



PHẠM NGUYỄN THÀNH VINH – PHÙNG VIỆT HẢI (đồng Chủ biên)
ĐOÀN HỒNG HÀ – ĐỖ XUÂN HỘI
NGUYỄN NHƯ HUY – TRƯƠNG ĐẶNG HOÀI THU

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP VẬT LÝ

12



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM



HỘI ĐỒNG QUỐC GIA THẨM ĐỊNH SÁCH GIÁO KHOA

Môn: Vật lí – Lớp 12

(Theo Quyết định số 1882/QĐ-BGDĐT ngày 29 tháng 6 năm 2023
và Quyết định số 2892/QĐ-BGDĐT ngày 03 tháng 10 năm 2023
của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo)

Chủ tịch: ĐỖ HƯƠNG TRÀ
Phó Chủ tịch: LỤC HUY HOÀNG
Ủy viên, Thư kí: NGUYỄN HỮU TÌNH

Các uỷ viên: LÊ ANH ĐỨC – NGUYỄN VĂN HỢP
ĐẶNG TIẾN SƠN – VŨ THỊ THU
NGUYỄN VĂN THUẬN – NGUYỄN VĂN TÚ

PHẠM NGUYỄN THÀNH VINH – PHÙNG VIỆT HẢI (đồng Chủ biên)
ĐOÀN HỒNG HÀ – ĐỖ XUÂN HỘI
NGUYỄN NHƯ HUY – TRƯƠNG ĐẶNG HOÀI THU

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP

VẬT LÝ

12



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Hướng dẫn sử dụng sách

Trong mỗi bài học gồm các nội dung sau:

MỞ ĐẦU



Khởi động, đặt vấn đề, gợi mở và tạo hứng thú vào bài học

HÌNH THÀNH KIẾN THỨC MỚI



Hoạt động hình thành kiến thức mới qua việc quan sát hình ảnh, thí nghiệm hoặc trải nghiệm thực tế



Thảo luận để hình thành kiến thức mới

LUYỆN TẬP



Củng cố kiến thức và rèn luyện kỹ năng đã học

VẬN DỤNG



Vận dụng kiến thức và kỹ năng đã học vào thực tiễn cuộc sống

MỞ RỘNG



Giới thiệu thêm kiến thức và ứng dụng liên quan đến bài học, giúp các em tự học ở nhà

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

LỜI NÓI ĐẦU

Các em học sinh, quý thầy, cô giáo và phụ huynh thân mến!

Bên cạnh nội dung giáo dục cốt lõi của sách giáo khoa, các em học sinh được lựa chọn một số chuyên đề học tập trong từng năm học. Mục tiêu của các chuyên đề học tập là: mở rộng, nâng cao kiến thức của môn học tương ứng để đáp ứng yêu cầu phân hoá sâu ở cấp Trung học phổ thông cũng như định hướng hướng nghiệp ở cấp Trung học phổ thông.

Bên cạnh sách giáo khoa *Vật lí 12*, sách *Chuyên đề học tập Vật lí 12* giới thiệu 3 chuyên đề sau:

Chuyên đề 1. Dòng điện xoay chiều: Giới thiệu về các đặc trưng của dòng điện xoay chiều như: tần số, điện áp xoay chiều, cường độ dòng điện xoay chiều, công suất toả nhiệt trung bình trên điện trở thuần, các giá trị hiệu dụng và cực đại. Từ đó, các em tìm hiểu thêm về máy biến áp và vai trò của nó trong việc truyền dòng điện đi xa cũng như kĩ thuật chỉnh lưu dòng điện xoay chiều để tạo ra dòng điện một chiều.

Chuyên đề 2. Một số ứng dụng vật lí trong chẩn đoán y học: Đây là một chuyên đề có tính thực tiễn cao, cung cấp cho học sinh những kiến thức liên quan đến: chẩn đoán bằng siêu âm, bản chất và cách tạo ra tia X để ứng dụng trong chẩn đoán bằng tia X và chụp cắt lớp (CT), chẩn đoán bằng cộng hưởng từ.

Chuyên đề 3. Vật lí lượng tử: Cung cấp những kiến thức nền tảng liên quan đến hiệu ứng quang điện và năng lượng của photon, lưỡng tính sóng hạt của photon và vật chất, quang phổ vạch của nguyên tử và vùng năng lượng. Đây là những kiến thức nền tảng cho sự phát triển của vật lí hiện đại trong thế kỉ XX và XXI.

Mỗi chuyên đề được chia thành một số bài học, mỗi bài học gồm một chuỗi các hoạt động nhằm hình thành năng lực cho học sinh gồm: khởi động, khám phá, luyện tập, vận dụng, mở rộng và cuối mỗi bài học sẽ có hệ thống bài tập giúp học sinh rèn luyện và tự đánh giá kết quả học tập của mình.

Cùng với sách giáo khoa, sách *Chuyên đề học tập Vật lí 12* thuộc bộ sách giáo khoa Chân trời sáng tạo của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam được biên soạn dựa trên định hướng phát triển phẩm chất và năng lực người học. Các tác giả hi vọng cuốn sách *Chuyên đề học tập Vật lí 12* sẽ là người bạn đồng hành hữu ích cùng các em khám phá thế giới tự nhiên dưới góc độ vật lí, vận dụng kiến thức, kĩ năng vật lí vào thực tiễn và định hướng nghề nghiệp cho tương lai.

Rất mong nhận được sự góp ý của quý thầy, cô giáo, phụ huynh và các em học sinh để sách ngày càng hoàn thiện hơn.

Các tác giả

MỤC LỤC

Hướng dẫn sử dụng sách	2
Lời nói đầu	3
Mục lục	4
Chuyên đề 1: DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU	5
Bài 1. Các đặc trưng của dòng điện xoay chiều	5
Bài 2. Máy biến áp. Truyền tải điện năng	14
Bài 3. Chính lưu dòng điện xoay chiều	18
Chuyên đề 2: MỘT SỐ ỨNG DỤNG VẬT LÝ TRONG CHẨN ĐOÁN Y HỌC	24
Bài 4. Chẩn đoán bằng siêu âm	24
Bài 5. Tia X. Chụp ảnh X-quang và chụp ảnh cắt lớp (CT)	29
Bài 6. Chụp ảnh cộng hưởng từ (MRI)	39
Chuyên đề 3: VẬT LÝ LƯỢNG TỬ	42
Bài 7. Hiệu ứng quang điện và năng lượng của photon	42
Bài 8. Lượng tính sóng hạt	50
Bài 9. Quang phổ vạch của nguyên tử	54
Bài 10. Vùng năng lượng	59
Giải thích thuật ngữ	63

DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Chuyên đề
1

Bài 1

CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

- Biểu thức đại số hoặc đồ thị của cường độ dòng điện, điện áp xoay chiều.
- Công suất toả nhiệt trung bình trên điện trở thuần bằng một nửa công suất cực đại của dòng điện xoay chiều hình sin (chạy qua điện trở thuần này).
- Thiết kế phương án, chọn phương án, thực hiện phương án, đo tần số, điện áp xoay chiều bằng dụng cụ thực hành.
- Thiết kế phương án hoặc lựa chọn phương án và thực hiện phương án, khảo sát đoạn mạch xoay chiều RLC mắc nối tiếp bằng dụng cụ thực hành.

 Các thiết bị điện, điện tử mà chúng ta sử dụng trong sinh hoạt và sản xuất hiện nay như: bóng đèn, tivi, máy giặt, tủ lạnh, điều hoà, quạt điện, động cơ điện, ... chủ yếu dùng dòng điện xoay chiều. Vậy, dòng điện xoay chiều là gì? Nó có những đại lượng đặc trưng gì và cách đo các đại lượng đó như thế nào?

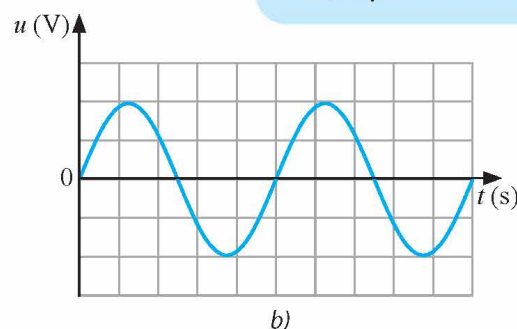
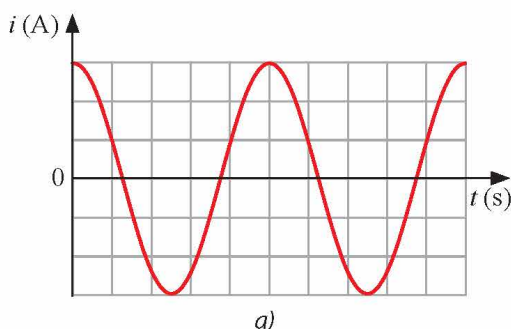
1 NHẮC LẠI MỘT SỐ KIẾN THỨC VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

➡ Khái niệm dòng điện xoay chiều

Dòng điện xoay chiều là dòng điện có cường độ biến thiên điều hoà theo thời gian (Hình 1.1).



1. Hãy viết biểu thức cường độ dòng điện và điện áp xoay chiều. Giải thích các đại lượng. So sánh giá trị hiệu dụng và giá trị cực đại của cường độ dòng điện, điện áp.



▲ Hình 1.1. Dạng đồ thị của cường độ dòng điện (a) và điện áp (b) theo thời gian

Biểu thức của cường độ dòng điện xoay chiều:

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

với i là cường độ dòng điện tức thời (A).

I_0 là cường độ dòng điện cực đại (A).

ω là tần số góc của dòng điện (rad/s).

φ_i là pha ban đầu của cường độ dòng điện.

Biểu thức của điện áp xoay chiều:

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

với u là điện áp tức thời (V).

U_0 là điện áp cực đại (V).

φ_u là pha ban đầu của điện áp.

Nguyên lý tạo ra dòng điện xoay chiều

Dòng điện xoay chiều được tạo ra bằng cách cho một khung dây dẫn phẳng kín quay quanh một trục cố định với tốc độ góc ω trong một từ trường đều có cảm ứng từ $\vec{B}$ (Hình 1.3). Khi đó, từ thông qua khung dây biến thiên, làm xuất hiện suất điện động cảm ứng. Nếu nối hai đầu khung dây với các linh kiện như: điện trở, tụ điện, cuộn dây thì trong mạch sẽ xuất hiện dòng điện xoay chiều biến thiên điều hoà theo thời gian với tần số góc ω .

Các giá trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều

Ta có: Giá trị hiệu dụng = $\frac{\text{Giá trị cực đại}}{\sqrt{2}}$.

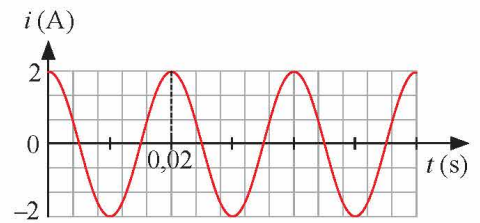
Hay:

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}, I \text{ gọi là cường độ dòng điện hiệu dụng.}$$

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}, U \text{ gọi là điện áp hiệu dụng.}$$

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{2}}, E \text{ gọi là suất điện động hiệu dụng.}$$

Khi mắc ampe kế hay vôn kế vào mạch, số chỉ trên các dụng cụ đo là giá trị hiệu dụng.

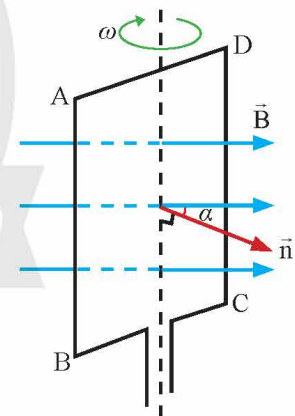


Hình 1.2. Đồ thị sự phụ thuộc của cường độ dòng điện theo thời gian



Từ đồ thị cường độ của dòng điện xoay chiều theo thời gian ở Hình 1.2, hãy xác định:

- Biên độ, tần số, chu kỳ, tần số góc, pha ban đầu, cường độ dòng điện hiệu dụng.
- Biểu thức cường độ dòng điện tức thời.
- Khoảng thời gian cường độ dòng điện tăng trong chu kỳ đầu tiên.



Hình 1.3. Sơ đồ nguyên tắc tạo ra điện áp xoay chiều

► Công suất toả nhiệt trung bình trên điện trở thuần

Cho dòng điện xoay chiều $i = I_0 \cos(\omega t + \varphi_i)$ chạy qua một điện trở thuần R làm điện trở toả nhiệt.

Công suất toả nhiệt tức thời trên điện trở là: $p = Ri^2 = RI_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi_i)$

Khi đó: Công suất toả nhiệt trung bình trên điện trở trong một chu kì là

$$\mathcal{P} = \bar{p} = \frac{RI_0^2}{2} \quad (1.3)$$

Công suất cực đại của dòng điện xoay chiều chạy qua điện trở là

$$\mathcal{P}_0 = RI_0^2 \quad (1.4)$$

Như vậy: Công suất toả nhiệt trung bình trên điện trở bằng một nửa công suất cực đại của dòng điện xoay chiều chạy qua điện trở đó.

2 THÍ NGHIỆM ĐO TẦN SỐ, ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU

* Mục đích:

Đo được tần số và điện áp xoay chiều bằng dụng cụ thực hành.

* Dụng cụ:

- Biến áp nguồn có điện áp đầu ra xoay chiều và có thể thay đổi được (1).
- Đồng hồ đo điện đa năng hiện số có chức năng đo tần số (2).
- Que đo đồng hồ đa năng (3).



2. Từ các dụng cụ thí nghiệm như Hình 1.4, đề xuất phương án thí nghiệm đo tần số và điện áp của dòng điện xoay chiều từ đầu ra của biến áp nguồn.



▲ Hình 1.4. Dụng cụ thí nghiệm đo tần số và điện áp xoay chiều

* Tiến hành thí nghiệm

Bước 1: Cắm biến áp nguồn vào ổ điện 220 V – 50 Hz. Bật công tắc cho biến áp hoạt động. Vận núm xoay phía trước để điều chỉnh điện áp đầu ra xoay chiều.

Bước 2: Ấn nút ON/OFF để đồng hồ đo điện đa năng hoạt động, vận núm xoay để điều chỉnh chế độ đo điện áp xoay chiều.

Bước 3: Cắm hai dây nối của que đo vào đồng hồ đo điện đa năng.

Bước 4: Cắm hai đầu kim nhọn của hai dây nối vào hai lỗ cắm đầu ra của biến áp nguồn.

Quan sát số chỉ điện áp hiệu dụng và tần số trên mặt đồng hồ đo. Khi các số chỉ ổn định, ghi lại hai giá trị này vào vở theo mẫu Bảng 1.1. Rút hai đầu kim nhọn ra khỏi biến áp nguồn.

Bước 5: Lặp lại bước 4 hai lần.

Bước 6: Tắt biến áp nguồn và rút phích cắm khỏi ổ điện. Tắt đồng hồ đo.



* Báo cáo kết quả thí nghiệm (số liệu minh họa)

▼ Bảng 1.1. Kết quả thí nghiệm đo tần số và điện áp xoay chiều

Lần đo	U (V)	f (Hz)
1	9,012	50,03
2	9,005	49,97
3	8,995	50,05
Giá trị trung bình	–	–

- Xác định độ chia nhỏ nhất của phép đo tần số, điện áp trên đồng hồ.
- Tính giá trị trung bình, sai số và viết kết quả. Nhận xét giá trị tần số đo được với tần số đã biết của mạng lưới điện.



Thay biến áp nguồn bằng máy phát âm tần, thực hiện lại phép đo biên độ và tần số của tín hiệu xoay chiều do máy phát âm tần tạo ra.

3 CÁC MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

➡ Mạch điện xoay chiều chỉ có điện trở thuần

Đặt một điện áp xoay chiều $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$ vào hai đầu đoạn mạch chỉ có điện trở thuần R như Hình 1.5.

Tại mỗi thời điểm, cường độ dòng điện và điện áp tức thời tuân theo định luật Ohm nên:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_0}{R} \cos(\omega t + \varphi_u) = I_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$$

Trong đó, $I_0 = \frac{U_0}{R}$ hay $I = \frac{U}{R}$ (1.5)

(1.5) là biểu thức định luật Ohm cho đoạn mạch chỉ có điện trở thuần.

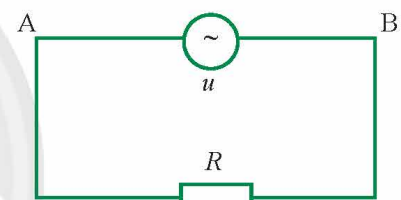
Như vậy, qua đoạn mạch chỉ có điện trở thuần, điện áp u và cường độ dòng điện i biến thiên điều hoà theo thời gian cùng tần số, cùng pha (Hình 1.6).



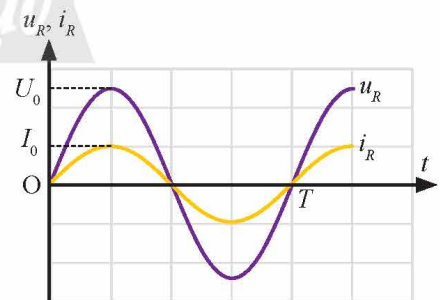
Đặt vào hai đầu điện trở R một điện áp u biến thiên điều hoà theo thời gian. Từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2 điện áp u giảm từ giá trị 12 V đến 3 V thì cường độ dòng điện qua mạch tương ứng giảm từ giá trị $i_1 = 1,6$ A đến i_2 .
Tìm i_2 .

➡ Mạch điện xoay chiều chỉ có tụ điện

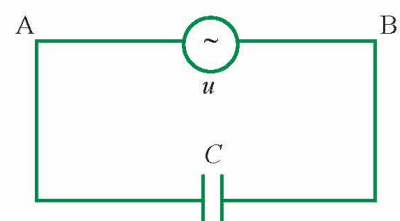
Đặt một điện áp xoay chiều $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$ vào hai đầu tụ điện có điện dung C như Hình 1.7.



▲ Hình 1.5. Sơ đồ mạch điện xoay chiều chỉ có điện trở thuần



▲ Hình 1.6. Sự biến thiên của u và i theo thời gian trong đoạn mạch chỉ có điện trở thuần



▲ Hình 1.7. Sơ đồ mạch điện xoay chiều chỉ có tụ điện

Cường độ dòng điện chạy qua tụ điện là:

$$i = \frac{U_0}{Z_C} \cos(\omega t + \varphi_u + \frac{\pi}{2}) = I_0 \cos(\omega t + \varphi_u + \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

Trong đó, $I_0 = \frac{U_0}{Z_C}$ hay $I = \frac{U_C}{Z_C}$ (1.6)

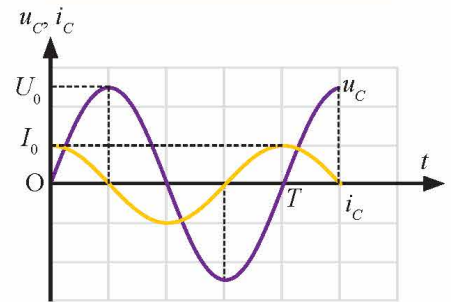
(1.6) là biểu thức định luật Ohm cho đoạn mạch chỉ có tụ điện.

$Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$ (1.7) đặc trưng cho khả năng cản trở dòng điện xoay chiều của tụ điện, gọi là **dung kháng**. Trong hệ SI, dung kháng có đơn vị là Ω .

Như vậy, qua đoạn mạch chỉ có tụ điện C , điện áp u biến thiên điều hoà theo thời gian cùng tần số và trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với cường độ dòng điện i (Hình 1.8).



3. Dựa vào biểu thức dung kháng $Z_C = \frac{1}{\omega C}$, giải thích tại sao tụ điện lại không cho dòng điện một chiều đi qua.



▲ Hình 1.8. Sự biến thiên của u và i theo thời gian trong đoạn mạch chỉ có tụ điện

➡ Mạch điện xoay chiều chỉ có cuộn cảm thuần

* Độ tự cảm của cuộn dây

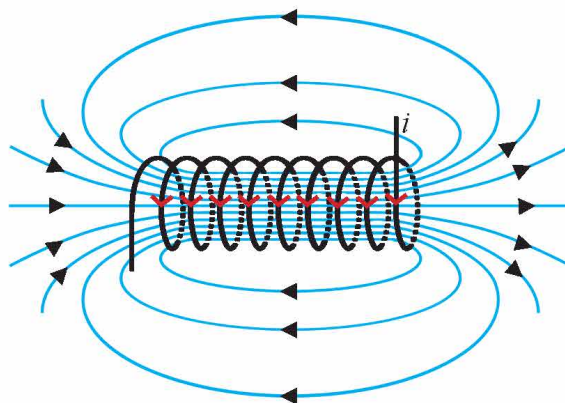
Giả sử có dòng điện i chạy qua cuộn dây, dòng điện này gây ra từ trường có các đường sức như Hình 1.9. Từ thông Φ qua tiết diện của cuộn dây tỉ lệ với cảm ứng từ mà dòng điện sinh ra, cảm ứng từ này tỉ lệ với cường độ dòng điện i . Như vậy, từ thông Φ tỉ lệ với cường độ dòng điện i qua cuộn dây:

$$\Phi = Li$$

L là hệ số tỉ lệ, đặc trưng cho mỗi cuộn dây, gọi là độ tự cảm (hay hệ số tự cảm) của cuộn dây. Trong hệ SI, độ tự cảm có đơn vị là henry (kí hiệu là H).

Thông thường, mỗi cuộn dây được đặc trưng bởi hai đại lượng là điện trở r và độ tự cảm L .

Khi điện trở r của cuộn dây quá nhỏ (có thể bỏ qua) thì cuộn dây được gọi là cuộn cảm thuần.



▲ Hình 1.9. Từ trường của cuộn dây có dòng điện i sinh ra

* Dòng điện xoay chiều qua cuộn cảm thuần

Đặt một điện áp xoay chiều $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$ vào hai đầu cuộn cảm thuần có độ tự cảm L như Hình 1.10.

Cường độ dòng điện chạy qua cuộn cảm có biểu thức:

$$i = \frac{U_0}{Z_L} \cos(\omega t + \varphi_u - \frac{\pi}{2}) = I_0 \cos(\omega t + \varphi_u - \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

Trong đó: $I_0 = \frac{U_0}{Z_L}$ hay $I = \frac{U_L}{Z_L}$ (1.8)

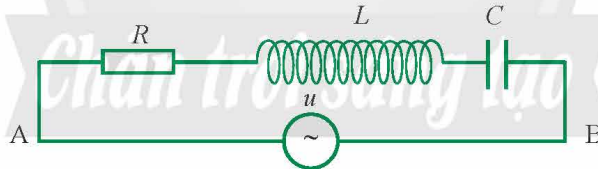
(1.8) là biểu thức định luật Ohm cho đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần.

$Z_L = \omega L = 2\pi fL$ (1.9) đặc trưng cho khả năng cản trở dòng điện xoay chiều của cuộn cảm, gọi là **cảm kháng**. Trong hệ SI, cảm kháng có đơn vị là Ω .

Như vậy, qua đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần L , điện áp u biến thiên điều hoà theo thời gian cùng tần số và sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với cường độ dòng điện i (Hình 1.11).

►► Mạch điện xoay chiều RLC nối tiếp

Đặt một điện áp xoay chiều $u = U_0 \cos(\omega t + \varphi_u)$ vào hai đầu đoạn mạch RLC mắc nối tiếp như Hình 1.12.



▲ Hình 1.12. Sơ đồ mạch điện xoay chiều RLC nối tiếp

Khi đó, dòng điện qua mạch có biểu thức là:

$$i = \frac{U_0}{Z} \cos(\omega t + \varphi_u - \varphi) = I_0 \cos(\omega t + \varphi_u - \varphi) \text{ (A)}$$

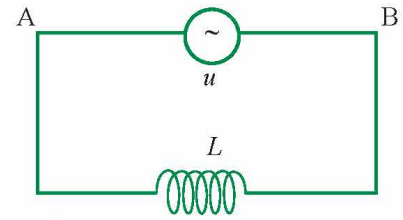
Trong đó, $I_0 = \frac{U_0}{Z}$ hay $I = \frac{U}{Z}$ (1.10)

(1.10) là biểu thức định luật Ohm cho đoạn mạch RLC nối tiếp.

với $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$ (1.11) đặc trưng cho khả năng cản trở dòng điện xoay chiều của toàn mạch, gọi là **tổng trở** toàn mạch. Trong hệ SI, tổng trở có đơn vị là Ω .

$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ là độ lệch pha của u so với i .

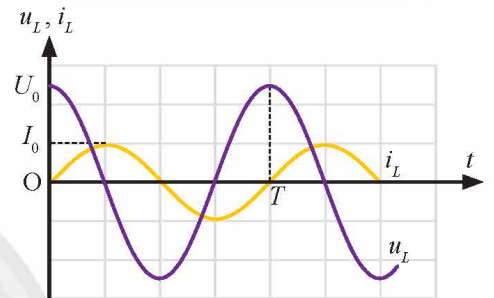
Qua đoạn mạch RLC nối tiếp, điện áp u biến thiên điều hoà theo thời gian cùng tần số và lệch pha góc φ so với cường độ dòng điện i .



▲ Hình 1.10. Sơ đồ mạch điện xoay chiều chỉ có cuộn cảm thuần



4. Dựa vào biểu thức cảm kháng $Z_L = \omega L$, tìm mối quan hệ giữa u và i khi đặt điện áp không đổi vào hai đầu cuộn cảm thuần.



