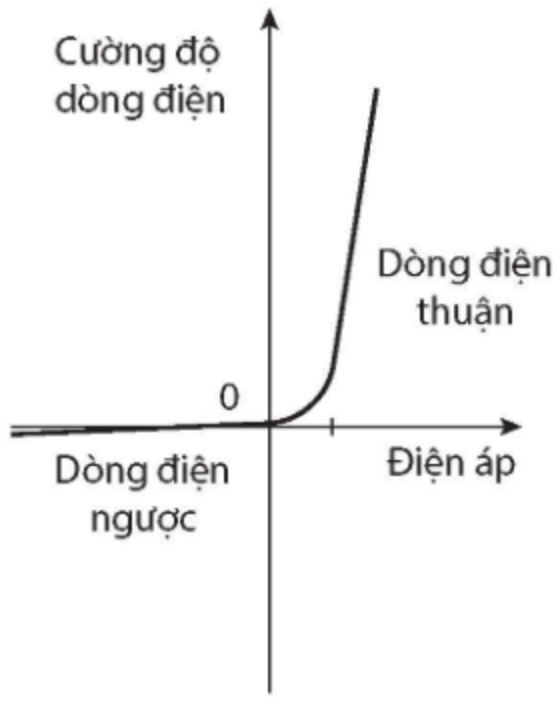
Hình 4.1. Diode bán dẫn và kí hiệu



Hình 4.2. Diode mắc phân cực thuận và mắc phân cực ngược trong mạch điện một chiều

EM CÓ BIẾT?

Diode bán dẫn thực chất là một lớp chuyển tiếp p-n trong khối chất bán dẫn. Mối quan hệ giữa dòng điện thuận và dòng điện ngược với điện áp qua diode có dạng như Hình 4.3.



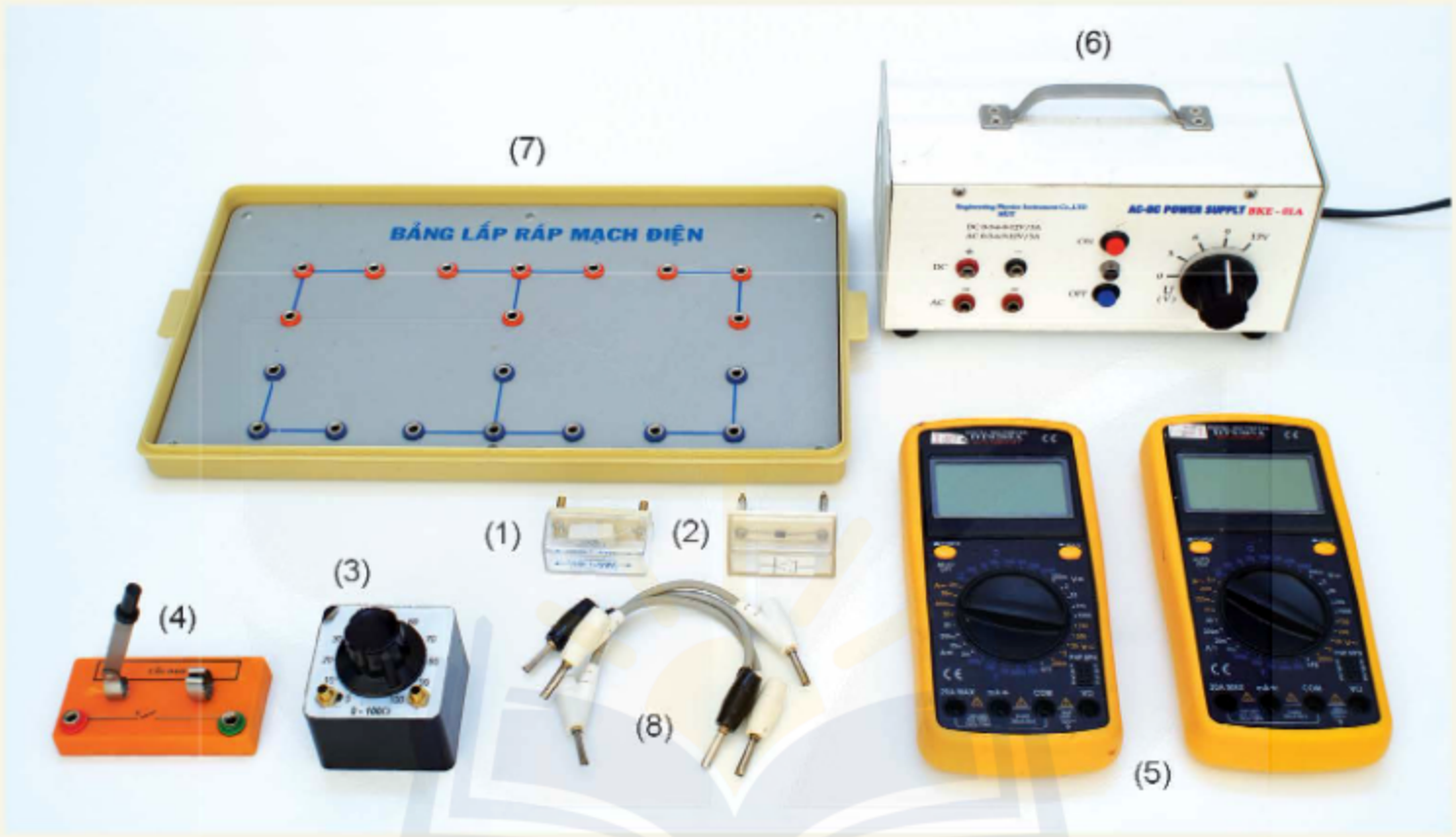
Hình 4.3. Đường đặc trưng I – U của diode

Thí nghiệm khảo sát mối quan hệ giữa dòng điện chạy qua diode bán dẫn và điện áp giữa hai cực của nó

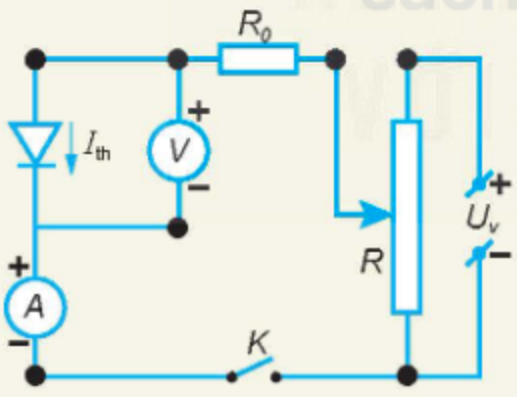
Mục đích thí nghiệm: Vẽ đường đặc trưng I – U (đường biểu diễn mối quan hệ giữa dòng điện chạy qua diode bán dẫn và điện áp giữa hai cực của nó).

Dụng cụ:

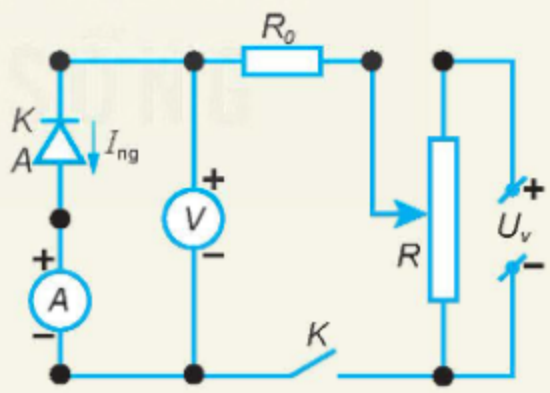
Diode bán dẫn (1), điện trở 10 Ω (2), biến trở 0 – 100 Ω (3), công tắc (4), hai đồng hồ đo điện đa năng (5), biến áp nguồn (6), bảng lắp mạch điện (7), dây nối (8) (Hình 4.5).



Hình 4.4. Dụng cụ thí nghiệm khảo sát mối quan hệ giữa cường độ dòng điện và điện áp giữa hai cực của diode



a) Sơ đồ mắc diode khảo sát dòng điện thuận



b) Sơ đồ mắc diode khảo sát dòng điện ngược

Hình 4.5. Sơ đồ khảo sát đường đặc trưng I – U của diode

Thiết kế phương án:

- Thảo luận các bước thí nghiệm để tìm mối liên hệ giữa cường độ dòng điện và điện áp.
- Nêu các bước vẽ đường đặc trưng I – U của diode.

Tiến hành:

Điều chỉnh biến áp nguồn ở chế độ dòng điện một chiều có điện áp đầu ra 7 V.

a) Phân cực thuận

- Lắp ráp dụng cụ theo sơ đồ mạch điện như Hình 4.5a.
- Điều chỉnh biến trở để số chỉ vôn kế tăng dần từ 0.
- Ghi số chỉ trên vôn kế, ampe kế vào vở sau mỗi lần điều chỉnh biến trở theo mẫu Bảng 4.1 (mắc thuận).

b) Phân cực ngược

- Lắp ráp dụng cụ theo sơ đồ mạch điện như Hình 4.5b.
- Điều chỉnh biến trở để số chỉ vôn kế tăng dần từ 0.
- Ghi số chỉ trên vôn kế, ampe kế vào vở sau mỗi lần điều chỉnh biến trở theo mẫu Bảng 4.1 (mắc ngược).

Khi mắc mạch phân cực ngược U < 0.

Bảng 4.1. Điện áp giữa hai cực diode và cường độ dòng điện chạy qua diode

Mắc phân cực thuận			**Mắc phân cực ngược**		
Lần đo	**U (V)**	**I (mA)**	**Lần đo**	**U (V)**	**I (mA)**
1	0	0	1	-5	0
2	0,40	0,0	2	-4	0
3	0,50	0,1	3	-3	0
4	0,60	1,0	4	-2	0
5	0,68	5,0	5	-1	0
6	0,71	10,0			
7	0,75	20,0			
8	0,81	52,0			
9	0,88	100,0			
10	0,92	150,0			

Thực hiện các yêu cầu sau:

1. Từ kết quả thí nghiệm thu được ở Bảng 4.1, hãy vẽ đường đặc trưng I – U của diode.
2. Nhận xét về giá trị của cường độ dòng điện qua diode khi diode mắc thuận và khi diode mắc ngược.

sach-giao-khoa.com

II. CHỈNH LƯU DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Chỉnh lưu dòng điện là chuyển từ dòng điện xoay chiều sang dòng điện một chiều.

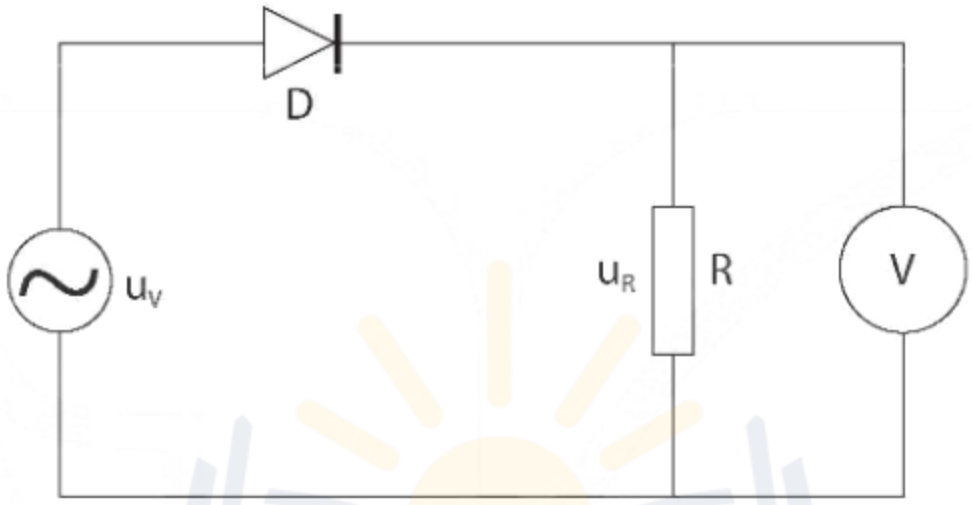
Dựa vào tính dẫn điện một chiều của diode bán dẫn, ta có thể sử dụng diode để biến dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Ta nói diode có tính chỉnh lưu.

1. Chỉnh lưu nửa chu kì

Nếu chỉ sử dụng một diode bán dẫn trong mạch điện xoay chiều thì ta sẽ chỉnh lưu được nửa chu kì dòng điện.

Mắc nối tiếp điện trở R với một diode bán dẫn (D) như sơ đồ Hình 4.6.

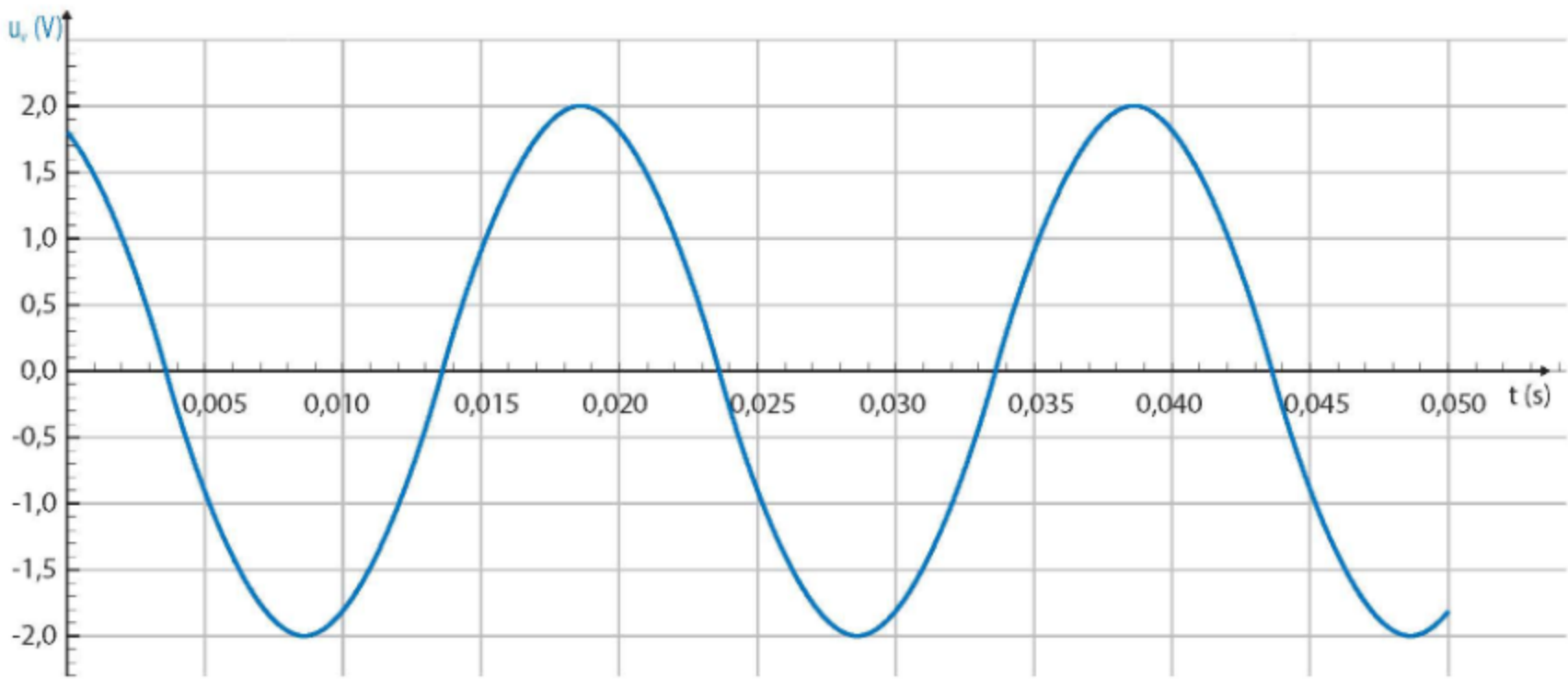
Giả thuyết điện trở của diode khi phân cực thuận là rất nhỏ. Trong sơ đồ Hình 4.6, điện áp chưa chỉnh lưu (u_V) và điện áp khi đã chỉnh lưu (u_R) được thể hiện qua Hình 4.7.



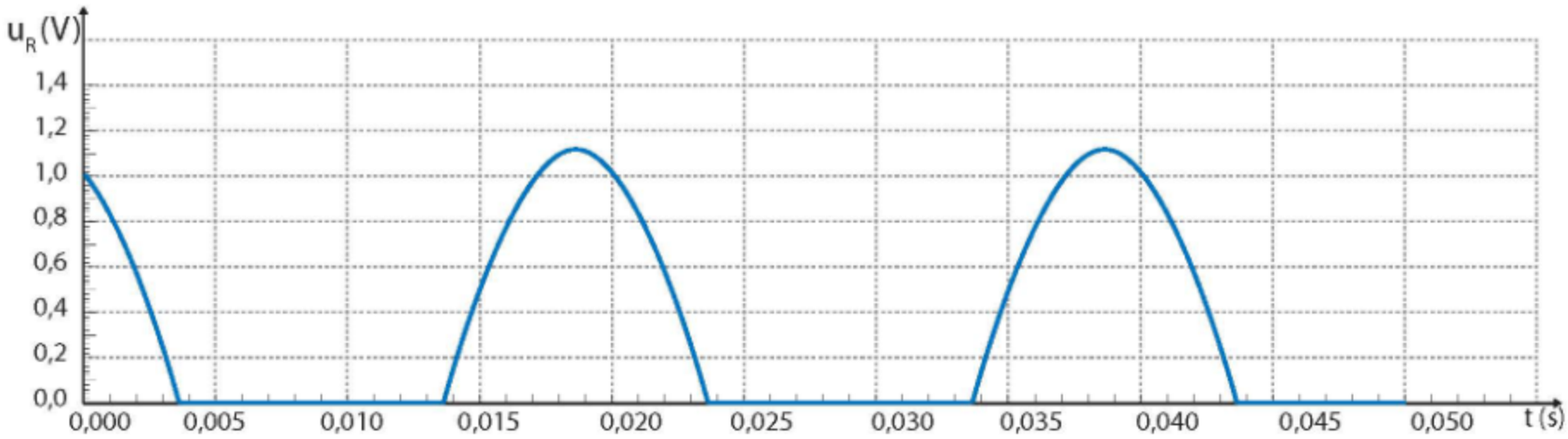
Hình 4.6. Sơ đồ mạch điện chỉnh lưu nửa chu kì

Quan sát Hình 4.7a và Hình 4.7b, thực hiện các yêu cầu sau:

1. Nêu sự khác nhau về hình dạng đồ thị điện áp vào và điện áp ra theo thời gian.
2. Mô tả dòng điện chạy trong mạch khi hiệu điện thế giữa anode và cathode của diode là âm hoặc dương.



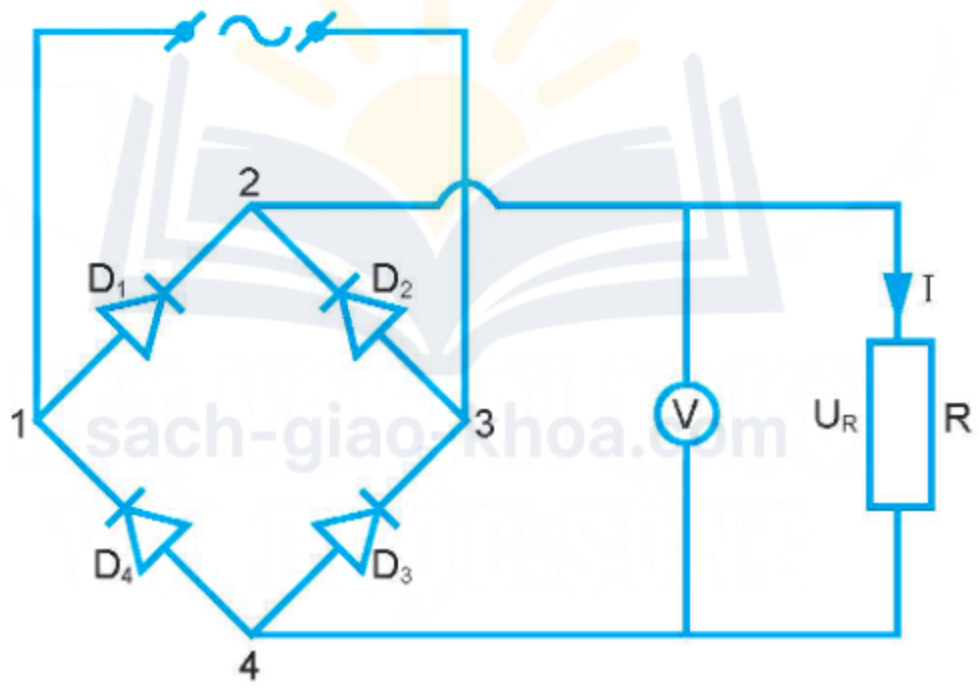
Hình 4.7a. Đồ thị điện áp chưa chỉnh lưu qua diode



Hình 4.7b. Đồ thị điện áp đã chỉnh lưu qua diode

2. Chỉnh lưu cả chu kì

Khi cần chỉnh lưu cả chu kì (2 nửa chu kì dòng điện) người ta sử dụng 4 diode bán dẫn, mắc thành mạch cầu chỉnh lưu như Hình 4.8.

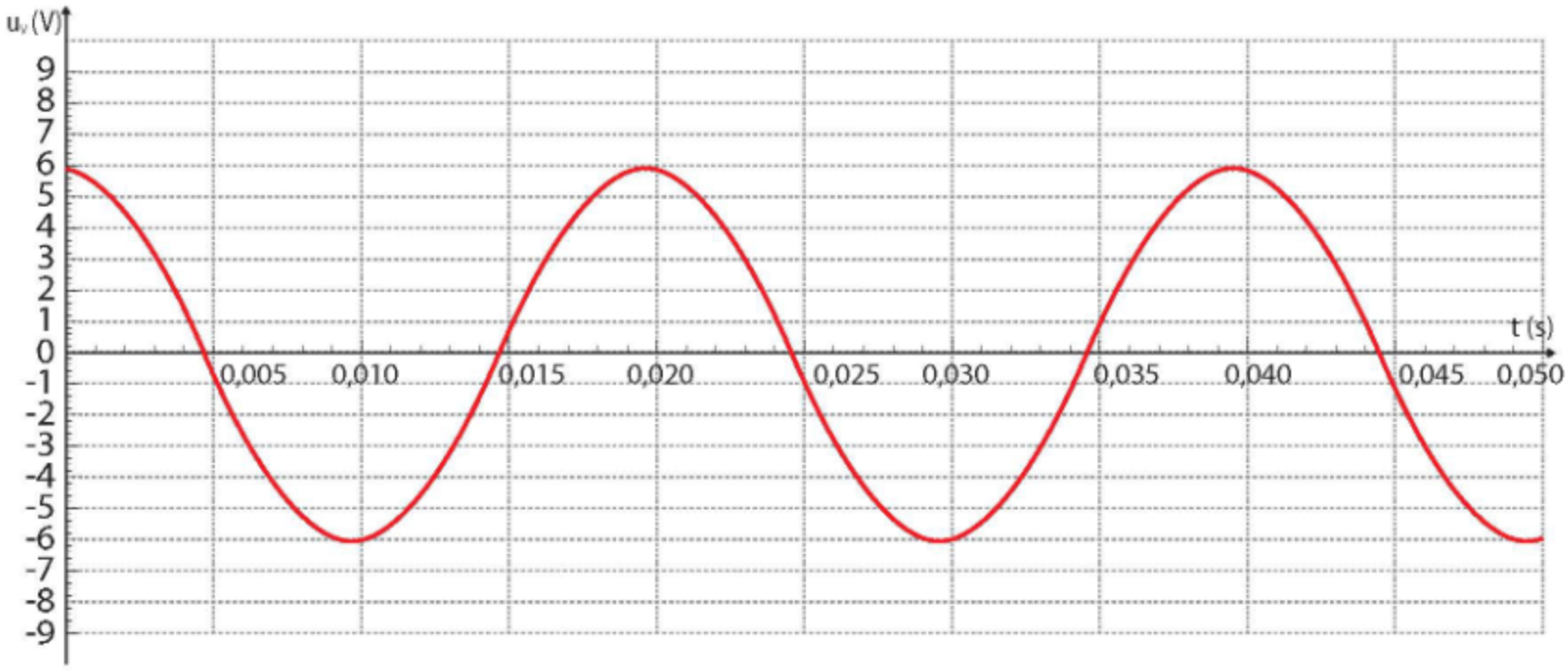


Hình 4.8. Cầu chỉnh lưu cả chu kì bằng 4 diode bán dẫn D_1, D_2, D_3, D_4

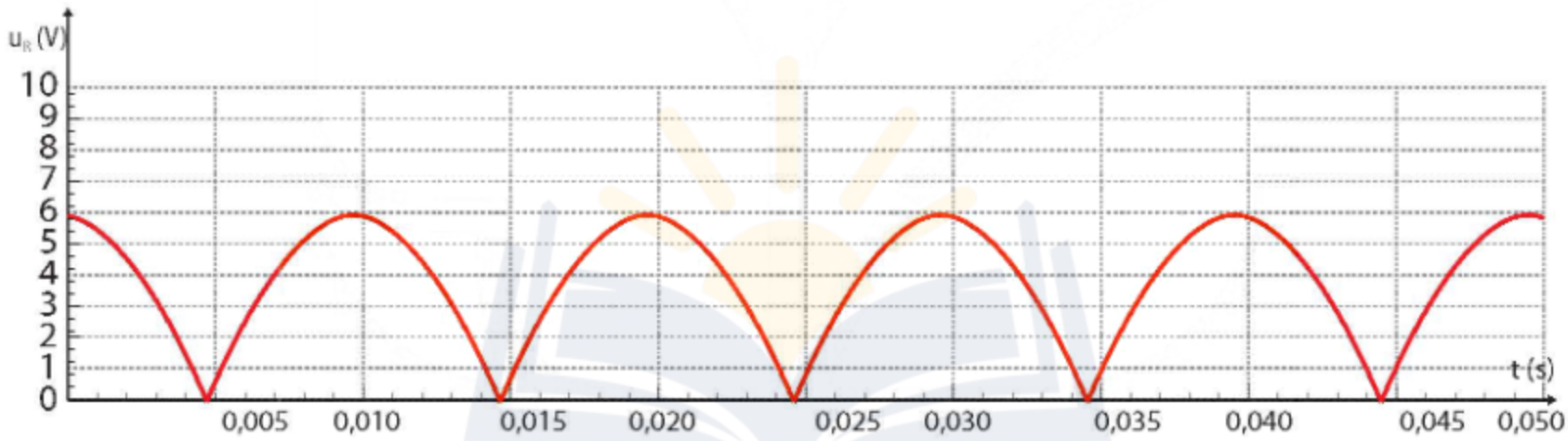
?