▲ Hình 1.11. Sự biến thiên của u và i theo thời gian trong đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần



Đặt điện áp $u = 50\sqrt{2}\cos 100\pi t(\text{V})$ vào hai đầu đoạn mạch RLC nối tiếp gồm điện trở thuần $30\ \Omega$, cuộn cảm thuần có độ tự cảm $\frac{0,8}{\pi}\text{H}$, tụ điện có điện dung $\frac{250}{\pi}\mu\text{F}$.

a) Tính tổng trở toàn mạch.

b) Tính cường độ dòng điện cực đại, cường độ dòng điện hiệu dụng qua đoạn mạch.



Hình 1.13 mô tả một đèn huỳnh quang chiếu sáng trong phòng sử dụng dòng điện xoay chiều. Từ quan sát thực tiễn và tìm hiểu trên sách, báo, internet, ... em hãy vẽ lại sơ đồ mạch điện đơn giản của đèn huỳnh quang và cho biết tác dụng của cuộn chấn lưu và tắc te.



▲ Hình 1.13. Đèn huỳnh quang



Độ lệch pha của u so với i trong mạch RLC

$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ là độ lệch pha giữa u và i , được xác định bằng biểu thức:

$$\tan \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{Z_L - Z_C}{R} \quad (1.12)$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} \text{ gọi là hệ số công suất của mạch điện.}$$

Lưu ý:

- Khi $Z_L > Z_C$ thì $\varphi > 0 \rightarrow$ điện áp u sớm pha hơn so với dòng điện i .
- Khi $Z_L < Z_C$ thì $\varphi < 0 \rightarrow$ điện áp u trễ pha hơn so với dòng điện i .
- Khi $Z_L = Z_C$ thì $\varphi = 0 \rightarrow$ điện áp u cùng pha với dòng điện i . Khi đó, tổng trở Z của mạch nhỏ nhất và cường độ dòng điện trong mạch lớn nhất $\left(I_{\max} = \frac{U}{R}\right)$ (trường hợp này gọi là hiện tượng cộng hưởng).



THÍ NGHIỆM KHẢO SÁT ĐOẠN MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU RLC MẮC NỐI TIẾP

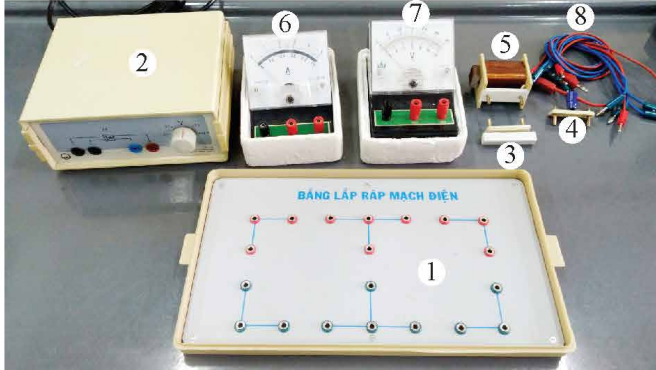
* Mục đích:

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.

* Dụng cụ:

- Bảng lắp ráp mạch điện (1).
- Biến áp nguồn có điện áp đầu ra xoay chiều và có thể thay đổi được (2).
- Điện trở ($10\ \Omega - 20\ \text{W}$) (3).

- Tụ điện đã biết điện dung ($4\ \mu\text{F}$) (4).
- Cuộn dây có lõi sắt (5).
- Ampe kế (6).
- Vôn kế (7).
- Bộ dây nối (8).



▲ Hình 1.14. Dụng cụ thí nghiệm khảo sát mối liên hệ U và I trong đoạn mạch RLC nối tiếp

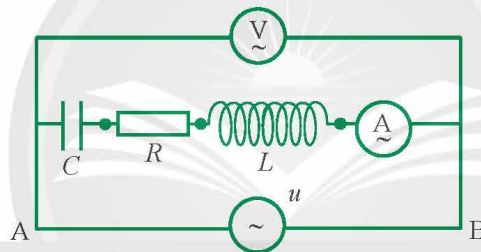


5. Từ các dụng cụ thí nghiệm như Hình 1.14, đề xuất phương án thí nghiệm khảo sát mối liên hệ giữa điện áp hiệu dụng và cường độ dòng điện hiệu dụng trong mạch RLC nối tiếp theo các gợi ý sau:

- Cách bố trí thí nghiệm và các bước tiến hành thí nghiệm.
- Dự kiến kết quả cần thu thập và xử lý số liệu.

* Tiến hành thí nghiệm

Bước 1: Lắp mạch điện như sơ đồ Hình 1.15.



▲ Hình 1.15. Sơ đồ thí nghiệm khảo sát mối quan hệ U và I trong đoạn mạch điện RLC nối tiếp

Bước 2: Nối hai đầu đoạn mạch với đầu ra của biến áp nguồn để cấp dòng điện xoay chiều cho mạch.

Bước 3: Vận núm xoay trên biến áp nguồn sao cho điện áp trên vôn kế lần lượt là 3 V, 6 V, 9 V, 12 V, 15 V, 18 V, 21 V. Đọc giá trị tương ứng của cường độ dòng điện trên ampe kế. Ghi kết quả vào vở theo mẫu Bảng 1.2.

* Báo cáo kết quả thí nghiệm (số liệu minh họa)

▼ Bảng 1.2. Giá trị U và I trong mạch RLC nối tiếp

$U\ (\text{V})$	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0
$I\ (\text{A})$	0,06	0,13	0,19	0,25	0,31	0,38	0,45

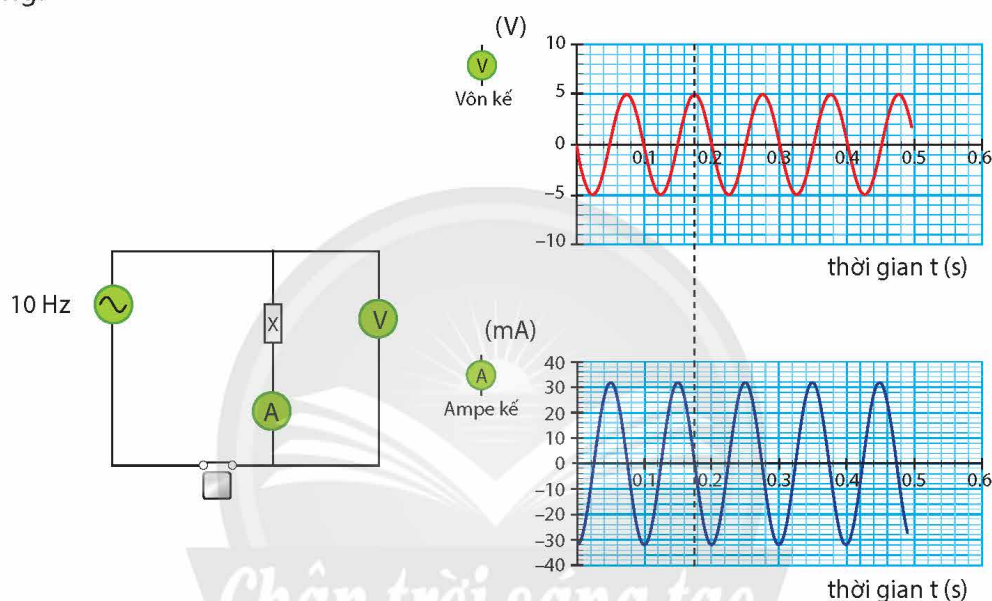
- Từ bảng số liệu, vẽ đồ thị mô tả sự phụ thuộc của I theo U trong mạch điện xoay chiều RLC mắc nối tiếp.
- Nhận xét về mối liên hệ của I và U từ đồ thị, so sánh với kết quả lý thuyết đã biết.

BÀI TẬP

1. Mạch điện xoay chiều gồm điện trở thuần $40\ \Omega$ ghép nối tiếp với một cuộn cảm thuần có độ tự cảm $L = \frac{0,4}{\pi}$ H. Biết biểu thức điện áp giữa hai đầu đoạn mạch là $u = 80\cos 100\pi t$ (V). Cường độ dòng điện hiệu dụng chạy qua đoạn mạch là

A. 1 A. B. $\sqrt{2}$ A. C. $\frac{1}{\sqrt{2}}$ A. D. 2 A.

2. Hình 1P.1 biểu diễn sự biến thiên theo thời gian của điện áp và cường độ dòng điện xoay chiều qua một linh kiện X (X là một trong ba linh kiện R, L, C) thông qua phần mềm thí nghiệm mô phỏng.



▲ Hình 1P.1. Sự biến thiên của u và i theo thời gian trong đoạn mạch có linh kiện X

- Dựa vào đồ thị Hình 1P.1, viết biểu thức u , i theo thời gian.
 - Xác định độ lệch pha giữa điện áp và cường độ dòng điện, từ đó xác định tên linh kiện X.
 - Xác định thông số đặc trưng của linh kiện X.
3. Đặt điện áp xoay chiều có tần số 50 Hz vào hai đầu đoạn mạch gồm RLC nối tiếp gồm điện trở thuần $150\ \Omega$, tụ điện có điện dung $\frac{200}{\pi}\ \mu\text{F}$ và cuộn cảm thuần có độ tự cảm $\frac{2}{\pi}$ H. Cường độ dòng điện hiệu dụng trong mạch là 1 A. Tính:
- Tổng trở của toàn mạch.
 - Điện áp hiệu dụng đặt vào đoạn mạch.

Bài 2

MÁY BIẾN ÁP. TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

- Nguyên tắc hoạt động của máy biến áp.
- Ưu điểm của dòng điện và điện áp xoay chiều trong truyền tải năng lượng điện về phương diện khoa học và kinh tế.
- Vai trò của máy biến áp trong truyền tải điện năng.

1 Dòng điện xoay chiều tại nơi tiêu thụ (nhà máy, xí nghiệp, hộ gia đình,...) thường có điện áp hiệu dụng khoảng 380 V hoặc 220 V. Tuy nhiên, tại nơi sản xuất điện (nhà máy điện), điện áp được tăng lên rất lớn (220 kV hoặc 500 kV) trước khi truyền tải đi xa (Hình 2.1). Tại sao lại phải tăng điện áp trước khi truyền tải điện năng đi xa, làm thế nào để có thể tăng được điện áp của dòng điện xoay chiều?



Hình 2.1. Đường dây truyền tải điện 500 kV Bắc – Nam (Việt Nam)

1 MÁY BIẾN ÁP

Khái niệm

Máy biến áp là thiết bị làm thay đổi giá trị điện áp hiệu dụng của dòng điện xoay chiều mà vẫn giữ nguyên tần số dòng điện.

Cấu tạo của máy biến áp

Máy biến áp gồm hai cuộn dây được phủ chất cách điện có số vòng khác nhau cùng quấn trên một khung thép kín gồm nhiều lá thép mỏng được ghép cách điện với nhau, gọi là lõi biến áp (Hình 2.2). Cuộn dây thứ nhất có N_1 vòng được nối với nguồn điện xoay chiều, gọi là cuộn sơ cấp. Cuộn dây thứ hai có N_2 vòng được nối với thiết bị tiêu thụ điện năng, gọi là cuộn thứ cấp.

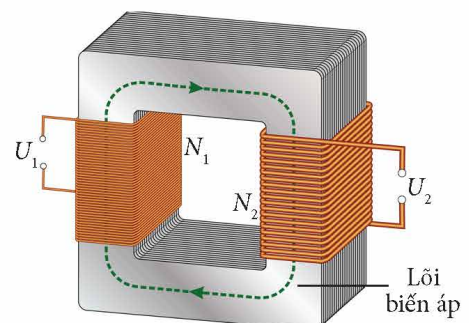
Trong các mạch điện, máy biến áp được kí hiệu như Hình 2.3.

Nguyên lí hoạt động của máy biến áp

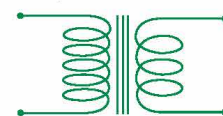
Máy biến áp hoạt động dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ. Khi nối cuộn sơ cấp N_1 với nguồn điện xoay chiều, dòng điện chạy trong cuộn sơ cấp sinh ra từ trường biến thiên khép kín trong lõi biến áp. Khi đó từ thông qua cuộn dây thứ cấp N_2 biến thiên, làm xuất hiện suất điện động



1. Nối nguồn điện (220V – 50 Hz) với một máy biến áp dùng trong phòng thí nghiệm có điện áp ở đầu ra dưới 18 V. Dùng đồng hồ đo điện đa năng hiện số (có chức năng đo tần số) đo điện áp và tần số ở đầu ra của máy biến áp, so sánh với điện áp và tần số của nguồn điện.



Hình 2.2. Sơ đồ cấu tạo của máy biến áp



Hình 2.3. Kí hiệu máy biến áp trong mạch điện

cảm ứng (hay điện áp) ở hai đầu cuộn thứ cấp. Điện áp hiệu dụng ở hai đầu cuộn dây tỉ lệ với số vòng dây của hai cuộn. Do số vòng dây của hai cuộn là khác nhau nên điện áp hiệu dụng ở hai đầu mỗi cuộn dây cũng khác nhau.

Nếu mạch ở cuộn thứ cấp là kín thì có dòng điện xoay chiều chạy trong mạch.

► Điện áp và cường độ dòng điện hiệu dụng qua máy biến áp

Xét một máy biến áp lí tưởng (công suất điện cuộn sơ cấp chuyển hoàn toàn thành công suất điện cuộn thứ cấp). Gọi N_1, E_1, U_1, I_1 và N_2, E_2, U_2, I_2 lần lượt là số vòng dây, suất điện động hiệu dụng, điện áp hiệu dụng và cường độ dòng điện hiệu dụng của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

$$\text{Khi đó: } \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.1)$$

Nếu bỏ qua điện trở cuộn sơ cấp và thứ cấp thì: $U_1 = E_1, U_2 = E_2$.

$$\text{Do đó: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.2)$$

Do máy biến áp lí tưởng nên: $\mathcal{P}_1 = \mathcal{P}_2$ hay $U_1 I_1 = U_2 I_2$.

$$\text{Suy ra: } \frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.3)$$

Như vậy, máy biến áp làm tăng điện áp lên bao nhiêu lần thì sẽ làm giảm cường độ dòng điện đi bấy nhiêu lần và ngược lại. Tần số của điện áp xoay chiều không thay đổi.

Nếu $N_2 > N_1$ thì $U_2 > U_1$: Máy tăng áp.

Nếu $N_2 < N_1$ thì $U_2 < U_1$: Máy hạ áp.



2. Từ biểu thức từ thông qua mỗi vòng dây $\Phi = \Phi_0 \cos \omega t$, hãy chứng minh biểu thức $\frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$.

3. Có thể dùng máy biến áp để thay đổi điện áp của dòng điện không đổi hay không? Giải thích.



Một máy hạ áp có số vòng dây cuộn sơ cấp là 2 000 vòng được nối vào dòng điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng là 220 V. Biết điện áp hiệu dụng ở cuộn thứ cấp là 100 V, tính số vòng dây cuộn thứ cấp.



Một số loại máy biến áp phổ biến hiện nay (Hình 2.4).



a) Máy biến áp sử dụng trong phòng thí nghiệm môn Vật lí



b) Máy biến áp một pha, sử dụng trong sinh hoạt



c) Máy biến áp ba pha sử dụng trong sản xuất

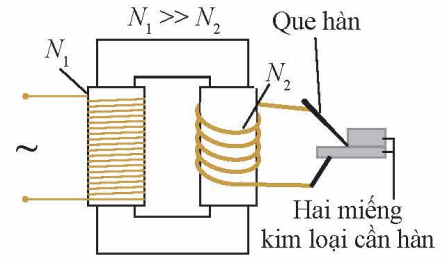


d) Máy biến áp ba pha công suất lớn dùng trong truyền tải và phân phối điện năng

▲ Hình 2.4. Một số loại máy biến áp phổ biến



Hàn điện xoay chiều là phương pháp hàn hai kim loại với nhau bằng cách tạo ra dòng điện rất lớn, từ đó làm nóng chảy hai miếng kim loại cần hàn tại chỗ tiếp xúc. Căn cứ Hình 2.5, hãy giải thích nguyên lý hàn điện xoay chiều.



Hình 2.5. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy hàn điện xoay chiều

2 TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG ĐI XA

Công suất hao phí trong truyền tải điện năng đi xa

Điện năng truyền tải từ nhà máy điện đến nơi tiêu thụ thường bị hao phí đáng kể chủ yếu do toả nhiệt trên đường dây truyền tải. Gọi r là điện trở của đường dây tải điện, U và $\mathcal{P}$ lần lượt là điện áp hiệu dụng và công suất cần truyền tải ở nơi phát điện, I là cường độ dòng điện hiệu dụng trên đường dây truyền tải. Khi đó: $\mathcal{P} = UI$.

Công suất hao phí trên dây chính là công suất toả nhiệt trên dây:

$$\mathcal{P}_{hp} = rI^2 = \frac{r\mathcal{P}^2}{U^2} \quad (2.4)$$

Giảm công suất hao phí trong truyền tải điện năng đi xa

Do công suất $\mathcal{P}$ là xác định nên có hai cách làm giảm $\mathcal{P}_{hp}$:

Cách 1: Giảm điện trở r của đường dây truyền tải. Từ công thức: $r = \rho \frac{L}{S}$, trong đó ρ là điện trở suất, L là chiều dài dây, S là tiết diện của dây dẫn. Có thể giảm r bằng cách:

- + Thay dây có điện trở suất nhỏ hơn (ví dụ thay dây dẫn đồng bằng dây dẫn bạc) nhưng tốn kém chi phí;
- + Tăng tiết diện dây tải dẫn đến làm tăng nguyên liệu để chế tạo và tăng số lượng cột điện để chống đỡ đường dây, do đó vừa làm tăng chi phí, vừa gây ra nguy cơ mất an toàn trong truyền tải điện năng.

Cách 2: Tăng điện áp hiệu dụng U ở nơi phát điện. Khi đó cần sử dụng máy tăng áp. Giả sử điện áp tăng 10 lần thì công suất hao phí giảm tới 100 lần. Tại nơi tiêu thụ điện, điện áp xoay chiều cần được hạ đến giá trị phù hợp (thường là 220 V hoặc 380 V) bằng cách sử dụng máy hạ áp.

So với cách 1, việc tăng điện áp nơi phát thông qua máy tăng áp sẽ hiệu quả hơn trong việc giảm công suất hao phí khi truyền tải điện năng.

Như vậy, để giảm công suất hao phí trên đường dây tải điện, cần sử dụng máy tăng áp tại nơi phát trước khi truyền tải và dùng các máy hạ áp trước khi phân phối điện đến nơi tiêu thụ (nhà máy, xí nghiệp, hộ gia đình). Hệ thống này gọi là mô hình truyền tải và phân phối điện năng (Hình 2.6).

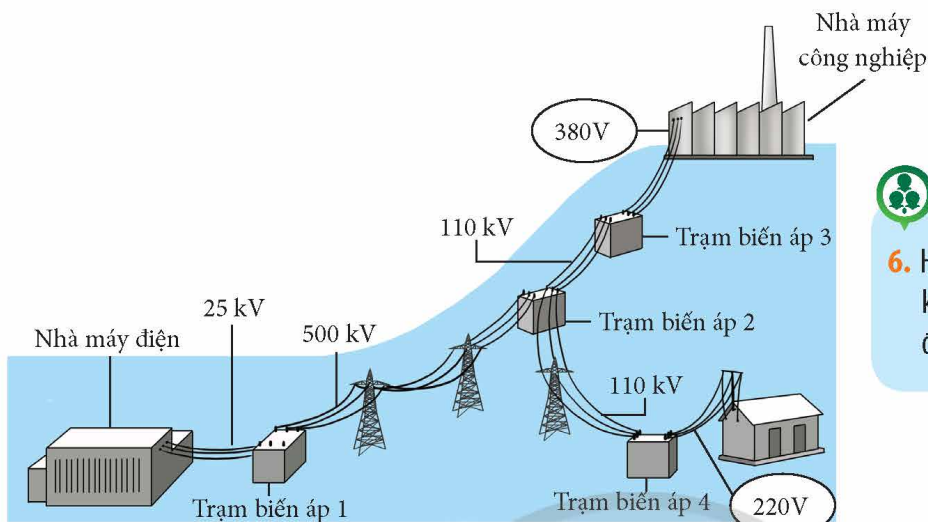


4. Nêu các cách làm giảm công suất hao phí trên đường dây từ công thức (2.4). Tại sao làm giảm điện trở của đường dây lại tốn kém chi phí, gây nguy cơ mất an toàn trong vận hành?

5. Tại sao làm giảm công suất hao phí trên dây bằng cách sử dụng máy tăng áp tại nơi phát lại hiệu quả, tiết kiệm chi phí và an toàn hơn trong truyền tải điện năng?



Giả sử cần truyền một công suất điện 2 MW từ nhà máy điện với điện áp nơi phát là 4 kV. Để công suất hao phí trên đường dây giảm còn 1% công suất hao phí ban đầu thì cần tăng điện áp ở nơi phát lên giá trị bao nhiêu?



▲ Hình 2.6. Mô hình truyền tải và phân phối điện năng



6. Hãy giải thích vì sao dòng điện không đổi khó có thể truyền tải đi xa?



Ở các thành phố và đô thị lớn, các trạm biến áp thường được đặt trên vỉa hè đường phố để ngấm hoá¹ lưới điện (Hình 2.7). Máy biến áp ở các trạm này là máy tăng áp hay hạ áp? Giải thích?

Tìm hiểu trên sách, báo, internet, ... em hãy trình bày ngắn gọn tác dụng của các trạm biến áp này.



▲ Hình 2.7. Trạm biến áp đặt trên vỉa hè

BÀI TẬP

1. Cuộn sơ cấp của một máy biến áp được nối với mạng điện xoay chiều có điện áp hiệu dụng 380 V. Khi đó, cuộn thứ cấp có điện áp hiệu dụng và cường độ dòng điện hiệu dụng lần lượt là 20 V và 1,5 A. Biết số vòng dây cuộn thứ cấp là 20 vòng. Tính số vòng dây và cường độ dòng điện hiệu dụng chạy qua cuộn sơ cấp. Bỏ qua hao phí điện năng trong máy biến áp.
2. Một nhà máy thủy điện nhỏ có công suất truyền tải điện là 20 MW. Giả sử nhà máy sử dụng một máy tăng áp với điện áp hiệu dụng nơi phát là 100 kV. Bỏ qua hao phí điện năng trong máy biến áp. Biết đường dây tải điện có điện trở 10 Ω.
 - a) Tính cường độ dòng điện hiệu dụng trên đường dây tải điện.
 - b) Tính độ giảm điện áp trên đường dây tải điện.
 - c) Tính công suất hao phí trên đường dây và công suất tại nơi tiêu thụ.
 - d) Thay máy tăng áp trên bằng máy tăng áp có điện áp hiệu dụng đầu ra là 500 kV. Tính công suất hao phí trên đường dây.

¹ Đường dây tải của máy biến áp được chạy ngấm dưới đất.

Bài 3 CHỈNH LƯU DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

- Thí nghiệm khảo sát mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp qua diode bán dẫn.
- Mạch chỉnh lưu nửa chu kì sử dụng diode và mạch chỉnh lưu cả chu kì sử dụng cầu chỉnh lưu.
- Đồ thị chỉnh lưu nửa chu kì và chỉnh lưu cả chu kì.

Trong cuộc sống, bên cạnh các thiết bị điện sử dụng dòng điện xoay chiều như quạt điện, nồi cơm điện, bóng đèn,... còn có các thiết bị điện sử dụng dòng điện một chiều như điện thoại, xe đạp điện, xe máy điện, ô tô điện (Hình 3.1a),... Tuy nhiên, khi sạc pin cho điện thoại (Hình 3.1b) ta vẫn cắm điện thoại vào ổ điện xoay chiều thông qua bộ sạc pin. Làm thế nào có thể chuyển dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều?



▲ Hình 3.1. a) Sạc pin cho ô tô điện; b) Sạc pin cho điện thoại di động

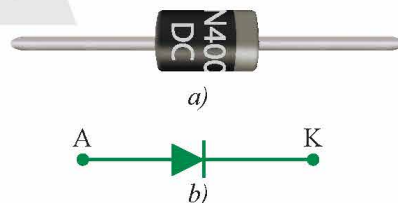
1 THÍ NGHIỆM VỀ SỰ DẪN ĐIỆN CỦA DIODE BÁN DẪN

➤ Khái niệm về diode bán dẫn

Diode bán dẫn là một loại linh kiện bán dẫn chỉ cho phép dòng điện đi qua nó theo một chiều nhất định.

Mỗi diode có hai cực là anode (cực dương, kí hiệu là A) và cathode (cực âm, kí hiệu là K). Dòng điện chỉ được phép chạy từ A sang K.

Hình 3.2 là hình ảnh một diode bán dẫn và kí hiệu của nó trong mạch điện



▲ Hình 3.2. a) Diode bán dẫn; b) Kí hiệu diode bán dẫn trong mạch điện

➤ Thí nghiệm khảo sát mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp qua diode bán dẫn

* **Mục đích:** Khảo sát mối quan hệ giữa dòng điện chạy qua diode bán dẫn và điện áp giữa hai cực của nó.