Từ sơ đồ như Hình 4.8, hãy chứng tỏ rằng dù hiệu điện thế giữa hai điểm 1 và 3 có giá trị dương hay âm thì hiệu điện thế giữa điểm 2 và điểm 4 luôn có giá trị dương.

Khảo sát dòng điện xoay chiều qua mạch cầu chỉnh lưu với sơ đồ như Hình 4.8, người ta thu được đồ thị điện áp giữa hai đầu đoạn mạch và điện áp qua điện trở mô tả như trong Hình 4.9 và Hình 4.10.



Hình 4.9. Đồ thị điện áp giữa hai đầu đoạn mạch



Hình 4.10. Đồ thị điện áp giữa hai đầu điện trở

sach-giao-khoa.com

Quan sát Hình 4.9 và Hình 4.10, thực hiện các yêu cầu sau:

1. Nêu sự khác nhau về hình dạng đồ thị điện áp giữa hai đầu đoạn mạch và hai đầu điện trở.
2. Hãy mô tả chiều dòng điện chạy qua điện trở R (Hình 4.8) trong mỗi chu kì.
3. Hãy so sánh đồ thị điện áp chỉnh lưu nửa chu kì (Hình 4.7b) và chỉnh lưu cả chu kì (Hình 4.10).

EM ĐÃ HỌC

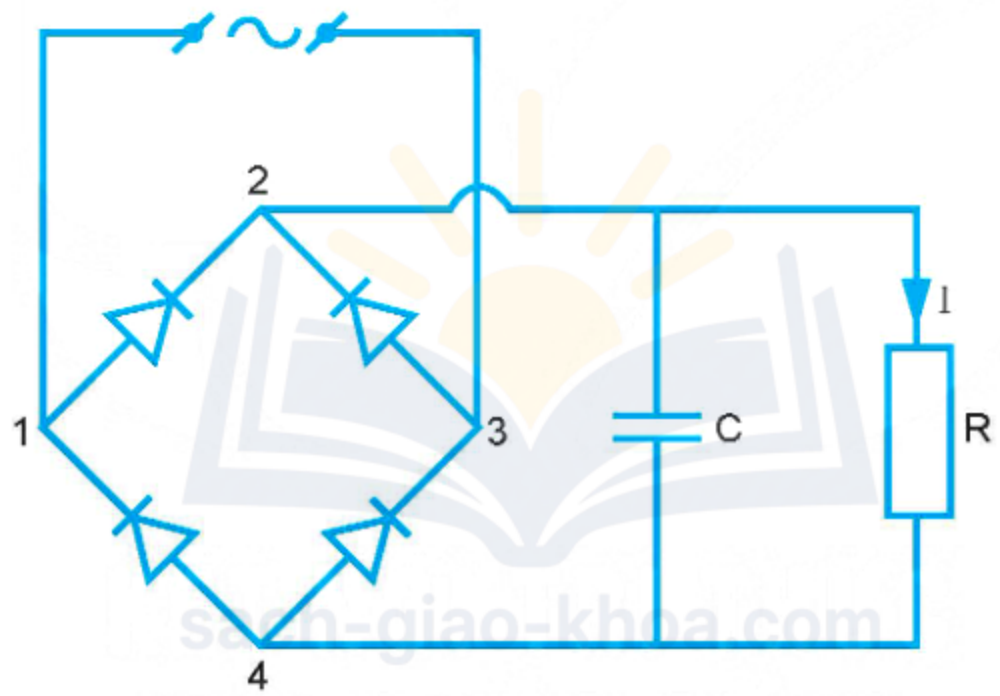
- Diode bán dẫn cho dòng điện chạy theo một chiều từ anode đến cathode.
- Dòng điện xoay chiều đi qua các diode bán dẫn biến đổi thành dòng điện một chiều.
- Cách chỉnh lưu dòng điện xoay chiều nửa chu kì và cả chu kì bằng diode bán dẫn.

EM CÓ THỂ

- Giải thích được cách chỉnh lưu dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều bằng diode bán dẫn.
- Thiết kế được mạch chỉnh lưu dòng điện xoay chiều nửa chu kì và cả chu kì thành dòng điện một chiều.
- Giải thích được hoạt động của thiết bị sạc điện.

EM CÓ BIẾT?

Trong mạch cầu chỉnh lưu cả chu kì, điện áp sau chỉnh lưu không đổi chiều nhưng có giá trị vẫn thay đổi theo thời gian. Để giảm sự thay đổi giá trị này người ta thường mắc thêm tụ điện vào mạch như Hình 4.11.

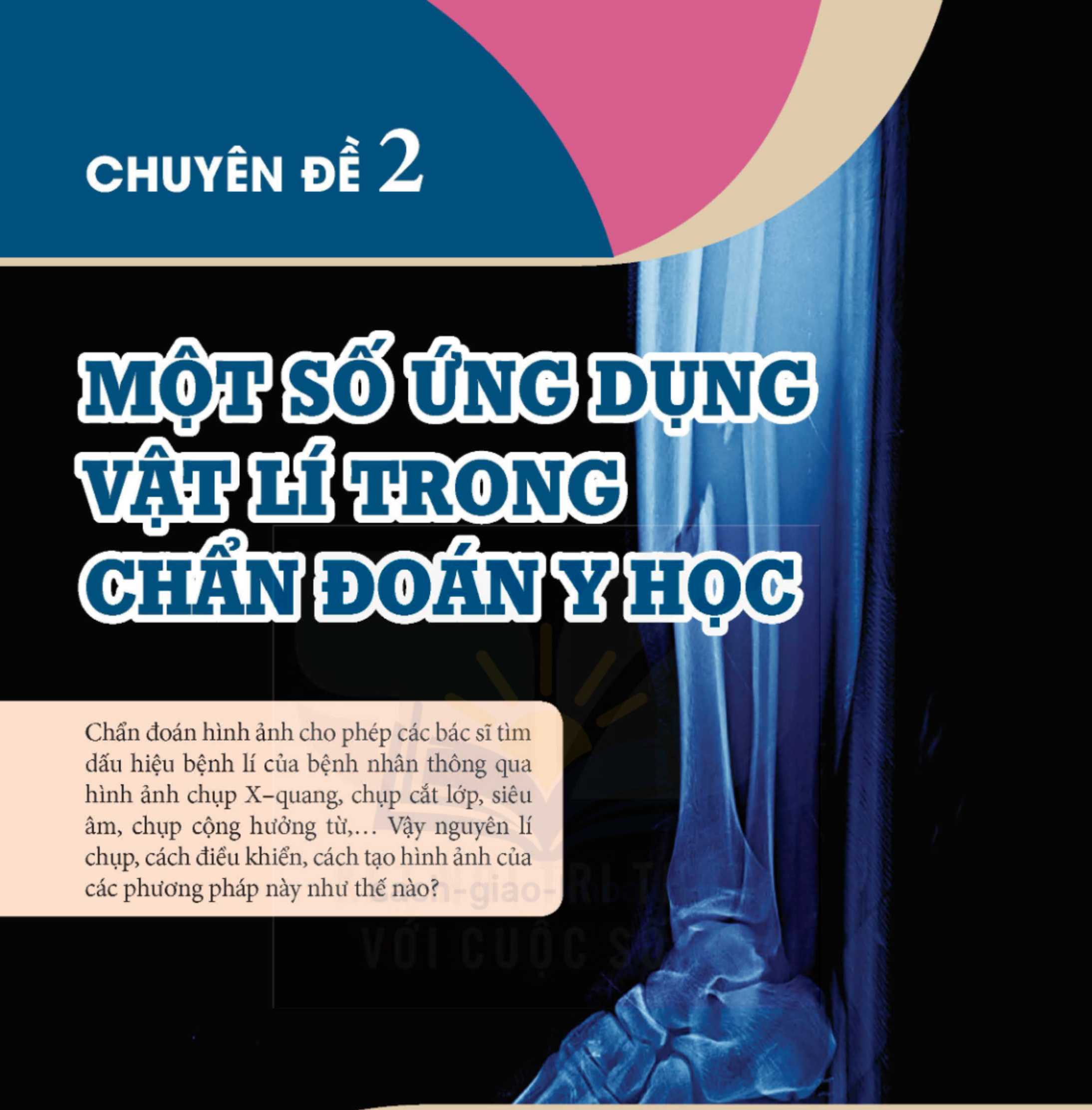


Hình 4.11. Cầu chỉnh lưu có mắc tụ điện

Sau khi lắp tụ điện vào mạch chỉnh lưu hai nửa chu kì (Hình 4.11) thì đồ thị điện áp sau chỉnh lưu sẽ "phẳng" hơn.

CHUYÊN ĐỀ 2

MỘT SỐ ỨNG DỤNG VẬT LÍ TRONG CHẨN ĐOÁN Y HỌC



Chẩn đoán hình ảnh cho phép các bác sĩ tìm dấu hiệu bệnh lí của bệnh nhân thông qua hình ảnh chụp X–quang, chụp cắt lớp, siêu âm, chụp cộng hưởng từ,… Vậy nguyên lí chụp, cách điều khiển, cách tạo hình ảnh của các phương pháp này như thế nào?

NỘI DUNG

- Tia X
- Chụp X–quang. Chụp cắt lớp
- Siêu âm
- Chụp cộng hưởng từ

Bài 5

TIA X

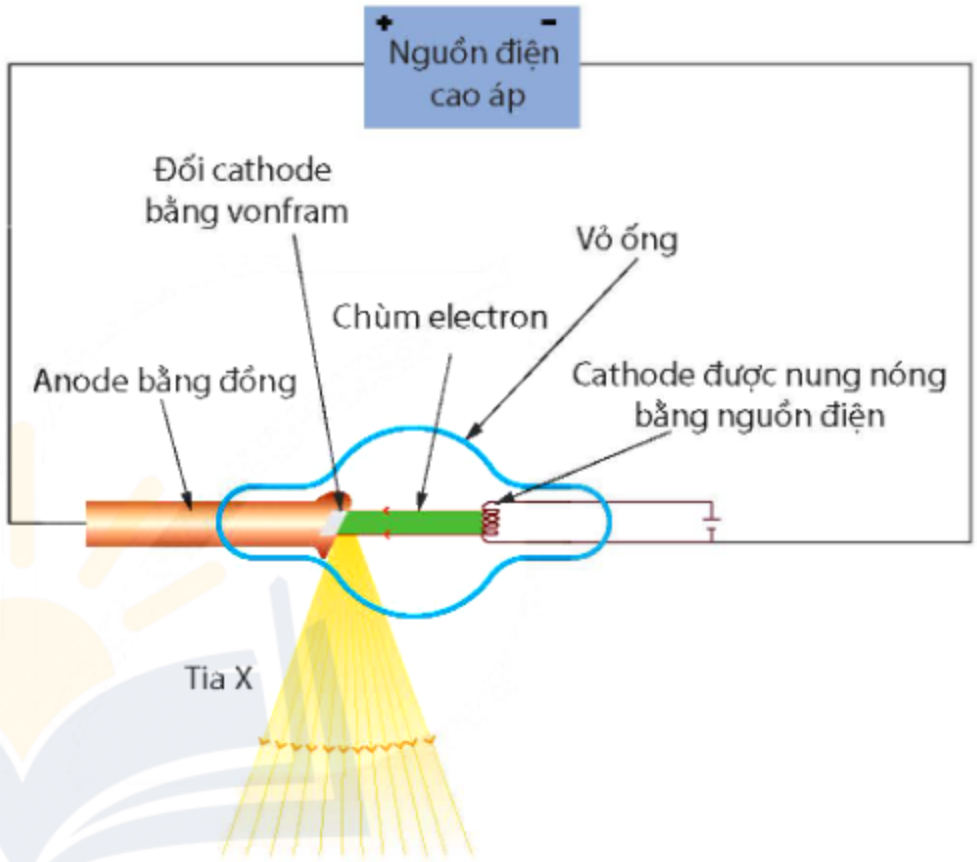
Tia X được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, một trong những ứng dụng phổ biến là trong lĩnh vực y học. Vậy bản chất của tia X là gì? Cách tạo ra và cách điều khiển tia X như thế nào?

I. BẢN CHẤT VÀ CÁCH TẠO RA TIA X

Tia X có bản chất là sóng điện từ, có bước sóng trong khoảng từ 10^{-11} m đến 10^{-8} m.

Hình 5.1 mô tả nguyên tắc tạo ra tia X. Ống phát tia X là ống thuỷ tinh, trong đó có gắn hai điện cực anode và cathode, áp suất trong ống vào khoảng 10^{-3} mmHg.

- Cathode được nung nóng bằng nguồn điện, là nguồn phát ra các electron.
- Anode là cực dương, đối diện với cathode. Trên bề mặt anode có gắn một tấm kim loại có nguyên tử lượng lớn để chắn chùm electron (điện cực này được gọi là đối cathode).
- Hiệu điện thế giữa hai điện cực cathode và anode có độ lớn khoảng 200 kV.



Hình 5.1. Mô hình nguyên tắc cách tạo ra tia X

Chùm electron bị bật ra khỏi cathode được tăng tốc trong điện trường mạnh nên có động năng rất lớn. Khi chùm electron đập vào bề mặt đối cathode, nó bị dừng đột ngột và phát ra một bức xạ không nhìn thấy được. Bức xạ này có tác dụng làm phát quang một số chất và làm đen kính ảnh. Bức xạ đó được gọi là tia X.

Trong ống phát tia X, chỉ có một số ít electron có tác dụng tạo ra tia X (gần 1%), phần còn lại (trên 99%) khi đập vào đối cathode chỉ gây ra tác dụng nhiệt làm nóng đối cathode. Do đó, đối cathode bị nóng lên rất nhanh, nên cần phải được làm nguội.

?

1. Nêu cách tạo ra tia X.
2. Tại sao đối cathode của ống phát tia X lại được làm bằng kim loại có nhiệt độ nóng chảy cao?

Hãy tìm hiểu trên internet, sách, báo và các nguồn thông tin khác để:

1. Nêu một số tính chất của tia X.
2. Chỉ ra một số tác dụng không mong muốn khi sử dụng tia X.

sach-giao-khoa.com

EM CÓ BIẾT?

Có hai dạng tia X được tạo ra là bức xạ hãm và tia X đặc trưng.

Bức xạ hãm sinh ra do tương tác giữa các electron và nguyên tử của vật liệu làm bia. Tia X đặc trưng được tạo ra khi electron bắn phá bia làm bật electron ở các lớp bên trong ra khỏi nguyên tử của vật liệu làm bia. Các electron trong nguyên tử chuyển từ trạng thái có mức năng lượng cao về trạng thái có mức năng lượng thấp sẽ phát ra tia X. Tia X này đặc trưng riêng cho từng loại nguyên tố làm bia nên được gọi là tia X đặc trưng. Vùng năng lượng tia X dùng cho chẩn đoán y học hầu hết là bức xạ hãm, chỉ một vài phần trăm năng lượng là của tia X đặc trưng.

II. CÁCH ĐIỀU KHIỂN TIA X

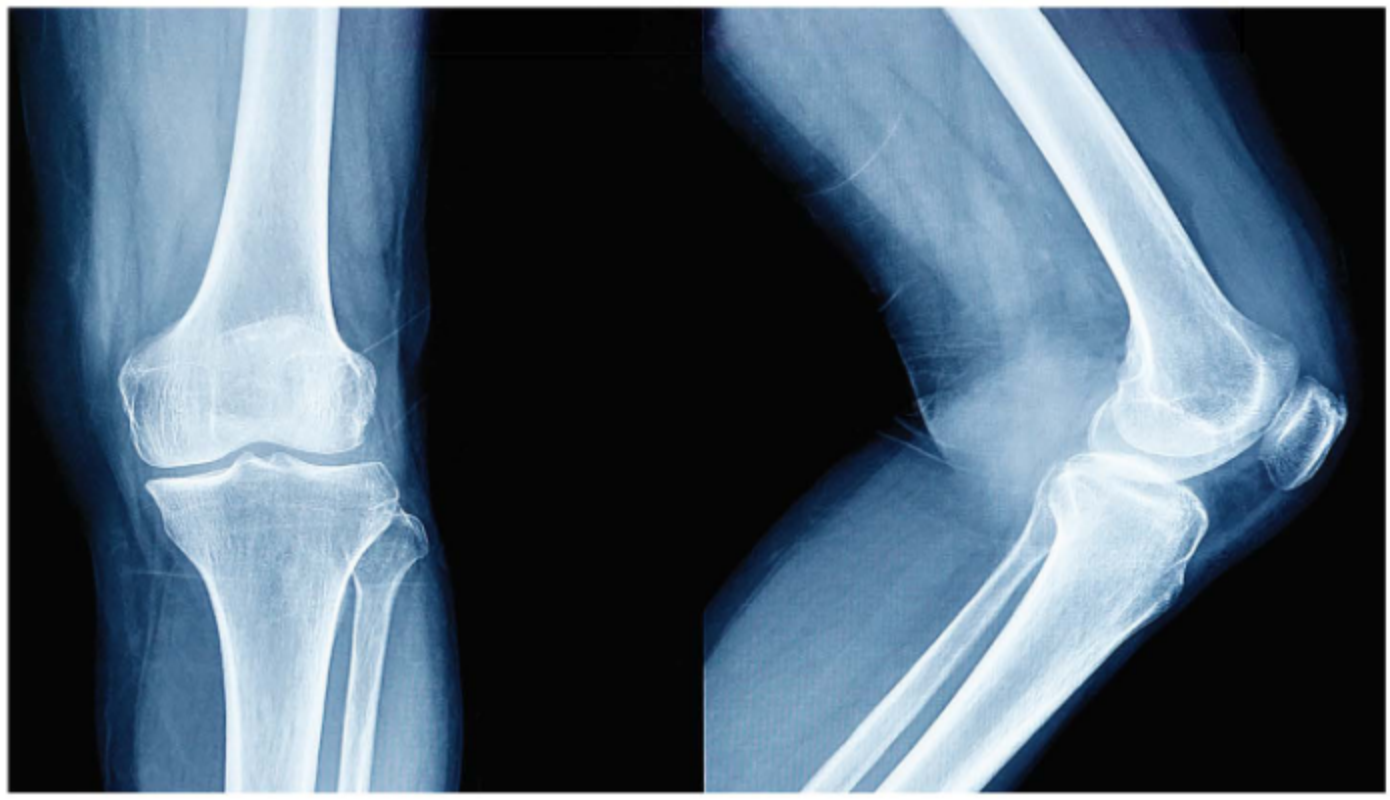
Tính chất nổi bật và quan trọng của tia X là khả năng đâm xuyên. Tia X bao gồm tia X cứng (có bước sóng ngắn) và tia X mềm (có bước sóng dài hơn). Tia X mềm có năng lượng thấp hơn và khả năng đâm xuyên kém hơn so với tia X cứng. Tuỳ theo mục đích sử dụng, người ta có thể điều khiển để tạo ra tia X có bước sóng phù hợp. Để điều khiển tia X, người ta có thể:

- Tăng dòng điện dùng để nung nóng cathode, số electron bứt ra khỏi cathode trong mỗi giây tăng lên, số electron đến anode nhiều hơn sẽ tạo tia X có cường độ lớn hơn.
- Tăng hiệu điện thế giữa hai cực anode và cathode của ống tia X, khi đó tia X được tạo ra có năng lượng cao hơn.
- Một phương pháp khác là sử dụng một bộ lọc hấp thụ tia X mềm để năng lượng trung bình của chùm tia X cao hơn.

III. SỰ SUY GIẢM TIA X

Tia X có tính chất làm ion hoá các nguyên tử và phân tử của vật liệu mà chúng đi qua. Trong quá trình này, tia X bị hấp thụ khi đi qua vật liệu. Sự giảm cường độ của tia X khi nó đi qua vật liệu được gọi là sự suy giảm tia X.

Hình 5.2 là ảnh chụp X–quang, từ ảnh chụp ta thấy xương có màu trắng, các mô mềm có màu đậm hơn, lí do là xương hấp thụ tia X tốt hơn so với các mô mềm.



Hình 5.2. Hình ảnh chụp X–quang

Cường độ I của chùm tia X được xác định bằng biểu thức:

$$I = \frac{P}{S} \qquad (5.1)$$

trong đó P là công suất chùm tia X truyền qua mặt S, S là diện tích mặt cắt ngang của chùm tia X. Đơn vị của cường độ là $W.m^{-2}$.

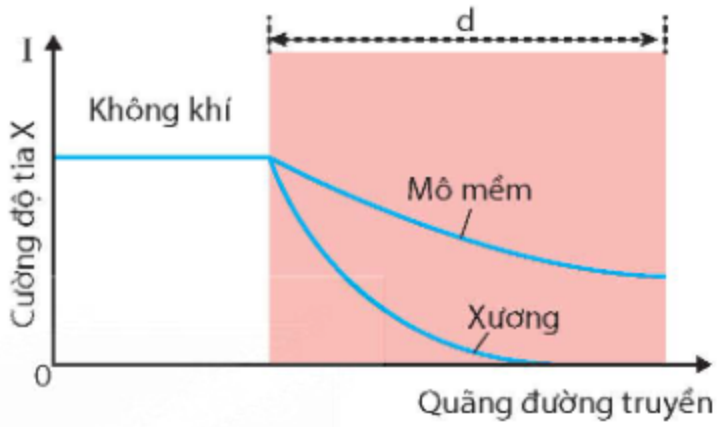
Sự suy giảm của tia X khi đi qua một vật liệu đồng nhất được mô tả bằng biểu thức sau:

$$I = I_0 e^{-\mu d} \qquad (5.2)$$

trong đó I_0 là cường độ ban đầu (trước khi bị hấp thụ), d là độ dày của vật liệu, I là cường độ truyền qua và μ là hệ số suy giảm (hoặc hấp thụ) của môi trường.

Hình 5.3 biểu diễn mô hình sự suy giảm cường độ tia X. Có thể thấy cường độ tia X bị suy giảm nhiều hơn khi truyền qua xương so với khi truyền qua các mô mềm, nghĩa là nó có hệ số suy giảm cao hơn.

Đơn vị của hệ số suy giảm μ là m^{-1}.



Hình 5.3. Mô hình suy giảm cường độ tia X

IV. ỨNG DỤNG CỦA TIA X

Y học

Tia X được sử dụng trong các máy chụp X–quang, chụp cắt lớp, xạ trị,... rất có giá trị trong việc chẩn đoán cũng như điều trị bệnh. Tia X đặc biệt hữu dụng trong việc xác định bệnh lí về xương, nhưng cũng có thể giúp ích tìm ra các bệnh về phần mềm. Ưu điểm của ứng dụng này là chẩn đoán và điều trị nhiều bệnh một cách nhanh chóng.

Xạ trị tia X là can thiệp y tế dùng chuyên biệt cho các tế bào ung thư nông (là những khối u không nằm quá sâu trong cơ thể) bằng cách sử dụng tia X có năng lượng cao.

Công nghiệp

Trong dây chuyền sản xuất, máy dò sử dụng tia X để phát hiện tạp chất trong sản phẩm. Dùng tia X quét qua các sản phẩm, máy quét có thể phát hiện ra sản phẩm có đạt chuẩn chất lượng hay không.