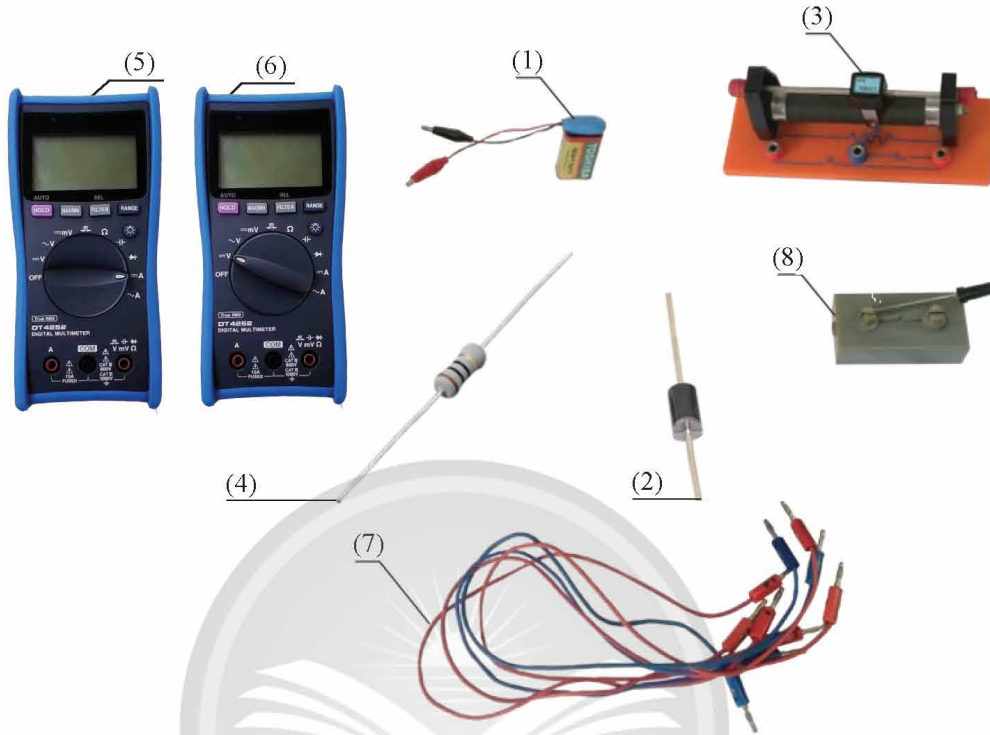
* **Dụng cụ:**

Bộ dụng cụ được sử dụng để khảo sát đặc tính dẫn điện của diode bán dẫn được cho trong Hình 3.3, gồm:

- Nguồn điện không đổi (1).
- Diode bán dẫn Đ (2).
- Biến trở R_b (3), điện trở R_0 (4).
- Ampe kế A (5), vôn kế V (6).
- Bộ dây nối (7) và khoá K (8).



1. Tiến hành thí nghiệm theo các bước gợi ý, từ đó thu thập và ghi nhận số liệu vào vở theo mẫu Bảng 3.1, Bảng 3.2.



▲ Hình 3.3. Bộ dụng cụ thí nghiệm

* Tiến hành thí nghiệm:

a) Phân cực thuận

Bước 1: Đặt ampe kế ở thang đo mA.

Bước 2: Mắc mạch điện như Hình 3.4 để khảo sát mạch diode phân cực thuận.

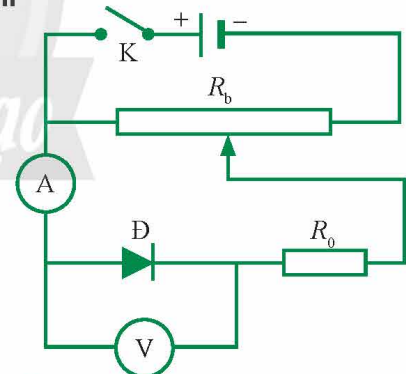
Bước 3: Điều chỉnh biến trở R_b để số chỉ của vôn kế tăng dần từ 0, ghi lại số chỉ trên vôn kế và ampe kế vào vở sau mỗi lần điều chỉnh R_b theo mẫu Bảng 3.1.

b) Phân cực ngược

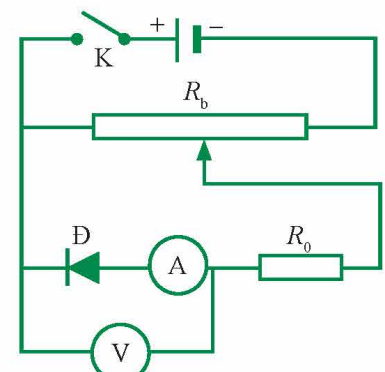
Bước 1: Đặt ampe kế ở thang đo mA.

Bước 2: Mắc mạch điện như Hình 3.5 để khảo sát mạch diode phân cực ngược.

Bước 3. Điều chỉnh biến trở R_b để số chỉ trên vôn kế tăng dần từ 0, ghi lại số chỉ trên vôn kế và ampe kế vào vở sau mỗi lần điều chỉnh R_b theo mẫu Bảng 3.2. (Khi mắc mạch có Đ phân cực ngược thì $U < 0$)



▲ Hình 3.4. Sơ đồ mạch điện mắc diode phân cực thuận



▲ Hình 3.5. Sơ đồ mạch điện mắc diode phân cực ngược

* Báo cáo kết quả thí nghiệm (số liệu minh họa):

▼ **Bảng 3.1.** Điện áp và cường độ dòng điện qua diode khi phân cực thuận

U_{AK} (V)	0,00	0,20	0,40	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60
I (mA)	0,00	0,00	0,04	0,32	0,42	0,60	0,84	1,05	1,40

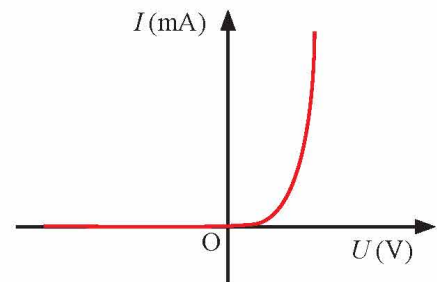
▼ **Bảng 3.2.** Điện áp và cường độ dòng điện qua diode khi phân cực ngược

U_{AK} (V)	-1,0	-3,0	-5,0	-7,0	-9,0
I (mA)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

- Từ bảng số liệu vừa khảo sát, hãy vẽ đồ thị I theo U của diode (đường đặc trưng $I - U$ của diode bán dẫn (Hình 3.6)).
- Từ đồ thị, nhận xét về chiều dòng điện chạy qua diode bán dẫn.



2. Từ đồ thị, nhận xét về tính dẫn điện của diode khi phân cực thuận và phân cực ngược.



▲ **Hình 3.6.** Đường đặc trưng $I - U$ của diode bán dẫn

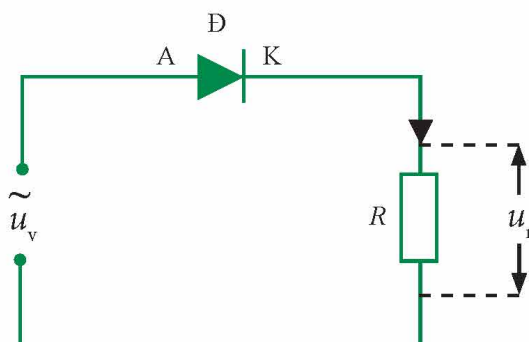


Quan sát các Hình 3.4 và 3.5, nhận xét và giải thích về cách mắc ampe kế A trong mạch điện.

2 CHỈNH LƯU DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

►► Chỉnh lưu nửa chu kỳ sử dụng diode

Dựa vào tính dẫn điện một chiều của diode bán dẫn, ta có thể sử dụng nó để biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều bằng cách mắc nối tiếp điện trở R với một diode bán dẫn như sơ đồ Hình 3.7.

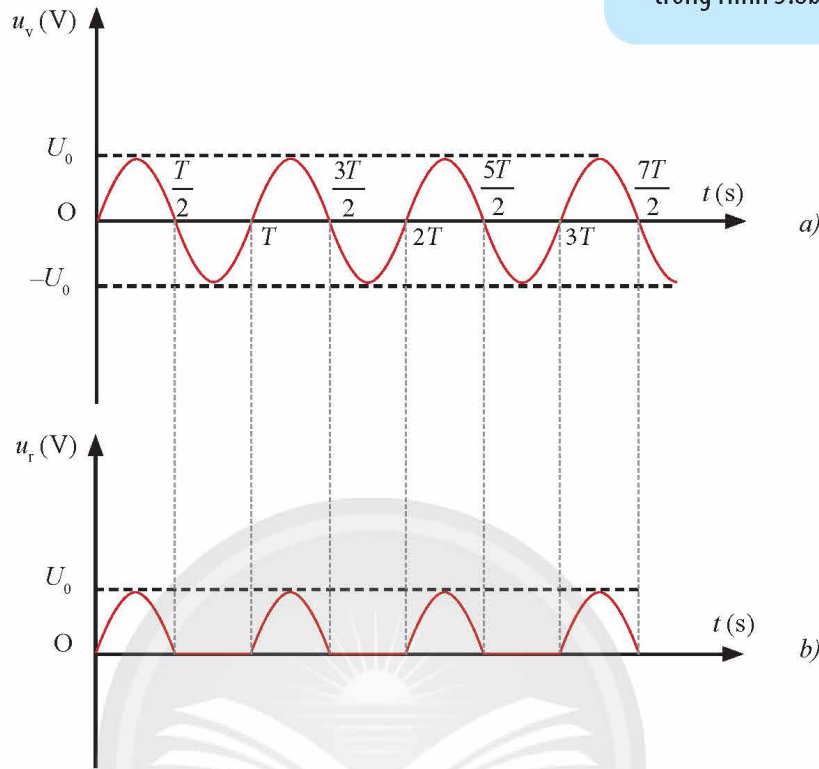


▲ **Hình 3.7.** Sơ đồ mạch chỉnh lưu nửa chu kỳ sử dụng diode

Giả thiết điện trở của diode khi phân cực thuận là rất nhỏ, trong sơ đồ Hình 3.7, điện áp chưa chỉnh lưu (điện áp vào u_v) của diode và điện áp sau khi chỉnh lưu nửa chu kì sử dụng diode (điện áp ra u_r) được thể hiện qua Hình 3.8b.



3. Dựa vào tính dẫn điện một chiều của diode bán dẫn, giải thích kết quả của đồ thị điện áp ra trong Hình 3.8b.



▲ Hình 3.8.

a) Đồ thị điện áp vào u_v theo thời gian;

b) Đồ thị điện áp sau khi chỉnh lưu nửa chu kì (điện áp ra u_r) theo thời gian.

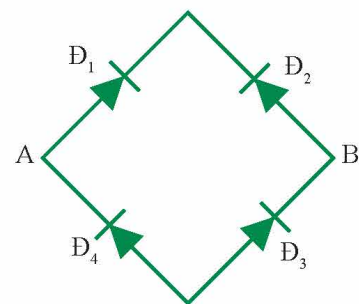
Giải thích kết quả sự chỉnh lưu: Giả sử trong nửa chu kì đầu tiên (thời gian từ 0 đến $\frac{T}{2}$), điện áp u_{AK} dương, diode phân cực thuận nên cho dòng điện chạy qua điện trở R . Khi đó, điện áp ra u_r (cũng là điện áp ở hai đầu điện trở R) bằng điện áp vào: $u_r = u_R = iR = u_v$.

Trong nửa chu kì sau (thời gian từ $\frac{T}{2}$ đến T), điện áp u_{AK} âm, diode phân cực ngược, không có dòng điện qua điện trở R , nên điện áp ra bằng 0. Kết quả này được lặp lại trong các chu kì tiếp theo của điện áp vào diode. Do diode chỉ dẫn điện trong nửa chu kì nên mạch ở Hình 3.7 được gọi là mạch chỉnh lưu nửa chu kì.

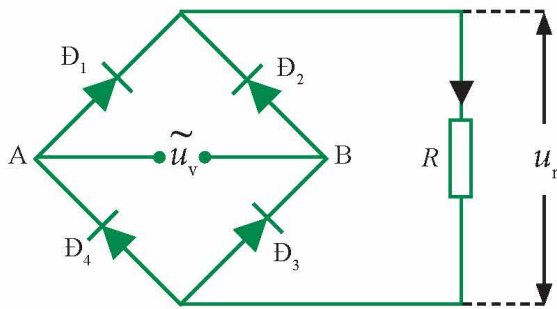
►► Chỉnh lưu cả chu kì sử dụng cầu chỉnh lưu

Cầu chỉnh lưu gồm bốn diode bán dẫn ghép với nhau thành vòng kín như Hình 3.9.

Mạch cầu chỉnh lưu cả chu kì sử dụng cầu chỉnh lưu được mắc như Hình 3.10. Khi đó, đồ thị điện áp vào và điện áp ra (sau khi chỉnh lưu cả chu kì) được thể hiện qua Hình 3.11.



▲ Hình 3.9. Cầu chỉnh lưu



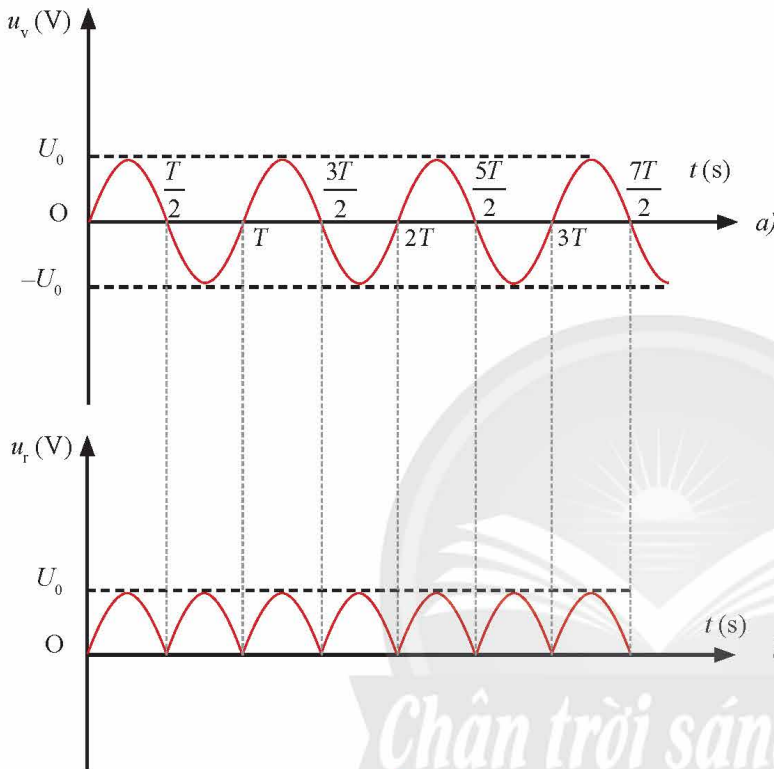
Hình 3.10. Mạch cầu chỉnh lưu cả chu kì



4. Dựa vào tính dẫn điện một chiều của diode bán dẫn, hãy mô tả chiều dòng điện chạy qua điện trở R trong mỗi nửa chu kì.



Từ Hình 3.11, giải thích tại sao tần số của điện áp sau chỉnh lưu lớn gấp đôi tần số điện áp trước chỉnh lưu.



Hình 3.11.

- a) Đồ thị điện áp vào u_v theo thời gian;
b) Đồ thị điện áp sau khi chỉnh lưu cả chu kì (điện áp ra u_r) theo thời gian.

5. So sánh đồ thị điện áp ra trong chỉnh lưu nửa chu kì (Hình 3.8b) và đồ thị điện áp ra trong chỉnh lưu cả chu kì (Hình 3.11b) về: chu kì và biên độ.

Giải thích kết quả sự chỉnh lưu: Đặt điện áp xoay chiều vào hai đầu A và B của mạch chỉnh lưu. Giả sử trong nửa chu kì đầu của điện áp vào, A là cực dương, B là cực âm; diode Đ_1 và Đ_3 phân cực thuận, dòng điện từ A đi qua Đ_1 , qua điện trở R , qua Đ_3 và về B.

Trong nửa chu kì tiếp theo, cực B dương, cực A âm; diode Đ_2 và Đ_4 phân cực thuận, dòng điện từ B đi qua Đ_2 , qua điện trở R , qua Đ_4 và về A. Kết quả này được lặp lại trong các chu kì tiếp theo.

Như vậy, trong hai nửa chu kì, dòng điện qua điện trở R chỉ chạy theo cùng một chiều xác định, nên mạch ở Hình 3.10 được gọi là mạch cầu chỉnh lưu cả chu kì.

So sánh đồ thị chỉnh lưu nửa chu kỳ và đồ thị chỉnh lưu cả chu kỳ

Các tiêu chí so sánh	Đồ thị chỉnh lưu nửa chu kỳ	Đồ thị chỉnh lưu cả chu kỳ
Chu kỳ	Bằng chu kỳ điện áp vào (T)	Bằng nửa chu kỳ điện áp vào ($\frac{T}{2}$)
Biên độ	Bằng biên độ điện áp vào (U_0)	Bằng biên độ điện áp vào (U_0)



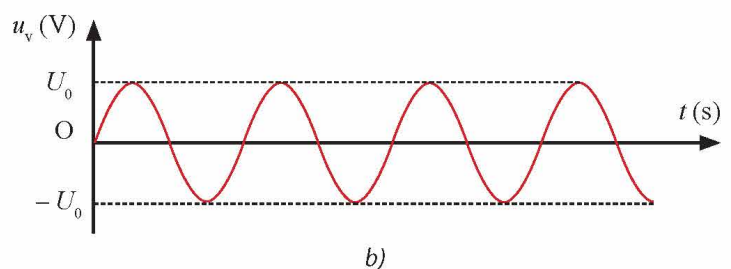
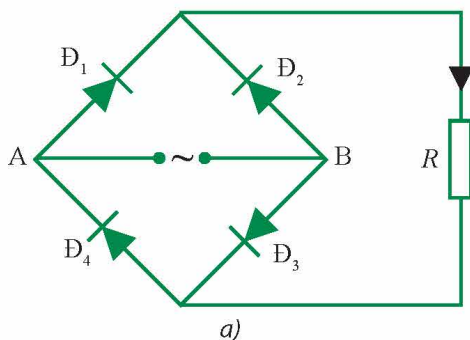
Sử dụng đèn LED bán dẫn (Hình 3.12) để tạo ra mạch điện minh họa cho chỉnh lưu nửa chu kỳ và chỉnh lưu cả chu kỳ.



▲ Hình 3.12. Một số đèn LED

BÀI TẬP

- Giả sử có sẵn một số diode bán dẫn giống nhau chỉ cho phép dòng điện thuận tối đa cỡ 1,0 A. Trong khi ta lại cần một mạch chỉnh lưu cả chu kỳ cho phép hoạt động với dòng điện 2,5 A. Hãy vẽ sơ đồ mạch chỉnh lưu thỏa mãn yêu cầu bài toán.
- Một bạn học sinh dự định lắp một mạch điện chỉnh lưu cả chu kỳ sử dụng cầu chỉnh lưu, nhưng do sơ suất nên mắc nhầm cực của diode D_3 (Hình 3P.1a). Đặt vào hai đầu A, B một điện áp xoay chiều có dạng như Hình 3P.1b. Hỏi ở đầu ra trên điện trở R có tạo được điện áp chỉnh lưu cả chu kỳ như Hình 3.11b không? Hãy vẽ hình dạng đồ thị điện áp ra trên điện trở R khi đó.



▲ Hình 3P.1

MỘT SỐ ỨNG DỤNG VẬT LÝ TRONG CHẨN ĐOÁN Y HỌC

Chuyên đề
2

Bài

4

CHẨN ĐOÁN BẰNG SIÊU ÂM

- Cách tạo sóng siêu âm và kĩ thuật chẩn đoán bằng sóng siêu âm để tạo ra hình ảnh các cấu trúc bên trong cơ thể.
- Vai trò của sóng siêu âm trong đời sống và trong khoa học.



Trong y học, kĩ thuật chẩn đoán bằng sóng siêu âm (thường được gọi là kĩ thuật siêu âm hay siêu âm) được sử dụng phổ biến để thu được hình ảnh của một bộ phận cần được quan sát trong cơ thể như siêu âm bụng, siêu âm thai nhi (Hình 4.1),... Nhờ đó, các bác sĩ có thể quan sát và chẩn đoán tình trạng sức khỏe của bệnh nhân hoặc theo dõi sức khỏe của thai nhi trong thai kì. Vậy kĩ thuật siêu âm dựa trên những tính chất nào của sóng?



Hình 4.1. Hình ảnh thai nhi thu được bằng kĩ thuật siêu âm



1 KỸ THUẬT SIÊU ÂM ỨNG DỤNG TRONG Y HỌC

➤ Khái niệm

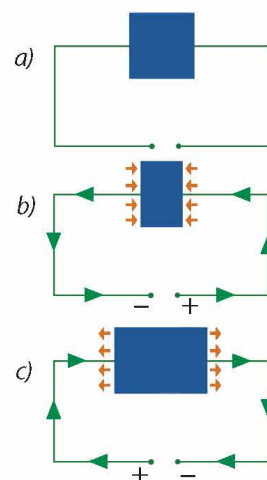
Sóng siêu âm là các sóng âm có tần số trên 20 kHz, nằm ngoài giới hạn nghe của con người. Tuy nhiên, một số loài vật như cá voi có thể giao tiếp bằng sóng siêu âm. Vì có bản chất là sóng âm nên sóng siêu âm cũng có các tính chất của sóng cơ học và chỉ có thể truyền trong các môi trường vật chất.

➤ Kĩ thuật tạo sóng siêu âm và hình ảnh siêu âm

Sóng siêu âm được tạo ra bởi các nguồn phát dao động, tần số của sóng siêu âm phụ thuộc vào tần số dao động của nguồn phát. Các tinh thể áp điện (Hình 4.2) như thạch anh thường được sử dụng trong đầu dò (Hình 4.3a) của máy quét siêu âm (Hình 4.3b) với vai trò vừa là nguồn phát, vừa là đầu thu sóng siêu âm.



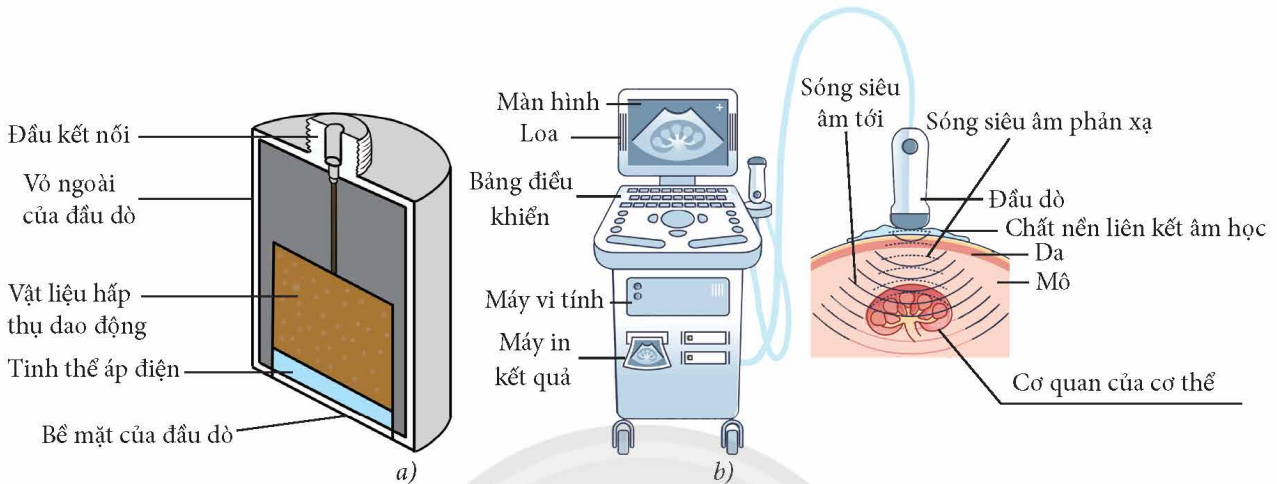
1. Nhắc lại các tính chất của sóng cơ học.



Hình 4.2. Tinh thể áp điện:

a) không biến dạng khi không có dòng điện chạy qua; b) bị nén lại khi có dòng điện chạy qua theo một chiều nhất định; c) bị dãn ra khi dòng điện đổi chiều

Khi đặt một điện áp vào tinh thể áp điện, tinh thể này sẽ biến dạng: nén hoặc giãn tùy theo chiều dòng điện. Do đó, dưới điện áp xoay chiều biến thiên, tinh thể áp điện sẽ biến dạng tuần hoàn với cùng tần số của điện áp xoay chiều. Ngược lại, khi tinh thể chịu sự biến dạng cơ học tuần hoàn, trong tinh thể xuất hiện một dòng điện cảm ứng biến thiên tuần hoàn theo thời gian cùng tần số với biến dạng cơ học của nó.



▲ Hình 4.3. a) Mặt cắt đầu dò của máy siêu âm; b) Cấu trúc của máy siêu âm

Trong đầu dò của máy siêu âm (Hình 4.3b), một dòng điện xoay chiều có tần số cao hơn 20 kHz được sử dụng để điều khiển quá trình dao động của tinh thể áp điện. Khi đầu dò tiếp xúc với bề mặt cơ thể, sóng siêu âm do đầu dò phát ra lan truyền trong cơ thể.



Tìm hiểu và trình bày vai trò của lớp vật liệu hấp thụ dao động trong đầu dò.



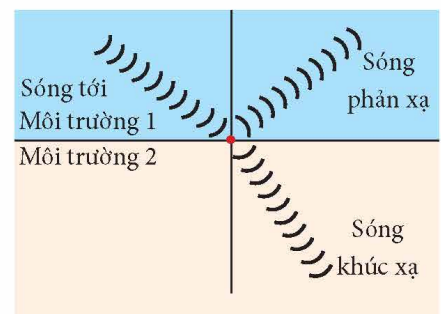
Tìm hiểu trên sách, báo, internet,... và trình bày sơ lược một số ứng dụng thực tiễn khác của tinh thể áp điện.