Trong lĩnh vực công nghệ cơ khí, dùng tia X chiếu qua sản phẩm sẽ cho ta biết được vùng nào của sản phẩm có khuyết tật.

Thiên văn học

Tia X được dùng để nghiên cứu các vật thể vũ trụ ở các bước sóng tia X. Các thiên thể có nhiệt độ cực cao bức xạ tia X theo lí thuyết bức xạ của vật đen tuyệt đối, là cơ sở để xác định nhiệt độ ngôi sao đó.

Kiểm tra an ninh

Chiếu X–quang để thu được hình ảnh các đồ vật bên trong hành lí được gói kín hay trong quần áo trên người, được thực hiện tại các nơi có yêu cầu an ninh cao như cửa lên máy bay, tàu cao tốc, cửa khẩu và một số nhà giam đặc biệt. Hệ thống quét an ninh thường tích hợp chiếu X–quang với quét dò kim loại để thu được thông tin tin cậy hơn về đối tượng được quét (Hình 5.4).



Hình 5.4. Kiểm tra an ninh

Phân tích cấu trúc và các thành phần hoá học

- Phổ tán sắc năng lượng tia X là kĩ thuật phân tích thành phần hoá học của vật rắn dựa vào việc ghi lại phổ tia X phát ra từ vật rắn.
- Phổ nhiễu xạ tia X được sử dụng để phân tích cấu trúc tinh thể của vật liệu.

Hãy đánh giá vai trò của tia X trong trong đời sống và trong khoa học.

EM ĐÃ HỌC

- Cách tạo ra tia X, một số tính chất của tia X.
- Cách điều khiển tia X.
- Sự suy giảm tia X.
- Ứng dụng của tia X.

EM CÓ THỂ

Đánh giá được vai trò của tia X trong đời sống và trong khoa học.

sach-giao-khoa.com

EM CÓ BIẾT?

Phát minh ra tia X

Tia X là một trong những phát minh nổi bật trong thế kỉ XIX. Nó không những mở ra một chương mới cho ngành vật lí mà còn được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực y tế, giúp các bác sĩ nhìn thấy hình ảnh những bộ phận bên trong cơ thể bệnh nhân mà không cần phẫu thuật.

Năm 1895, Wilhelm Conrad Röntgen (Quy-ham Con-ra Rơn-ghen) nhà vật lí người Đức, là người đầu tiên phát hiện ra tia X. Đây là một phát minh khoa học quan trọng được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, chủ yếu là y học. Khám phá của Röntgen diễn ra tại phòng thí nghiệm của Đại học Würzburg (Vuy-xbuốc) (Đức), khi ông tiến hành các nghiên cứu với một ống tia cathode làm bằng thuỷ tinh, bên trong là chân không với hai điện cực. Mặc dù bọc ống bằng giấy đen cẩn thận, nhưng Röntgen tình cờ nhìn thấy màn huỳnh quang phủ hợp chất barium platinocyanide đặt gần đó phát sáng khi ống tia cathode được bật trong căn phòng tối. Ông thử rút phích điện ra khỏi ổ cắm thì ánh sáng ngay lập tức biến mất.



Hình 5.5. Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923), nhà vật lí người Đức

Röntgen suy đoán một loại tia bí ẩn nào đó đã làm sáng màn huỳnh quang. Röntgen cố gắng chặn các tia phát ra từ ống tia cathode lần lượt bằng tấm bìa cứng, một cuốn sách dày 1 000 trang, một tấm gỗ dày hơn 2,5 cm nhưng đều không thành công. Do không rõ bản chất của tia này nên ông gọi nó là tia X (chữ X tượng trưng cho điều chưa biết), sau này giới khoa học gọi là tia Röntgen.

Qua quá trình miệt mài nghiên cứu ông khám phá ra rằng, tia X là sóng điện từ, có bước sóng trong khoảng từ 10^{-11} m đến 10^{-8} m.

Trước ngày Giáng sinh, Röntgen chia sẻ kết quả nghiên cứu với vợ, cũng như muốn bà giúp đỡ thực hiện một thí nghiệm tiếp theo. Ông thay thế màn huỳnh quang bằng giấy ảnh, sau đó để vợ giơ tay chắn đường truyền của tia X. Thật kì lạ, những đốt xương ngón tay của bà hiện lên rõ nét trên giấy ảnh, bao gồm cả chiếc nhẫn cưới đang đeo. Đây là bức ảnh chụp X–quang đầu tiên trên thế giới. Năm 1896, Röntgen công bố bức ảnh tại hội nghị của tổ chức tại Würzburg với sự tham dự đông đảo của các nhà khoa học nhằm chứng minh khả năng đâm xuyên của tia X qua cơ thể người. Với phát minh quan trọng này, Röntgen nhận được giải thưởng Nobel Vật lí đầu tiên vào năm 1901.

Bài 6

CHỤP X–QUANG. CHỤP CẮT LỚP

Chụp X–quang, chụp cắt lớp đóng vai trò rất quan trọng trong việc chẩn đoán và điều trị bệnh. Phương pháp này hỗ trợ bác sĩ quan sát hình ảnh các bộ phận bên trong cơ thể người bệnh mà không cần phải phẫu thuật. Vậy chụp X–quang, chụp cắt lớp được thực hiện như thế nào?

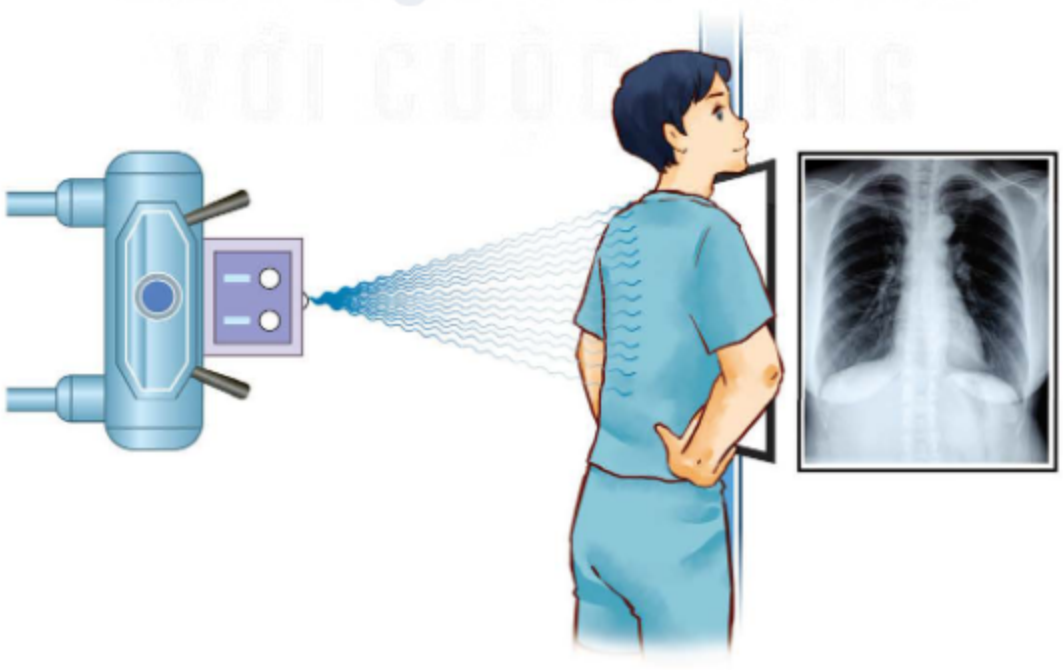
I. CHỤP X–QUANG TRONG CHẨN ĐOÁN Y HỌC

Chụp X–quang là phương pháp chẩn đoán hình ảnh cho kết quả nhanh trong thời gian ngắn, giúp bác sĩ phát hiện được rất nhiều bệnh lí liên quan đến xương khớp, khoang ngực, ổ bụng,... từ đó có phác đồ điều trị kịp thời cho bệnh nhân. Hình 6.1 là hình ảnh của phòng chụp X–quang.



Hình 6.1. Phòng chụp X–quang

Hình 6.2 là sơ đồ nguyên lí chụp X–quang. Tia X từ máy chụp X–quang có khả năng truyền thẳng và đâm xuyên qua vật chất, ở đây cụ thể là cơ thể người. Tia X bị hấp thụ một phần sau khi xuyên qua vật chất, làm cho cường độ chùm tia X giảm đi. Nhờ tính hấp thụ này mà hình ảnh hiển thị trên phim chụp sẽ có độ đậm, nhạt khác nhau.



Hình 6.2. Sơ đồ nguyên lí chụp X–quang

Tuỳ thuộc vào độ dày, mật độ cấu trúc của bộ phận cần chụp mà tia X sẽ có sự suy giảm khác nhau. Sau khi đi qua bộ phận cần chụp, chùm tia X gặp bộ phận thu nhận (phim, cảm biến,...), tiếp theo là quá trình xử lí hình ảnh để cho ra kết quả cuối cùng.

Trong chụp X–quang, các mô dày, đặc (ví dụ như xương) sẽ chặn hầu hết tia X, trong khi các mô mềm như mỡ hoặc cơ, chặn ít hơn. Các mô chặn nhiều tia X sẽ hiển thị dưới dạng vùng trắng trên nền đen. Các mô mềm chặn ít tia X hơn được hiển thị với màu xám. Với những khối u, mô thường dày và đặc hơn các mô xung quanh, vì vậy chúng có màu xám nhạt hơn. Các cơ quan chứa nhiều không khí (chẳng hạn như phổi) thường có màu đen (Hình 6.3).



Hình 6.3. Hình ảnh chụp X–quang phổi

Để hình ảnh chụp X–quang đạt hiệu quả cao như mong muốn, người ta cần tính toán thời gian chụp, cường độ chùm tia X, liều lượng chiếu,... phù hợp để cho hình ảnh rõ nét, giúp bác sĩ chẩn đoán bệnh nhanh và chính xác, đồng thời làm giảm thiểu tác hại của tia X đối với bệnh nhân.

?

1. Nêu nguyên lí chụp X–quang trong y học.
2. Giải thích tại sao trên phim chụp X–quang lại có màu đậm, nhạt khác nhau.
3. Nêu một số ưu và nhược điểm của chụp X–quang.

Tia X , giống như tất cả các bức xạ, nó có thể làm hỏng các mô sống. Do đó, khi chụp X–quang, các bác sĩ cần tính toán liều chiếu phù hợp, thông thường liều chiếu được giữ ở mức tối thiểu phù hợp với yêu cầu cần chụp.

Tia X bị hấp thụ yếu bởi phim ảnh, vì vậy, nếu khi chụp dùng phim thông thường, bệnh nhân phải tiếp xúc với tia X có cường độ cao, trong thời gian dài gây tác hại không mong muốn đối với bệnh nhân. Hiện nay, với sự phát triển của khoa học công nghệ, khi chụp X–quang, người ta sử dụng thêm tấm vật liệu có chứa phosphorus là chất phát ra ánh sáng nhìn thấy khi nó hấp thụ tia X. Phim được kẹp giữa hai tấm vật liệu này, mỗi photon tia X bị hấp thụ tạo ra vài nghìn photon ánh sáng, sau đó làm đen phim. Điều này làm giảm mức độ phơi nhiễm của bệnh nhân xuống hàng trăm lần. Nhờ đó mà sự ảnh hưởng của tia X tới bệnh nhân khi được chỉ định chụp X–quang giảm đáng kể.

?

Nêu một số biện pháp để rút ngắn thời gian chụp X–quang.

II. CẢI THIỆN HÌNH ẢNH CỦA CHỤP X–QUANG

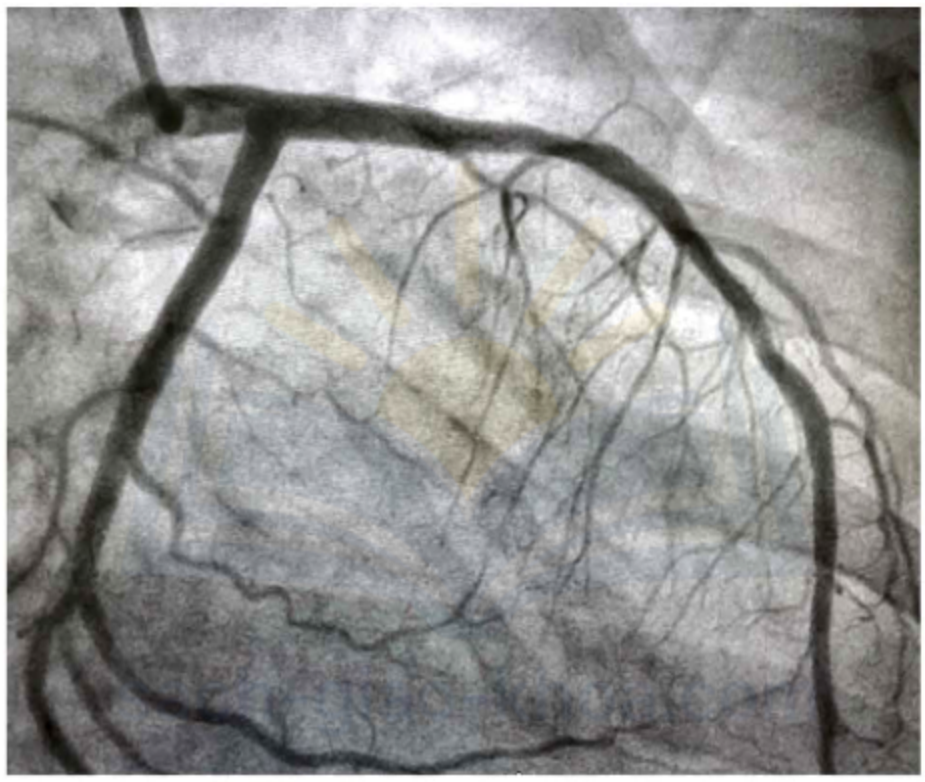
Để chụp X–quang đạt hiệu quả như mong muốn, cần thực hiện các công việc sau:

- Cải thiện độ sắc nét của hình ảnh, nhờ đó quan sát được chi tiết hơn.
- Cải thiện độ tương phản của hình ảnh, để tạo ra sự khác biệt giữa các bộ phận nhằm hiển thị rõ ràng hơn trong hình ảnh.

1. Cải thiện độ sắc nét

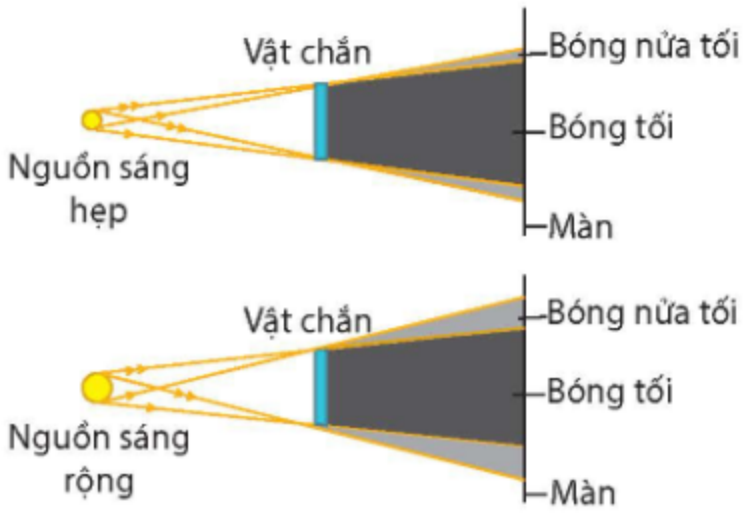
Để có được hình ảnh rõ nét của cơ quan, bộ phận trong cơ thể cần chụp, đáp ứng tốt yêu cầu chẩn đoán hình ảnh thì kĩ thuật chụp X–quang cần phải tạo ra chùm tia X song song, hẹp để kết quả chụp đạt hiệu quả như mong muốn.

Hình 6.4 cho thấy hình ảnh chụp X–quang rất sắc nét của động mạch vành. Độ sắc nét của hình ảnh phụ thuộc rất nhiều vào độ rộng của chùm tia X.

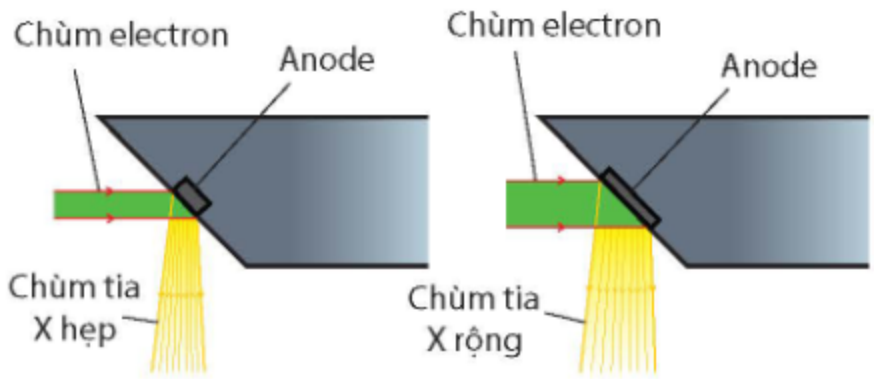


Hình 6.4. Hình ảnh X–quang của động mạch vành

Ta biết rằng bóng của một vật chắn sáng sẽ sắc nét hơn nếu nó được chiếu sáng bởi một nguồn sáng hẹp, thay vì một nguồn sáng rộng (Hình 6.5).



Hình 6.5. Nguồn sáng hẹp tạo ra vùng bóng nửa tối nhỏ hơn giúp cải thiện độ sắc nét của bóng



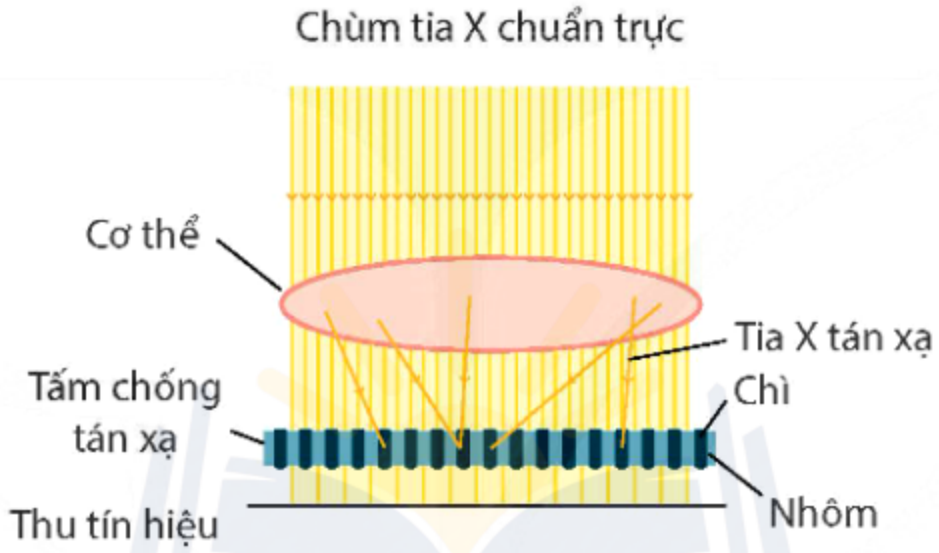
a) Chùm electron hẹp và kích thước anode hẹp cho chùm tia X hẹp

b) Chùm electron rộng và kích thước anode rộng cho chùm tia X rộng

Hình 6.6.

Vì vậy, một nguồn tạo tia X tốt phải tạo ra một chùm tia X song song, hẹp. Muốn thực hiện được điều này thì độ rộng của chùm electron do máy tạo ra phải hẹp (Hình 6.6). Ngoài ra, cần điều chỉnh kích thước của khẩu độ tại cửa sổ thoát tia X bằng cách sử dụng các tấm chì có thể điều chỉnh độ rộng của chùm tia X.

Khi chụp X–quang, một số tia X sau khi đi qua cơ thể bị tán xạ (lệch một góc so với phương ban đầu). Nếu các tia X này tới được bộ phận thu nhận tín hiệu sẽ làm giảm độ sắc nét của hình ảnh. Để cải thiện độ rõ nét của hình ảnh, người ta sử dụng một tấm chống tán xạ để hấp thụ chúng. Tấm chống tán xạ được làm bằng vật liệu mà tia X khó có thể xuyên qua (chẳng hạn như chì), đan xen với vật liệu mà tia X dễ dàng đi qua (chẳng hạn như nhôm). Tấm chống tán xạ tia X được đặt ngay phía trên của máy thu tín hiệu, nhờ đó chì sẽ hấp thụ các tia X tán xạ, không cho phép các tia X này tới bộ phận nhận tín hiệu (Hình 6.7).

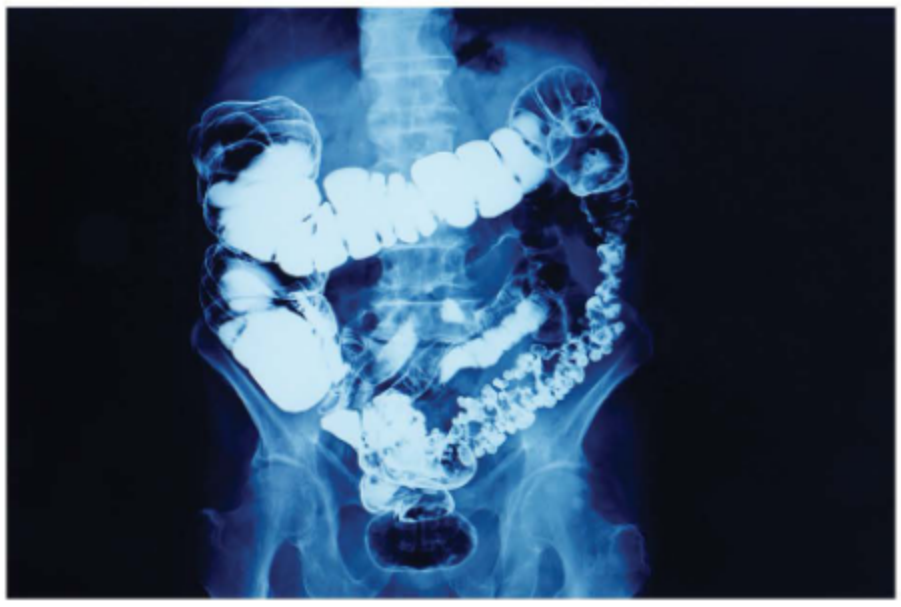


Hình 6.7. Sơ đồ minh họa các tia X tán xạ bị hấp thụ bởi tấm chống tán xạ

Nêu điều kiện để thu được hình ảnh sắc nét khi chụp X–quang.

2. Cải thiện độ tương phản

Như chúng ta biết, các mô khác nhau sẽ hiển thị khác nhau trong hình ảnh X–quang. Xương có thể dễ dàng phân biệt với mô mềm (chẳng hạn như cơ) vì xương là một chất hấp thụ tốt tia X. Tuy nhiên, bác sĩ luôn mong muốn phân biệt được hình ảnh của các bộ phận khác nhau nhưng có khả năng hấp thụ tia X như nhau. Để làm được điều này, người ta sử dụng hoá chất để tạo ra sự tương phản. Đối với chụp X–quang, thông thường người ta có thể sử dụng iodine hoặc barium là những chất hấp thụ tốt tia X. Bệnh nhân có thể được cho uống chất lỏng chứa barium hoặc tiêm chất lỏng tương tự vào mô của vị trí cần chụp. Các mô này sau khi được tiêm chất lỏng chứa barium sẽ hấp thụ tia X tốt hơn, do vậy biên của các mô này sẽ hiển thị rõ ràng hơn trên hình ảnh. Hình 6.8 là hình ảnh chụp X–quang ruột của một bệnh nhân sau khi được cho uống barium.



Hình 6.8. Hình ảnh X–quang ruột của bệnh nhân sau khi sử dụng barium. Hình ảnh này cũng đã được xử lí để làm nổi bật các đặc điểm cần quan tâm

Hãy chỉ ra các yếu tố cải thiện độ tương phản trong chụp X–quang.

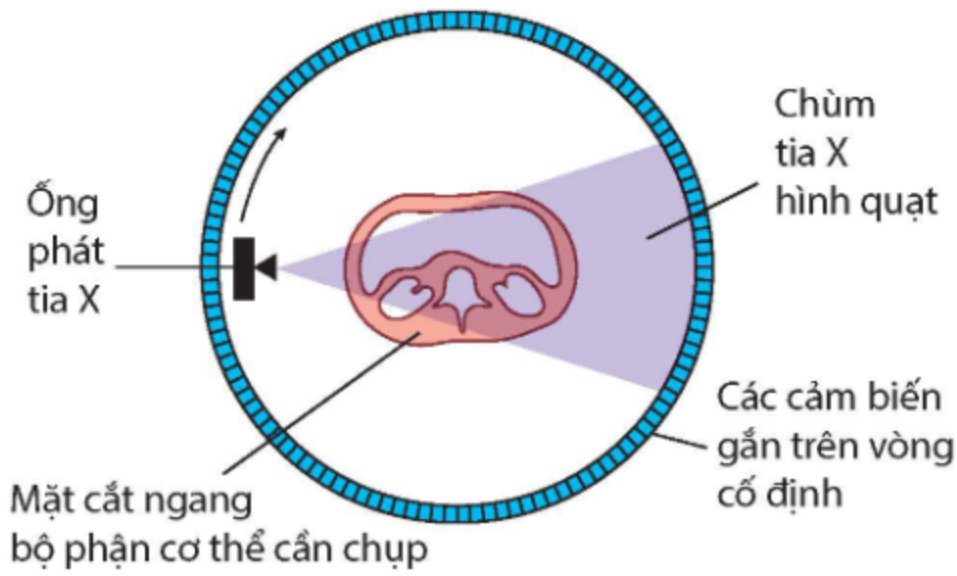
III. CHỤP CẮT LỚP

Chụp ảnh X–quang thông thường có hạn chế vì hình ảnh chụp xương, nội tạng,... ở các độ sâu khác nhau trong cơ thể bị chồng lên nhau. Để khắc phục nhược điểm này, một kĩ thuật chẩn đoán hình ảnh được sử dụng đó là chụp cắt lớp.

Chụp cắt lớp (Computed Tomography Scan – CT Scan) hay còn gọi là chụp CT. Chụp cắt lớp là kĩ thuật chụp X–quang các bộ phận cơ thể ở các góc khác nhau. Các hình ảnh này được máy tính xử lí, dựng các hình ảnh cần chụp dưới dạng hai chiều hay ba chiều. Trong chụp cắt lớp người ta vẫn dùng ống phát tia X như chụp X–quang, nhưng phim chụp được thay bằng bộ cảm biến có độ nhạy hơn phim X–quang nhiều lần.

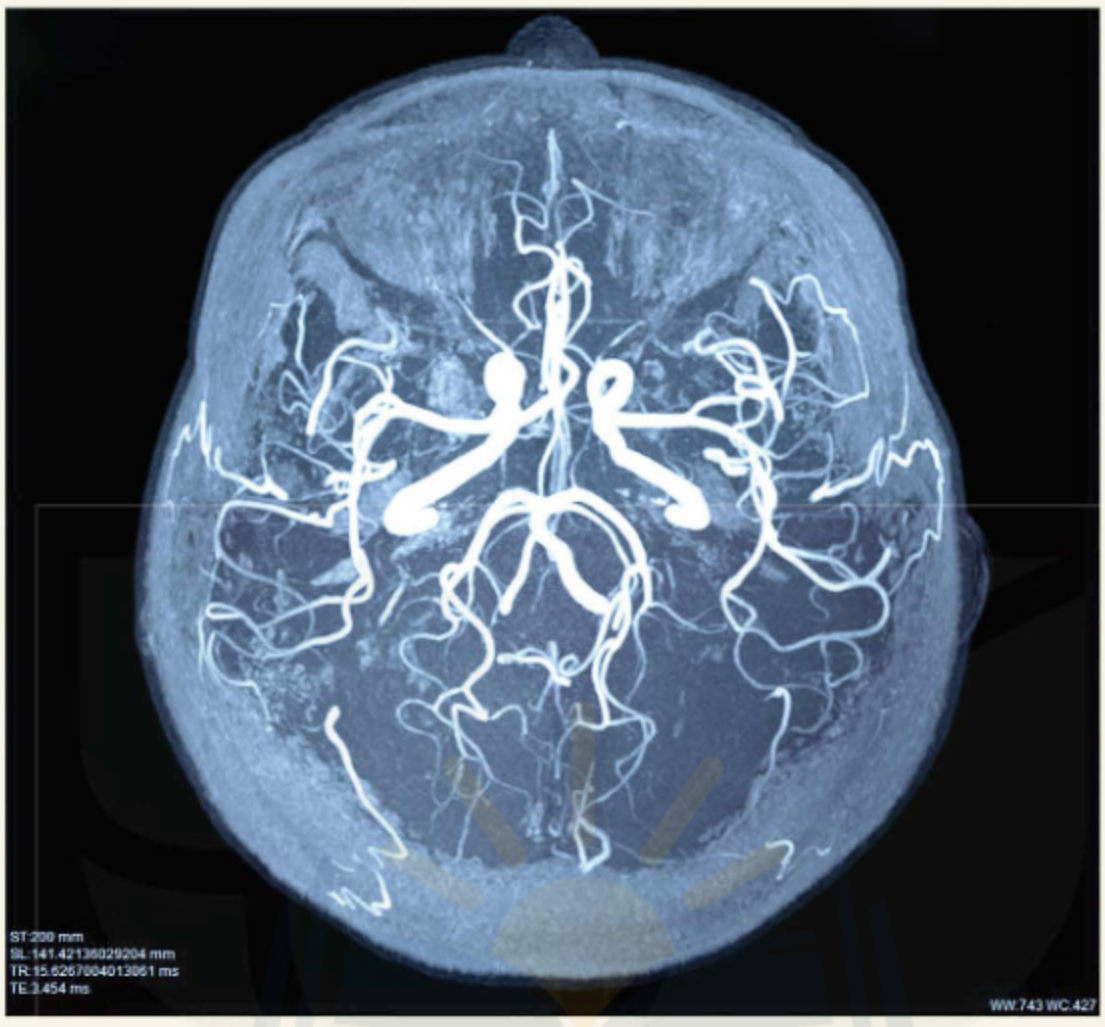
Để chụp cắt lớp, người ta điều chỉnh ống phát tia X di chuyển vòng quanh các bộ phận cần chụp của bệnh nhân, tạo ra một chùm tia X có dạng hình quạt (Hình 6.9). Ở mỗi vị trí của chùm tia X, sau khi đi qua bộ phận cơ thể cần chụp, chùm tia X bị suy giảm được các cảm biến ghi lại và lưu trong bộ nhớ của máy tính.

Khi chuyển động quét kết thúc, bộ nhớ của máy tính đã ghi nhận được một số rất lớn những thông tin ảnh X–quang ở các góc khác nhau. Máy tính sẽ xử lí và đưa ra hình ảnh phân giải cao 2D, 3D của bộ phận cần chụp.



Hình 6.9. Hoạt động của một máy chụp cắt lớp hiện đại. Ống phát tia X có thể quay xung quanh bộ phận cần chụp của bệnh nhân trong khi bộ phận thu nhận tín hiệu đứng yên

1. Giải thích lí do tại sao bệnh nhân có thể được yêu cầu nín thở trong khi chụp cắt lớp.
2. Giải thích lí do tại sao khi chụp não thì chụp cắt lớp lại thích hợp hơn chụp X–quang (Hình 6.10).



Hình 6.10. Ảnh chụp não người bằng phương pháp chụp cắt lớp

?

Nêu những ưu điểm của phương pháp chụp cắt lớp so với phương pháp chụp X–quang thông thường.

Thực hiện dự án thiết kế được một mô hình chụp cắt lớp đơn giản theo các bước sau:

Bước 1: Xác định nhiệm vụ: Tìm hiểu về mô hình chụp cắt lớp, lựa chọn mô hình.

Bước 2: Xác định ý tưởng thiết kế mô hình đã lựa chọn ở trên.

Bước 3: Thống nhất tiêu chí đánh giá mô hình.

Bước 4: Thực hiện thiết kế mô hình theo các tiêu chí đã đề xuất.

Bước 5: Xây dựng báo cáo và nội dung trình bày về mô hình đảm bảo có hình ảnh thực tế và bản thiết kế đã thực hiện.

Bước 6: Báo cáo và đánh giá dự án đã thực hiện.

sach-giao-khoa.com

EM ĐÃ HỌC

- Sơ lược cách chụp ảnh bằng tia X.
- Biết được một số cách cải thiện ảnh chụp bằng tia X:
  + Cải thiện độ sắc nét.
  + Cải thiện độ tương phản.
- Nguyên lí chụp cắt lớp.
- Nguyên tắc tạo ảnh trong chụp cắt lớp.

EM CÓ THỂ

- Giải thích được nguyên lí chụp X–quang.
- Mô tả quá trình và sự khác biệt cơ bản giữa các phương pháp chụp X–quang.
- Đánh giá được vai trò của chụp cắt lớp trong đời sống.

sach-giao-khoa.com

Bài 7 SIÊU ÂM

Cùng với chụp X–quang và chụp cắt lớp, siêu âm là một ứng dụng quan trọng trong y học, góp một phần không nhỏ cho việc chẩn đoán và điều trị. Vậy cách tạo ra siêu âm và nguyên tắc tạo hình ảnh trong kĩ thuật siêu âm như thế nào?

I. SIÊU ÂM

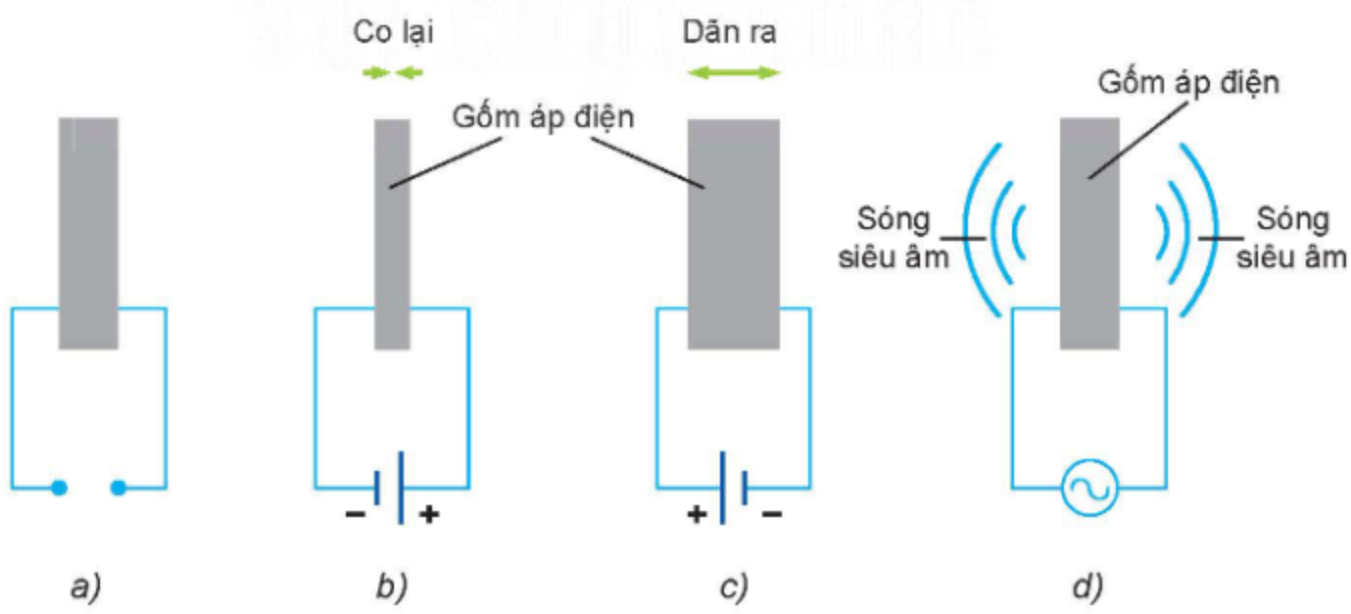
Sóng âm được phân loại dựa trên khả năng nghe của con người. Tai người cảm nhận được âm thanh có tần số trong khoảng từ 16 Hz tới 20 kHz, được gọi là âm thanh nghe được. Tần số sóng âm nhỏ hơn 16 Hz được gọi là hạ âm. Tần số sóng âm cao hơn 20 kHz được gọi là siêu âm. Trong các thiết bị y tế, sóng siêu âm được sử dụng có dải tần cỡ MHz. Tốc độ của sóng siêu âm phụ thuộc vào môi trường mà chúng truyền qua. Tốc độ truyền siêu âm qua mô cơ thể người vào khoảng 1 500 m/s.

?

Tốc độ truyền siêu âm trong thạch anh là 5 700 m/s. Tính bước sóng của sóng siêu âm có tần số 2 MHz trong tinh thể thạch anh.

II. CÁCH TẠO RA SIÊU ÂM

Siêu âm được tạo ra bởi sự rung động nguồn âm. Thông thường siêu âm được tạo ra bằng một bộ biến đổi điện – cơ. Đây là một linh kiện có chức năng biến đổi các dao động điện thành dao động cơ cùng tần số. Bộ biến đổi điện – cơ thường được làm bằng thạch anh hoặc gốm áp điện. Những vật liệu này có tính chất đặc biệt là bị co dãn khi có điện trường đặt vào (Hình 7.1). Nếu đặt một xung điện vào các vật liệu trên thì độ biến dạng của chúng sẽ thay đổi theo tần số xung, nghĩa là chúng đã tạo ra các dao động cơ học. Nếu tần số của xung điện nằm trong dải tần số của sóng siêu âm thì các dao động cơ cũng có tần số này và tạo ra sóng siêu âm.

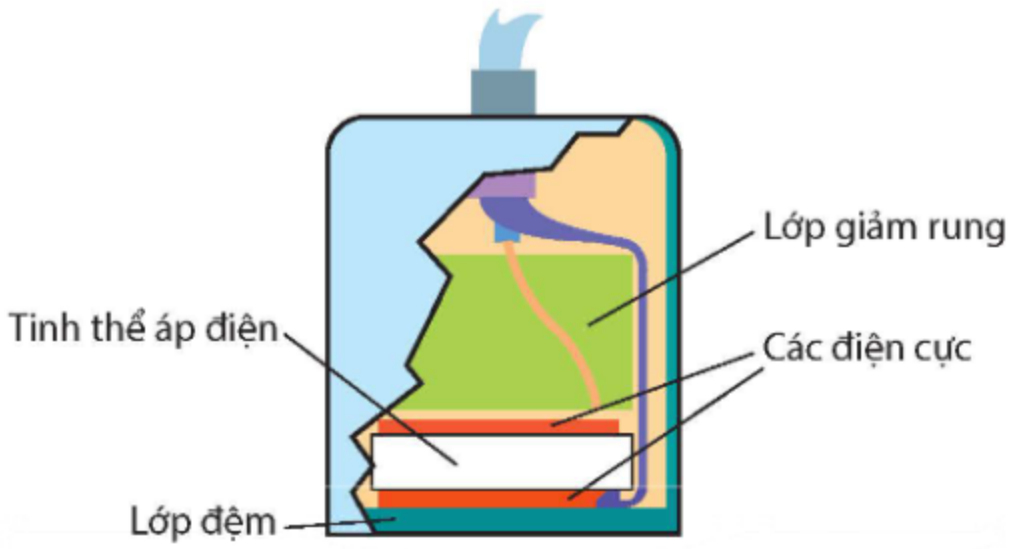


Hình 7.1. Mô hình hiệu ứng áp điện: a) Khi không có điện trường đặt vào, b) Bị nén lại khi có điện trường đặt vào, c) Bị dãn ra khi đổi chiều điện trường đặt vào, d) Phát ra sóng siêu âm khi điện trường đặt vào biến thiên theo tần số siêu âm

Khi thu sóng siêu âm người ta sử dụng tính chất biến đổi cơ – điện của tinh thể thạch anh hoặc gốm áp điện. Khi nhận được sóng siêu âm thì chúng sẽ tạo ra điện áp biến thiên cùng tần số với sóng siêu âm.
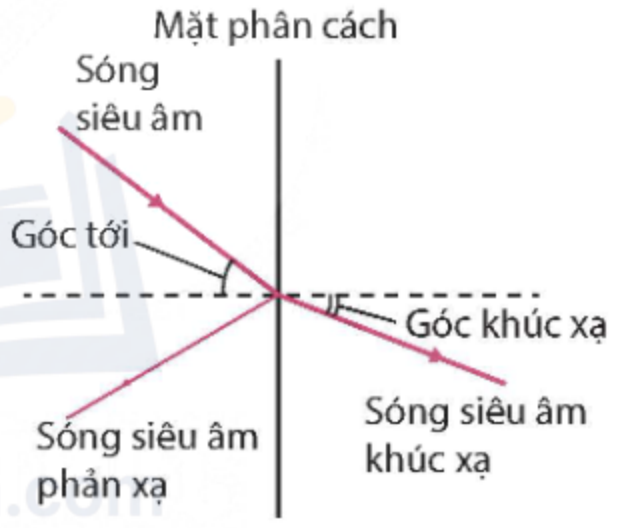
III. NGUYÊN LÍ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY SIÊU ÂM

Nguyên lí hoạt động của máy siêu âm là dựa vào định vị bằng sóng siêu âm, thông qua một đầu dò có chức năng phát và thu tín hiệu phản hồi của sóng siêu âm (Hình 7.2).



Hình 7.2. Cấu tạo của đầu dò siêu âm

Sóng siêu âm được phát ra truyền theo hướng của đầu dò vào môi trường với tốc độ xác định. Sóng siêu âm khi gặp mặt phân cách (ranh giới) trên đường đi sẽ bị phản xạ và khúc xạ (Hình 7.3). Trong siêu âm, ta quan tâm tới tín hiệu phản xạ của sóng siêu âm. Đầu dò sẽ thu nhận tín hiệu sóng siêu âm phản xạ, chuyển đổi thành tín hiệu điện, được máy vi tính xử lí và hiển thị trên màn hình.



Hình 7.3. Một sóng siêu âm khi chạm vào ranh giới giữa hai vật liệu khác nhau, vừa bị khúc xạ vừa bị phản xạ

Sự chênh lệch cường độ sóng siêu âm phản xạ càng lớn thì hình ảnh thu được càng rõ nét. Điều này cho phép giải thích khi siêu âm thì hình ảnh xương được thể hiện rõ trong khi khó nhìn thấy các mô mềm khác nhau (Hình 7.4).

Khi siêu âm, giữa da và đầu dò có một lớp không khí và có đến 99,95% sóng siêu âm sẽ bị phản xạ trước khi đi vào cơ thể. Để khắc phục điều này, giữa đầu dò và da cần có một lớp gel.



Hình 7.4. Hình ảnh siêu âm thai nhi

EM CÓ BIẾT?

Một số loại đầu dò siêu âm

- Đầu dò thẳng: phát ra sóng siêu âm có tần số cao, thích hợp cho đánh giá các vùng nông như da, tuyến giáp, tuyến vú, mạch máu.
- Đầu dò cong: phát ra sóng siêu âm có tần số thấp hơn, thích hợp cho việc đánh giá các cơ quan sâu, thường sử dụng cho siêu âm bụng, thai, mạch máu ở sâu.
- Đầu dò tim: phát ra sóng siêu âm có tần số tương đương đầu dò cong, chuyên dụng dùng cho siêu âm tim.
- Ngoài ra còn có đầu dò sử dụng cho siêu âm 3D, 4D, siêu âm can thiệp điều trị.

1. Giải thích vì sao khi siêu âm thì da và xương được hiển thị rõ ràng trong khi hình ảnh các cơ quan mềm hơn bên trong cơ thể không được hiển thị rõ?
2. Giải thích tại sao siêu âm ít được dùng để kiểm tra não.

EM CÓ BIẾT?

Khi sóng siêu âm đi qua cơ thể, chúng sẽ bị hấp thụ. Sự hấp thụ của sóng siêu âm tuân theo quy luật hàm số mũ tương tự như đối với tia X. Phương trình mô tả cường độ sóng siêu âm I giảm dần theo độ dày d như sau:

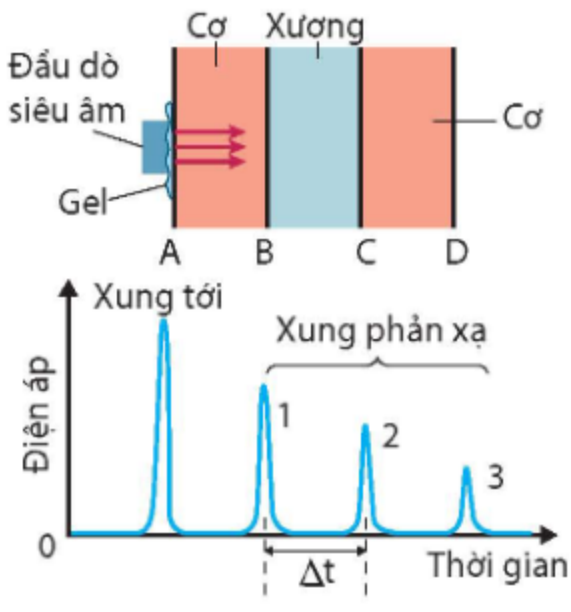
$$I = I_0.e^{-\alpha d}$$

Ở đây, α là hệ số hấp thụ, giá trị của α thay đổi theo bản chất của mô mà sóng siêu âm đi qua và theo tần số của sóng siêu âm.

IV. NGUYÊN TẮC TẠO HÌNH ẢNH SIÊU ÂM

Siêu âm kiểu A

Một xung siêu âm được chiếu vào cơ thể, sóng siêu âm phản xạ được thu nhận và hiển thị trên màn hình máy tính dưới dạng đồ thị điện áp – thời gian. Đầu dò phát sóng siêu âm gián đoạn, khi sóng siêu âm đi vào cơ thể, gặp ranh giới giữa các mô khác nhau sẽ tạo ra các sóng siêu âm phản xạ khác nhau. Đầu dò thu được tín hiệu sóng âm phản xạ biến đổi thành tín hiệu điện. Từ những tín hiệu điện thu được, máy tính xử lí và hiển thị trên màn hình dưới dạng các xung (Hình 7.5).



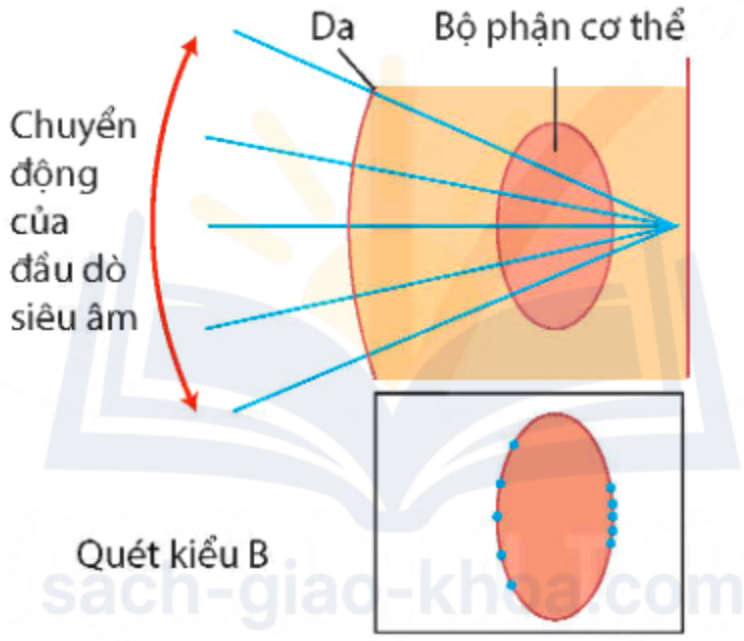
Hình 7.5. Các xung siêu âm trong siêu âm kiểu A

Từ Hình 7.5, ta thấy xung 1, 2 và 3 mô tả tại các ranh giới khác nhau. Xung 1 phản xạ tại ranh giới giữa cơ và xương tại B. Xung 2 phản xạ tại ranh giới giữa xương và cơ tại C. Từ thông tin thu nhận được, người ta có thể xác định được độ dày của xương.

Siêu âm kiểu B

Nguyên lí cũng tương tự như kiểu A nhưng hình ảnh thu được sẽ được hiển thị có độ sáng, tối khác nhau. Ranh giới giữa các mô cho phản xạ sóng siêu âm có cường độ mạnh sẽ hiển thị màu sáng, cường độ yếu sẽ hiển thị màu tối. Các ranh giới mô khác nhau sẽ cho phản xạ sóng siêu âm khác nhau được hiển thị với các màu sáng, tối khác nhau.

Trong siêu âm kiểu B, hình ảnh chi tiết của một bộ phận cơ thể được xây dựng từ nhiều hình ảnh của siêu âm kiểu A. Đầu dò được di chuyển xung quanh khu vực cần siêu âm, mỗi xung phản xạ được phân tích để xác định độ sâu của bề mặt phản xạ và bản chất của bề mặt. Sau đó, một hình ảnh hai chiều được máy tính hiển thị trên màn hình các chấm định vị để biểu thị vị trí của bề mặt phản xạ với độ sáng được xác định bởi cường độ sóng siêu âm phản xạ (Hình 7.6).



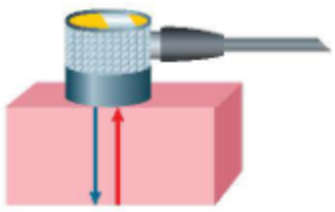
Hình 7.6. Bằng cách di chuyển đầu dò, một loạt các dấu chấm trên màn hình tạo ra hình dạng của bộ phận đang được kiểm tra

Ngoài ra, còn có các kiểu hiển thị hình ảnh siêu âm như: siêu âm kiểu M (TM – Time motion); kiểu 3D; 4D; kiểu Doppler.