2. a) Tính bước sóng của một sóng siêu âm có tần số 2 MHz lan truyền trong thạch anh, biết tốc độ lan truyền của sóng âm trong thạch anh khoảng 5 800 m/s.
b) Biết bề dày tối ưu của tinh thể áp điện trong đầu dò là một nửa bước sóng của sóng siêu âm. Hãy xác định bề dày tối ưu của tinh thể áp điện tương ứng với sóng siêu âm đang xét ở câu a.

Khi sóng siêu âm truyền tới bề mặt giữa hai môi trường không đồng nhất trong cơ thể, một phần của nó sẽ bị phản xạ và phần còn lại sẽ bị khúc xạ do sự khác biệt về tốc độ truyền sóng của hai môi trường này (Hình 4.4).

Như vậy, sóng siêu âm phản xạ sẽ được thu nhận bởi đầu dò, tinh thể áp điện chuyển sóng siêu âm thành tín hiệu điện. Từ đó sử dụng các phần mềm máy tính để tái tạo hình ảnh của cơ quan trong cơ thể.



▲ Hình 4.4. Sự phản xạ và khúc xạ của sóng siêu âm tại bề mặt giữa hai môi trường không đồng nhất

Lưu ý rằng, khi sóng siêu âm truyền trong cơ thể, chúng cũng bị hấp thụ, cường độ sóng siêu âm giảm theo khoảng cách truyền x :

$$I = I_0 e^{-kx} \quad (4.1)$$

Trong đó, k (m^{-1}) là hệ số hấp thụ, I_0 là cường độ sóng siêu âm tại nguồn phát. Hệ số hấp thụ k phụ thuộc vào loại mô hay cơ quan trong cơ thể và tần số của sóng siêu âm. Sóng siêu âm có tần số càng cao thì càng bị hấp thụ mạnh. Do đó trên thực tế, máy siêu âm có bộ phận tăng cường độ sóng siêu âm tới để bù đắp sự hao hụt này.



Giả sử cường độ của sóng tới, sóng phản xạ và sóng khúc xạ lần lượt là I , I_R và I_T . Ta có:

$$I = I_R + I_T$$

Trong trường hợp đơn giản, khi góc tới của sóng siêu âm bằng 0° , tỉ số giữa cường độ sóng phản xạ I_R và cường độ sóng tới I được xác định bởi công thức:

$$\alpha = \frac{I_R}{I} = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

Trong đó, Z_1 và Z_2 lần lượt là **trở kháng âm** của môi trường tới và môi trường khúc xạ. Trong một môi trường đồng nhất, trở kháng âm được định nghĩa là tích số của mật độ khối lượng ρ của môi trường và tốc độ truyền âm v của sóng âm trong môi trường đó:

$$Z = \rho v$$

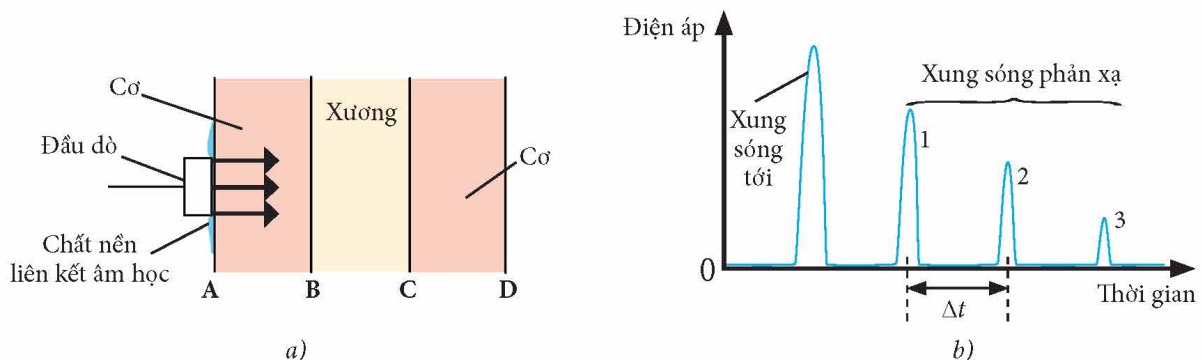
Trong hệ SI, đơn vị đo trở kháng âm là $kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$.

Phân loại kĩ thuật siêu âm

Trong thực tế, có hai kĩ thuật siêu âm thường được sử dụng phổ biến trong y học là kĩ thuật siêu âm kiểu A và kiểu B.

* Kĩ thuật siêu âm kiểu A

Kĩ thuật siêu âm kiểu A là kĩ thuật siêu âm đơn giản nhất. Trong đó, một xung sóng siêu âm được truyền vào cơ thể, sóng siêu âm phản xạ được ghi nhận dưới dạng xung điện trên đồ thị điện áp – thời gian hiển thị trên màn hình máy tính (Hình 4.5). Lúc này, bề dày của các mô hay cơ quan của cơ thể có thể được xác định dựa vào khoảng thời gian giữa các xung điện.



▲ Hình 4.5. Minh hoạ kĩ thuật siêu âm kiểu A

Hình 4.5 cho thấy rằng các xung 1, 2 và 3 xuất hiện do sự phản xạ sóng siêu âm lần lượt tại các bề mặt B, C và D. Độ cao cực đại của xung sóng phản xạ giảm dần khi sóng siêu âm truyền sâu vào cơ thể. Ngoài ra, Δt là khoảng thời gian cần thiết để sóng siêu âm truyền được quãng đường bằng hai lần bề dày của lớp giữa hai bề mặt B và C (có thể là lớp xương). Từ đó, bề dày của lớp giữa bề mặt B và C được xác định bởi công thức:

$$d = \frac{v\Delta t}{2} \quad (4.2)$$

Trong đó, v là tốc độ truyền âm của lớp vật liệu giữa hai bề mặt B và C.

Kỹ thuật siêu âm kiểu A được sử dụng để xác định trực tiếp bề dày của một số lớp mô trong vài trường hợp đơn giản như đo bề dày giác mạc hay lớp xương (Hình 4.5) và là cơ sở cho kỹ thuật siêu âm kiểu B.



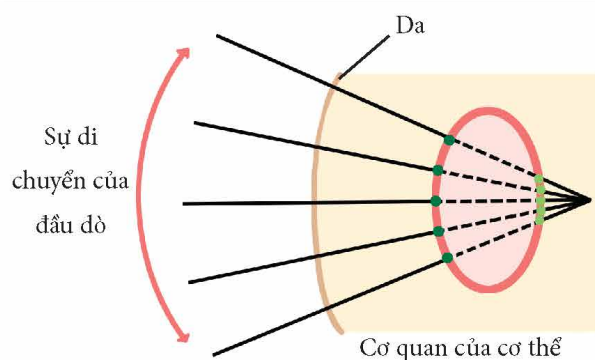
3. Quan sát Hình 4.5b, lập luận để rút ra công thức (4.2).



Hai xung sóng phản xạ liên tiếp trong một phép chẩn đoán sử dụng kỹ thuật siêu âm kiểu A cách nhau một khoảng thời gian là 0,03 ms. Tính khoảng cách giữa hai bề mặt phản chiếu ứng với hai xung này. Lấy tốc độ của sóng siêu âm trong mô mềm khoảng 1 570 m/s.

* Kỹ thuật siêu âm kiểu B

Trong kỹ thuật siêu âm kiểu B, đầu dò của máy siêu âm di chuyển qua nhiều vị trí xung quanh vùng cơ quan cần được chẩn đoán như Hình 4.6. Hình ảnh cắt có độ phân giải cao của các cơ quan trong cơ thể được xây dựng từ các tín hiệu thu được từ kỹ thuật siêu âm kiểu A. Các chấm màu xanh thể hiện vị trí của các bề mặt phản xạ giữa cơ quan cần được chẩn đoán và các cơ quan khác trong mỗi lần quét siêu âm kiểu A.



▲ Hình 4.6. Kỹ thuật siêu âm kiểu B

Thông tin về cường độ sóng siêu âm phản xạ ở các vị trí khác nhau này sẽ được máy tính xử lý và tạo thành hình ảnh có độ phân giải cao về cơ quan cần được chẩn đoán.

Trong thực tế, kỹ thuật siêu âm kiểu B được sử dụng phổ biến để kiểm tra sức khỏe định kỳ của thai nhi (vì ít gây những tác dụng phụ không mong muốn), chẩn đoán sỏi thận, viêm ruột thừa,...

2 MỘT SỐ ỨNG DỤNG KHÁC CỦA SÓNG SIÊU ÂM

Bên cạnh việc được sử dụng trong y học, sóng siêu âm còn có nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực khác như:

- Kiểm tra chất lượng sản phẩm: kiểm tra bề dày, độ đồng đều, phát hiện khuyết tật trong kim loại và mối hàn; kiểm tra chất lượng bê tông.
- Hàn kim loại: sóng siêu âm có tần số khoảng 20 kHz tác động vào một vùng nhỏ của mối hàn (Hình 4.7), làm cho vùng cần hàn trở nên dẻo hơn. Sau đó, ta dùng lực cơ học để ép các chi tiết cần nối lại với nhau để các nguyên tử liên kết chặt chẽ với nhau, tạo thành mối hàn. So với các phương pháp hàn khác, hàn bằng sóng siêu âm có khả năng nối được các tấm kim loại rất mỏng cỡ vài μm .
- Trong lĩnh vực nghiên cứu khoa học, sóng siêu âm được dùng để hỗ trợ một số quá trình tổng hợp vật liệu sinh học, phản ứng hoá học và nghiên cứu tính chất vật lý của vật liệu.



4. Tìm hiểu và nêu một số ứng dụng của sóng siêu âm trong nông nghiệp.



Hình 4.7. Sơ đồ nguyên lý máy hàn bằng sóng siêu âm



Sóng siêu âm được ứng dụng trong kỹ thuật SONAR (Sound Navigation and Ranging) để định vị, liên lạc và phát hiện các đối tượng trên mặt, dưới nước hoặc ở đáy biển như đàn cá, tàu, vật thể trôi nổi hoặc chìm trong bùn cát. Hãy tìm hiểu về nguyên tắc hoạt động của kỹ thuật SONAR thông qua sách, báo, internet,... và trình bày một cách ngắn gọn.

BÀI TẬP

1. Tìm hiểu và giải thích vì sao sóng siêu âm không được sử dụng trong chẩn đoán các vấn đề liên quan đến não.
2. Tìm hiểu trên sách, báo, internet,... và trình bày ngắn gọn một số bệnh lý có thể được chẩn đoán bằng kỹ thuật siêu âm.

Bài

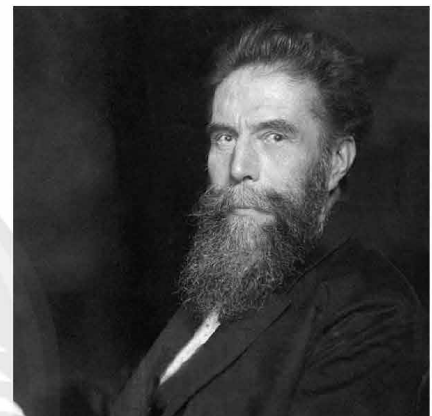
5

TIA X. CHỤP ẢNH X-QUANG VÀ CHỤP ẢNH CẮT LỚP (CT)

- Phương pháp tạo ra tia X, cách điều khiển tia X, sự suy giảm tia X.
- Vai trò của tia X trong đời sống và trong khoa học.
- Kỹ thuật chụp ảnh bằng tia X và một số cách cải thiện ảnh chụp bằng tia X: giảm liều chiếu, cải thiện độ sắc nét, cải thiện độ tương phản.
- Kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp.
- Dự án nghiên cứu, thiết kế một mô hình chụp ảnh cắt lớp đơn giản.



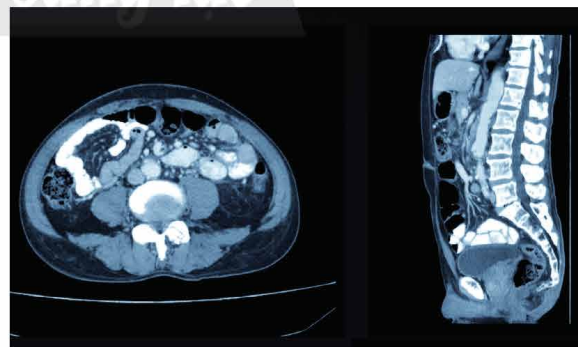
Năm 1895, nhà vật lý người Đức Wilhelm Conrad Röntgen (Quiu-ham Con-ra Rơn-ghen) (1845 – 1923) (Hình 5.1) đã tìm ra một loại tia đặc biệt có khả năng đâm xuyên qua vật thể, giúp ta quan sát được cấu trúc của một số cơ quan trong cơ thể (như xương bàn tay trong Hình 5.2a) mà không cần phẫu thuật. Tia đặc biệt đó được gọi là tia X, kỹ thuật chụp ảnh bằng tia X được gọi là kỹ thuật chụp ảnh X-quang. Ngoài ra, để hỗ trợ quá trình chẩn đoán bệnh của bác sĩ được nhanh chóng và chuẩn xác, xương và các mô của cơ thể có thể được chụp bằng kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp (CT – Computed Tomography) (Hình 5.2b). Vậy tia X có những tính chất gì và nguyên tắc cơ bản của kỹ thuật chụp CT là gì?



▲ Hình 5.1. Nhà vật lý Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923), đoạt giải Nobel Vật lý năm 1901



a)



b)

▲ Hình 5.2. a) Hình ảnh X-quang xương bàn tay; b) Hình ảnh CT vùng bụng

1

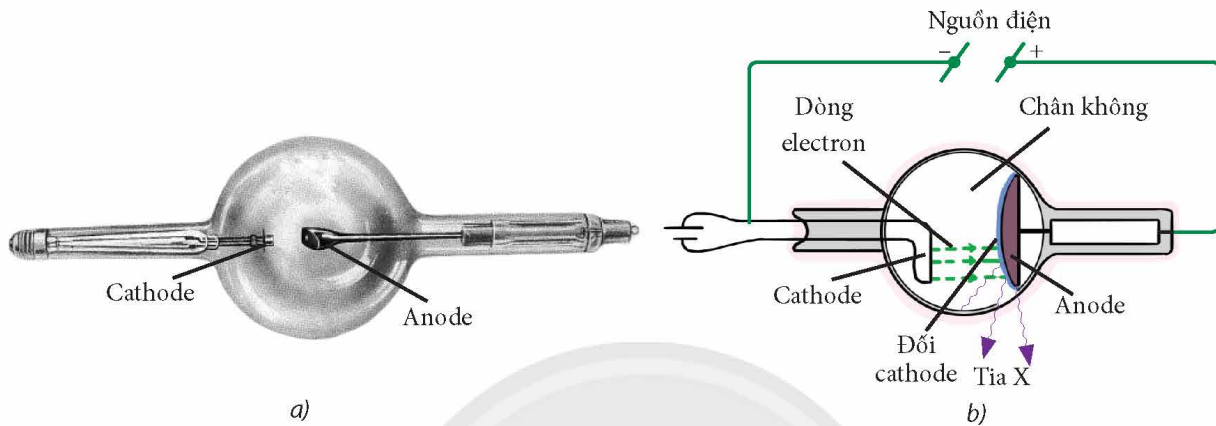
TIA X

➡ Phương pháp tạo ra và điều khiển tia X

Khi Röntgen phát hiện ra loại tia đặc biệt có thể giúp quan sát cấu trúc của một số cơ quan bên trong cơ thể, các nhà khoa học chưa rõ bản chất của loại tia này. Do đó, loại tia đặc biệt

này được gọi là tia X (ẩn số) hoặc tia Röntgen. Với phát hiện này, Röntgen đã đoạt giải Nobel Vật lý đầu tiên vào năm 1901. Phải đến năm 1912, Max von Laue (Mác von Lau-i) (1879 – 1960) mới chứng minh được tia X có bản chất là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn dựa vào thí nghiệm nhiễu xạ tia X. Nhờ đóng góp này, ông đã đoạt giải Nobel Vật lý vào năm 1914.

Một trong những phương pháp phổ biến để tạo ra tia X là sử dụng ống phát tia X (Hình 5.3a). Ống phát tia X đã được Röntgen sử dụng trong các nghiên cứu về tia X của mình và ống này được William David Coolidge (Quy-li-am Đa-vít Cô-lít) (1873 – 1975) cải tiến để đạt hiệu suất cao hơn.



Hình 5.3. a) Ống phát tia X; b) Sơ đồ cấu tạo của ống phát tia X

Cấu tạo của ống phát tia X (Hình 5.3b) gồm các bộ phận chính sau:

- Ống thủy tinh được hút chân không. Trên thực tế, áp suất trong ống vào khoảng 10^{-3} mmHg.
- Cathode thường là dây kim loại được nung nóng bằng một nguồn điện riêng để phát ra các electron. Điện áp giữa anode và cathode khoảng vài chục nghìn đến vài trăm nghìn vôn.

– Điện cực làm bằng kim loại có số khối lớn và nhiệt độ nóng chảy cao như platinum (Pt) hoặc wolfram (W), được đặt đối diện cathode và nối với anode. Điện cực kim loại này được sử dụng để hứng chùm tia electron phát ra từ cathode và thường được gọi là đối cathode hoặc bia.

Chùm electron phát ra từ cathode, được gia tốc bởi điện trường có cường độ lớn giữa anode và cathode, đến và đập vào đối cathode và phát ra tia X theo mọi hướng. Các kết quả thực nghiệm cho thấy chỉ khoảng 1% năng lượng của chùm electron năng lượng cao này được chuyển thành năng lượng của tia X, phần còn lại chuyển thành nhiệt năng của đối cathode làm nhiệt độ của nó tăng lên. Vì vậy, ống phát tia X cần có hệ thống hạ nhiệt.

Tia X được phát ra trong quá trình tương tác giữa các electron năng lượng cao và đối cathode được gọi là **bức xạ hãm**. Các nghiên cứu lý thuyết cho thấy, tia X (bức xạ hãm) được phát ra khi các electron bị đột ngột đổi hướng hoặc dừng lại khi tương tác với nguyên tử của đối cathode.



1. Trình bày các quá trình biến đổi năng lượng diễn ra khi ống phát tia X hoạt động.

► Tính chất của tia X

Tia X có một số tính chất nổi bật sau đây:

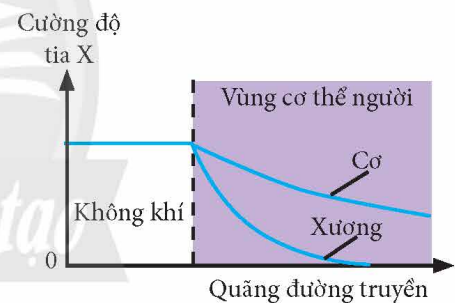
- Có bản chất là sóng điện từ nên có thể truyền trong chân không.
- Không mang điện tích vì thế không bị lệch trong điện trường và từ trường.
- Mang năng lượng cao, do đó có khả năng đâm xuyên mạnh. Tia X có thể đâm xuyên qua tấm nhôm dày vài cm, nhưng lại bị cản lại bởi lớp chì dày vài mm. Do đó, người ta thường dùng chì để làm vật liệu che chắn tia X.
- Có tác dụng mạnh lên kính ảnh, làm ion hoá không khí.
- Có tác dụng làm phát quang một số chất.
- Có tác dụng sinh lí mạnh: huỷ diệt tế bào, diệt vi khuẩn,...

► Sự suy giảm tia X

Tia X khi đâm xuyên qua cơ thể bị xương hấp thụ, làm cho cường độ của tia X giảm dần. Các mô mềm cũng hấp thụ tia X nhưng ít hơn xương. Khi bị hấp thụ, cường độ tia X giảm do tia X đã truyền một phần hoặc toàn bộ năng lượng cho vật chất. Sự giảm cường độ của tia X khi đi qua vật chất được gọi là sự suy giảm tia X. Cường độ tia X sau khi truyền qua một lớp vật chất có bề dày x được tính theo công thức:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (5.1)$$

Trong đó, I_0 và I lần lượt là cường độ ban đầu của tia X và cường độ của tia X sau khi truyền qua vật chất; μ là hệ số hấp thụ tia X của vật chất.



▲ **Hình 5.4.** Sự suy giảm cường độ tia X tuân theo quy luật hàm số mũ

Trong hệ SI, đơn vị đo cường độ tia X và bề dày của vật chất hấp thụ lần lượt là W/m^2 và m ; đơn vị đo của μ là m^{-1} .

Sự suy giảm cường độ tia X khi truyền qua xương và cơ được minh hoạ trong Hình 5.4.

* **Lưu ý:**

– Hệ số μ không chỉ phụ thuộc vào bản chất của vật chất mà còn phụ thuộc vào năng lượng của tia X tới. Bảng 5.1 thể hiện hệ số hấp thụ tia X trong xương và cơ tương ứng với một số giá trị năng lượng xác định của chùm tia X.

– Cường độ của tia X được xác định bằng thương số giữa công suất $\mathcal{P}$ (W) và tiết diện mặt cắt ngang A (m^2) của chùm tia X:

$$I = \frac{\mathcal{P}}{A} \quad (5.2)$$

▼ **Bảng 5.1.** Hệ số hấp thụ tia X (cm^{-1}) theo năng lượng của tia X trong xương và cơ

Năng lượng tia X (keV)	Hệ số hấp thụ tia X trong xương	Hệ số hấp thụ tia X trong cơ
4 000	0,09	0,05
250	0,32	0,16
100	0,60	0,21
50	3,32	0,54



Chiếu một chùm tia X có cường độ 30 W/m^2 qua một phần mô xương có bề dày là 5 mm . Tính cường độ chùm tia X sau khi truyền qua phần mô xương đó, biết hệ số hấp thụ của xương đối với chùm tia X đó là 600 m^{-1} .



Dựa vào công thức (5.1), giải thích sự tạo thành hình ảnh X-quang ở Hình 5.2a.

➤ Ứng dụng của tia X trong y học

Tia X được sử dụng trong các kỹ thuật chụp ảnh dùng để chẩn đoán bệnh như chụp ảnh X-quang, chụp ảnh cắt lớp (CT). Đây là những kỹ thuật chẩn đoán nhanh, giúp ghi lại hình ảnh các cấu trúc của một số cơ quan bên trong cơ thể mà không cần phải phẫu thuật (Hình 5.5).

Ngoài ứng dụng trong chẩn đoán, tia X còn được ứng dụng trong điều trị bệnh ung thư bằng máy gia tốc tuyến tính (LINAC – Linear Accelerator) sử dụng phương pháp xạ trị (Hình 5.6). Chùm electron sau khi được phát ra từ súng phóng electron, được gia tốc bởi điện trường có cường độ lớn trong ống gia tốc, được bẻ cong quỹ đạo bằng từ trường, đến và đập vào bia và phát ra tia X. Tia X này sau đó được hướng đến vị trí của tế bào ung thư, phá vỡ DNA của các tế bào này và tiêu diệt chúng một cách hiệu quả. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp điều trị này là có thể làm tổn hại đến những tế bào khoẻ mạnh xung quanh.



▲ Hình 5.5. Hình ảnh X-quang phổi



▲ Hình 5.6. Máy gia tốc tuyến tính

Chùm tia X được sử dụng phổ biến trong các bệnh viện ung bướu tại Việt Nam và trên thế giới để điều trị ung thư tại một số vùng như: hàm mặt, vòm họng, hạ họng thanh quản, phổi, tuyến tiền liệt, bàng quang,...



2. Giải thích tại sao chụp ảnh X-quang liên tục trong một khoảng thời gian ngắn sẽ có hại đến sức khoẻ bệnh nhân.



Tìm hiểu trên sách, báo, internet để trình bày một số ứng dụng khác của tia X trong đời sống và khoa học.

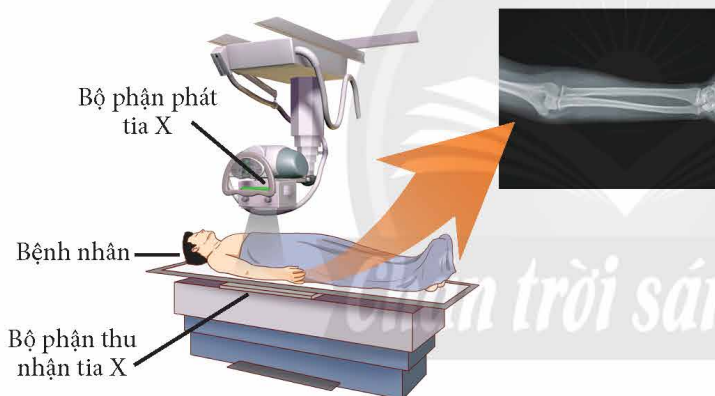
Gợi ý: Tia X có thể được sử dụng để kiểm tra khuyết tật mối hàn kim loại hoặc các sản phẩm công nghiệp (vết nứt trong các vật đúc, bọt khí trong các vật thể bằng kim loại); máy quét tia X được sử dụng trong kiểm soát an ninh (Hình 5.7).