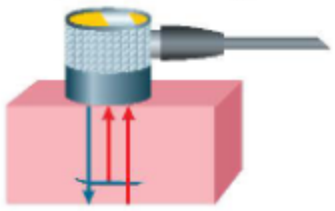
Giải thích tại sao để kiểm tra thai nhi, người ta sử dụng siêu âm kiểu B chứ không dùng phương pháp chụp X–quang.

V. ỨNG DỤNG CỦA SIÊU ÂM

Siêu âm được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực công nghiệp, nông nghiệp, y học, hàng hải, công nghệ thực phẩm, địa chất, nghiên cứu khoa học. Ngoài ra siêu âm còn được dùng để tổng hợp các vật liệu mới: tổng hợp vật liệu vô cơ, hữu cơ, vật liệu sinh học, vật liệu có cấu trúc nano,...

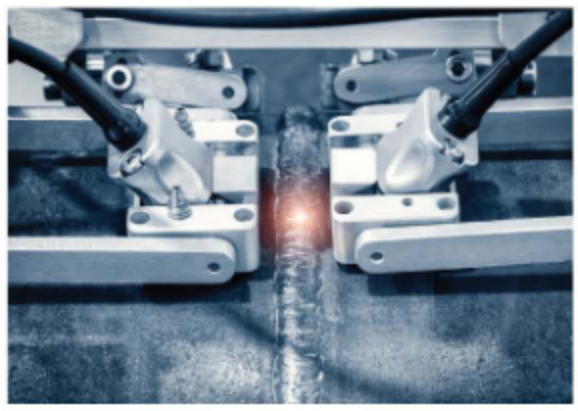


a) Sản phẩm không có lỗi



b) Sản phẩm có lỗi

Hình 7.7. Ứng dụng siêu âm để kiểm tra khuyết tật của sản phẩm



Hình 7.8. Ứng dụng siêu âm để hàn vật liệu



Hình 7.9. Ứng dụng siêu âm trong y học



Hình 7.10. Ứng dụng siêu âm để khử khuẩn



Hình 7.11. Ứng dụng siêu âm trong khai thác thuỷ sản



Hình 7.12. Ứng dụng siêu âm trong nghiên cứu biển và đại dương

Từ các thông tin, hình ảnh trên hãy đánh giá vai trò của siêu âm trong đời sống và trong khoa học.

sách-giáo-khoa.com

EM ĐÃ HỌC

- Siêu âm, sơ lược cách tạo siêu âm.
- Sơ lược cách tạo ra hình ảnh siêu âm các cấu trúc bên trong cơ thể.
- Vai trò của siêu âm trong đời sống và trong khoa học.

EM CÓ THỂ

Nêu được ứng dụng của siêu âm trong một số lĩnh vực.

Bài **8**

CHỤP CỘNG HƯỞNG TỪ

Chụp cộng hưởng từ là một phương pháp chẩn đoán hình ảnh hiện đại và hiệu quả, mang đến hình ảnh rõ nét nhằm hỗ trợ chẩn đoán chính xác tình hình bệnh. Chụp cộng hưởng từ là một kĩ thuật hiện đại dựa trên hiệu ứng vật lí mới giúp chẩn đoán nhiều bệnh lí hiệu quả. Vậy nguyên lí chụp cộng hưởng từ như thế nào?

I. KHÁI NIỆM CHỤP CỘNG HƯỞNG TỪ

Chụp cộng hưởng từ MRI (Magnetic Resonance Imaging) là một kĩ thuật giúp ta thu được những hình ảnh có độ phân giải cao của các bộ phận cơ thể nhờ từ trường và sóng vô tuyến.

Hình ảnh chụp cộng hưởng từ có độ tương phản cao, sắc nét và rõ ràng, chi tiết và có khả năng tái tạo hình ảnh 3D mang lại hiệu quả cao giúp bác sĩ chẩn đoán đối với bệnh lí của bệnh nhân. Hiệu quả chẩn đoán bằng MRI cho kết quả tốt hơn rất nhiều so với siêu âm, X–quang hay chụp cắt lớp. Bên cạnh đó chụp cộng hưởng từ không sử dụng tia X, rất an toàn, nên được các bác sĩ chuyên môn đánh giá cao trong chỉ định chụp và chẩn đoán bệnh.

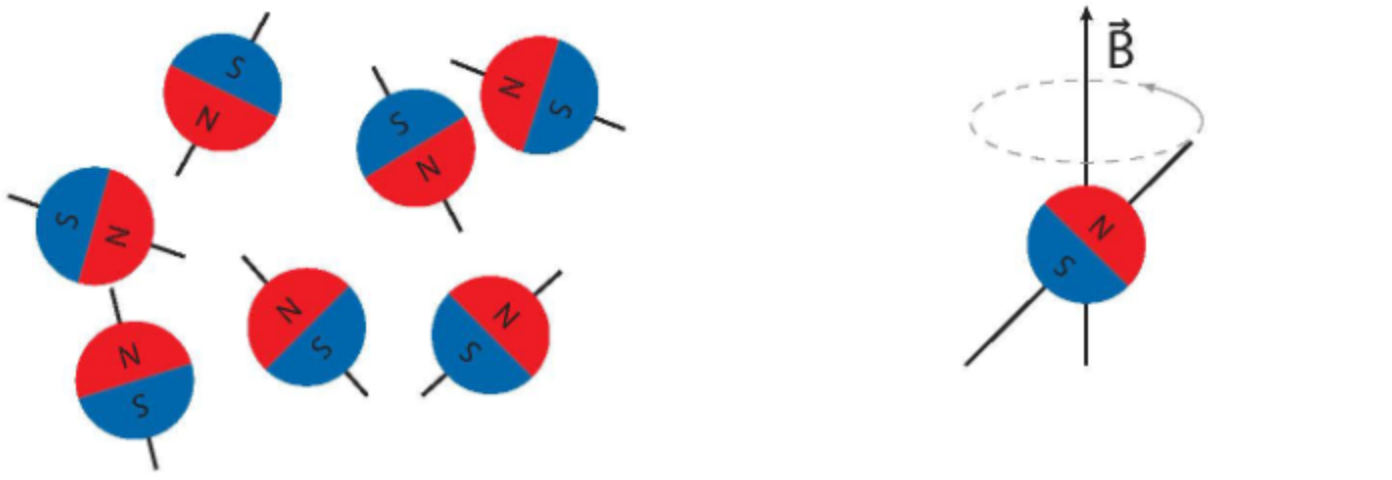


Hình 8.1. Máy chụp cộng hưởng từ

II. NGUYÊN LÍ CHỤP CỘNG HƯỞNG TỪ

Nguyên lí của chụp cộng hưởng từ dựa trên hiện tượng cộng hưởng từ hạt nhân. Trong y học, kĩ thuật chụp cộng hưởng từ thường sử dụng hạt nhân của nguyên tử hydrogen vì hạt nhân của hydrogen chỉ chứa một proton và hydrogen có trong tất cả các mô của cơ thể người. Proton được coi như một nam châm siêu nhỏ với cặp cực từ Bắc, Nam và có một số tính chất đặc biệt:

– Ở trạng thái bình thường, trục của các nam châm này được định hướng một cách ngẫu nhiên (Hình 8.2a).

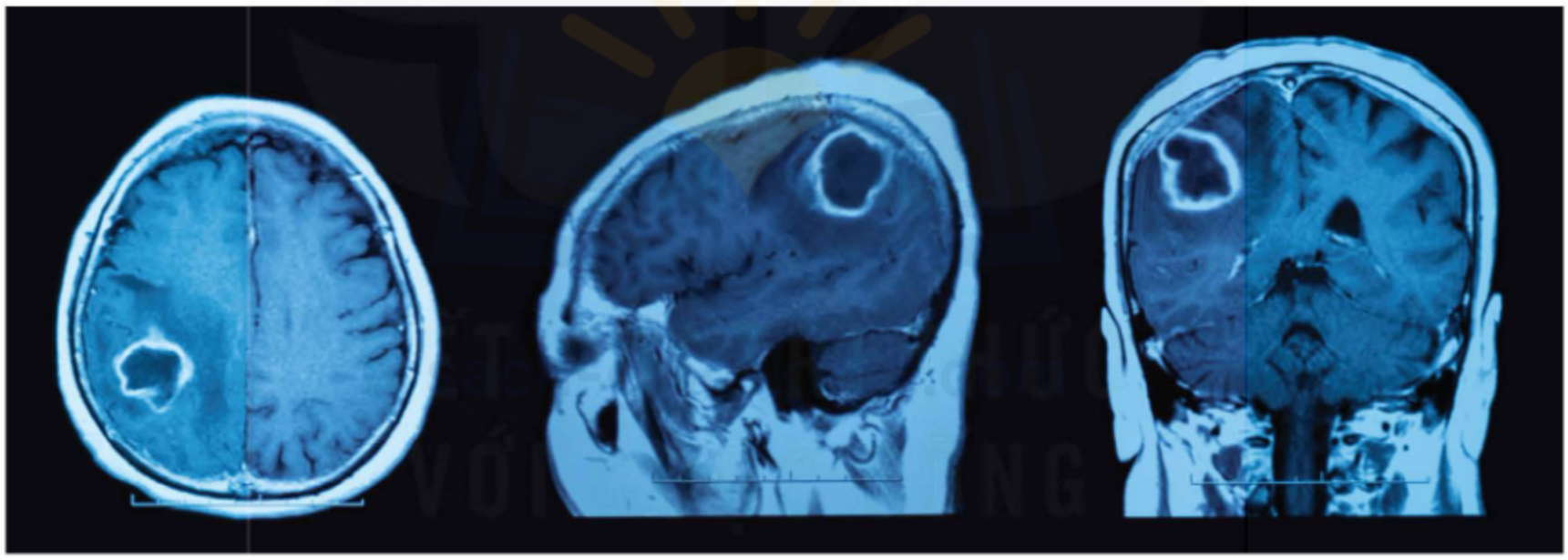


a) Ở trạng thái bình thường *b) Khi được đặt trong từ trường*

Hình 8.2. Sự định hướng của các proton

- Khi các nguyên tử hydrogen được đặt trong từ trường mạnh và không đổi, trục của mỗi nam châm siêu nhỏ sẽ có xu hướng định hướng theo hướng hợp với phương của từ trường ngoài một góc sao cho hệ ở mức năng lượng thấp. Đồng thời trục này luôn quay quanh một trục (tiến động) song song với từ trường ngoài theo một tần số xác định gọi là tần số Larmor (Hình 8.2b).
- Khi một sóng vô tuyến với tần số trùng với tần số Larmor thì sẽ có hiện tượng cộng hưởng xảy ra. Lúc này các proton sẽ nhận năng lượng để chuyển lên trạng thái có mức năng lượng cao hơn. Đây chính là hiện tượng cộng hưởng từ hạt nhân.
- Khi ngắt sóng vô tuyến, các proton sẽ dần trở về trạng thái trước khi có cộng hưởng từ và phát ra sóng vô tuyến. Thời gian trở về này gọi là thời gian hồi phục. Thời gian hồi phục phụ thuộc rất nhiều vào môi trường xung quanh hạt nhân của nguyên tử hydrogen.
- Sóng vô tuyến do quá trình hồi phục của proton phát ra sẽ được thu lại và xử lí để cho thông tin về thời gian hồi phục của proton

Ví dụ: Nước và các mô chứa nước (ví dụ như dịch não tuỷ) có thời gian hồi phục dài trong vài giây, các mô mỡ (ví dụ như chất trắng trong não) có thời gian hồi phục ngắn hơn cỡ vài trăm miligiây, các mô ung thư có thời gian hồi phục nằm ở khoảng giữa hai thời gian hồi phục của hai chất này.



Hình 8.3. Hình ảnh chụp cộng hưởng từ

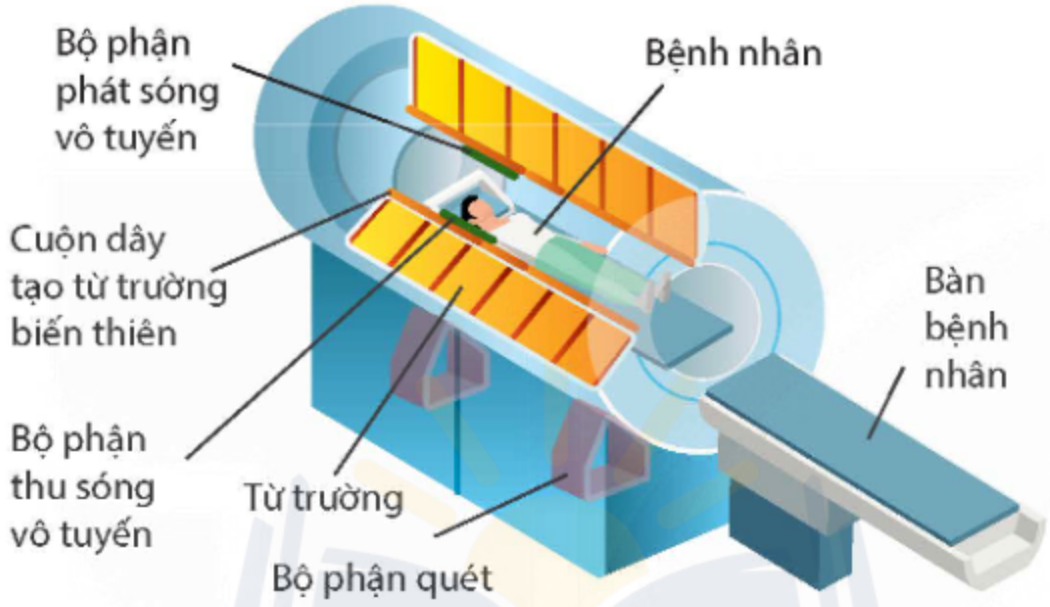
Các bộ phận trong cơ thể người được cấu tạo bởi các mô khác nhau, do đó thời gian hồi phục với từng vị trí trong cơ thể cũng khác nhau. Máy tính sẽ phân tích dữ liệu thời gian hồi phục ở từng vị trí trên cơ thể để dựng thành hình ảnh gọi là ảnh cộng hưởng từ hạt nhân.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, nếu ở bất cứ chỗ nào của cơ thể cũng xảy ra hiện tượng cộng hưởng từ hạt nhân như nhau thì sẽ không thu được thông tin gì hữu ích. Để có được ảnh cắt lớp cộng hưởng từ hạt nhân thì ngoài từ trường mạnh và không đổi, ta cần phải đưa thêm vào một từ trường biến đổi đều theo khoảng cách. Để nghiên cứu một bộ phận nào đó trong cơ thể, người ta "chia" bộ phận đó ra làm nhiều lớp khác nhau. Trong phạm vi mỗi lớp, từ trường được coi như giống nhau. Các lớp khác nhau sẽ có từ trường khác nhau, tức là chúng ta có hình ảnh cộng hưởng từ hạt nhân khác nhau ứng với mỗi lớp. Đây chính là cơ sở để tạo ảnh cộng hưởng từ hạt nhân cắt lớp.

III. CẤU TẠO MÁY CHỤP CỘNG HƯỞNG TỪ

Hình 8.4 là sơ đồ nguyên lí cấu tạo một loại máy chụp cộng hưởng từ, gồm các bộ phận chính sau:

- Bộ phận tạo từ trường chính: Cuộn dây siêu dẫn tạo ra từ trường mạnh có độ lớn 1,5 đến 3 tesla.
- Cuộn dây tạo từ trường biến thiên: Trong máy chụp cộng hưởng từ có ba cuộn dây để tạo từ trường biến thiên, từ trường do các cuộn dây này sinh ra biến đổi đều theo khoảng cách. Các từ trường này hướng theo các trục toạ độ vuông góc Ox, Oy, Oz.
- Bộ phận phát sóng vô tuyến có tần số thay đổi.
- Bộ phận thu sóng vô tuyến.



Hình 8.4. Cấu tạo sơ lược máy MRI

?

1. Nêu một số ưu, nhược điểm của chụp cộng hưởng từ.
2. So sánh ưu, nhược điểm của chụp cộng hưởng từ so với chụp CT.

1. Giải thích tại sao chụp MRI có thể được coi là an toàn hơn so với chụp CT.
2. Giải thích tại sao trong một số trường hợp có thể chọn chụp CT thay vì chụp MRI.
3. Giải thích tại sao chụp MRI được gọi là không xâm lấn.

EM ĐÃ HỌC

- Nêu được nguyên lí chụp cộng hưởng từ.
- Biết được cấu tạo sơ lược của máy chụp cộng hưởng từ.

EM CÓ THỂ

So sánh được chất lượng hình ảnh chụp cộng hưởng từ so với hình ảnh chụp X-quang, chụp CT.

CHUYÊN ĐỀ 3

VẬT LÍ LƯỢNG TỬ

Ánh sáng trắng phát ra từ lõi Mặt Trời khi đi qua bầu khí quyển lạnh hơn của nó đã bị các nguyên tử trong khí quyển Mặt Trời hấp thụ một phần rất nhỏ. Phân tích quang phổ của ánh sáng Mặt Trời chiếu tới Trái Đất có thể giúp ta xác định được thành phần cấu tạo của khí quyển Mặt Trời. Thành phần cấu tạo của các chất khác cũng có thể được xác định theo cách tương tự như trên. Tại sao?

NỘI DUNG

- Hiệu ứng quang điện và năng lượng của photon
- Lưỡng tính sóng hạt
- Quang phổ vạch của nguyên tử
- Vùng năng lượng của tinh thể chất rắn

Bài 9

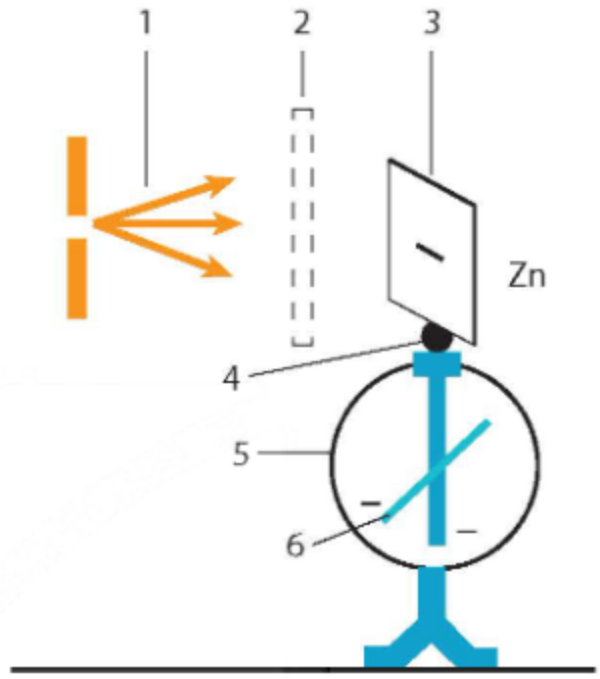
HIỆU ỨNG QUANG ĐIỆN VÀ NĂNG LƯỢNG CỦA PHOTON

Việc áp dụng thuyết lượng tử để giải thích các định luật quang điện đã mang lại giải Nobel cho Einstein năm 1921. Vậy hiệu ứng quang điện là gì và các định luật đó được Einstein giải thích như thế nào?

I. SỰ PHÁT HIỆN HIỆU ỨNG QUANG ĐIỆN

Hiệu ứng quang điện do Heinrich Rudolf Hertz (Hanh-rích Ru-đóp Héc) – nhà vật lí người Đức phát hiện bằng thí nghiệm năm 1887. Một tấm kẽm tích điện âm được chạm vào quả cầu tiếp điện của một tĩnh điện kế, kim của tĩnh điện kế lệch đi một góc xác định (Hình 9.1). Chiếu một chùm sáng do hồ quang điện phát ra tia tử ngoại vào tấm kẽm thì thấy góc lệch của kim tĩnh điện kế giảm. Thay tấm kẽm bằng một tấm kim loại khác tích điện âm thì hiện tượng trên cũng xảy ra. Khi sử dụng các loại kính hấp thụ tia tử ngoại trước khi các bức xạ chiếu vào tấm kẽm thì hiện tượng như trên không xảy ra.

- Hiện tượng một chùm bức xạ thích hợp làm bật các electron ra khỏi mặt tấm kim loại được gọi là hiệu ứng quang điện.
- Các electron bị bứt ra khỏi kim loại khi bị chiếu sáng gọi là quang electron.



Hình 9.1. Thí nghiệm của Hertz năm 1887 phát hiện hiệu ứng quang điện

1. Ánh sáng do hồ quang điện phát ra
2. Kính lọc sắc
3. Tấm kẽm tích điện âm
4. Quả cầu tiếp điện
5. Tĩnh điện kế
6. Kim điện kế

? Góc lệch của kim tĩnh điện kế giảm cho biết điện tích âm của tấm kẽm trong Hình 9.1 tăng hay giảm?

II. CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

Định luật 1: Định luật về giới hạn quang điện

Thay tấm kẽm bằng các tấm kim loại tích điện âm khác nhau trong thí nghiệm Hình 9.1, ta thấy:

- Hiệu ứng quang điện sẽ xảy ra với các kim loại khi sử dụng ánh sáng do hồ quang điện phát ra.
- Khi sử dụng kính hấp thụ tất cả các ánh sáng có bước sóng ngắn hơn hoặc bằng một giới hạn λ_0 nào đó thì hiệu ứng quang điện sẽ không xảy ra. Giá trị λ_0 ứng với các kim loại khác nhau sẽ có giá trị khác nhau và được gọi là giới hạn quang điện của kim loại đó.

Bảng 9.1. *Giá trị giới hạn quang điện λ_0 của một số kim loại*

Kim loại	λ_0 (μm)
Ag	0,26
Al	0,36
Ca	0,43
Cu	0,30
Cs	0,58
K	0,55
Na	0,50
Zn	0,35

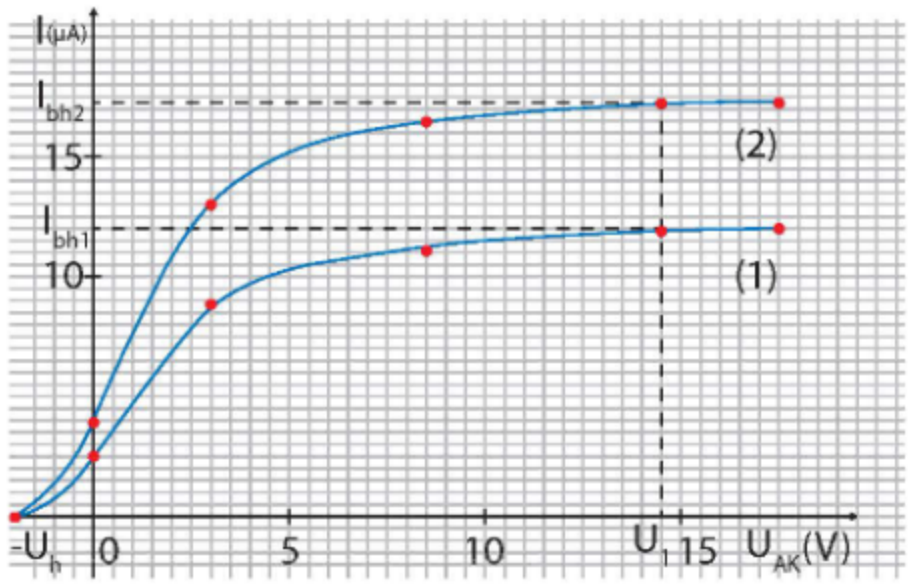
sách-giáo-khoa.com

Đối với mỗi kim loại, hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bức xạ điện từ kích thích chiếu vào kim loại có bước sóng ngắn hơn hoặc bằng giới hạn quang điện λ_0 của kim loại đó ($\lambda \leq \lambda_0$).

Định luật 2: Định luật về cường độ dòng quang điện bão hoà

Khảo sát đường đặc trưng vôn – ampe của một tế bào quang điện chân không ứng với hai cường độ bức xạ điện từ kích thích khác nhau có kết quả như Hình 9.2, ta thấy:

- Khi $U_{AK} \leq -U_h$ thì I = 0, dòng quang điện bị triệt tiêu. U_h có trị số phụ thuộc vào bước sóng λ và được gọi là hiệu điện thế hãm. Lúc này các electron bật ra khỏi cathode đã bị điện trường đẩy ngược trở lại không thể tới được anode.
- Khi $U_{AK} \geq U_1$ thì cường độ dòng quang điện sẽ không đổi $I = I_{bh}$ và được gọi là cường độ dòng quang điện bão hoà. Giá trị của I_{bh} phụ thuộc vào cường độ bức xạ kích thích. Khi tăng cường độ bức xạ kích thích thì I_{bh} sẽ tăng.



Hình 9.2. Đường đặc trưng vôn – ampe của một tế bào quang điện chân không phủ chất phát quang Sb – Ce trong hai trường hợp của cường độ bức xạ đơn sắc với cùng một bước sóng λ (cường độ của trường hợp 2 lớn hơn của trường hợp 1)

Với mỗi bức xạ điện từ có bước sóng thích hợp ($\lambda \leq \lambda_0$), cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ chùm bức xạ điện từ kích thích.

EM CÓ BIẾT?

Tế bào quang điện chân không là một bình bằng thạch anh đã hút hết không khí, bên trong có hai điện cực: anode là một vòng dây kim loại; cathode được phủ ngoài một lớp nhạy quang có dạng chỏm cầu (hoặc dạng lá mỏng uốn thành nửa mặt trụ) (Hình 9.3).



Hình 9.3. Tế bào quang điện chân không

Định luật 3: Định luật về động năng ban đầu cực đại của quang electron

Khảo sát đường đặc trưng vôn – ampe của các kim loại khác nhau cho thấy chúng có hình dạng tương tự như Hình 9.2, do đó:

- Dòng quang điện vẫn tồn tại khi $U_{AK} = 0$. Điều này là do các quang electron khi bật ra khỏi bề mặt kim loại sẽ có một động năng ban đầu, động năng đó giúp electron có thể tới được anode và tạo ra dòng điện trong mạch mà không cần đặt một hiệu điện thế vào hai cực của tế bào quang điện. Động năng ban đầu cực đại của các quang electron có thể xác định thông qua giá trị U_h đo được.
- Khi thay đổi cường độ chùm bức xạ điện từ kích thích thì U_h không thay đổi.

Động năng ban đầu cực đại của các quang electron không phụ thuộc cường độ của chùm bức xạ điện từ kích thích mà chỉ phụ thuộc bước sóng bức xạ điện từ kích thích và bản chất của kim loại được chiếu vào.

III. THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

Nếu chỉ sử dụng tính chất sóng ta sẽ không thể giải thích được đầy đủ các kết quả thực nghiệm. Hiệu ứng quang điện là một trong những bằng chứng cho thấy bức xạ điện từ có tính chất hạt.

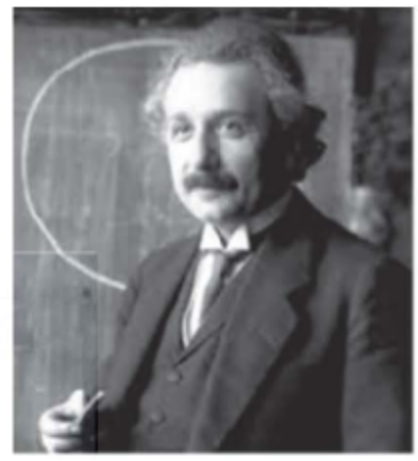
Các kết quả nghiên cứu về hiệu ứng quang điện và quang phổ của các nguồn sáng là cơ sở cho sự ra đời của thuyết lượng tử vào đầu thế kỉ XX. Vào năm 1905, dựa trên giả thuyết lượng tử năng lượng của Max Planck (Mắc P-lăng) để giải thích các định luật quang điện, Einstein đã đề xuất thuyết lượng tử ánh sáng hay thuyết photon với nội dung:

- Chùm sáng là chùm hạt photon (các lượng tử ánh sáng). Cường độ chùm sáng tỉ lệ với số photon phát ra trong một đơn vị thời gian.
- Trong chùm ánh sáng đơn sắc với tần số f, các photon đều mang năng lượng giống nhau:

$$\varepsilon = hf \qquad (9.1)$$

với $h = 6{,}626.10^{-34}$(J.s) được gọi là hằng số Planck.

- Photon chỉ tồn tại trong trạng thái chuyển động.
- Trong chân không, photon chuyển động với tốc độ $c = 3.10^8$ m/s dọc theo các tia sáng.
- Mỗi lần một nguyên tử hay phân tử phát xạ hoặc hấp thụ ánh sáng thì chúng phát xạ hoặc hấp thụ một photon.



Hình 9.4. Albert Einstein (1879 – 1955) là nhà vật lí người Đức

?

1. Chỉ ra điểm khác biệt giữa thuyết lượng tử ánh sáng của Einstein và mô hình sóng ánh sáng khi giải thích sự hấp thụ hay phát xạ năng lượng của nguyên tử, phân tử.
2. Hãy ước lượng năng lượng của các photon tương ứng với các bức xạ điện từ cơ bản trong thang sóng điện từ đã học ở Vật lí lớp 11 (sóng vô tuyến, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia X, tia γ).

Bài tập ví dụ

Trong thí nghiệm ở Hình 9.1, khi chiếu bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0{,}12$ μm thì thấy có hiệu ứng quang điện. Hãy tính năng lượng mà mỗi quang electron đã nhận được. Coi rằng mỗi photon truyền toàn bộ năng lượng cho một electron.

Giải

Năng lượng mà mỗi quang electron nhận được trong thí nghiệm chính bằng năng lượng của photon của bức xạ điện từ chiếu vào tấm kẽm:

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}626.10^{-34}.3.10^{8}}{0{,}12.10^{-6}} = 1{,}656.10^{-18}\ (J)$$

IV. GIẢI THÍCH CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

Công thoát của electron

Các electron trong kim loại luôn tương tác với các ion dương của mạng tinh thể nên chúng khó thoát ra khỏi bề mặt kim loại. Năng lượng tối thiểu cần cung cấp để bứt một electron ra khỏi bề mặt kim loại gọi là công thoát A của electron. Khi một photon mang năng lượng

bằng hf chiếu tới bề mặt kim loại và bị hấp thụ bởi một electron, nó sẽ truyền toàn bộ năng lượng cho electron này. Nếu năng lượng hf của photon lớn hơn hoặc bằng công thoát A của electron thì electron có thể bứt ra khỏi bề mặt kim loại và làm xảy ra hiện tượng quang điện.

?

1. Hãy giải thích tại sao khi sử dụng các loại kính hấp thụ tia tử ngoại trước khi các bức xạ chiếu vào tấm kẽm ở Hình 9.1 thì hiện tượng quang điện không xảy ra.
2. Khi sử dụng bức xạ tử ngoại có bước sóng 320 nm chiếu vào tấm kẽm ở thí nghiệm trong Hình 9.1 thì thấy xuất hiện hiện tượng quang điện. Thí nghiệm này có thể xác định công thoát của electron ở bề mặt tấm kẽm hay không? Hãy giải thích.

Mối liên hệ giữa giới hạn quang điện và công thoát A

Giới hạn quang điện là bước sóng λ_0 của bức xạ điện từ chiếu tới bề mặt kim loại (gọi là bức xạ điện từ kích thích) sao cho năng lượng của photon bằng công thoát A của electron.

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} \qquad (9.2)$$

trong đó: $h = 6{,}626.10^{-34}$ (J.s) là hằng số Planck.

$c = 3.10^8$ (m/s) là tốc độ ánh sáng trong chân không.

A (J) là công thoát của electron khỏi bề mặt kim loại.

Giới hạn quang điện của mỗi kim loại là khác nhau và là đặc trưng riêng của kim loại đó.

?

Giới hạn quang điện của đồng (Cu) và của kẽm (Zn) lần lượt là 0,3 μm và 0,35 μm. Hãy tính công thoát A của electron khỏi bề mặt các kim loại trên.

sach-giao-khoa.com

Công thức Einstein về hiện tượng quang điện

Theo Einstein, hiện tượng quang điện là do có sự hấp thụ photon của chùm bức xạ điện từ chiếu tới bề mặt kim loại bởi các electron của kim loại. Khi một photon bị hấp thụ bởi một electron của kim loại ở bề mặt thì photon nhường toàn bộ năng lượng hf của nó cho electron đó. Một phần của năng lượng ấy tiêu hao để bứt electron ra khỏi kim loại, phần này chính là công thoát A của electron. Phần năng lượng còn lại được chuyển thành động năng ban đầu cực đại của electron.

$$hf = A + \frac{1}{2}mv_0^2 \qquad (9.3)$$

trong đó $\frac{1}{2}mv_0^2$ là động năng ban đầu cực đại của electron.

Giải thích định luật 1:

- Theo tính chất của sóng, sóng điện từ lan truyền đến kim loại và truyền năng lượng một cách liên tục cho các electron và hạt nhân của nguyên tử kim loại làm cho năng lượng của chúng tăng dần, dao động mạnh dần,... Nếu cường độ bức xạ đủ lớn thì năng lượng cung cấp đó sẽ đủ làm bứt electron khỏi bề mặt kim loại mà không phụ thuộc bước sóng của bức xạ điện từ.
- Vậy sử dụng tính chất sóng của bức xạ điện từ thì ta không thể giải thích được cho định luật về giới hạn quang điện.

– Định luật về giới hạn quang điện chỉ có thể giải thích khi vận dụng công thức Einstein (9.3). Từ công thức trên, ta thấy hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi:

$$hf \geq A$$

$$\text{hay } \frac{hc}{\lambda} \geq \frac{hc}{\lambda_0} \text{ tức là } \lambda \leq \lambda_0.$$

Giải thích định luật 2:

Với các chùm sáng có khả năng gây ra hiện tượng quang điện thì số quang electron bật ra khỏi bề mặt cathode trong một đơn vị thời gian sẽ tỉ lệ thuận với số photon tới đập vào mặt cathode trong một đơn vị thời gian. Số photon này lại tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng tới nên cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

Giải thích định luật 3:

Từ công thức Einstein (9.3), ta có động năng ban đầu cực đại của electron bằng:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = hf - A = h\frac{c}{\lambda} - A$$

Ta thấy động năng ban đầu cực đại của electron không phụ thuộc vào cường độ chùm bức xạ điện từ kích thích mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng kích thích λ và công thoát A của electron.

?

Tế bào quang điện chân không có cathode được phủ chất nhạy quang Sb – Ce trong một bộ thí nghiệm khảo sát dòng quang điện. Khi sử dụng ánh sáng màu xanh lam để khảo sát thì ta có hiệu điện thế hãm U_h = 0,8 V. Hãy xác định tốc độ ban đầu cực đại của quang electron.

EM CÓ BIẾT?

1. Một số chất bán dẫn như Ge, Si, PbS, CdSe,... bình thường là chất dẫn điện kém nhưng khi được chiếu bằng bức xạ thích hợp thì chúng lại trở thành chất dẫn điện tốt. Các chất này được gọi là chất quang dẫn.

   Các bức xạ điện từ giải phóng các electron liên kết trong nguyên tử của chất quang dẫn để chúng trở thành electron dẫn điện, đồng thời tạo ra các "lỗ trống" có thể cùng tham gia vào quá trình dẫn điện. Hiện tượng này được gọi là hiệu ứng quang điện trong. Điện trở quang (quang trở), pin quang điện (pin mặt trời) hoạt động dựa trên hiệu ứng quang điện trong.

2. Cửa ra vào của nhiều cơ quan, siêu thị,... là cửa tự động. Cơ thể mỗi người sẽ phát ra bức xạ hồng ngoại và cảm biến hồng ngoại có thể nhận biết khi có người tới gần nhờ hoạt động của điện trở quang. Bộ điều khiển sẽ nhận tín hiệu từ cảm biến hồng ngoại đến điều khiển động cơ đóng mở cửa (Hình 9.5).



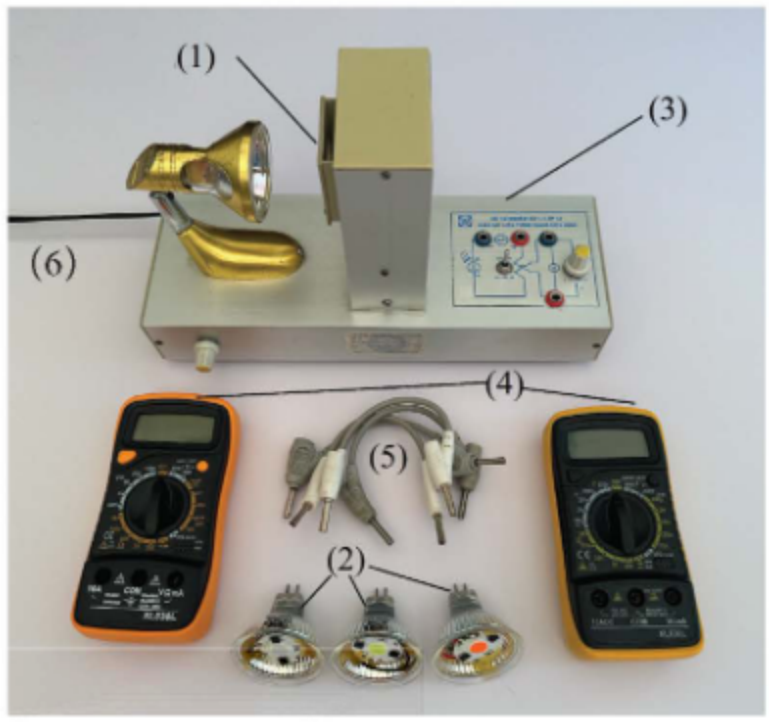
Hình 9.5. Cửa tự động hoạt động nhờ ứng dụng của hiệu ứng quang điện trong

V. THỰC HÀNH KHẢO SÁT DÒNG QUANG ĐIỆN

Mục đích thí nghiệm: Khảo sát sự phụ thuộc của dòng quang điện vào các ánh sáng đơn sắc khác nhau và hiệu điện thế U_{AK}.

Dụng cụ (Hình 9.6):

- Tế bào quang điện chân không phủ chất nhạy quang Sb – Ce có hộp bảo vệ (1) được gắn vào hộp chân đế (3).
- Ba đèn LED màu đỏ, lục, lam 3 W – 220 V điều chỉnh được cường độ sáng thông qua hiệu điện thế đặt vào đèn (2).
- Hộp chân đế (3) gắn các thiết bị: công tắc; đui đèn; biến trở; bộ chuyển đổi nguồn điện xoay chiều 220 V – 50 Hz thành nguồn điện một chiều.
- Đồng hồ đo hiệu điện thế có độ chia 0,1 V; đồng hồ đo cường độ dòng điện có độ chia 0,1 μA (4).
- Dây nối (5).
- Dây nối với nguồn điện xoay chiều (6).



Hình 9.6. Bộ thiết bị khảo sát dòng quang điện

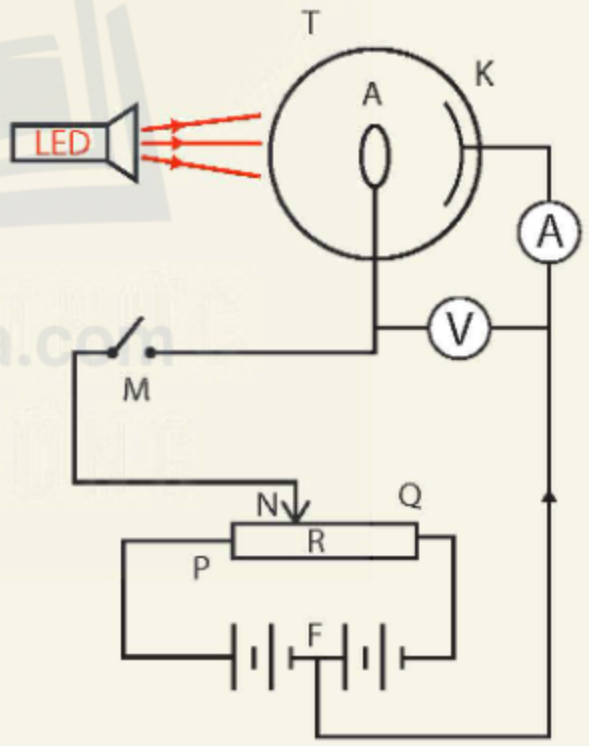
Thiết kế phương án:

Hãy quan sát sơ đồ mạch điện trong Hình 9.7 được dùng để khảo sát cường độ dòng quang điện qua tế bào quang điện T và trả lời các câu hỏi sau:

a) Tế bào quang điện chân không T có cathode được nối với điểm F. Anode của T nối với khoá M (khoá M đóng) tới con trỏ được điều chỉnh tới các vị trí N thích hợp. Khi điều chỉnh con trỏ sẽ làm thay đổi hiệu điện thế U_{AK} như thế nào?

b) Cường độ của dòng quang điện đi qua ampe kế sẽ phụ thuộc vào những đại lượng nào?

c) Hãy thiết kế phương án khảo sát dòng quang điện từ các dụng cụ thí nghiệm.



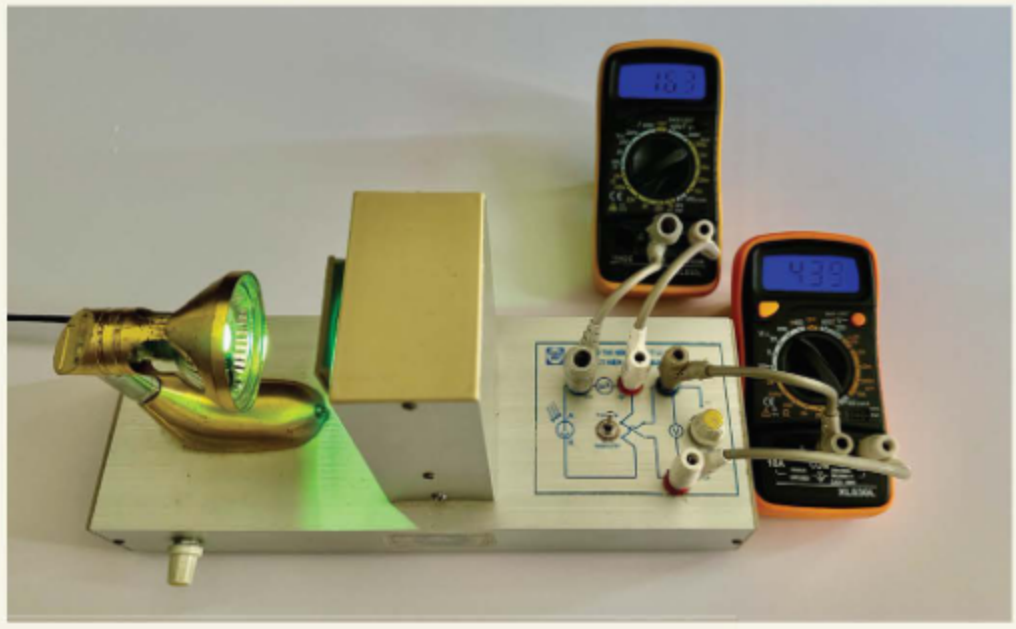
Hình 9.7. Sơ đồ mạch điện khảo sát cường độ dòng quang điện

Tiến hành:

1. Lắp đặt thí nghiệm theo sơ đồ mạch điện in trên hộp chân đế với công tắc được ngắt (Hình 9.8). Tế bào quang điện cần tránh ánh sáng bên ngoài chiếu vào. Sơ đồ mạch điện này được mắc như sơ đồ trong Hình 9.7.
2. Đồng hồ đo đấu nối với hai chốt cắm "μA" trên hộp chân đế sẽ là ampe kế đo cường độ dòng quang điện và cần được điều chỉnh về thang đo μA.
3. Đồng hồ đo đấu nối với hai chốt cắm "V" trên hộp chân đế sẽ là vôn kế đo U_{AK} và cần được điều chỉnh về thang đo V.

A. Tiến hành thí nghiệm với các ánh sáng đơn sắc khác nhau

4. Lắp bóng đèn LED màu đỏ vào đui đèn.
5. Bật các công tắc, bật vôn kế và ampe kế.
6. Điều chỉnh biến trở để vôn kế có chỉ số nằm trong khoảng từ 3 V đến 9 V.
7. Đọc chỉ số của ampe kế và ghi kết quả vào vở theo mẫu tương tự Bảng 9.2.
8. Lặp lại các bước 6, 7 với chỉ số của vôn kế tăng dần.
9. Tắt các công tắc, tắt vôn kế và ampe kế, tháo bóng đèn LED ra.



Hình 9.8. Bố trí thí nghiệm

10. Thay bóng đèn LED đỏ bằng bóng đèn LED lục rồi lam và lặp lại các bước 5, 6, 7, 8, 9.

Bảng 9.2. *Kết quả tham khảo trong khảo sát dòng quang điện theo ánh sáng đơn sắc*

STT	Màu LED	U_{AK} (V)	I (μA)
1	Đỏ	3	0,0
2	Đỏ	8	0,0
3	Lục	3	5,1
4	Lục	8	5,9
5	Lam	3	13,0
6	Lam	8	16,4

B. Tiến hành thí nghiệm khảo sát cường độ dòng quang điện phụ thuộc hiệu điện thế U_{AK}

11. Lắp bóng LED màu lục (hoặc màu lam) vào đui đèn. Điều chỉnh cường độ sáng của đèn ở mức vừa phải.
12. Bật công tắc, bật vôn kế và ampe kế.
13. Điều chỉnh biến trở đến khi chỉ số của ampe kế vừa tới giá trị bằng 0.
14. Đọc chỉ số của vôn kế và chỉ số của ampe kế rồi ghi số liệu đó vào vở theo mẫu tương tự Bảng 9.3.
15. Tiếp tục điều chỉnh biến trở thêm 6 lần để tăng dần các chỉ số của vôn kế đến khi hai lần cuối cùng chỉ số của ampe kế thay đổi không đáng kể. Mỗi lần đo như vậy cần lặp lại bước 14.
16. Tắt các công tắc, tắt vôn kế và ampe kế.

Bảng 9.3. *Kết quả tham khảo trong thí nghiệm với bóng đèn LED màu lam*

STT	U_{AK} (V)	I (μA)
1	–0,8	0,00
2	–0,5	0,25
3	0,0	2,50
4	3,0	13,00
5	8,0	16,40
6	14,0	17,26
7	17,0	17,27

Từ số liệu thực nghiệm thu được, thực hiện các yêu cầu sau:

1. Nhận xét về giới hạn quang điện của chất nhạy quang Sb – Ce.
2. Vẽ đồ thị đường đặc trưng vôn – ampe (tham khảo Bảng 9.3).
3. Xác định U_h của tế bào quang điện ứng với bước sóng λ được khảo sát.
4. Xác định cường độ dòng quang điện bão hoà.

EM ĐÃ HỌC

- Hiệu ứng quang điện là bằng chứng cho tính chất hạt của bức xạ điện từ.
- Năng lượng photon được xác định bằng $\varepsilon = hf$.
- Năng lượng tối thiểu cần cung cấp để bứt một electron ra khỏi bề mặt kim loại được gọi là công thoát.
- Công thức tính giới hạn quang điện: $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$.
- Công thức Einstein: $hf = A + \frac{1}{2}mv_{0}^{2}$.
- Định luật quang điện 1: Đối với mỗi kim loại, hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bức xạ điện từ kích thích chiếu vào kim loại có bước sóng ngắn hơn hoặc bằng giới hạn quang điện λ_0 của kim loại đó: $\lambda \le \lambda_0$.
- Định luật quang điện 2: Với mỗi bức xạ điện từ có bước sóng phù hợp ($\lambda \le \lambda_0$), cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ chùm bức xạ điện từ kích thích.
- Định luật quang điện 3: Động năng ban đầu cực đại của các quang electron không phụ thuộc cường độ của chùm bức xạ điện từ kích thích mà chỉ phụ thuộc bước sóng bức xạ điện từ kích thích và bản chất của kim loại được chiếu vào.

EM CÓ THỂ

- Tính được năng lượng mà mỗi electron đã nhận được trong hiệu ứng quang điện.
- Giải thích được hiệu ứng quang điện dựa trên năng lượng photon và công thoát.
- Vận dụng thuyết lượng tử và công thức Einstein để giải thích được các định luật quang điện.
- Thiết kế phương án và thực hiện thí nghiệm, khảo sát được dòng quang điện bằng dụng cụ thực hành.

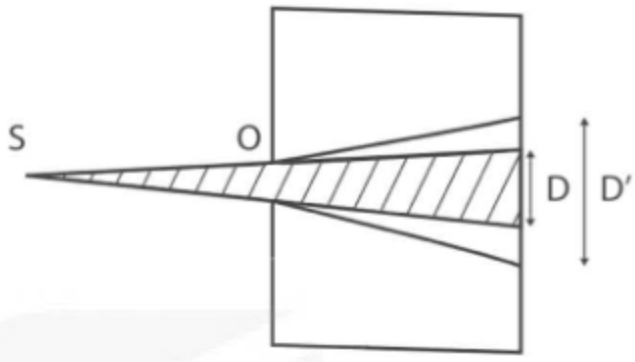
Bài **10**

LƯỠNG TÍNH SÓNG HẠT

Ánh sáng có lưỡng tính sóng hạt. Liệu các hạt vật chất quanh ta có tồn tại tính chất sóng không?