▲ Hình 5.7. Hình ảnh quét hành lý trong kiểm tra an ninh

2 KỸ THUẬT CHỤP ẢNH X-QUANG

➡ Cấu tạo máy chụp ảnh X-quang và kỹ thuật chụp



▲ Hình 5.8. Cấu tạo máy chụp ảnh X-quang

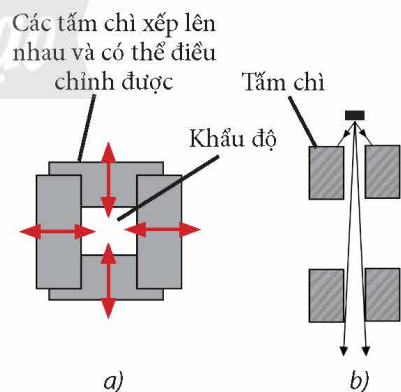
Cấu tạo của máy chụp ảnh X-quang (Hình 5.8) gồm các bộ phận chính:

– Bộ phận phát tia X. Bề rộng của chùm tia X từ bộ phận phát tia X phát ra có thể được điều chỉnh bởi các cách phổ biến sau:

+ Điều chỉnh kích thước của đối cathode trong ống tia X (Hình 5.3). Đối cathode càng nhỏ thì chùm tia X phát ra càng hẹp.

+ Điều chỉnh kích thước khẩu độ “cửa sổ” được gắn ngay tại bề mặt của bộ phận phát tia X. Cửa sổ này là các tấm chì có thể điều chỉnh vị trí (Hình 5.9a).

+ Sử dụng ống chuẩn trực là các tấm chì được sắp xếp phù hợp để hấp thụ một phần tia X, từ đó tạo ra được tia X song song trước khi chiếu đến vùng cần chụp (Hình 5.9b).



▲ Hình 5.9. a) Cửa sổ của bộ phận phát tia X; b) Các tấm chì trong ống chuẩn trực tia X



3. Quan sát Hình 5.9 và cho biết làm sao để điều chỉnh bề rộng của chùm tia X khi chiếu vào phần cơ thể cần chụp của bệnh nhân.

– Bộ phận thu nhận tia X: có thể là phim chụp hoặc màn dò tia X (được kết nối trực tiếp với máy tính), được đặt phía sau phần cơ thể cần chụp. Từ đó, hình ảnh phần cơ thể cần chụp được hiện ra trên phim hoặc được tái tạo trên màn hình máy tính.

Hình 5.8 cũng thể hiện quá trình chụp ảnh X-quang cánh tay của một bệnh nhân. Máy chụp ảnh X-quang được đặt sao cho bộ phận phát tia X nằm phía trên vùng cơ thể cần chụp. Khi vận hành, chùm tia X có cùng cường độ từ bộ phận phát tia X xuyên qua vùng cần chụp. Các cơ quan khác nhau của cơ thể có khả năng hấp thụ tia X khác nhau, cường độ của chùm tia X sau khi đi qua các cơ quan này cũng suy giảm khác nhau. Từ đó, ảnh chụp X-quang được thể hiện trên phim hoặc được tái tạo trên máy tính. Càng có nhiều tia X chiếu được đến phim thì hình ảnh thu được càng tối. Do đó, những bộ phận cơ thể rỗng hoặc đầy khí thì sẽ cho hình ảnh màu đen; chất béo và cơ bắp cho hình ảnh màu xám; các mô đặc như xương sẽ cản trở nhiều tia X và cho ra hình ảnh trắng trên phim.

► Một số cách cải thiện chất lượng ảnh chụp X-quang

Hình ảnh thu được bằng kĩ thuật chụp ảnh X-quang hỗ trợ rất hiệu quả cho bác sĩ trong việc chẩn đoán tình trạng bệnh và phát hiện chấn thương.

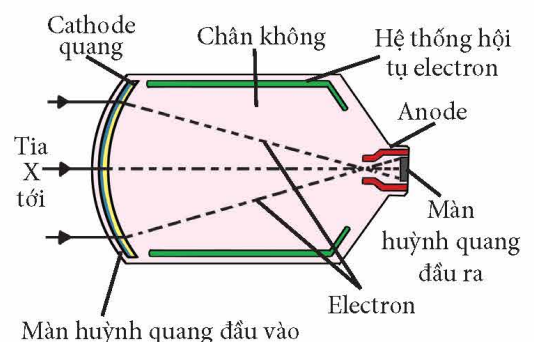
Tia X là bức xạ điện từ có khả năng ion hoá mạnh môi trường xung quanh khi nó truyền qua, do đó còn gọi là bức xạ ion hoá. Một trong những đại lượng đặc trưng cho tác dụng sinh lí của bức xạ ion hoá là liều chiếu, phụ thuộc vào lượng năng lượng của bức xạ ion hoá đang xét được cơ thể hấp thụ.

Khi nhận tia X với liều chiếu đủ lớn trong khoảng thời gian đủ dài, các mô của cơ thể sẽ bị gây hại, có thể dẫn đến sự xuất hiện của các tế bào ung thư. Tuy nhiên, việc giảm liều chiếu sẽ dẫn đến chất lượng ảnh X-quang thu được giảm đi. Vì vậy, trong kĩ thuật chụp ảnh X-quang, việc kiểm soát liều chiếu tia X lên bệnh nhân ở mức tối thiểu nhưng vẫn thu được ảnh chụp X-quang có chất lượng chấp nhận được là rất cần thiết bằng cách: sử dụng bộ phận tăng cường X-quang, cải thiện độ sắc nét, cải thiện độ tương phản.

a) Sử dụng bộ phận tăng cường X-quang

Cấu tạo của bộ phận tăng cường X-quang (Hình 5.10) gồm:

- Màn huỳnh quang đầu vào: hấp thụ chùm tia X tới và phát xạ chùm tia có năng lượng thấp hơn.
- Cathode quang: hấp thụ các tia phát ra từ màn huỳnh quang và phát ra các electron. Các electron này được gia tốc bởi điện trường giữa anode và cathode.
- Hệ thống hội tụ electron: nơi các electron được điều khiển để quỹ đạo của chúng hội tụ lại.
- Màn huỳnh quang đầu ra: được các electron đập vào và phát ra chùm ánh sáng nhìn thấy.



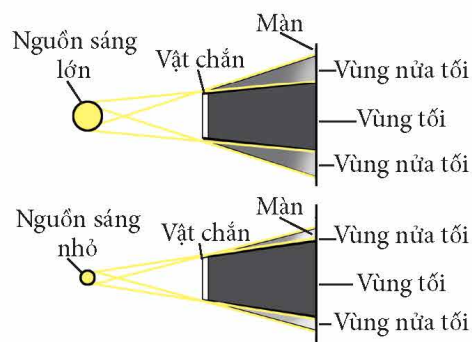
▲ Hình 5.10. Cấu tạo của bộ phận tăng cường X-quang

Sau đó, các tia sáng này sẽ chiếu tới kính ảnh hoặc màn dò với cường độ tỉ lệ thuận với cường độ của tia X tới, tạo nên ảnh chụp X-quang. Điều này giúp cho liều chiếu tia X lên bệnh nhân giảm 100 – 500 lần.

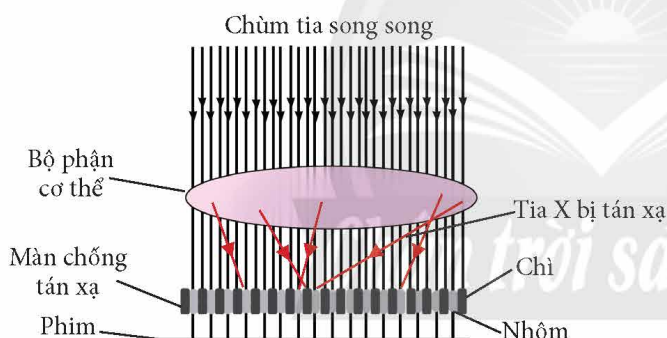
b) Cải thiện độ sắc nét

Ta đã biết, nguồn sáng càng nhỏ thì bóng của vật chắn (vùng tối) càng ít bị nhiễu bởi vùng nửa tối (Hình 5.11). Ứng dụng nguyên lý này, ta có thể cải thiện độ sắc nét của ảnh chụp X-quang bằng cách sử dụng “cửa sổ” (Hình 5.9a) hoặc ống chuẩn trực để tạo ra chùm tia X hẹp và song song trước khi chiếu vào phần cơ thể cần chụp.

Bên cạnh đó, khi truyền qua cơ thể, một số tia X có thể bị lệch hướng và truyền đến kính ảnh hoặc màn dò tia X dưới một góc nghiêng nào đó (các tia màu đỏ trong Hình 5.12), dẫn đến ảnh chụp bị giảm độ sắc nét. Vì vậy, để cải thiện độ sắc nét của ảnh chụp X-quang, ta có thể đặt trước kính ảnh hoặc màn dò tia X một màn chống tán xạ gồm những tấm cản tia X (được làm từ chì) được đặt xen kẽ với những tấm cho tia X truyền qua (được làm từ nhôm).



▲ Hình 5.11. Bề rộng vùng tối và vùng nửa tối trên màn tạo bởi nguồn sáng lớn và nhỏ



▲ Hình 5.12. Màn chống tán xạ hấp thụ các tia X bị tán xạ



4. Quan sát Hình 5.12, giải thích vì sao màn chống tán xạ thường gồm những tấm chì được đặt xen kẽ với những tấm nhôm.

c) Cải thiện độ tương phản

Độ tương phản là sự khác biệt giữa hai màu sáng và tối trên hình ảnh.

Ảnh chụp X-quang được xem là có độ tương phản cao khi có sự khác biệt rõ ràng về mức độ sáng tối ứng với từng loại mô khác nhau của cơ thể. Mức độ này phụ thuộc vào khả năng hấp thụ tia X của từng loại mô này. Như đã biết, mô xương hấp thụ tia X mạnh hơn nhiều so với các mô mềm như cơ, do đó ta có thể dễ dàng phân biệt xương và cơ trên ảnh chụp X-quang.

Tuy nhiên, với các mô mềm khác nhau lại rất khó phân biệt vì mức độ hấp thụ tia X của chúng là không quá khác biệt nhau, làm hình ảnh của chúng không có độ tương phản đủ cao.



▲ Hình 5.13. Hình ảnh X-quang đường tiêu hóa sau khi đã sử dụng chất tương phản

Để khắc phục, kĩ thuật viên thường sử dụng **chất tương phản**, là những chất có khả năng hấp thụ tốt tia X như barium (Ba), iodine (I) để tiêm vào mô mềm cần quan tâm. Khi đó, mô mềm đã được tiêm chất tương phản sẽ hấp thụ tia X tốt hơn và được phân biệt rõ hơn so với các mô mềm khác trên phim bởi độ tương phản giữa chúng đã tăng lên.

Ví dụ: Chất tương phản được dùng để tăng độ tương phản ảnh chụp X-quang của đường tiêu hoá ở Hình 5.13.



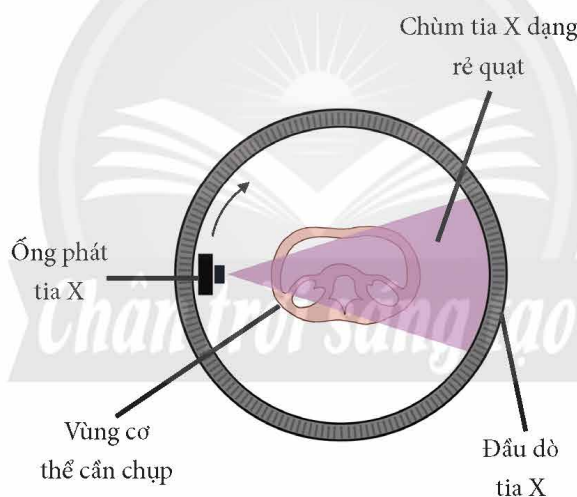
Dựa vào Bảng 5.1 (trang 31), giải thích vì sao các kĩ thuật viên thường sử dụng tia X năng lượng thấp (khoảng 50 keV) để phân biệt rõ xương và cơ khi tiến hành chẩn đoán bằng kĩ thuật chụp ảnh X-quang.



KĨ THUẬT CHỤP ẢNH CẮT LỚP (CT)

➡ Cấu tạo máy chụp CT và kĩ thuật chụp

Trong một số trường hợp, kĩ thuật chụp cắt lớp (CT) được sử dụng để cung cấp những hình ảnh chi tiết và rõ nét hơn các lát cắt ngang của vùng cần chẩn đoán trong cơ thể. Trong kĩ thuật này, máy tính được sử dụng để điều khiển chuyển động quét của nguồn phát tia X và tái tạo hình ảnh của vùng cơ thể cần chẩn đoán.



▲ Hình 5.14. Minh họa nguyên lí hoạt động của một máy chụp CT

Hình 5.14 thể hiện hai bộ phận quan trọng nhất của máy chụp CT, gồm:

- Ống phát tia X để phát ra chùm tia X có dạng rẽ quạt $30^\circ - 60^\circ$. Ống tia X được gắn vào mâm quay để có thể quay 360° quanh vùng cơ thể cần chụp của bệnh nhân.
- Hàng trăm đầu dò được ghép liên tiếp nhau trên một vòng tròn quỹ đạo của ống tia X để ghi nhận chùm tia X sau khi xuyên qua cơ thể bệnh nhân.

Ngoài ra, máy CT còn có bàn trượt để điều khiển vị trí vùng cơ thể cần chụp và hệ thống máy tính được sử dụng để điều khiển quá trình vận hành của máy, xử lí thông tin để tạo ra ảnh chụp CT.

Để chuẩn bị chụp CT, bệnh nhân được nằm trên bàn trượt và được đưa vào trong máy chụp (Hình 5.15). Bàn trượt được điều khiển để vùng cần chụp của bệnh nhân nằm giữa vùng đầu dò và ống phát tia X.

Trong quá trình chụp, ống phát tia X quay xung quanh bệnh nhân. Các chùm tia X sau khi xuyên qua cơ thể bệnh nhân được ghi nhận bởi hệ thống đầu dò tia X. Dữ liệu thu được từ hệ thống đầu dò tạo ra một loạt ảnh X-quang hai chiều ở nhiều góc độ khác nhau. Những dữ liệu này được chuyển đến hệ thống máy tính để xử lý và hiển thị chúng thành ảnh nhiều lớp khác nhau của vùng cần chụp.



Hình 5.15. Bệnh nhân chuẩn bị được đưa vào máy chụp CT



Tìm hiểu và trình bày những ưu và nhược điểm của kỹ thuật chụp CT.



Tìm hiểu trên sách, báo, internet,... và trình bày sơ lược một số bệnh có thể được chẩn đoán hiệu quả bằng kỹ thuật chụp CT.

➤ Dự án nghiên cứu, thiết kế mô hình chụp cắt lớp đơn giản

* Xây dựng ý tưởng dự án và quyết định chủ đề:

– *Mục đích:* Tìm hiểu nguyên lý hoạt động của kỹ thuật chụp CT dựa trên Hình 5.14, từ đó thiết kế mô hình chụp CT đơn giản.

– *Vấn đề thực tiễn:* Năm 1979, Godfrey Hounsfield (Gót-ri Hao-phiu) và Allan Cormack (A-lan Co-mác) đã đoạt giải Nobel với đóng góp trong việc nghiên cứu và đề xuất kỹ thuật chụp CT sử dụng trong y học. Ngày nay, chụp CT vẫn giữ một vai trò quan trọng, cho phép quan sát chi tiết cấu trúc giải phẫu các cơ quan của cơ thể, đặc biệt là đối với các tổn thương mà kỹ thuật chụp X-quang khó phát hiện.



5. Thảo luận và đề xuất mô hình chụp ảnh một vật từ nhiều góc độ khác nhau.

Đóng vai trò là một kỹ thuật viên, em hãy tìm hiểu và thiết kế một mô hình máy chụp CT đơn giản.

* Lập kế hoạch thực hiện dự án:

- Xác định rõ vấn đề cần nghiên cứu.
- Tìm hiểu các nguồn tài liệu tham khảo về nguyên lý hoạt động của kỹ thuật chụp CT.
- Chọn một mô hình chụp ảnh CT đơn giản, phác thảo mô hình, gửi giáo viên hướng dẫn để nhận được sự hỗ trợ về lý thuyết và thiết bị.
- Lựa chọn các vật liệu, tiến hành lắp ráp mô hình theo thiết kế để hiểu được nguyên lý hoạt động của máy chụp CT (không thực hiện chụp).

– Viết báo cáo quá trình thực hiện dự án, trong đó cần nêu được những khó khăn và giải pháp khắc phục.

*** Báo cáo kết quả:**

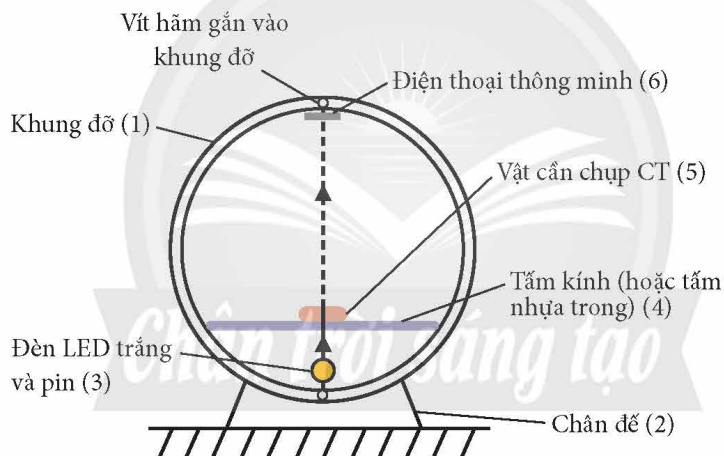
Báo cáo kết quả thực hiện.

Lưu ý: Học sinh có thể tham khảo mô hình gợi ý trong Hình 5.16 bao gồm các dụng cụ:

- Khung đỡ (1) gồm hai vòng tròn giống nhau ghép song song đặt trên chân đế (2).
- Một đèn LED trắng và pin (3) gắn trên khung đỡ, có thể di chuyển được nhờ vít hãm. Đèn LED đóng vai trò ống phát tia X.
- Một tấm kính (hoặc tấm nhựa trong) (4).
- Vật cần chụp CT (5) được đặt trên tấm kính.
- Điện thoại thông minh (6) có thể di chuyển trên khung đỡ thông qua vít hãm, điện thoại đóng vai trò đầu dò.

Bật đèn LED, di chuyển điện thoại trên khung đỡ để chụp hình ảnh hoặc quay video chùm sáng xuyên qua vật.

Học sinh có thể sử dụng một số phần mềm xử lý hình ảnh đơn giản để tăng cường độ tương phản cho hình ảnh nhận được.



▲ Hình 5.16. Gợi ý mô hình máy chụp CT đơn giản

BÀI TẬP

1. Chiếu một chùm tia X có công suất 300 W, tiết diện mặt cắt ngang chùm tia 4 cm^2 qua một vật liệu dày 50 mm. Biết hệ số hấp thụ của vật liệu đang xét với tia X trên là $1,2 \text{ cm}^{-1}$. Tính cường độ của tia X sau khi truyền qua vật liệu đang xét.
2. Tìm hiểu và so sánh kĩ thuật chụp ảnh X-quang và kĩ thuật chụp CT.
3. Một người bị tai nạn giao thông và được chẩn đoán lâm sàng là bị chấn thương hộp sọ. Hãy giải thích vì sao trong trường hợp này việc sử dụng kĩ thuật chụp CT phù hợp hơn chụp X-quang.

Bài

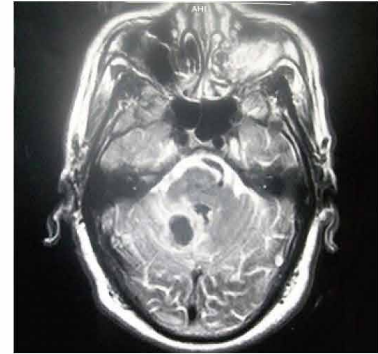
6

CHỤP ẢNH CỘNG HƯỞNG TỪ (MRI)

Nguyên lý của kĩ thuật chụp ảnh cộng hưởng từ.



Để chẩn đoán những bất thường của não (Hình 6.1) và tuỷ sống; các bệnh liên quan đến tim mạch; bệnh liên quan đến các cơ quan nội tạng như gan, lá lách, phổi, ... bác sĩ thường tư vấn và yêu cầu bệnh nhân chụp ảnh cộng hưởng từ (MRI – Magnetic Resonance Imaging) để thu được những hình ảnh chi tiết hơn các kĩ thuật chụp ảnh khác như siêu âm, chụp ảnh cắt lớp (CT). Từ đó góp phần đáng kể giúp quá trình chẩn đoán của bác sĩ được chính xác hơn. Vậy kĩ thuật chụp cộng hưởng từ là gì và hoạt động dựa trên những cơ sở vật lý nào?



▲ Hình 6.1. Ảnh chụp MRI để chẩn đoán đột quỵ não



SƠ LƯỢC VỀ CHỤP ẢNH CỘNG HƯỞNG TỪ MRI

Bên cạnh chụp ảnh bằng tia X (X-quang) và chụp ảnh cắt lớp (CT), chụp ảnh cộng hưởng từ (MRI) là một kĩ thuật chẩn đoán hình ảnh tiên tiến được sử dụng rộng rãi trong y học (Hình 6.2). Chụp MRI giúp tạo ra hình ảnh ba chiều với độ phân giải cao của các cơ quan trong cơ thể bệnh nhân.



▲ Hình 6.2. Máy chụp MRI

Sơ lược nguyên lý chụp cộng hưởng từ

Chụp cộng hưởng từ dựa trên hiện tượng cộng hưởng từ hạt nhân. Trong y học, kĩ thuật chụp cộng hưởng từ thu nhận thông tin từ proton của hạt nhân nguyên tử hydrogen vì hạt nhân nguyên tử hydrogen chỉ chứa 1 proton và hydrogen có trong hầu hết các mô của cơ thể người. Mỗi proton này được coi như một nam châm siêu nhỏ với cặp cực từ Bắc – Nam.



1. Tìm hiểu và giải thích vì sao ta luôn tìm thấy proton trong cơ thể sống.

Trong điều kiện bình thường khi không có sự xuất hiện của từ trường ngoài, trục của các nam châm này được định hướng một cách ngẫu nhiên (Hình 6.3a).

Khi các proton được đặt vào một từ trường mạnh và không đổi (trong các máy chụp MRI, từ trường được sử dụng có độ lớn cảm ứng từ khoảng 1,5 – 3 T, lớn gấp hàng nghìn lần từ trường của Trái Đất), các nam châm siêu nhỏ sẽ định hướng sao cho trục của chúng 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 của các nam châm luôn quay quanh một trục song

song với vectơ cảm ứng từ của từ trường ngoài theo một tần số xác định gọi là **tần số Larmor** (Hình 6.3b). Chuyển động quay có tính chất như vậy được gọi là **chuyển động tuế sai**.

Khi sóng vô tuyến kích thích trong máy MRI được bật lên với tần số bằng với tần số Larmor, các proton đang được đặt trong từ trường ngoài sẽ nhận năng lượng và chuyển lên trạng thái có mức năng lượng cao hơn. Đây chính là **hiện tượng cộng hưởng từ hạt nhân**.

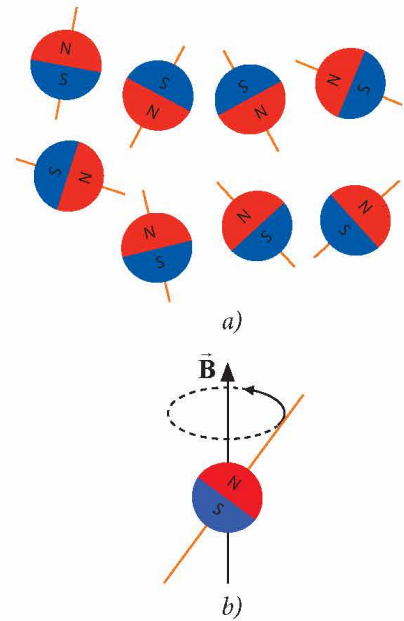
Khi ngắt sóng vô tuyến kích thích, các proton chuyển về trạng thái trước khi có cộng hưởng từ và phát ra sóng vô tuyến có cùng tần số. Sóng vô tuyến do quá trình hồi phục của proton phát ra sẽ được thu lại và xử lý để cho thông tin về thời gian hồi phục của proton. Trong quá trình chuyển trạng thái, năng lượng của proton giảm dần theo quy luật hàm mũ (Hình 6.4).

Thời gian proton chuyển từ trạng thái có năng lượng cao sang trạng thái có năng lượng thấp hơn được gọi là thời gian hồi phục và phụ thuộc môi trường xung quanh của proton. Đối với tế bào sống, thời gian hồi phục phụ thuộc vào hàm lượng nước của chúng:

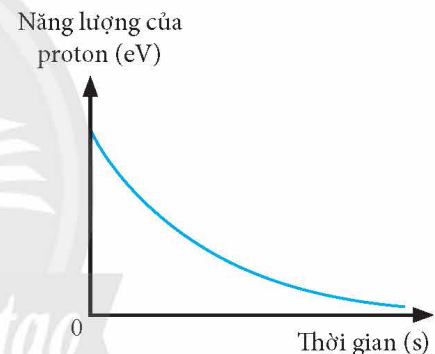
- Đối với nước và các mô nước (ví dụ: dịch não tủy): Thời gian chuyển trạng thái khoảng vài giây.
- Đối với các mô mỡ: Thời gian chuyển trạng thái rất ngắn, khoảng vài trăm mili giây.

Nghĩa là, các loại tế bào khác nhau có thể được phân biệt bằng thời gian hồi phục hay tốc độ giải phóng năng lượng của proton sau khi bị kích thích. Dữ liệu về thời gian hồi phục ứng với từng vị trí trên cơ thể được máy tính phân tích từ tín hiệu sóng vô tuyến do các proton phát ra để dựng lên hình ảnh cộng hưởng từ hạt nhân.