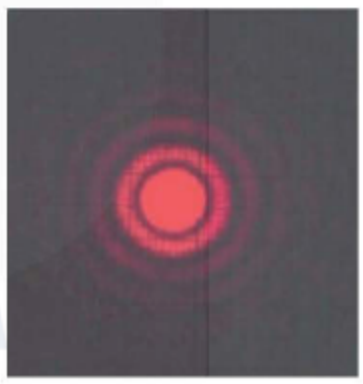
I. HIỆN TƯỢNG NHIỄU XẠ

Khi ta đặt một nguồn sáng điểm S trước một hộp kín có lỗ tròn nhỏ O (Hình 10.1), chùm sáng qua lỗ nhỏ O sẽ tạo thành các vòng sáng tròn đường kính D' trên thành đối diện với lỗ O của hộp. Vòng sáng D' lớn hơn so với miền tròn D khi ánh sáng truyền thẳng do ở mép lỗ O đường truyền của ánh sáng đã có sự sai lệch so với sự truyền thẳng.



Hình 10.1. Thí nghiệm về hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng

Hiện tượng truyền sai lệch so với sự truyền thẳng quan sát được ở gần mép những vật cản trên đường truyền của các tia sáng được gọi là hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng. Hiện tượng nhiễu xạ cũng xảy ra với các loại bức xạ điện từ khác (Hình 10.2).



Hình 10.2. Hình ảnh nhiễu xạ của một chùm sáng đơn sắc qua lỗ tròn nhỏ thu được trên màn chắn sáng

Hiện tượng giao thoa và nhiễu xạ chỉ giải thích được dựa trên mô hình sóng và là bằng chứng cho tính chất sóng của bức xạ điện từ.

II. GIẢ THUYẾT DE BROGLIE

Vào năm 1924, Louis de Broglie (Lu-uýt đơ Brơi) cho rằng các electron chuyển động trong không gian có tính chất sóng. Một electron có vectơ động lượng $\vec{p} = m\vec{v}$ sẽ có bước sóng λ bằng:

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (10.1)$$

Ở đây $h = 6{,}626.10^{-34}$ (J.s) là hằng số Planck.

Louis de Broglie cho rằng tương tự như electron, mọi hạt vật chất đều có tính chất sóng, tức là chúng luôn có lưỡng tính sóng hạt. Bước sóng của các hạt vật chất được xác định theo công thức (10.1). Nhận định trên được gọi là giả thuyết de Broglie về lưỡng tính sóng hạt của vật chất.



Hình 10.3. Louis de Broglie (1892 –1987), nhà vật lí người Pháp

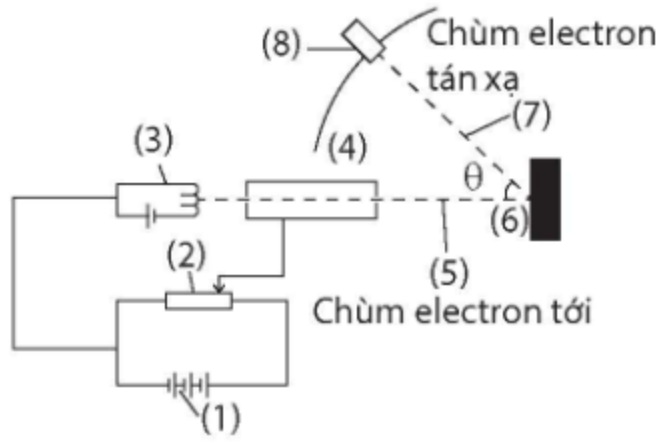
1. Một chùm electron được phóng ra khỏi ống phóng tia điện tử với tốc độ của mỗi electron bằng 25 000 m/s. Hãy xác định bước sóng của mỗi electron trong chùm electron trên.
2. Chứng minh rằng, khi hai vật chuyển động với cùng tốc độ, vật nào có khối lượng lớn hơn sẽ có bước sóng de Broglie nhỏ hơn.

III. HIỆN TƯỢNG NHIỄU XẠ ELECTRON

Năm 1927, Clinton Joseph Davisson (Cờ-lin-tơn dô-dep Đa-vít-sơn) và Lester Halbert Germer (Lét-xờ-tơ Han-bet Ghe-mơ) đã tiến hành thí nghiệm xác định được nhiễu xạ của chùm electron khi đập vào tinh thể nickel (Hình 10.4).

Chùm electron được phát từ một nguồn (3) nhờ phương pháp phát xạ nhiệt electron. Sau khi được tăng tốc khi qua điện trường (4), chùm hạt electron (5) tới đập vào tinh thể nickel (6) và xuất hiện hiện tượng tán xạ. Chùm electron tán xạ (7) sẽ được đo bởi máy đếm hạt (8) giúp ta xác định được số electron tán xạ trong một đơn vị thời gian theo từng phương θ.

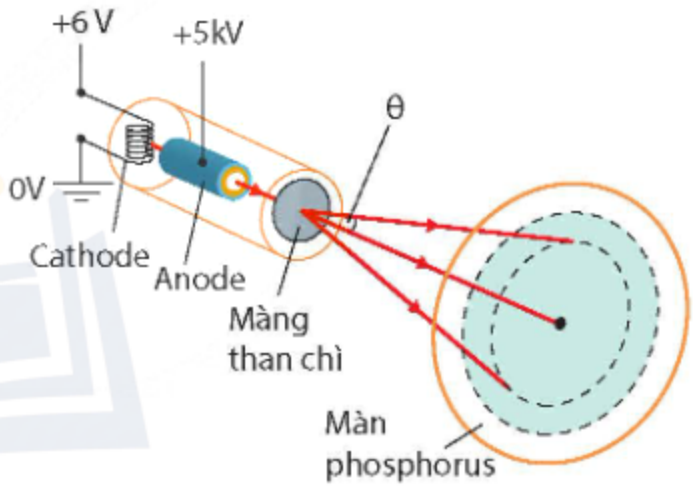
Kết quả cho thấy số electron tán xạ trong một đơn vị thời gian đo được theo từng phương là khác nhau. Có những phương cho giá trị cực đại xen kẽ với những phương cho giá trị cực tiểu. Chùm tia electron tán xạ trên các tinh thể nickel cho thấy có hiện tượng nhiễu xạ.



1. Nguồn điện; 2. Biến trở; 3. Nguồn phát electron; 4. Điện trường tăng tốc; 5. Chùm electron tới; 6. Tinh thể nickel; 7. Chùm electron tán xạ; 8. Ống đếm hạt.

Hình 10.4. Mô hình thí nghiệm nhiễu xạ sóng de Broglie của chùm hạt electron do Davisson và Germer thực hiện năm 1927

Chùm electron có năng lượng xác định khi chiếu qua màng than chì trong ống nhiễu xạ electron (như Hình 10.5) sẽ tạo ra được hình ảnh nhiễu xạ trên màn phosphorus tương tự như hình ảnh nhiễu xạ của bức xạ điện từ trong Hình 10.2. Vì vậy, chùm electron có tính chất sóng.



Hình 10.5. Mô hình ống nhiễu xạ electron

IV. BÀI TẬP VÍ DỤ

Chùm electron bật ra khỏi cathode trong ống nhiễu xạ electron như Hình 10.5 với các tốc độ khác nhau. Nếu một electron có tốc độ ban đầu $v_0 \approx 0$ sau đó được tăng tốc bởi điện trường giữa A và K có hiệu điện thế thay đổi trong khoảng từ 1 đến 5 kV. Tính tốc độ và từ đó tính bước sóng de Broglie của electron khi hiệu điện thế tăng tốc được đặt ở mức tối đa.

Giải:

Động năng của electron sau khi qua điện trường tăng tốc có giá trị bằng:

$$W_đ = qU = 1{,}6.10^{-19}.5\,000 = 8.10^{-16}\ (J)$$

Từ đó ta tính được tốc độ của electron sau khi được tăng tốc:

$$v = \sqrt{\frac{2.W_đ}{m}} = \sqrt{\frac{2.8.10^{-16}}{9{,}1.10^{-31}}} \approx 4{,}19.10^{7}\ (m/s)$$

Áp dụng công thức (10.1) ta tính được bước sóng de Broglie của mỗi electron:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6{,}626.10^{-34}}{9{,}1.10^{-31}.4{,}19.10^{7}} \approx 1{,}74.10^{-11}\ (m).$$

Một con báo nặng 50 kg đang chạy với tốc độ 72 km/h để đuổi theo con mồi. Xác định bước sóng de Broglie của con báo. Hãy so sánh tính chất sóng của con báo với tính chất sóng của electron ở trong bài tập ví dụ trên.

EM CÓ BIẾT?

Sự nhiễu xạ của chùm electron đã được sử dụng để nghiên cứu cấu trúc vật chất:

Sự nhiễu xạ của các electron được sử dụng để khám phá sự sắp xếp của các nguyên tử trong kim loại hay cấu trúc của các phân tử phức tạp như DNA. Khi đó các electron cần được gia tốc đến tốc độ phù hợp sao cho bước sóng của chúng vào cỡ khoảng cách giữa các nguyên tử, khoảng 10^{-10} m. Từ hình ảnh nhiễu xạ electron thu được có thể suy ra sự sắp xếp của các nguyên tử.

Các electron có tốc độ cao từ máy gia tốc hạt đã được sử dụng để xác định đường kính của hạt nhân nguyên tử. Bước sóng de Broglie của chúng cần đạt được cỡ 10^{-15} m tương ứng với kích thước của hạt nhân nguyên tử.

EM ĐÃ HỌC

- Giao thoa và nhiễu xạ là bằng chứng cho tính chất sóng của bức xạ điện từ.
- Giả thuyết de Broglie: Các electron chuyển động trong không gian có tính chất sóng. Một electron có vectơ động lượng $\vec{p} = m\vec{v}$ sẽ có bước sóng λ bằng:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

- Lưỡng tính sóng hạt là thuộc tính của mọi vật chất.

EM CÓ THỂ

- Tính được bước sóng de Broglie của mọi vật khi biết động lượng của chúng.
- Giải thích được hiện tượng nhiễu xạ của chùm electron.
- Giải thích được lưỡng tính sóng hạt của mọi vật xung quanh.

sách-giáo-khoa.com

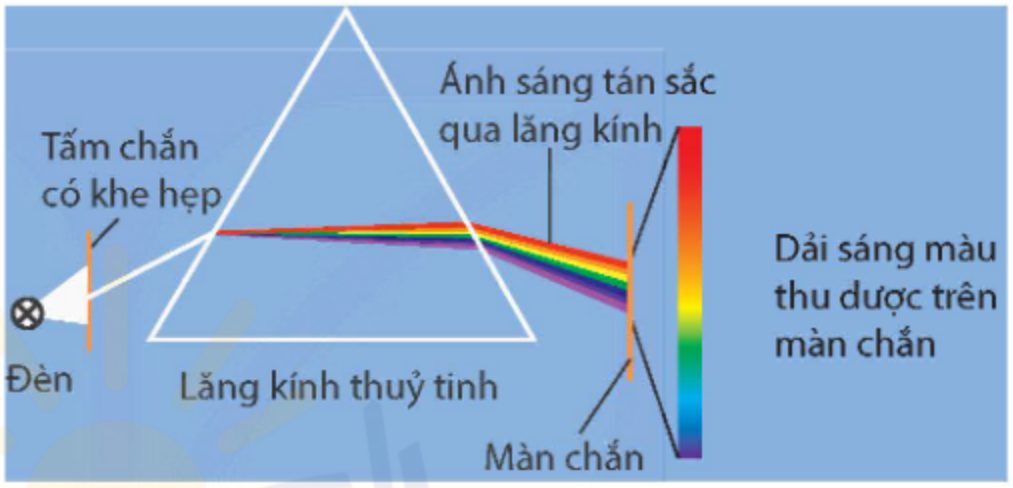
Bài 11

QUANG PHỔ VẠCH CỦA NGUYÊN TỬ

Sau cơn mưa vào những buổi chiều mùa hè, khi ánh nắng mặt trời xuất hiện, chúng ta có thể quan sát thấy cầu vồng với bảy màu: đỏ, da cam, vàng, lục, lam, chàm, tím. Tại sao bức xạ của mặt trời lại tạo ra được bảy sắc cầu vồng như vậy? Bức xạ của các vật chất khác phát ra có phân tách ra được thành các màu sắc như của cầu vồng hay không?

I. QUANG PHỔ

Ánh sáng trắng gồm một tập hợp các bức xạ điện từ có bước sóng từ khoảng $3{,}8.10^{-7}$ m (ánh sáng tím) đến khoảng $7{,}6.10^{-7}$ m (ánh sáng đỏ). Mỗi bức xạ có một bước sóng xác định được gọi là bức xạ đơn sắc (ánh sáng đơn sắc).



Hình 11.1. Minh hoạ sự tán sắc ánh sáng trắng qua lăng kính thuỷ tinh

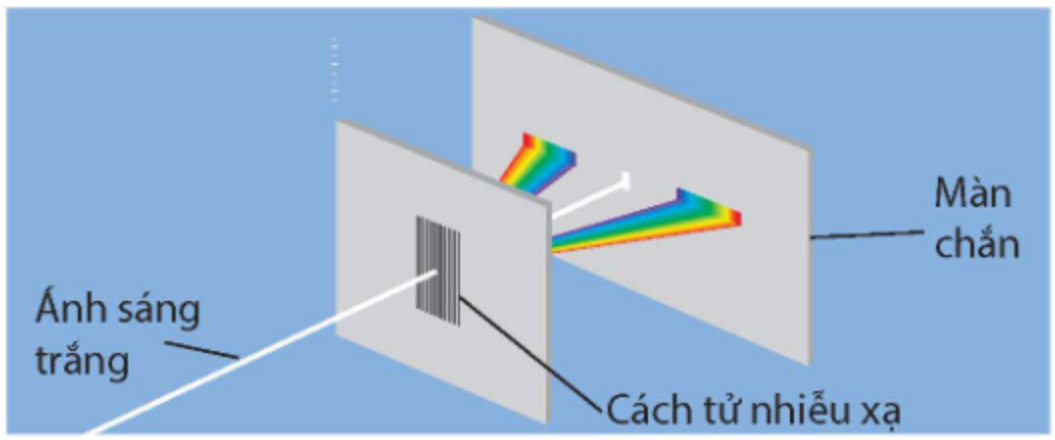
Trong buồng tối, ta chiếu ánh sáng từ đèn sợi đốt qua khe hẹp của tấm chắn để tạo thành tia sáng rọi vào một mặt bên của lăng kính thuỷ tinh như Hình 11.1. Chùm sáng ra khỏi mặt bên còn lại của lăng kính được hứng vào màn chắn sáng sẽ cho ta hình ảnh là một dải sáng nhiều màu. Hình ảnh trên màn là quang phổ của ánh sáng trắng. Việc phân tách ánh sáng thành các thành phần đơn sắc được gọi là sự tán sắc ánh sáng.

?

Hãy quan sát Hình 11.1 và liệt kê các màu cơ bản trên màn chắn theo thứ tự từ trên xuống dưới.

EM CÓ BIẾT?

Cách tử nhiễu xạ (là một tấm chứa các khe hẹp song song) cũng được dùng để tán sắc ánh sáng. Trong các máy phân tích quang phổ người ta thường sử dụng cách tử nhiễu xạ (Hình 11.2).

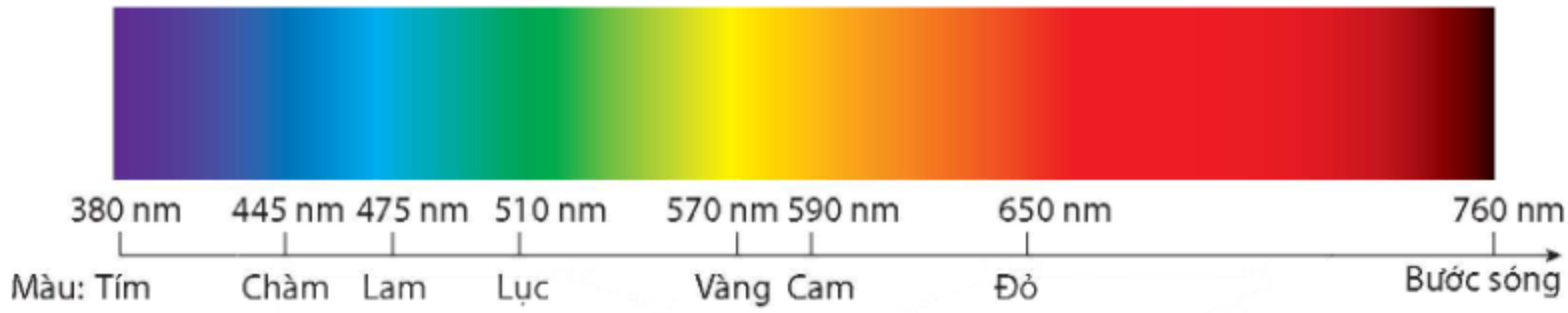


Hình 11.2. Minh hoạ sự tán sắc ánh sáng trắng qua cách tử nhiễu xạ

Ta đã biết chiết suất của lăng kính đối với mỗi ánh sáng đơn sắc là khác nhau. Vì vậy, mỗi lần đi qua mặt phân cách giữa hai môi trường ở hai mặt bên của lăng kính, chùm sáng ban đầu sẽ tách thành các chùm sáng đơn sắc theo các phương khác nhau. Quang phổ thu được trên màn chắn là các dải màu ứng với các ánh sáng đơn sắc đó.

Mọi chất khi được nung nóng đều có thể phát ra ánh sáng nhìn thấy. Quang phổ của ánh sáng do các chất đó phát ra gọi là quang phổ phát xạ. Quang phổ phát xạ của các chất có thể chia thành hai loại chính: quang phổ liên tục và quang phổ vạch phát xạ.

Quang phổ liên tục là một dải màu nối liền nhau một cách liên tục (Hình 11.3). Quang phổ liên tục do các chất khí có áp suất lớn, chất lỏng hoặc chất rắn, phát ra khi bị nung nóng.



Hình 11.3. Quang phổ liên tục của một chùm ánh sáng trắng phát ra từ bóng đèn sợi đốt

II. TRẠNG THÁI DỪNG CỦA NGUYÊN TỬ

Các mô hình vật lí giải thích cho cấu trúc của nguyên tử và hạt nhân hiện nay được xây dựng từ những ý tưởng ban đầu của Niels Henrik David Bohr (Nây Hen-rích Đa-vít Bo) về lượng tử năng lượng và trạng thái dừng.

1. Trạng thái dừng của nguyên tử

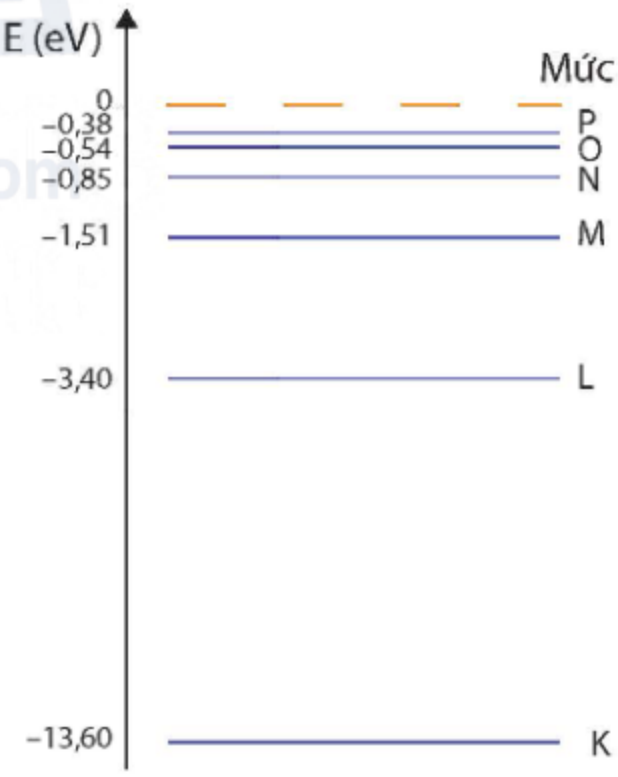
Năng lượng của nguyên tử cũng chính là năng lượng của electron trong nguyên tử.

Nguyên tử chỉ tồn tại trong một số trạng thái có năng lượng xác định gọi là trạng thái dừng. Ở trạng thái dừng, nguyên tử không phát xạ hay hấp thụ năng lượng.

Trạng thái cơ bản là trạng thái dừng mà nguyên tử có năng lượng thấp nhất. Trạng thái kích thích là trạng thái dừng mà nguyên tử có năng lượng cao hơn. Thường thì nguyên tử tồn tại ở trạng thái kích thích trong thời gian rất ngắn (cỡ 10^{-8} s) sau đó sẽ chuyển về trạng thái dừng có năng lượng thấp hơn và cuối cùng về trạng thái cơ bản.

Mức năng lượng của nguyên tử là rất nhỏ nên người ta thường dùng đơn vị năng lượng là electron vôn (eV):

$$1\ \text{eV} = 1{,}6.10^{-19}\ \text{J}$$



Hình 11.4. Một số mức năng lượng có thể của nguyên tử hydrogen

?

Hãy đổi giá trị các mức năng lượng của electron trong nguyên tử hydrogen trong Hình 11.4 sang đơn vị jun (J).

EM CÓ BIẾT?

Mô hình hành tinh nguyên tử

Năm 1911, Rutherford, nhà vật lí người New Zealand đưa ra mô hình hành tinh nguyên tử: Nguyên tử có cấu tạo rỗng, tâm nguyên tử là hạt nhân chiếm thể tích nhỏ, mang hầu như toàn bộ khối lượng của nguyên tử và có điện tích dương bằng +Ze. Các electron chuyển động quanh hạt nhân giống như các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời. Mô hình nguyên tử của Rutherford đã thành công trong việc giải thích được một số quá trình tán xạ hạt nhân nhưng không giải thích được tính bền vững của nguyên tử và sự xuất hiện quang phổ vạch của nguyên tử.

Năm 1913, nhà vật lí người Đan Mạch là Bohr đã phát triển mô hình hành tinh nguyên tử dựa trên quan điểm lượng tử của Plank và Einstein. Mô hình này có thể giải thích được sự hình thành quang phổ vạch của nguyên tử hydrogen.

2. Cơ chế hấp thụ và phát xạ năng lượng của nguyên tử

Nguyên tử chỉ hấp thụ hay phát xạ năng lượng dưới dạng bức xạ điện từ khi nó chuyển từ trạng thái dừng này sang trạng thái dừng khác.

Nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_n sang trạng thái dừng có năng lượng E_m thấp hơn thì nguyên tử phát xạ một photon có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$.

$$E_n - E_m = hf \qquad (11.1)$$

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_m mà hấp thụ một photon có năng lượng hf đúng bằng hiệu $E_n - E_m$ thì nó chuyển sang trạng thái dừng có năng lượng E_n cao hơn.

?

Dựa vào Hình 11.4 hãy xác định bước sóng dài nhất của các photon có thể bị hấp thụ bởi một nguyên tử hydrogen đang ở trạng thái cơ bản.

III. QUANG PHỔ VẠCH CỦA NGUYÊN TỬ

1. Quang phổ vạch phát xạ

Quang phổ vạch phát xạ là quang phổ gồm một hệ thống những vạch màu riêng rẽ được ngăn cách với nhau bởi những khoảng tối (Hình 11.5a).

Quang phổ vạch phát xạ do chất khí có áp suất thấp khi ở trạng thái kích thích phát ra. Quang phổ vạch phát xạ của các nguyên tố khác nhau sẽ khác nhau về số lượng các vạch, về vị trí các vạch (hay về bước sóng) và độ sáng của vạch này so với vạch kia trong cùng một quang phổ.

Dựa vào cơ chế bức xạ năng lượng của nguyên tử, hãy giải thích sự tạo thành quang phổ vạch phát xạ.

2. Quang phổ vạch hấp thụ

Chiếu một chùm ánh sáng trắng phát ra từ bóng đèn sợi đốt qua một bình thuỷ tinh chứa chất khí hoặc hơi kim loại, đến máy phân tích quang phổ ta sẽ thu được quang phổ vạch hấp

thụ của chất khí hoặc hơi kim loại nói trên. Quang phổ vạch hấp thụ gồm các vạch tối trên nền quang phổ liên tục của ánh sáng trắng.

Các chất khí hoặc hơi kim loại đều có thể cho quang phổ vạch hấp thụ.



Hình 11.5. Các vạch màu trong quang phổ vạch phát xạ (a) và các vạch tối trong quang phổ vạch hấp thụ (b) của nguyên tử hydrogen có sự trùng khớp về vị trí

Khi so sánh quang phổ vạch phát xạ và quang phổ vạch hấp thụ của cùng một nguyên tử có sự trùng khớp về vị trí các vạch tương ứng của chúng.

1. Hãy so sánh quang phổ vạch phát xạ và quang phổ vạch hấp thụ của nguyên tử hydrogen thu được trong Hình 11.5.
2. Giải thích tại sao có sự trùng khớp của vị trí các vạch trong Hình 11.5a và 11.5b.
3. Hãy chứng tỏ rằng, một nguyên tử có thể hấp thụ những photon tương ứng với ánh sáng đơn sắc có bước sóng nào thì khi bức xạ nó cũng có thể phát ra những photon có bước sóng như vậy.

sach-giao-khoa.com

Bài tập ví dụ

Hãy xác định bước sóng của photon phát ra khi nguyên tử hydrogen chuyển từ trạng thái có mức năng lượng $E_3 = -1{,}51eV$ về trạng thái có mức năng lượng $E_2 = -3{,}40eV$. Bước sóng của photon ứng với vạch quang phổ nào trong Hình 11.4.

Giải:

Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái có mức năng lượng E_3 về trạng thái có mức năng lượng E_2, nguyên tử hydrogen sẽ phát ra bức xạ có năng lượng

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda} = E_3 - E_2 = 1{,}89 \text{ eV}.$$

Bước sóng của photon phát ra có giá trị bằng

$$\lambda = \frac{hc}{E_3 - E_2} = \frac{6{,}626.10^{-34}.3.10^8}{1{,}89.1{,}6.10^{-19}} \approx 6{,}57.10^{-7} \text{ (m)}$$

So sánh với quang phổ phát xạ của khí hydrogen trong Hình 11.5 ta thấy bước sóng tính được ứng với vạch màu đỏ trong quang phổ trên. Kết quả tính trên có sai số rất nhỏ so với vạch quang phổ trong Hình 11.5 do có một số hằng số được làm tròn.

?

Quang phổ vạch hấp thụ của ánh sáng mặt trời có các vạch tối (Hình 11.6). Những vạch tối này là do sự hấp thụ các photon nhất định bởi các khí có nhiệt độ thấp hơn trong bầu khí quyển của Mặt Trời. Trong những vạch tối này, người ta phát hiện một vạch ứng với bước sóng khoảng 590 nm.

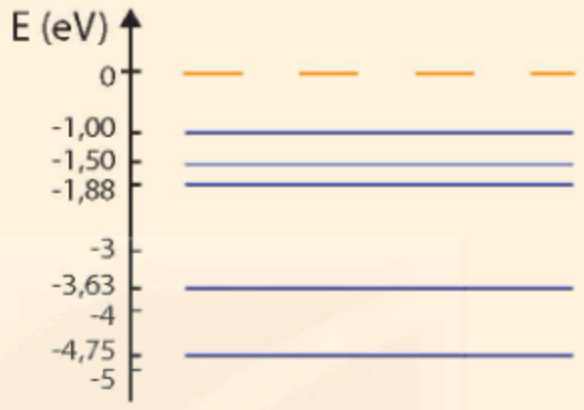


Hình 11.6. Quang phổ của ánh sáng mặt trời gồm những vạch tối

a) Tính năng lượng photon bị hấp thụ ứng với vạch trên.

b) Từ Hình 11.7, hãy giải thích cho nhận định rằng trong khí quyển Mặt Trời có nguyên tử helium.

(Trích nguồn: Basu, S; Antia, H.M. (2008), "Helioseismology and Solar Abundances", Physics Reports, 457 (5-6): 217-283)



Hình 11.7. Một số mức năng lượng của nguyên tử helium

EM CÓ BIẾT?

Mỗi nguyên tố khác nhau sẽ cho quang phổ vạch khác nhau. Phân tích quang phổ của các mẫu vật hay khoáng chất sẽ giúp chúng ta xác định thành phần hoá học của mẫu vật hay khoáng chất đó.

EM ĐÃ HỌC

- Sự phân tách ánh sáng trắng thành các thành phần đơn sắc được gọi là sự tán sắc ánh sáng.
- Nguyên tử chỉ tồn tại trong một số trạng thái có năng lượng xác định gọi là trạng thái dừng. Khi ở trạng thái dừng thì nguyên tử không bức xạ hay hấp thụ năng lượng. Nguyên tử chỉ hấp thụ hay bức xạ năng lượng dưới dạng bức xạ điện từ khi nó chuyển từ trạng thái dừng này sang trạng thái dừng khác.
- Quang phổ vạch phát xạ là quang phổ gồm một hệ thống những vạch màu riêng rẽ được ngăn cách với nhau bởi những khoảng tối. Quang phổ vạch phát xạ do chất khí có áp suất thấp khi ở trạng thái kích thích phát ra.
- Quang phổ vạch hấp thụ gồm các vạch tối trên nền quang phổ liên tục của ánh sáng trắng. Chất khí hoặc hơi kim loại đều có thể cho quang phổ vạch hấp thụ.
- Một nguyên tử có thể hấp thụ những photon tương ứng với ánh sáng đơn sắc có bước sóng nào thì khi bức xạ nó cũng có thể phát ra những photon có bước sóng như vậy.

EM CÓ THỂ

- Giải thích được sự hình thành của các vạch quang phổ.
- Tính được bước sóng của vạch quang phổ của một nguyên tố khi biết được các mức năng lượng của electron trong nguyên tử của nguyên tố đó.

Bài 12

VÙNG NĂNG LƯỢNG CỦA TINH THỂ CHẤT RẮN

Khi bị đốt nóng, dây đồng sẽ dẫn điện kém đi trong khi silic lại dẫn điện tốt hơn. Tại sao cùng chịu tác dụng nhiệt mà có những vật dẫn điện tốt hơn trong khi vật khác lại dẫn điện kém đi?

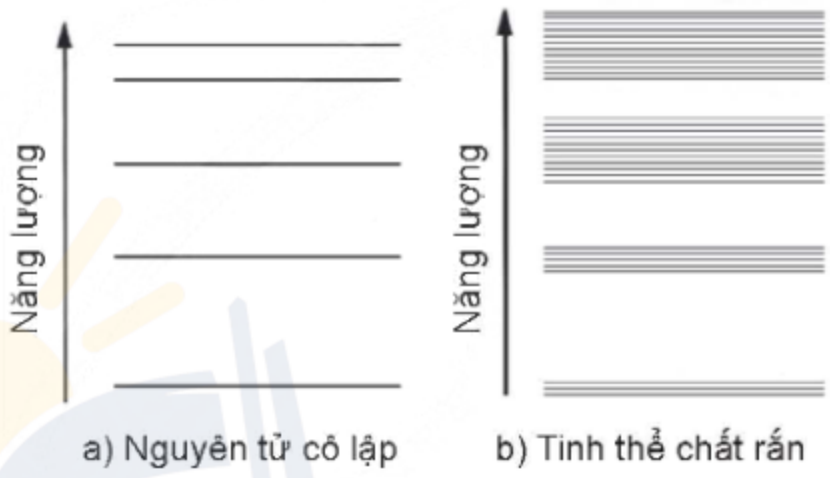
I. VÙNG NĂNG LƯỢNG TRONG TINH THỂ CHẤT RẮN

Như đã biết, electron trong nguyên tử cô lập chỉ tồn tại ở các mức năng lượng gián đoạn xác định (Hình 12.1a). Khi các nguyên tử liên kết với nhau để tạo thành tinh thể chất rắn, tương tác giữa các nguyên tử lân cận nhau sẽ làm cho các mức năng lượng của electron bị thay đổi so với ban đầu.

Khác với các mức năng lượng riêng lẻ như trong nguyên tử cô lập, trong tinh thể chất rắn các mức năng lượng được phép của electron được phân bố rất sát nhau theo từng vùng như được mô tả trong Hình 12.1b. Giữa chúng là các vùng mà năng lượng của electron không tồn tại. Để mô tả sự phân bố của electron theo năng lượng trong tinh thể chất rắn, người ta thường dùng sơ đồ vùng năng lượng như được minh hoạ trong Hình 12.2.

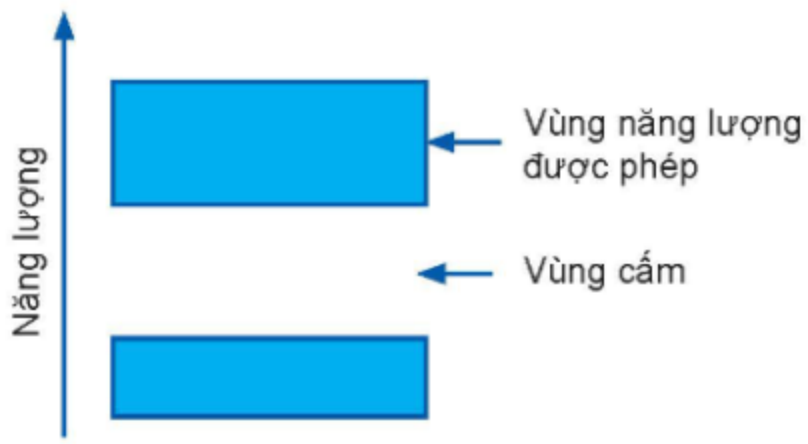
1. Trục thẳng đứng với mũi tên hướng lên trên biểu diễn độ lớn của năng lượng.
2. Các trạng thái năng lượng được phép được giới hạn bởi các hình chữ nhật.
3. Vùng năng lượng nằm giữa các vùng được phép được gọi là vùng cấm.

Mỗi loại tinh thể chất rắn đều có một sơ đồ vùng năng lượng đặc trưng cho tinh thể chất rắn đó. Với sơ đồ này, chúng ta có thể dự đoán và giải thích được nhiều tính chất vật lí của tinh thể chất rắn, đặc biệt là tính chất điện và tính chất quang.



Hình 12.1. Mức năng lượng của nguyên tử cô lập và vùng năng lượng của tinh thể

? Sự phân bố năng lượng của electron trong chất rắn khác với sự phân bố năng lượng của nó trong nguyên tử cô lập như thế nào?



Hình 12.2. Sơ đồ vùng năng lượng của tinh thể chất rắn

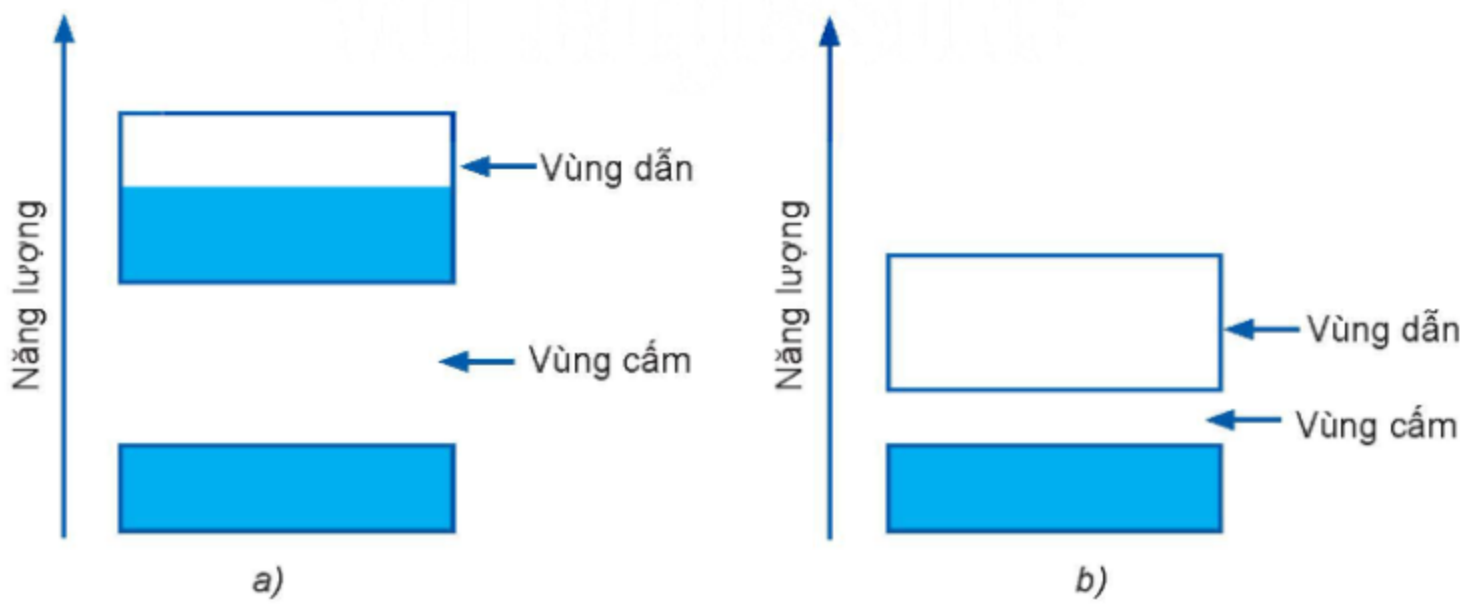
Hãy chỉ ra những vị trí trên Hình 12.2 mà electron được phép tồn tại và những vị trí mà electron không được phép tồn tại.

II. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ LÊN TÍNH DẪN ĐIỆN CỦA KIM LOẠI VÀ BÁN DẪN

Trong tinh thể chất rắn, các ion, nguyên tử hay phân tử được nằm ở các nút mạng. Chúng không di chuyển tự do mà chỉ dao động quanh vị trí cân bằng. Tinh thể chất rắn chỉ dẫn điện khi nó có các hạt mang điện tự do. Mật độ hạt mang điện tự do càng cao thì tinh thể chất rắn dẫn điện càng tốt. Mật độ hạt mang điện tự do của kim loại lớn hơn mật độ hạt mang điện tự do của bán dẫn do đó độ dẫn điện của kim loại tốt hơn độ dẫn điện của bán dẫn. Va chạm của hạt mang điện tự do với các phần tử ở nút mạng càng nhiều thì tinh thể chất rắn dẫn điện càng kém.

Theo lí thuyết vùng năng lượng, các electron tự do trong kim loại chiếm một phần vùng dẫn và vùng cấm phía dưới vùng dẫn của nó khá lớn (Hình 12.3a). Chính vì vậy, năng lượng nhiệt không thể chuyển các electron lên vùng dẫn do đó mật độ electron tự do trong vùng dẫn hầu như không chịu ảnh hưởng của nhiệt độ. Nhiệt độ tăng không làm tăng mật độ electron tự do nhưng lại làm cho các ion ở nút mạng dao động mạnh hơn làm cho tần suất va chạm giữa chúng với các electron tự do tăng lên. Do vậy, nhiệt độ tăng sẽ làm cho độ dẫn điện của kim loại giảm.

Theo lí thuyết vùng năng lượng, chất bán dẫn có vùng dẫn trống hoàn toàn và vùng cấm khá hẹp (Hình 12.3b). Chính vì vậy, khi nhận được năng lượng nhiệt, electron ở vùng hoá trị dễ dàng chuyển lên vùng dẫn để trở thành electron tự do, đồng thời để lại lỗ trống mang điện dương trong vùng hoá trị. Cả hai loại hạt này đều có thể tham gia vào quá trình dẫn điện và được gọi là hạt dẫn. Nhiệt độ càng cao thì càng có nhiều hạt dẫn được tạo ra, do đó mật độ hạt dẫn tăng lên. Thực tế đã chứng tỏ rằng khi nhiệt độ tăng, sự tăng độ dẫn điện do tăng mật độ hạt dẫn chiếm ưu thế hơn so với sự giảm độ dẫn điện do va chạm giữa hạt dẫn với các phần tử ở nút mạng. Chính vì vậy, khi nhiệt độ tăng thì độ dẫn điện của bán dẫn sẽ tăng.



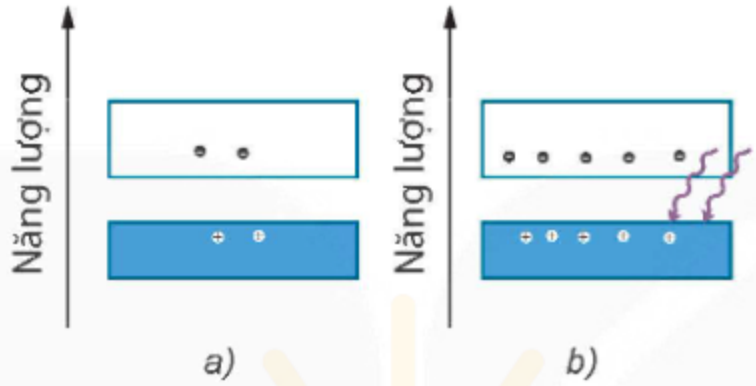
Hình 12.3. Sơ đồ vùng năng lượng của kim loại (a) và bán dẫn (b)

Hãy chỉ ra nguyên nhân làm thay đổi điện trở trong kim loại và bán dẫn khi nhiệt độ của chúng thay đổi.

III. SỰ THAY ĐỔI ĐIỆN TRỞ CỦA ĐIỆN TRỞ QUANG THEO CƯỜNG ĐỘ SÁNG

Điện trở quang được chế tạo bởi một lớp màng mỏng bán dẫn có sơ đồ vùng năng lượng như Hình 12.4. Ở nhiệt độ phòng, khi chưa được chiếu sáng thì chỉ có một số ít các electron ở vùng hoá trị nhận năng lượng nhiệt đủ lớn để chuyển lên vùng dẫn và để lại các lỗ trống trong vùng hoá trị (Hình 12.4a). Vì có ít hạt dẫn nên điện trở của điện trở quang trong bóng tối khá lớn. Khi được chiếu ánh sáng thích hợp sẽ có nhiều electron ở vùng hoá trị nhận được năng lượng để chuyển lên vùng dẫn đồng thời một số lượng tương ứng các lỗ trống được tạo ra ở vùng hoá trị (Hình 12.4 b).

Cường độ sáng càng mạnh thì càng có nhiều electron và lỗ trống được tạo ra. Chính vì vậy, khi được chiếu ánh sáng thích hợp thì điện trở của điện trở quang sẽ giảm. Cường độ sáng càng mạnh thì điện trở giảm càng nhiều.



Hình 12.4. Sơ đồ vùng năng lượng của điện trở quang khi chưa được chiếu sáng (a) và được chiếu sáng (b)

Hãy giải thích sự thay đổi điện trở của điện trở quang khi nó được chiếu sáng.

EM ĐÃ HỌC

- Ảnh hưởng của nhiệt độ lên tính chất dẫn điện của kim loại và bán dẫn.
- Sự thay đổi điện trở của điện trở quang theo cường độ sáng.

EM CÓ THỂ

- Dùng sơ đồ vùng năng lượng để phân loại được vật rắn theo tính chất điện của chúng.
- Dùng lí thuyết vùng năng lượng để giải thích được tính chất điện của bán dẫn và kim loại.
- Giải thích được hoạt động của một số linh kiện bán dẫn như điện trở nhiệt, điện trở quang.

EM CÓ BIẾT?

Nhờ có tính chất thay đổi độ dẫn điện theo nhiệt độ mà một số kim loại (như Pt, Ni) và một số chất bán dẫn đã được sử dụng để làm cảm biến nhiệt. Một cách tương tự, điện trở quang cũng thường được sử dụng làm cảm biến quang. Các cảm biến này đã được sử dụng trong rất nhiều thiết bị dân dụng như: lò sưởi, điều hoà nhiệt độ, bếp từ, bình nóng lạnh, điện thoại, ti vi,...

GIẢI THÍCH MỘT SỐ THUẬT NGỮ DÙNG TRONG SÁCH

THUẬT NGỮ	TRANG
Bức xạ điện từ: là điện từ trường lan truyền trong không gian.	49
Chụp không xâm lấn: là kĩ thuật chuẩn đoán hình ảnh trong y học mà bệnh nhân không cần phải mổ cũng như không cần đưa bất kì dụng cụ nào vào cơ thể.	46
Công suất cực đại của dòng điện xoay chiều: có giá trị bằng tích số giữa điện áp cực đại và cường độ dòng điện cực đại của dòng điện xoay chiều qua điện trở thuần.	9
Công suất toả nhiệt trung bình trên điện trở thuần: có giá trị bằng một nửa công suất cực đại của dòng điện xoay chiều chạy qua điện trở thuần.	9
Cường độ dòng quang điện bão hoà: là cường độ cực đại và không đổi của dòng quang điện đạt được khi hiệu điện thế U_{AK} vượt qua một hiệu điện thế U_1 nào đó.	49
Diode bán dẫn: là thiết bị bán dẫn cho dòng điện chạy qua theo một chiều.	19
Tần số Lamor: $\omega = \gamma B$, trong đó ω là tần số quay hay tần số cộng hưởng, B là cường độ từ trường còn γ là một giá trị không đổi gọi là hằng số Larmor.	45

sach-giao-khoa.com

Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam xin trân trọng cảm ơn các tác giả có tác phẩm, tư liệu được sử dụng, trích dẫn trong cuốn sách này.

Chịu trách nhiệm xuất bản:
Chủ tịch Hội đồng thành viên – Tổng Giám đốc NGUYỄN TIẾN THANH

Chịu trách nhiệm nội dung:
Tổng biên tập PHẠM VĨNH THÁI

Biên tập lần đầu: ĐINH THỊ THÁI QUỲNH – NGUYỄN THÀNH ĐẠT
Biên tập tái bản: ĐINH THỊ THÁI QUỲNH
Biên tập mĩ thuật: NGUYỄN BÍCH LA
Thiết kế sách: THÁI THANH VÂN
Trình bày bìa: NGUYỄN BÍCH LA
Minh hoạ: NGUYỄN THỊ NGỌC THUỶ
Sửa bản in: PHẠM THỊ TÌNH – PHAN THỊ THANH BÌNH
Chế bản: CÔNG TY CỔ PHẦN MĨ THUẬT VÀ TRUYỀN THÔNG

Bản quyền © (2024) thuộc Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.

Xuất bản phẩm đã đăng kí quyền tác giả. Tất cả các phần của nội dung cuốn sách này đều không được sao chép, lưu trữ, chuyển thể dưới bất kì hình thức nào khi chưa có sự cho phép bằng văn bản của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP VẬT LÍ 12
Mã số: G1HHZL004h26
In ..... bản, (QĐ .....) khổ 19 x 26,5 cm.
Đơn vị in:.....
Cơ sở in:.....
Số ĐKXB: 7-2026/CXBIPH/188-09/GD
Số QĐXB: .../..... ngày ... tháng ... năm .....
In xong và nộp lưu chiểu quý ..... năm .....
Mã số ISBN: 978-604-0-39257-2



HUÂN CHƯƠNG HỒ CHÍ MINH

BỘ SÁCH GIÁO KHOA LỚP 12 – KẾT NỐI TRI THỨC VỚI CUỘC SỐNG

1. Ngữ văn 12, tập một
2. Ngữ văn 12, tập hai
3. Chuyên đề học tập Ngữ văn 12
4. Toán 12, tập một
5. Toán 12, tập hai
6. Chuyên đề học tập Toán 12
7. Lịch sử 12
8. Chuyên đề học tập Lịch sử 12
9. Địa lí 12
10. Chuyên đề học tập Địa lí 12
11. Giáo dục kinh tế và pháp luật 12
12. Chuyên đề học tập Giáo dục kinh tế và pháp luật 12
13. Vật lí 12
14. Chuyên đề học tập Vật lí 12
15. Hoá học 12
16. Chuyên đề học tập Hoá học 12
17. Sinh học 12
18. Chuyên đề học tập Sinh học 12
19. Công nghệ 12 – Công nghệ Điện – Điện tử
20. Chuyên đề học tập Công nghệ 12 – Công nghệ Điện – Điện tử
21. Công nghệ 12 – Lâm nghiệp – Thuỷ sản
22. Chuyên đề học tập Công nghệ 12 – Lâm nghiệp – Thuỷ sản
23. Tin học 12 – Định hướng Tin học ứng dụng
24. Chuyên đề học tập Tin học 12 – Định hướng Tin học ứng dụng
25. Tin học 12 – Định hướng Khoa học máy tính
26. Chuyên đề học tập Tin học 12 – Định hướng Khoa học máy tính
27. Mĩ thuật 12 – Thiết kế mĩ thuật đa phương tiện
28. Mĩ thuật 12 – Thiết kế đồ hoạ
29. Mĩ thuật 12 – Thiết kế thời trang
30. Mĩ thuật 12 – Thiết kế mĩ thuật sân khấu, điện ảnh
31. Mĩ thuật 12 – Lí luận và lịch sử mĩ thuật
32. Mĩ thuật 12 – Điêu khắc
33. Mĩ thuật 12 – Kiến trúc
34. Mĩ thuật 12 – Hội hoạ
35. Mĩ thuật 12 – Đồ hoạ (tranh in)
36. Mĩ thuật 12 – Thiết kế công nghiệp
37. Chuyên đề học tập Mĩ thuật 12
38. Âm nhạc 12
39. Chuyên đề học tập Âm nhạc 12
40. Hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp 12
41. Giáo dục thể chất 12 – Bóng chuyền
42. Giáo dục thể chất 12 – Bóng đá
43. Giáo dục thể chất 12 – Cầu lông
44. Giáo dục thể chất 12 – Bóng rổ
45. Giáo dục quốc phòng và an ninh 12
46. Tiếng Anh 12 – Global Success – Sách học sinh

Website: https://www.nxbgd.vn

KẾT NỐI TRI THỨC VỚI CUỘC SỐNG

ISBN 978-604-0-39257-2

9 786040 392572

Giá: 8.900 đ