Ngoài ra, trong máy chụp MRI, ngoài từ trường mạnh và không đổi, ta cần sử dụng thêm một từ trường biến đổi đều theo khoảng cách để đảm bảo hiện tượng cộng hưởng từ hạt nhân ở các vị trí khác nhau trên cơ thể sẽ xảy ra khác nhau. Khi cần chụp một bộ phận nào đó của cơ thể, ta chia bộ phận đó thành nhiều lớp khác nhau. Từ trường biến đổi sẽ khác nhau đối với các lớp khác nhau và được coi là giống nhau trong từng lớp. Từ đó, hình ảnh cộng hưởng từ hạt nhân mà ta nhận được sẽ khác nhau ứng với từng lớp và được gọi là hình ảnh cộng hưởng từ hạt nhân cắt lớp.



Hình 6.3. a) Các proton sắp xếp ngẫu nhiên khi không có từ trường ngoài; b) Hầu hết các proton sẽ được định hướng có trật tự dưới tác động của từ trường ngoài



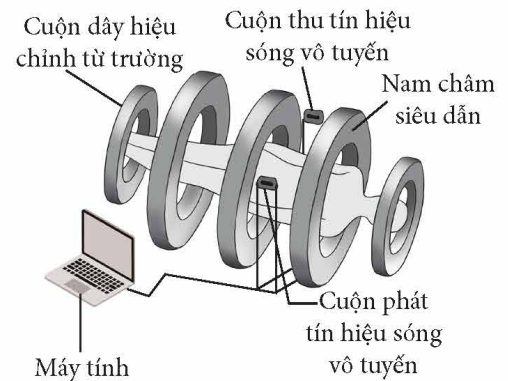
Hình 6.4. Sự phụ thuộc năng lượng của proton vào thời gian trong quá trình chuyển trạng thái của proton trong mô nước

2 CẤU TẠO CỦA MÁY CHỤP MRI

Máy chụp MRI gồm 5 bộ phận chính (Hình 6.5), cụ thể:

- Các nam châm siêu dẫn lớn dùng để tạo ra từ trường ngoài có độ lớn cảm ứng từ lên đến vài T. Các nam châm siêu dẫn được làm lạnh bằng helium lỏng.
- Các cuộn dây hiệu chỉnh để tạo ra từ trường biến đổi đều theo khoảng cách. Từ trường biến đổi có vai trò đảm bảo tần số do các proton trong mỗi phần cơ thể phát ra là khác nhau. Từ đó, hình ảnh thu được sẽ chính xác cho từng vùng trên cơ thể.
- Một cuộn dây phát sóng vô tuyến kích thích xuyên qua cơ thể.
- Một cuộn dây thu tín hiệu sóng vô tuyến do các proton phát ra trong quá trình chuyển trạng thái.
- Một máy tính điều khiển quá trình hoạt động của các bộ phận và xử lý kết quả thu được.

Hình 6.6 thể hiện hình ảnh của đầu gối được chụp bằng máy chụp MRI. Độ đậm nhạt trên hình thể hiện các loại mô khác nhau tùy theo thời gian chuyển trạng thái của proton.



Hình 6.5. Một số bộ phận chính của máy chụp MRI



- Giải thích vì sao cần phải che chắn phòng đặt máy MRI khỏi sóng vô tuyến.



Hình 6.6. Hình ảnh đầu gối phải được chụp bằng máy MRI



Tìm hiểu và trình bày ngắn gọn ưu và nhược điểm của kỹ thuật chụp MRI.



Tìm hiểu những ứng dụng của hiện tượng cộng hưởng từ trong lĩnh vực hoá học.

BÀI TẬP

Tìm hiểu và so sánh mức độ an toàn của phương pháp MRI so với chụp CT.

VẬT LÝ LƯỢNG TỬ

Chuyên đề 3

Bài 7

HIỆU ỨNG QUANG ĐIỆN VÀ NĂNG LƯỢNG CỦA PHOTON

- Thí nghiệm Hertz về hiệu ứng quang điện.
- Tính lượng tử của bức xạ điện từ, năng lượng photon: $E = hf$. Năng lượng của các bức xạ điện từ cơ bản trong thang sóng điện từ.
- Các định luật quang điện: ý nghĩa, giải thích, phương trình Einstein.
- Lượng tính sóng hạt của bức xạ điện từ.
- Thí nghiệm thực hành khảo sát dòng quang điện.

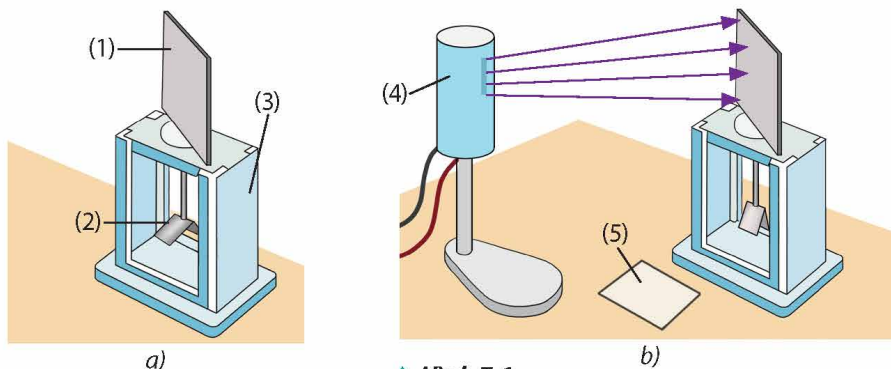
Đến cuối thế kỉ XIX, ánh sáng vẫn được xem có bản chất sóng (sóng điện từ). Tuy nhiên, lí thuyết sóng ánh sáng không thể giải thích được một số khám phá sau đó như hiệu ứng quang điện. Hiệu ứng này, cùng một số hiệu ứng khác mà ánh sáng gây ra, chỉ có thể giải thích thoả đáng với quan niệm ánh sáng có tính chất hạt.

1 HIỆU ỨNG QUANG ĐIỆN

Thí nghiệm Hertz về hiệu ứng quang điện

Năm 1887, nhà vật lí người Đức Heinrich Rudolf Hertz (Hanh-rích Ru-đốp Héc) đã thực hiện thí nghiệm với các thiết bị như Hình 7.1, gồm:

- Bản kẽm (1) được kết nối với hai lá kim loại (2) đặt trong bình điện nghiệm (3). Hai lá kim loại này có thể tách ra hay khép vào tùy theo bản kẽm có tích điện hay không.
- Một đèn hồ quang (4) phát tia tử ngoại.
- Một tấm thủy tinh không màu (5) (có tác dụng hấp thụ tia tử ngoại).



▲ Hình 7.1.

a) Hai lá kim loại trong bình điện nghiệm tách ra khi bản kẽm được tích điện âm;

b) Góc giữa hai lá kim loại nhỏ lại khi chiếu bản kẽm bằng chùm tử ngoại

Ban đầu, bản kẽm được tích điện âm, hai lá kim loại đặt trong bình điện nghiệm tách ra. Sau đó, đèn hồ quang được bật để chiếu chùm tia tử ngoại đến tấm kẽm, ta thấy góc giữa hai lá kim loại nhỏ lại. Kết quả này cho thấy bản kẽm bị mất điện tích âm.

Nếu dùng một tấm thủy tinh không màu để chắn chùm tia hồ quang chiếu vào bản kẽm thì góc giữa hai lá kim loại đặt trong bình điện nghiệm không thay đổi. Nghĩa là bản kẽm không mất điện tích âm.

Kết quả tương tự được quan sát cho các bản kim loại khác như đồng, nhôm, nickel,... Từ đó, Hertz đã cho rằng khi chiếu vào bản kim loại, tia tử ngoại đã làm các electron bị bật ra khỏi bề mặt của bản.

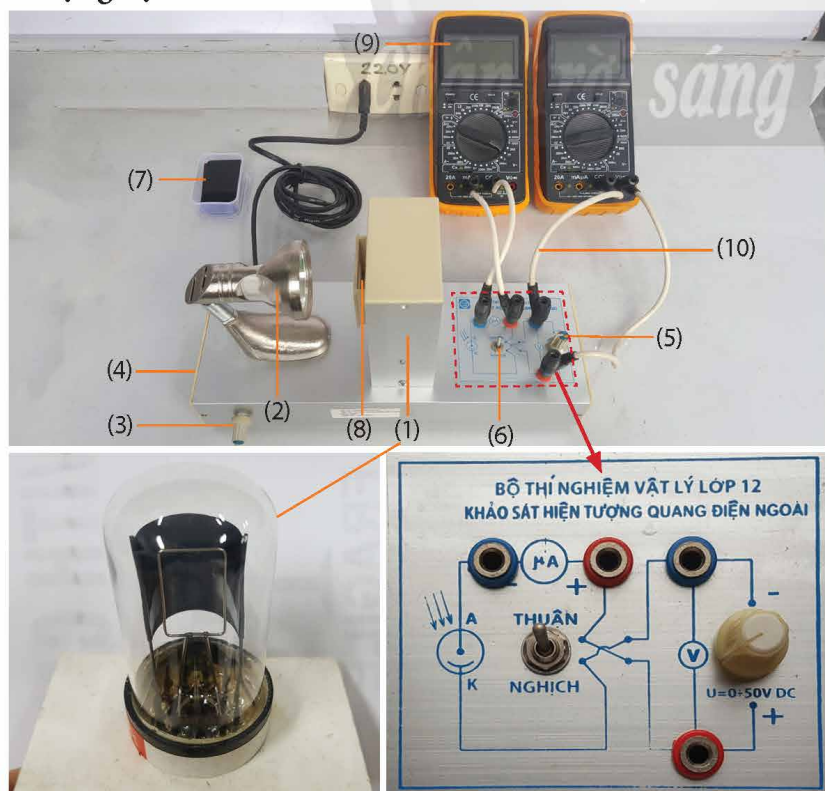
Hiệu ứng các electron bị bật ra khỏi bề mặt kim loại khi được chiếu bởi bức xạ điện từ có bước sóng thích hợp được gọi là hiệu ứng quang điện ngoài, hay **hiệu ứng quang điện**. Các electron bị bật ra khỏi bề mặt kim loại trong hiệu ứng này gọi là quang electron hay **electron quang điện**.

Thí nghiệm khảo sát dòng quang điện

* Mục đích:

- Vẽ đường đặc trưng vôn – ampe của tế bào quang điện.
- Khảo sát sự phụ thuộc của cường độ dòng quang điện vào cường độ chùm sáng.

* Dụng cụ:

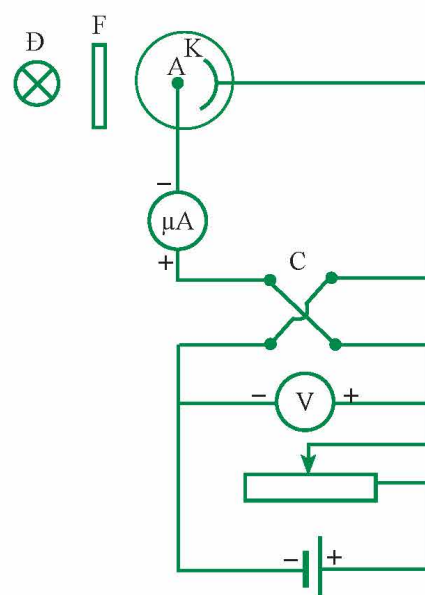


▲ Hình 7.2. Bộ dụng cụ khảo sát hiệu ứng quang điện



1. Dự đoán hiện tượng xảy ra nếu trong thí nghiệm của Hertz ở Hình 7.1, ta thay đèn hồ quang bằng nguồn phát ánh sáng nhìn thấy.
2. Dự đoán hiện tượng xảy ra khi chiếu tia tử ngoại vào bản kẽm tích điện dương trong thí nghiệm của Hertz ở Hình 7.1.

3. Dựa vào các dụng cụ được gợi ý trong Hình 7.2 để thiết kế phương án thí nghiệm vẽ đường đặc trưng vôn – ampe của tế bào quang điện.
4. Giải thích vì sao vỏ của tế bào quang điện thường bằng thạch anh.



▲ Hình 7.3. Sơ đồ thí nghiệm với tế bào quang điện

Bộ dụng cụ thí nghiệm khảo sát hiệu ứng quang điện được cho trong Hình 7.2, gồm:

- Tế bào quang điện (1).
- Nguồn sáng (2).
- Núm xoay (3) để điều chỉnh cường độ sáng của đèn.
- Hộp chân đế (4) có gắn biến thế nguồn với điện áp đầu vào 220 V và hiệu điện thế đầu ra tối đa 50 V.
- Núm xoay (5) để thay đổi hiệu điện thế đặt vào hai điện cực của tế bào quang điện.
- Công tắc thuận nghịch C (6) giúp đảo chiều hiệu điện thế U_{AK} .
- Kính lọc sắc F (7) đặt vào khe (8).
- Hai đồng hồ đo điện đa năng hiện số (9).
- Các dây nối (10).

* Tiến hành thí nghiệm:

Bước 1: Lắp đặt dụng cụ như Hình 7.2 (sơ đồ thí nghiệm này được minh họa trong Hình 7.3). Các núm xoay (3) và (5) để ở vị trí tận cùng trái. Công tắc (6) ở vị trí thuận.

Bước 2: Cắm phích cắm của bộ dụng cụ vào nguồn điện 220 V để cấp điện cho mạch và đèn. Vận núm xoay (3) để tăng dần độ sáng của đèn đến khi có dòng quang điện thì dừng lại.

Bước 3: Vận núm xoay (5) để tăng dần hiệu điện thế U_{AK} từ 0 và đồng thời ghi nhận các số chỉ I của microampe kế tương ứng với từng giá trị của U_{AK} , ghi vào vở theo mẫu Bảng 7.1.

Bước 4: Vận núm xoay (5) về lại vị trí tận cùng trái. Chuyển công tắc (6) qua vị trí nghịch. Thực hiện lại bước 3.

Bước 5: Tăng cường độ của chùm sáng bằng cách tiếp tục vận núm xoay (3) theo chiều cũ đến vị trí mới. Thực hiện lại các bước 3 và 4.

* Báo cáo kết quả thí nghiệm:

Dựa vào bảng số liệu, vẽ đường đặc trưng vôn – ampe của tế bào quang điện. Nhận xét về sự phụ thuộc của I vào U_{AK} và cường độ chùm sáng.

Bảng 7.1. Bảng giá trị của cường độ dòng quang điện I tương ứng với các giá trị U_{AK}

Cường độ sáng 1		Cường độ sáng 2	
U_{AK} (V)	I (μ A)	U_{AK} (V)	I (μ A)
0,0	0,9	0,0	2,2
0,5	2,7	0,2	3,7
1,3	4,8	1,2	7,5
3,2	7,7	3,5	13,2
6,0	8,8	5,6	14,9
14,2	9,4	9,6	15,9
27,7	9,7	14,2	16,5
32,8	9,9	23,3	17,1
36,7	9,9	32,3	17,7
40,5	9,9	39,3	17,7
46,4	9,9	45,9	17,7
– 0,1	0,5	– 0,2	1,3
– 0,2	0,3	– 0,5	0,4
– 0,6	0,0	– 2,2	0,0
– 1,4	0,0	– 3,2	0,0

► Các định luật quang điện

Kết quả nghiên cứu của Hertz và nhiều nhà khoa học khác về hiệu ứng quang điện cho phép thiết lập các định luật quang điện sau đây.

a) Định luật quang điện thứ nhất về giới hạn quang điện

Đối với mỗi kim loại, hiệu ứng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng bức xạ điện từ kích thích nhỏ hơn hoặc bằng một giá trị λ_0 xác định, gọi là giới hạn quang điện của kim loại đó.

$$\lambda \leq \lambda_0 \quad (7.1)$$

Giá trị giới hạn quang điện của một số chất được cho trong Bảng 7.2.

b) Định luật quang điện thứ hai về dòng quang điện bão hoà

Khi xảy ra hiệu ứng quang điện, cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ của bức xạ điện từ kích thích.

c) Định luật quang điện thứ ba về động năng ban đầu cực đại của quang electron

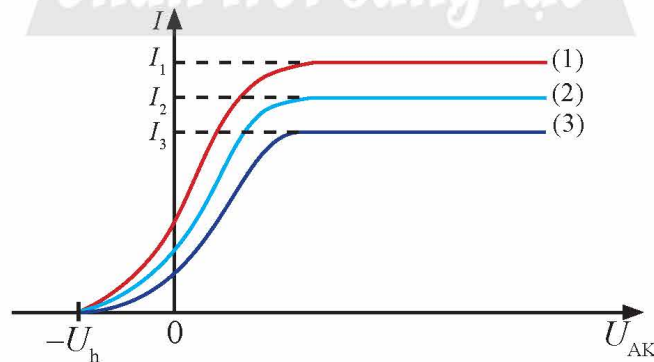
Động năng ban đầu cực đại của quang electron không phụ thuộc vào cường độ của bức xạ điện từ kích thích mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng của bức xạ điện từ kích thích và bản chất của kim loại.

▼ **Bảng 7.2.** Giá trị giới hạn quang điện của một số chất

Chất	λ_0 (nm)
Platinum (Pt)	199
Đồng (Cu)	264
Sắt (Fe)	276
Bạc (Ag)	263
Kẽm (Zn)	288
Nhôm (Al)	304
Magesium (Mg)	337



Quan sát Hình 7.4 và sắp xếp các đường đồ thị (1), (2), (3) theo thứ tự tăng dần của cường độ bức xạ điện từ kích thích.



▲ **Hình 7.4.** Đường đặc trưng vôn – ampe của một tế bào quang điện

2

TÍNH LƯỢNG TỬ CỦA BỨC XẠ ĐIỆN TỪ

► Giả thuyết lượng tử của Planck

Giả thuyết lượng tử năng lượng do nhà vật lý học người Đức Max Planck (Mắc Plăng) (Hình 7.5) đề xuất đóng vai trò quan trọng trong việc giải thích hiệu ứng quang điện trên. Theo đó, các nguyên tử hay phân tử chỉ phát xạ hoặc hấp thụ năng lượng *theo từng lượng nhỏ, gián đoạn*.

Mỗi lượng nhỏ này được gọi là lượng tử năng lượng và có giá trị xác định bởi biểu thức:

$$\varepsilon = hf \quad (7.2)$$

Trong đó, f là tần số của bức xạ điện từ mà nguyên tử hoặc phân tử hấp thụ hay bức xạ, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s là hằng số Planck.

Lưu ý: Trong vật lý nguyên tử và vật lý hạt nhân, ta thường dùng đơn vị đo năng lượng là eV (electron vôn), được định nghĩa là độ lớn của công cần thực hiện để dịch chuyển một điện tích nguyên tố e giữa hai điểm có hiệu điện thế 1 V. Do đó, ta có:

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

➤ Khái niệm photon. Năng lượng photon

Từ giả thuyết lượng tử do Planck đề xuất, Albert Einstein (An-be Anh-xtanh) (Hình 7.6) đã đề xuất ý tưởng về **tính chất hạt** của ánh sáng:

– Ánh sáng là tập hợp các photon (hạt ánh sáng) chuyển động với tốc độ $c = 3 \cdot 10^8$ m/s trong chân không.

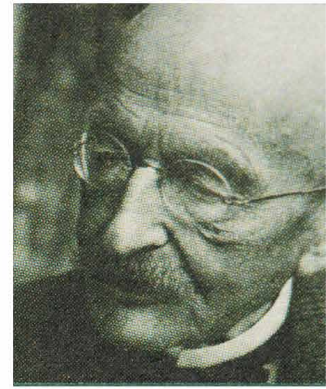
– Mỗi photon của bức xạ có tần số f mang năng lượng được tính theo biểu thức (7.2).

Với bức xạ điện từ có tốc độ c trong chân không, mối liên hệ giữa tần số và bước sóng là: $f = \frac{c}{\lambda}$. Do đó, năng lượng của mỗi photon là:

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (7.3)$$

Biểu thức (7.3) cho thấy năng lượng của mỗi photon tỉ lệ nghịch với bước sóng của bức xạ điện từ. Tức là năng lượng photon của những bức xạ điện từ có bước sóng ngắn như tia X (tia Röntgen) hay tia γ (tia gamma) lớn hơn năng lượng photon của ánh sáng nhìn thấy.

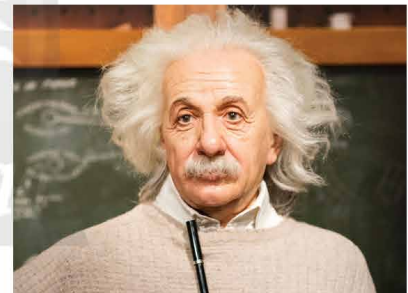
Ví dụ: Biết ánh sáng nhìn thấy có bước sóng trong khoảng từ 380 nm (ánh sáng tím) đến 760 nm (ánh sáng đỏ). Tính năng lượng của các photon tương ứng với ánh sáng tím và ánh sáng đỏ theo đơn vị eV.



▲ Hình 7.5. Nhà vật lý Max Planck (1858 – 1947), đoạt giải Nobel Vật lý năm 1918



5. Năng lượng của sóng điện từ phụ thuộc như thế nào vào bước sóng?



▲ Hình 7.6. Nhà vật lý Albert Einstein (1879 – 1955), đoạt giải Nobel Vật lý năm 1921

6. Sử dụng biểu thức (7.3) để giải thích vì sao các tia X và tia gamma có khả năng đâm xuyên lớn qua một số vật liệu.

Bài giải

Ánh sáng tím:

$$\varepsilon_t = \frac{hc}{\lambda_t} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{380 \cdot 10^{-9}} \approx 5,23 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 3,27 \text{ eV}$$

Ánh sáng đỏ:

$$\varepsilon_d = \frac{hc}{\lambda_d} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{760 \cdot 10^{-9}} \approx 2,62 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 1,64 \text{ eV}$$



Một bút laser có công suất 5,00 mW phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng 650 nm. Tính số photon phát ra bởi bút laser này trong thời gian 1 phút.



GIẢI THÍCH CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

➤ Phương trình Einstein về hiện tượng quang điện

Theo Einstein, hiệu ứng quang điện xảy ra khi một electron dẫn trong kim loại hấp thụ một photon của bức xạ điện từ kích thích và nhận toàn bộ năng lượng của photon này. Theo định luật bảo toàn năng lượng, khi hiệu ứng quang điện xảy ra, năng lượng của photon

$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$ được dùng để:

- Truyền một phần năng lượng cho mạng tinh thể.
- Cung cấp cho electron một năng lượng gọi là công thoát A để electron rời khỏi bề mặt kim loại.
- Truyền cho electron một động năng ban đầu.

Nếu xét các electron dẫn nằm ngay trên bề mặt kim loại thì phần năng lượng truyền cho mạng tinh thể là không đáng kể, có thể bỏ qua. Khi đó, động năng ban đầu của các electron quang điện có giá trị cực đại.

Từ nhận xét trên, Einstein đã rút ra được phương trình sau, được gọi là phương trình Einstein về hiệu ứng quang điện:

$$hf = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \quad (7.4)$$

với m là khối lượng của electron và $W_{d_0\max} = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$ là động năng ban đầu cực đại của quang electron.

➤ Giải thích các định luật quang điện

a) Giải thích định luật quang điện thứ nhất

Bên trong kim loại có các electron chuyển động tự do, gọi là các electron dẫn. Để thoát ra khỏi bề mặt một tấm kim loại, các electron dẫn cần được cung cấp một năng lượng đủ lớn, gọi là công thoát (kí hiệu là A), để thắng được lực liên kết trong mạng tinh thể. Công thoát này có giá trị khác nhau tùy theo kim loại. Nếu gọi f và λ lần lượt là tần số và bước sóng của

bức xạ điện từ kích thích thì năng lượng của photon cung cấp cho electron đủ để gây ra hiệu ứng quang điện khi:

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} \geq A \quad (7.5)$$

Ta có biểu thức liên hệ giữa giới hạn quang điện và công thoát:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} \quad (7.6)$$

Như vậy, năng lượng cung cấp bởi bức xạ điện từ kích thích cho mỗi electron không phụ thuộc cường độ của bức xạ điện từ chiếu vào kim loại mà chỉ phụ thuộc năng lượng của mỗi photon (hoặc bước sóng) của bức xạ điện từ tương ứng.

b) Giải thích định luật quang điện thứ hai

Khi xảy ra hiệu ứng quang điện, số quang electron bật khỏi cathode trong một đơn vị thời gian tỉ lệ thuận với số photon đập vào cathode trong một đơn vị thời gian, tức là tỉ lệ thuận với cường độ bức xạ điện từ kích thích. Vì vậy, khi cường độ của dòng quang điện đạt giá trị bão hoà (tức là khi toàn bộ quang electron bật ra khỏi cathode trong một đơn vị thời gian đều về được anode), giá trị bão hoà này tỉ lệ thuận với cường độ của bức xạ điện từ kích thích.

c) Giải thích định luật quang điện thứ ba

Từ phương trình Einstein (7.4), ta thấy:

$$W_{d_0\max} = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda} - A \quad (7.7)$$

Do đó, động năng ban đầu cực đại của electron chỉ phụ thuộc bước sóng λ của bức xạ điện từ kích thích và công thoát A , tức là bản chất kim loại.

Khi hiệu điện thế U_{AK} giữa anode và cathode bắt đầu có giá trị âm, dòng quang điện có giá trị giảm dần. Khi U_{AK} bằng $-U_h$, dòng quang điện tắt. Giá trị U_h ($U_h > 0$) được gọi là **hiệu điện thế hãm**, được tính theo công thức:

$$eU_h = W_{d_0\max} \quad (7.8)$$



7. Tham khảo Bảng 7.2 để giải thích vì sao phải sử dụng chùm tia tử ngoại trong thí nghiệm Hertz để tạo ra hiệu ứng quang điện.

8. Từ phương trình (7.4), em hãy nghiệm lại định luật quang điện thứ nhất về giới hạn quang điện.

9. Vì sao ta không thể sử dụng lí thuyết sóng để giải thích định luật về giới hạn quang điện.

10. Cường độ dòng quang điện bão hoà có phụ thuộc vào bước sóng của bức xạ điện từ kích thích không? Giải thích.

11. Thảo luận để rút ra công thức (7.8).



Biết rằng phải chiếu vào cathode bằng sodium (Na) bức xạ điện từ có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng 504 nm thì hiệu ứng quang điện mới xảy ra. Khi hiệu điện thế giữa anode và cathode nhỏ hơn hoặc bằng $-2,46$ V thì dòng quang điện tắt.

a) Tính công thoát của sodium (theo đơn vị J và eV).

b) Tính động năng ban đầu cực đại (theo đơn vị eV) và vận tốc ban đầu cực đại của quang electron. Cho biết khối lượng của electron là $9,10 \cdot 10^{-31}$ kg.



Hiệu ứng quang điện có nhiều ứng dụng trong thực tế. Một trong các ví dụ là ống nhân quang điện (PMT – Photomultiplier tube). Trong thiết bị này, dòng quang electron được khuếch đại nhiều lần để tạo thành dòng điện có cường độ lớn. Ống nhân quang điện được sử dụng trong chẩn đoán y tế (xét nghiệm máu, quét ảnh), thiết bị nhìn đêm, máy quét hình ảnh cao cấp, ...

Em hãy tìm hiểu trên sách, báo, internet, ... để trình bày tóm tắt về nguyên tắc hoạt động của thiết bị này.



4 LƯỢNG TÍNH SÓNG HẠT CỦA BỨC XẠ ĐIỆN TỪ

Trong Chương trình Vật lý 11, các em đã được học một số hiện tượng đặc trưng cho tính chất sóng của bức xạ điện từ như giao thoa, nhiễu xạ. Tuy nhiên, để giải thích hiệu ứng quang điện, ta phải thừa nhận bức xạ điện từ là một chùm các photon, mỗi photon có giá trị năng lượng xác định phụ thuộc vào bước sóng (tần số) của bức xạ điện từ đó. Như vậy, bức xạ điện từ vừa có tính chất sóng, vừa có tính chất hạt. Ta nói bức xạ điện từ có **lượng tính sóng hạt**.

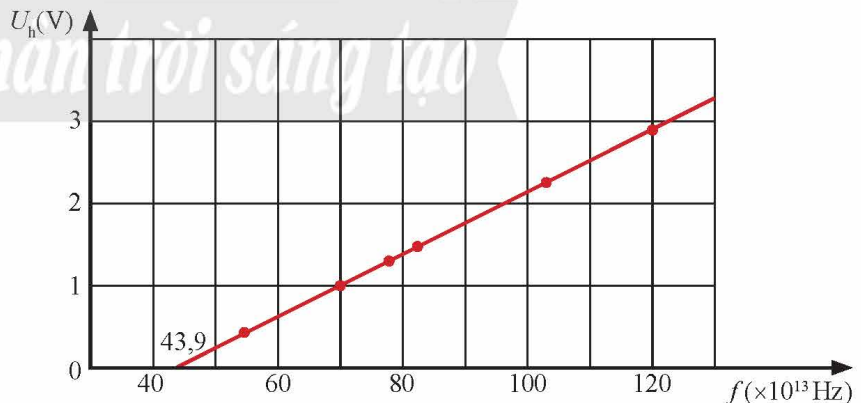
Khi bước sóng của bức xạ điện từ càng lớn, tính chất sóng được thể hiện rõ thì tính chất hạt lại ít được thể hiện và ngược lại, bức xạ điện từ có bước sóng càng ngắn thì càng thể hiện rõ tính chất hạt.

BÀI TẬP

- Một ứng dụng của laser trong y học là dùng một chùm tia laser để điều chỉnh độ cong của giác mạc, từ đó điều trị các bệnh lý liên quan tới tật khúc xạ. Biết thời gian của mỗi xung laser bằng 20 ms và công suất trung bình của mỗi xung là 0,60 W. Trong mỗi xung, có $4,0 \cdot 10^{16}$ photon đập vào võng mạc. Tính bước sóng của chùm tia laser này.
- Hằng số Planck h có thể được xác định trong thực nghiệm bằng cách đo hiệu điện thế hãm đối với sodium (Hình 7P.1). Cho khối lượng và điện tích của electron lần lượt bằng $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg và $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

a) Từ đồ thị trên, hãy suy ra giá trị của hằng số h và công thoát của sodium.

b) Với giá trị của h ở câu a, hãy tính hiệu điện thế hãm và vận tốc ban đầu cực đại của quang electron nếu ánh sáng chiếu vào bản sodium này có bước sóng bằng 400 nm.



▲ Hình 7P.1. Sự biến thiên của hiệu điện thế hãm U_h theo tần số bức xạ chiếu vào sodium

- Gọi λ_0 là giới hạn quang điện của sodium. Ta thấy khi chiếu vào cathode của một tế bào quang điện bức xạ có bước sóng $\lambda = \frac{\lambda_0}{2}$ thì hiệu điện thế U_{AK} giữa anode và cathode có giá trị bằng $-2,48$ V để dòng quang điện có giá trị bằng 0. Cho $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s, khối lượng và điện tích của electron lần lượt bằng $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg và $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

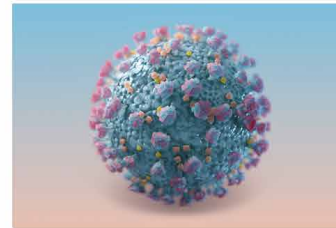
a) Tính giá trị λ_0 .

b) Tính vận tốc ban đầu cực đại của quang electron khi bật ra khỏi cathode.

- Hiện tượng nhiễu xạ electron. Tính chất sóng của electron.
- Công thức bước sóng de Broglie: $\lambda = h/p$ với p là động lượng của hạt.



Ta biết rằng virus có kích thước rất nhỏ, khoảng từ 5 nm đến 300 nm. Kính hiển vi quang học cung cấp hình ảnh với độ phóng đại tối đa khoảng 2 000 lần nên không thể được sử dụng để quan sát virus. Việc khám phá ra tính chất sóng của electron đã cung cấp cơ sở lý thuyết quan trọng cho sự phát minh kính hiển vi điện tử. Loại quang cụ này có thể cho hình ảnh với độ phóng đại lên đến 50 triệu lần. Hình 8.1 cho ta thấy hình ảnh của virus SARS-CoV-2 được cung cấp bởi kính hiển vi điện tử.



▲ Hình 8.1. Hình ảnh virus SARS-CoV-2 được chụp bởi kính hiển vi điện tử

1 GIẢI THUYẾT DE BROGLIE

Bước sóng de Broglie

Như ta đã biết, bức xạ điện từ có lưỡng tính sóng hạt, gồm những photon có năng lượng $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$ với f và λ lần lượt là tần số và bước sóng của bức xạ điện từ đang xét.

Trong Chương trình Vật lý 10, ta đã biết một hạt có khối lượng m chuyển động với tốc độ v thì có động lượng $p = mv$. Đối với ánh sáng, người ta đã chứng minh được công thức tính động lượng của photon:

$$p_{\text{photon}} = \frac{h}{\lambda} \quad (8.1)$$

Phát triển ý tưởng photon là hạt nhưng cũng có bản chất sóng, vào năm 1924, nhà vật lý người Pháp Louis de Broglie (Lu-i đơ Brô-li) (Hình 8.2) đã đề xuất lưỡng tính sóng hạt của photon cũng là đặc tính của các hạt vi mô. Cụ thể, mối liên hệ giữa động lượng với bước sóng của photon cũng đúng cho các hạt vi mô, tức là hạt vi mô cũng có tính chất sóng, gọi là "sóng vật chất". Vậy, khi một hạt có độ lớn động lượng $p = mv$ thì bước sóng của sóng vật chất tương ứng được tính theo công thức:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (8.2)$$



▲ Hình 8.2. Nhà vật lý Louis de Broglie (1892 – 1987), đoạt giải Nobel Vật lý năm 1929



1. So sánh bước sóng de Broglie của một electron có khối lượng m_e và của một proton có khối lượng bằng khoảng $1\,836m_e$ chuyển động với cùng tốc độ.

Bước sóng của sóng vật chất tương ứng với hạt vi mô được gọi là **bước sóng de Broglie**.

Từ công thức (8.2), ta thấy bước sóng de Broglie tỉ lệ nghịch với tốc độ và khối lượng của hạt vi mô: Với cùng tốc độ, khối lượng của hạt càng nhỏ thì tính chất sóng của nó càng thể hiện rõ.

► Vận dụng công thức tính bước sóng de Broglie

Ví dụ: Xét một hạt bụi có khối lượng $1,2 \cdot 10^{-9}$ kg đang chuyển động thẳng đều với tốc độ 24 cm/s. Tính bước sóng de Broglie của hạt bụi này. Từ đó giải thích vì sao ta khó có thể phát hiện tính chất sóng của hạt bụi này.

Bài giải

Áp dụng công thức (8.2), ta có:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{1,2 \cdot 10^{-9} \cdot 24 \cdot 10^{-2}} \approx 2,3 \cdot 10^{-24} \text{ m}$$

Bước sóng của hạt bụi rất nhỏ so với bước sóng nhỏ nhất trên thang sóng điện từ (khoảng 10^{-16} m). Vì vậy, tính chất sóng của hạt bụi này không thể hiện rõ.

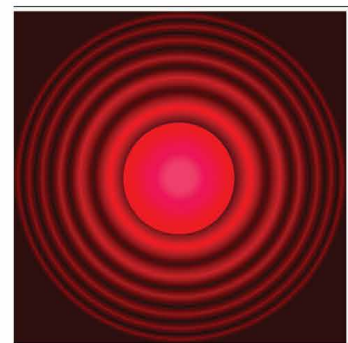


So sánh bước sóng de Broglie của một electron có khối lượng $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg và của một proton có khối lượng $1,7 \cdot 10^{-27}$ kg đang chuyển động với tốc độ lần lượt là $4,6 \cdot 10^6$ m/s và $2,1 \cdot 10^4$ m/s.

2 TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ELECTRON

► Thí nghiệm nhiễu xạ electron

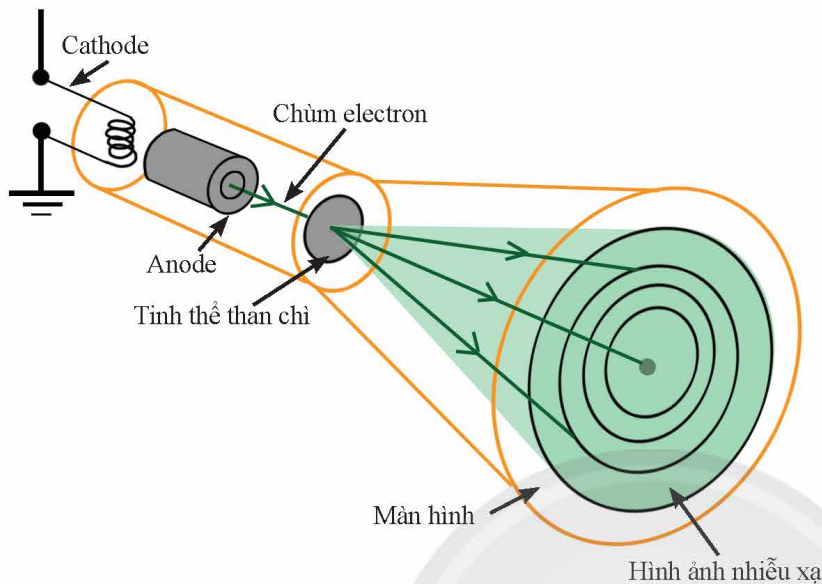
Nhiễu xạ là hiện tượng đặc trưng của sóng. Sóng cơ (như sóng âm) hoặc sóng điện từ (như ánh sáng) đều có hiện tượng nhiễu xạ (Hình 8.3).



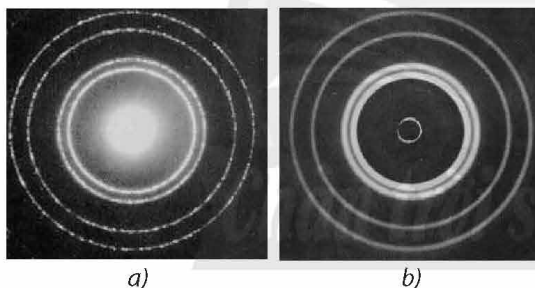
▲ Hình 8.3. Hình ảnh nhiễu xạ trên màn khi ánh sáng đỏ truyền qua một lỗ tròn kích thước nhỏ

Từ năm 1923 đến 1927, hai nhà vật lý Clinton Joseph Davisson (Cờ-lin-tơn Giô-xép Đa-vi-sơn) (1881 – 1958) và Lester Halbert Germer (Lét-tơ Hao-bớt Giơ-mơ) (1896 – 1971) đã thực hiện một thí nghiệm rất quan trọng cho thấy electron cũng có thể gây ra hiện tượng nhiễu xạ: Khi bắn chùm electron xuyên qua một bản tinh thể than chì (Hình 8.4), trên màn xuất hiện các vạch tròn sáng và tối xen kẽ nhau (Hình 8.5a).

Hình ảnh này tương tự như hình ảnh nhận được khi thực hiện thí nghiệm nhiễu xạ tia X (Hình 8.5b). Hiện tượng nhiễu xạ bởi chùm tia electron chỉ có thể được giải thích nếu ta chấp nhận electron có tính chất sóng. Với công trình này, Davisson đã đoạt giải Nobel Vật lý vào năm 1937.



▲ Hình 8.4. Sơ đồ thí nghiệm nhiễu xạ chùm tia electron



▲ Hình 8.5. Hình ảnh nhiễu xạ cho bởi: a) electron; b) tia X



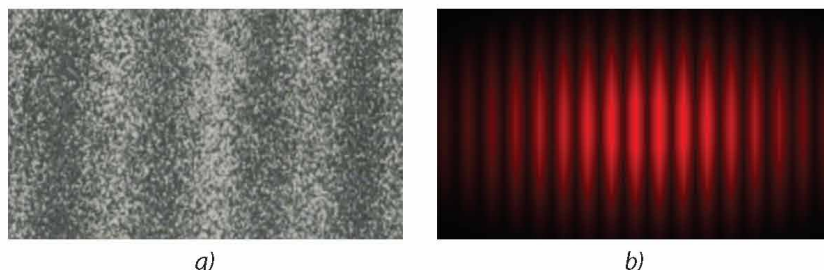
2. Hình ảnh trên màn trong Hình 8.3 sẽ thay đổi thế nào khi lỗ tròn có kích thước lớn?

3. Quan sát Hình 8.5 về kết quả thí nghiệm nhiễu xạ của electron và tia X với một bản tinh thể than chì. Em hãy cho biết:

- Hình ảnh nhiễu xạ tia X là bằng chứng cho thấy tia X có tính chất gì?
- Ta có thể khẳng định điều gì khi chùm tia electron cũng cho thấy hình ảnh nhiễu xạ?

►► Tính chất sóng của electron

Ngoài thí nghiệm nhiễu xạ electron của Davisson và Germer, những thí nghiệm khác, như thí nghiệm khảo sát sự giao thoa của electron (Hình 8.6a) cũng cho hình ảnh tương tự như sự giao thoa của ánh sáng đơn sắc (Hình 8.6b). Hiện tượng này một lần nữa chứng tỏ electron có tính chất sóng.



▲ Hình 8.6. Hình ảnh giao thoa của: a) electron; b) ánh sáng đơn sắc đỏ



Nhiều công trình thực nghiệm cũng đã cho thấy không những electron mà các hạt vi mô khác như proton, neutron, nguyên tử, thậm chí phân tử cũng có thể gây ra các hiện tượng nhiễu xạ, giao thoa. Như vậy, cũng giống như electron, các hạt vi mô này cũng có tính chất sóng.

Như ta đã thấy, với giả thuyết de Broglie, sóng tương ứng với các hạt vi mô này không phải là sóng cơ (như sóng âm, sóng trên mặt nước) hay sóng điện từ (như sóng ánh sáng, sóng vô tuyến) mà là một loại sóng khác, được gọi là “sóng vật chất”.

Khám phá trên có ý nghĩa vật lý quan trọng: **Vật chất có lưỡng tính sóng hạt**, tương tự như bức xạ điện từ vừa có tính chất sóng (sóng điện từ) vừa có tính chất hạt (photon).



Một trong những ứng dụng của tính sóng của hạt là phát minh kính hiển vi điện tử. Kính hiển vi điện tử có hai loại: quét (SEM – Scanning Electron Microscope) và truyền qua (TEM – Transmission Electron Microscope) (Hình 8.7) giúp cung cấp hình ảnh phóng đại lên đến khoảng 50 triệu lần. Nhờ đó, các nhà khoa học có thể quan sát và nghiên cứu được những đối tượng có kích thước rất nhỏ như virus (Hình 8.1). Em hãy tìm hiểu trên sách, báo, internet,... để trình bày sơ lược về nguyên tắc hoạt động của một trong hai loại kính hiển vi điện tử trên.



▲ Hình 8.7. Kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM)

Chân trời sáng tạo

BÀI TẬP

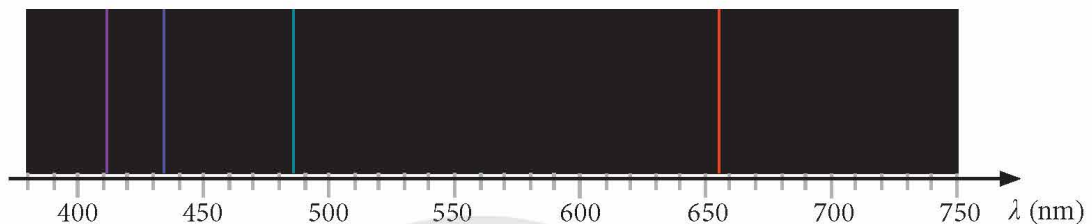
- Chọn câu trả lời đúng. Khi một trái bóng có khối lượng 0,5 kg chuyển động với tốc độ 10 m/s thì bước sóng de Broglie của trái bóng này có độ lớn
 - xấp xỉ đường kính của trái bóng (khoảng 11 cm).
 - xấp xỉ kích thước nguyên tử (khoảng 10^{-10} m).
 - xấp xỉ kích thước hạt nhân (khoảng 10^{-15} m).
 - nhỏ hơn nhiều lần kích thước hạt nhân.
- Một electron có bước sóng de Broglie bằng 0,4 nm.
 - Tính động lượng của electron này.
 - Tính tốc độ của electron này. Biết khối lượng của electron bằng $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.
- Trong thí nghiệm nhiễu xạ chùm tia electron bởi tinh thể, các electron có bước sóng có độ lớn khoảng 0,1 nm (là khoảng cách trung bình giữa các nguyên tử trong tinh thể).
 - Tốc độ của các electron này bằng bao nhiêu?
 - Tính hiệu điện thế cần thiết để cung cấp cho electron tốc độ tính được ở câu a. Bỏ qua tốc độ ban đầu của electron. Cho $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Bài

9

QUANG PHỔ VẠCH CỦA NGUYÊN TỬ

- Sự tồn tại của các mức năng lượng dừng của nguyên tử và sự chuyển mức năng lượng.
- Sự tạo thành vạch quang phổ.
- Quang phổ vạch phát xạ và quang phổ vạch hấp thụ.



▲ Hình 9.1. Quang phổ vạch phát xạ bởi các nguyên tử hydrogen

Vào đầu thế kỉ XX, các nhà vật lí đã khám phá ra một số hiện tượng mà vật lí cổ điển không thể giải thích một cách thoả đáng như hiện tượng các chất khí (hydrogen và các ion tương tự) khi hấp thụ năng lượng sẽ phát ra quang phổ vạch gồm các vạch màu riêng lẻ (Hình 9.1). Ngoài ra, mô hình hành tinh nguyên tử của Rutherford cũng không thể giải thích được vì sao các electron mang điện tích âm chuyển động tròn quanh hạt nhân mang điện tích dương lại không mất năng lượng và rơi vào trong hạt nhân. Mô hình nguyên tử do nhà vật lí người Đan Mạch Niels Bohr (Niu-xơ Bo) (Hình 9.2) đề xuất đã giải quyết được những vấn đề trên.

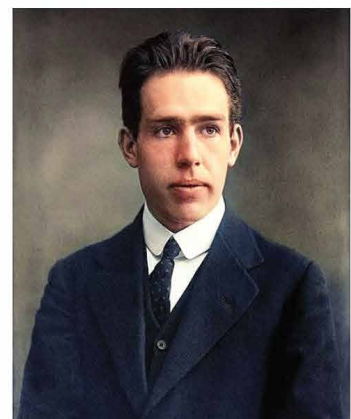
1 CÁC TIÊN ĐỀ BOHR

Để giải thích tính bền vững của nguyên tử và sự xuất hiện quang phổ vạch của nguyên tử hydrogen, dựa trên các ý tưởng về lượng tử năng lượng của Planck, nhà vật lí người Đan Mạch Niels Bohr đã phát triển mô hình hành tinh nguyên tử của Rutherford và đưa ra hai tiên đề, được gọi là hai tiên đề Bohr.

➤ Tiên đề về trạng thái dừng

Nguyên tử chỉ tồn tại trong một số trạng thái có năng lượng E_n xác định, được gọi là các trạng thái dừng. Khi ở trạng thái dừng, nguyên tử không bức xạ.

Trạng thái dừng có năng lượng thấp nhất của nguyên tử được gọi là trạng thái cơ bản, các trạng thái dừng có năng lượng

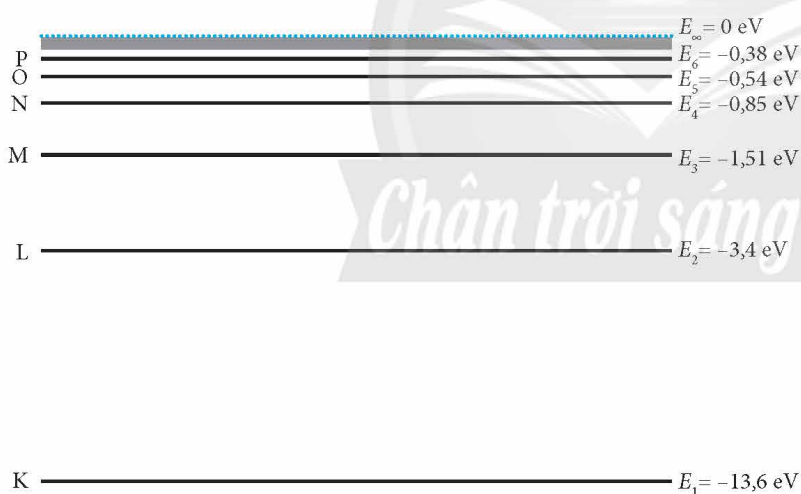


▲ Hình 9.2. Nhà vật lí Niels Bohr (1885 – 1962), đoạt giải Nobel Vật lí năm 1922

cao hơn được gọi là trạng thái kích thích. Thông thường, nguyên tử tồn tại ở trạng thái kích thích một khoảng thời gian rất ngắn (gọi là thời gian sống trung bình, bằng khoảng 10^{-8} s), sau đó nguyên tử chuyển về các trạng thái dừng có năng lượng thấp hơn.

Một trong những hệ quả của tiên đề về trạng thái dừng là trong nguyên tử hydrogen, electron chuyển động tròn đều quanh hạt nhân trên các quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định, gọi là quỹ đạo dừng, có tên là K, L, M, N,..., tương ứng với trạng thái cơ bản, trạng thái kích thích thứ nhất, thứ hai, thứ ba,...

Đồng thời, năng lượng của nguyên tử hydrogen cũng chỉ nhận các giá trị gián đoạn, được biểu diễn bởi các vạch thẳng, ngang, gọi là **mức năng lượng**. Đối với nguyên tử hydrogen, mức năng lượng thấp nhất tương ứng với trạng thái cơ bản $E_1 = -13,6$ eV, các mức năng lượng cao hơn lần lượt có giá trị $E_2 = -3,4$ eV, $E_3 = -1,51$ eV,... gọi là mức kích thích thứ nhất, thứ hai,... được biểu diễn ở Hình 9.3.



▲ Hình 9.3. Các mức năng lượng của nguyên tử hydrogen



1. Sử dụng sơ đồ ở Hình 9.3, tính năng lượng cần thiết để nguyên tử hydrogen chuyển từ trạng thái cơ bản đến trạng thái có năng lượng bằng không (năng lượng ion hoá nguyên tử).



Một hệ quả khác của tiên đề Bohr là bán kính của các quỹ đạo dừng trong nguyên tử hydrogen được tính theo công thức:

$$r_n = r_0 n^2 \quad (9.1)$$

với $r_0 = 0,53 \cdot 10^{-10}$ m là bán kính Bohr và n là các số nguyên dương: $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ (tương ứng với các quỹ đạo dừng K, L, M, N,...):

$$r_1 = r_0; r_2 = 4r_0; r_3 = 9r_0; r_4 = 16r_0; \dots \quad (9.2)$$

Tiên đề về sự phát xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử

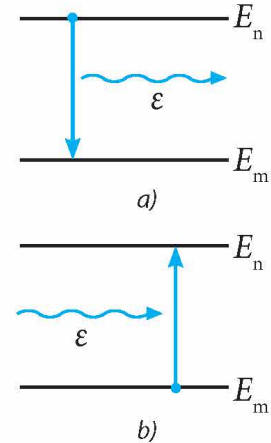
Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_n sang trạng thái dừng có năng lượng E_m thấp hơn thì nguyên tử phát xạ một photon (Hình 9.4a) có năng lượng bằng:

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = E_n - E_m \quad (9.3)$$

Trong đó, f và λ lần lượt là tần số và bước sóng của bức xạ điện từ chứa photon này.

Nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_m mà hấp thụ được một lượng tử năng lượng có độ lớn đúng bằng $E_n - E_m$ thì nguyên tử sẽ chuyển sang trạng thái dừng có năng lượng E_n cao hơn (Hình 9.4b).

Lưu ý: Trong Hình 9.4, sự chuyển mức năng lượng được biểu thị bằng các mũi tên thẳng đứng.



▲ Hình 9.4. Nguyên tử phát xạ (a) hay hấp thụ (b) lượng tử năng lượng $E_n - E_m$



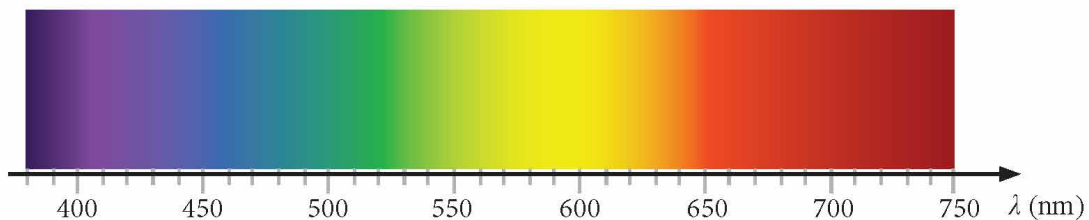
Quan sát các mức năng lượng của nguyên tử hydrogen ở Hình 9.3 và cho biết nếu cung cấp một năng lượng bằng 12,09 eV cho nguyên tử hydrogen đang ở trạng thái cơ bản thì nguyên tử này sẽ chuyển lên trạng thái kích thích tương ứng với mức năng lượng nào? Sau đó, nguyên tử hydrogen có thể phát xạ các photon có bước sóng bằng bao nhiêu?

2

CÁC LOẠI QUANG PHỔ

Quang phổ liên tục

Quang phổ liên tục gồm nhiều dải màu nối liền nhau một cách liên tục. Ví dụ: quang phổ của ánh sáng trắng phát ra bởi Mặt Trời (Hình 9.5)



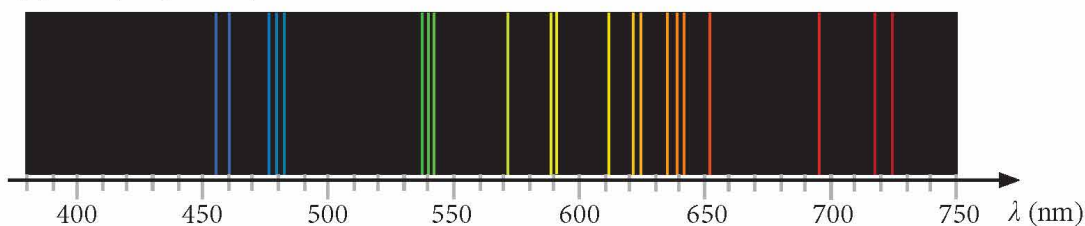
▲ Hình 9.5. Quang phổ liên tục của ánh sáng trắng

Nguồn phát quang phổ liên tục: các chất rắn, lỏng và khí (ở áp suất cao) được nung nóng.

Tính chất của quang phổ liên tục:

- Không phụ thuộc vào bản chất của vật phát sáng mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của vật.
- Khi nhiệt độ của vật tăng thì độ sáng của quang phổ cũng tăng, miền quang phổ mở rộng dần từ bức xạ điện từ có bước sóng dài sang bức xạ điện từ có bước sóng ngắn.

➤ Quang phổ vạch phát xạ



▲ Hình 9.6. Quang phổ vạch phát xạ của neon

Quang phổ vạch phát xạ gồm các vạch màu riêng lẻ, ngăn cách nhau bằng những khoảng tối (Hình 9.1 và 9.6).

Nguồn phát quang phổ vạch phát xạ: các chất khí hoặc hơi ở áp suất thấp khi bị kích thích (khi được nung nóng hoặc khi có dòng điện phóng qua).

Tính chất của quang phổ vạch phát xạ: Các nguyên tử ứng với các nguyên tố khác nhau phát ra các quang phổ vạch khác nhau về số lượng vạch, màu sắc, vị trí của các vạch và cường độ sáng của các vạch đó. Do đó, quang phổ vạch phát xạ đặc trưng cho mỗi nguyên tố.



2. Quan sát Hình 9.1 và 9.6, so sánh quang phổ vạch phát xạ của nguyên tử hydrogen và neon về số lượng vạch.

➤ Quang phổ vạch hấp thụ

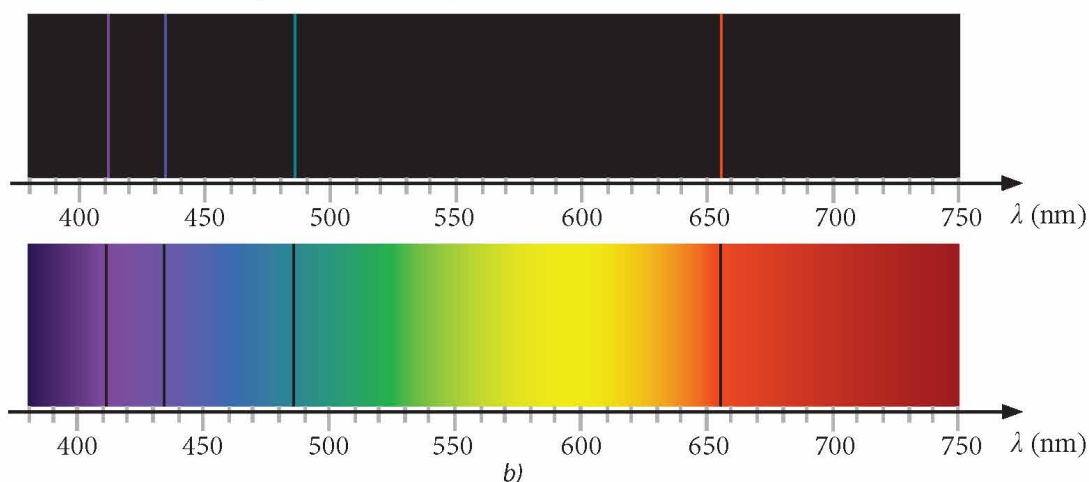
Khi ánh sáng trắng đi qua một khối khí (hoặc hơi kim loại), ta thu được kết quả là trên nền quang phổ liên tục xuất hiện các vạch tối. Đó là quang phổ hấp thụ của chất khí (hoặc hơi kim loại) đang xét.

Quang phổ vạch hấp thụ của khí (hoặc hơi kim loại) là quang phổ liên tục thiếu một số vạch màu do bị chất khí (hoặc hơi kim loại) hấp thụ.

Điều kiện thu được quang phổ vạch hấp thụ là nhiệt độ của khí hoặc hơi hấp thụ phải thấp hơn nhiệt độ của nguồn phát ra quang phổ liên tục.

Tính chất của quang phổ vạch hấp thụ: Vị trí của các vạch tối trong quang phổ hấp thụ của chất khí đang xét (như hydrogen) (Hình 9.7b) trùng với vị trí của các vạch màu trong quang phổ vạch phát xạ của chất khí đó (Hình 9.7a). Như vậy, chất khí có thể hấp thụ các bức xạ có bước sóng đúng bằng bước sóng của các bức xạ mà nó có khả năng phát ra. Do đó, quang phổ vạch hấp thụ đặc trưng cho mỗi nguyên tố.

3. So sánh số vạch và vị trí của các vạch phổ phát xạ (Hình 9.7a) và các vạch phổ hấp thụ (Hình 9.7b) của nguyên tử hydrogen.



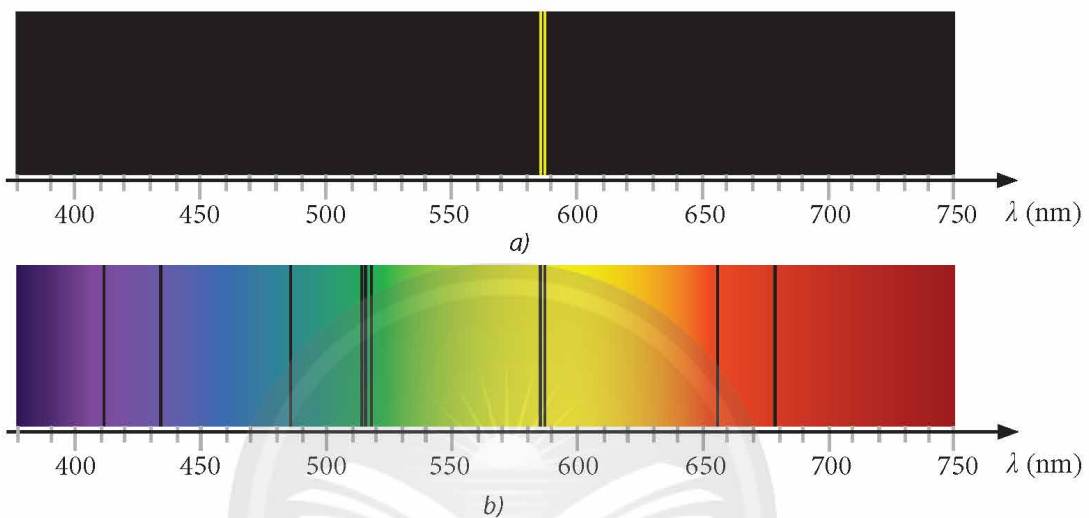
▲ Hình 9.7. Quang phổ vạch của nguyên tử hydrogen: a) vạch phát xạ; b) vạch hấp thụ



So sánh quang phổ vạch phát xạ và quang phổ vạch hấp thụ của mỗi chất khí.



Quan sát quang phổ vạch phát xạ của nguyên tử hydrogen (H) (Hình 9.7a), quang phổ vạch phát xạ của nguyên tử sodium (Na) (Hình 9.8a) và quang phổ của ánh sáng mặt trời thu nhận được từ mặt đất (Hình 9.8b). Giải thích sự xuất hiện các vạch tối trên nền màu liên tục trong Hình 9.8b. Vì sao từ các vạch tối này, ta có thể khẳng định trong khí quyển quanh Trái Đất có tồn tại nguyên tử hydrogen (H) và nguyên tử sodium (Na).



▲ Hình 9.8. a) Quang phổ phát xạ của sodium (Na); b) Quang phổ của ánh sáng từ Mặt Trời thu nhận được từ mặt đất



GIẢI THÍCH SỰ HÌNH THÀNH CÁC VẠCH QUANG PHỔ CỦA NGUYÊN TỬ

Theo các tiên đề Bohr, khi hấp thụ năng lượng thích hợp, nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng thấp lên trạng thái dừng có năng lượng cao E_n . Sau đó, nguyên tử chuyển về các trạng thái dừng có năng lượng E_m thấp hơn, đồng thời phát xạ photon có năng lượng bằng đúng bằng hiệu số $E_n - E_m$ và có bước sóng được tính theo công thức (9.3). Mỗi photon do nguyên tử phát xạ có bước sóng xác định tương ứng với một vạch quang phổ của nguyên tử này.

Ví dụ như quang phổ vạch phát xạ của nguyên tử hydrogen trong Hình 9.1 có 4 vạch nằm trong vùng ánh sáng thấy được, tương ứng với chuyển dời của nguyên tử từ các mức năng lượng E_3, E_4, E_5 và E_6 về mức năng lượng E_2 .

BÀI TẬP

- Sử dụng các giá trị của các mức năng lượng của nguyên tử hydrogen trong Hình 9.3 để tính các bước sóng do nguyên tử này phát xạ khi thực hiện các chuyển dời từ các mức năng lượng E_3, E_4, E_5 và E_6 về mức năng lượng E_2 .
- Để nguyên tử hydrogen đang ở trạng thái cơ bản có thể phát xạ được sáu vạch quang phổ, cần phải cung cấp năng lượng để nguyên tử này chuyển dời lên mức kích thích nào? Vẽ sơ đồ dịch chuyển giữa các mức năng lượng.

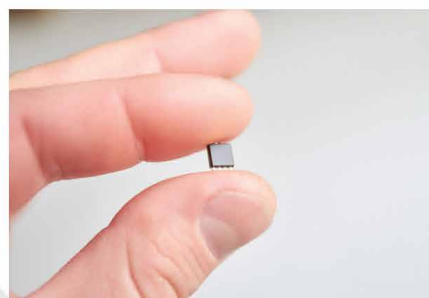
Bài 10

VÙNG NĂNG LƯỢNG

- Mô hình vùng năng lượng đơn giản và các vùng năng lượng trong chất rắn.
- Sự phụ thuộc vào nhiệt độ của điện trở kim loại và bán dẫn không pha tạp.
- Sự phụ thuộc của điện trở của các điện trở quang (LDR) vào cường độ sáng.



Vi mạch (hay mạch tích hợp – integrated circuit (IC), hoặc chip) gồm các mạch điện chứa các linh kiện bán dẫn và linh kiện điện tử khác. Các mạch tích hợp này được sử dụng trong những vật dụng như điện thoại, máy bay, thiết bị y tế, ... Đã có những tiến bộ trong việc phát triển những vi mạch tích hợp cực nhỏ (Hình 10.1) để đưa vào cơ thể người nhằm mục đích chữa bệnh hoặc tìm hiểu chức năng của các bộ phận trong cơ thể người. Việc khám phá ra chất bán dẫn và lý thuyết vùng năng lượng là cơ sở cho sự tiến bộ của ngành công nghiệp điện tử.



▲ Hình 10.1. Một vi mạch kích thước rất nhỏ



LÍ THUYẾT VÙNG NĂNG LƯỢNG TRONG CHẤT RẮN

Một trong những thành tựu to lớn của vật lý hiện đại là việc phát triển lý thuyết vùng năng lượng của chất rắn. Lý thuyết này giúp ta hiểu rõ hơn tính dẫn điện của các chất rắn, nhất là của chất bán dẫn. Những đóng góp đầu tiên về lý thuyết vùng năng lượng đã được đề xuất vào năm 1928 bởi nhà vật lý Felix Bloch (Phi-lích Bờ-lóc) (Hình 10.2).



▲ Hình 10.2. Nhà vật lý Felix Bloch (1905 – 1983), đoạt giải Nobel Vật lý năm 1952

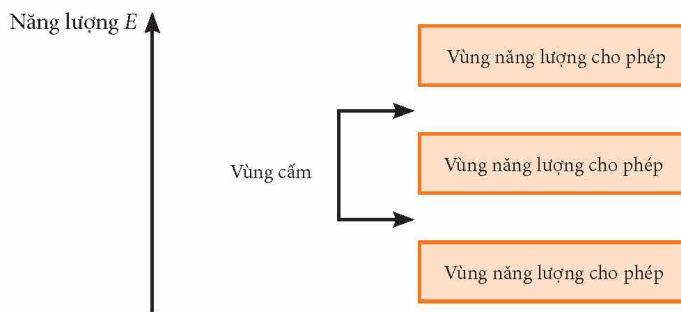
Năng lượng cho phép của nguyên tử đơn lẻ

Trong Bài 9, ta đã biết nguyên tử tồn tại ở trạng thái dừng có giá trị năng lượng xác định. Các giá trị năng lượng của nguyên tử có phân bố gián đoạn, được gọi là các giá trị **năng lượng cho phép**.

Ví dụ: Nguyên tử hydrogen chỉ tồn tại trong các trạng thái dừng tương ứng với các giá trị năng lượng: $-13,6 \text{ eV}$; $-3,40 \text{ eV}$; $-1,51 \text{ eV}$; ... (Hình 9.3). Đó là các giá trị năng lượng cho phép của nguyên tử hydrogen.

Vùng năng lượng cho phép và vùng năng lượng cấm trong chất rắn

Trong chất rắn, các nguyên tử có vị trí rất gần nhau, do tương tác giữa các nguyên tử, mỗi mức năng lượng của các nguyên tử bị tách ra thành nhiều mức có khoảng cách rất gần nhau, tạo thành từng vùng giá trị của năng lượng mà ta có thể xem như liên tục (các vùng màu trong Hình 10.3). Vùng năng lượng này được gọi là các vùng năng lượng cho phép. Giữa các vùng năng lượng cho phép này, có những giá trị năng lượng mà các nguyên tử không thể có được, tạo thành vùng năng lượng cấm: Không có electron chiếm đóng vùng cấm này.



Hình 10.3. Sơ đồ biểu diễn cấu trúc vùng năng lượng của chất rắn.
Chiều từ dưới lên trên là chiều tăng dần của năng lượng E

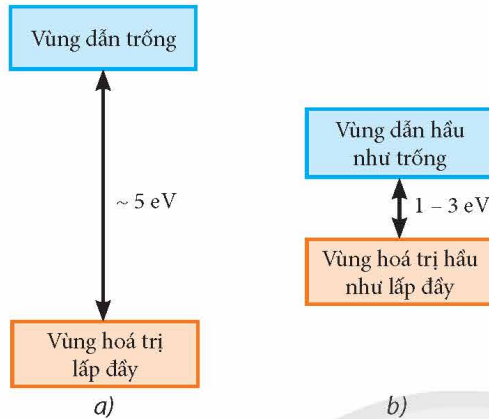
Phân loại chất dẫn điện, chất cách điện và chất bán dẫn theo lý thuyết vùng năng lượng

Về phương diện dẫn điện, chất rắn có thể được phân loại thành: chất dẫn điện, chất cách điện và chất bán dẫn. Ở nhiệt độ khoảng 20°C , chất dẫn điện như kim loại có độ dẫn điện lớn (có điện trở suất nhỏ, khoảng $10^{-8} \Omega\text{m}$), trong khi chất cách điện như aluminium oxide (Al_2O_3) có độ dẫn điện kém (có điện trở suất rất lớn, khoảng $10^{14} \Omega\text{m}$). Một số chất rắn khác như germanium (Ge) được xếp vào loại bán dẫn, có độ dẫn điện trung gian (có điện trở suất khoảng $0,5 \Omega\text{m}$ ở 20°C). Độ dẫn điện của các chất bán dẫn có thể thay đổi đáng kể tùy theo các điều kiện như nhiệt độ, thành phần cấu tạo (có tạp chất hay không),...

Theo lý thuyết vùng năng lượng, bề rộng vùng năng lượng cấm nằm giữa hai vùng năng lượng cho phép đóng vai trò quan trọng trong việc giải thích tính dẫn điện của chất rắn:

- Đối với chất cách điện: Vùng năng lượng cho phép lấp đầy electron cao nhất được gọi là vùng hoá trị. Vùng năng lượng cho phép phía trên hoàn toàn trống được gọi là vùng dẫn. Độ rộng vùng cấm giữa hai vùng hoá trị và vùng dẫn có độ lớn đáng kể (cỡ 5 eV) (Hình 10.4a). Ở nhiệt độ thông thường, electron ở vùng hoá trị không có đủ năng lượng để vượt qua vùng cấm lên vùng dẫn. Do đó, loại chất rắn này là chất cách điện.
- Đối với chất bán dẫn: Độ rộng vùng cấm giữa hai vùng hoá trị và vùng dẫn có độ lớn thấp hơn so với của chất cách điện, khoảng từ $1 - 3 \text{ eV}$ (Hình 10.4b). Do vậy, ngay cả ở nhiệt độ thường, các electron hoá trị có thể nhận năng lượng để vượt qua vùng cấm lên vùng dẫn để trở thành electron tự do, đồng thời để lại lỗ trống mang điện tích dương trong vùng hoá trị. Cả hai loại hạt này (gọi là các hạt tải điện) đều tham gia vào quá trình dẫn điện. Do vậy, loại chất rắn này là chất bán dẫn.

– Đối với chất dẫn điện (kim loại): Vùng năng lượng cho phép cao nhất bị lấp đầy một nửa được gọi là vùng dẫn của kim loại. Các electron trong vùng dẫn của kim loại có thể chuyển động tự do, gọi là electron tự do (Hình 10.5). Vì vậy, kim loại có khả năng dẫn điện tốt. Chú ý rằng, vùng năng lượng cho phép phía dưới được lấp đầy electron và được ngăn cách với vùng dẫn bởi vùng cấm.



▲ Hình 10.4. Vùng hoá trị và vùng dẫn của:
a) chất cách điện; b) chất bán dẫn



1. Cho biết vùng cấm giữa vùng hoá trị và vùng dẫn trong một chất bán dẫn silicon có bề rộng bằng 1,12 eV. Tìm bước sóng thích hợp của bức xạ điện từ kích thích để các electron trong vùng hoá trị có thể chuyển lên vùng dẫn.



Vùng năng lượng cho phép lấp đầy một nửa

▲ Hình 10.5. Vùng dẫn của kim loại

2 SỰ PHỤ THUỘC VÀO NHIỆT ĐỘ CỦA ĐIỆN TRỞ KIM LOẠI VÀ BÁN DẪN KHÔNG PHA TẠP

➤ Sự phụ thuộc vào nhiệt độ của điện trở kim loại

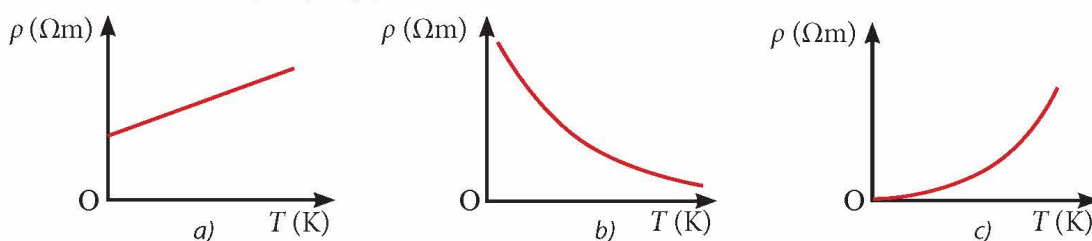
Khi nhiệt độ của kim loại tăng (không quá cao), sự thay đổi nhiệt độ không làm thay đổi mật độ electron tự do. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng, các ion ở nút mạng tinh thể kim loại dao động mạnh hơn dẫn đến các electron dẫn sẽ va chạm với các nút mạng thường xuyên hơn. Kết quả là ở phạm vi nhiệt độ không quá cao, điện trở của kim loại tăng khi nhiệt độ tăng.

➤ Sự phụ thuộc vào nhiệt độ của điện trở chất bán dẫn không pha tạp

Khi nhiệt độ của một chất bán dẫn tăng, số electron nhận năng lượng chuyển từ vùng hoá trị lên vùng dẫn tăng, đồng thời, số lỗ trống trong vùng hoá trị tăng dẫn đến mật độ các hạt tải điện trong bán dẫn cũng tăng lên. Kết quả là điện trở của bán dẫn giảm khi nhiệt độ tăng.



Đồ thị nào trong Hình 10.6 biểu diễn phù hợp sự phụ thuộc của điện trở suất ρ của một chất bán dẫn vào nhiệt độ tuyệt đối T ?



▲ Hình 10.6.

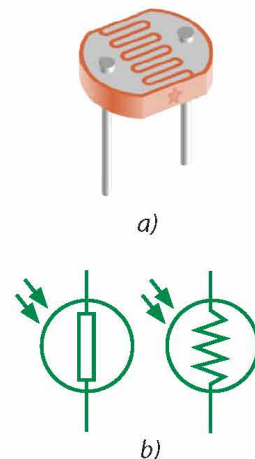
3 SỰ PHỤ THUỘC CỦA ĐIỆN TRỞ QUANG VÀO CƯỜNG ĐỘ SÁNG

Khái niệm điện trở quang

Trong Chuyên đề học tập Vật lý 11, các em đã được tìm hiểu điện trở phụ thuộc ánh sáng, hay còn được gọi là điện trở quang (LDR – Light Dependent Resistor). Là điện trở có giá trị thay đổi khi có ánh sáng phù hợp chiếu vào (Hình 10.7). Điện trở quang thường được chế tạo từ cadmium sulfide (CdS), là một chất bán dẫn có tính quang dẫn.

Cơ chế hoạt động của điện trở quang

Điện trở quang hoạt động dựa trên hiện tượng quang dẫn: Theo lý thuyết vùng năng lượng, khi có ánh sáng phù hợp chiếu vào một chất bán dẫn, một số electron trong vùng hoá trị nhận thêm năng lượng nên vượt qua được vùng cấm và chuyển lên vùng dẫn, sinh ra một số lỗ trống. Điều này làm số hạt tải điện trong chất bán dẫn tăng, do đó độ dẫn điện của chất này tăng và điện trở giảm.



▲ Hình 10.7. LDR:

a) hình dạng thực tế;

b) kí hiệu trong mạch điện



2. Phân biệt hiện tượng quang dẫn trong điện trở quang với hiệu ứng quang điện đã khảo sát trong Bài 7.



Tìm hiểu trên sách, báo, internet,... và trình bày ngắn gọn một số ứng dụng khác của điện trở quang trong thực tế.

Chân trời sáng tạo

BÀI TẬP

- Một mạch điện gồm một nguồn điện, một LDR và một đèn LED mắc nối tiếp. Đèn LED đang sáng. Khi chiếu ánh sáng có cường độ phù hợp vào LDR để xảy ra hiện tượng quang dẫn thì đèn LED sẽ
 - Có độ sáng giảm.
 - Có độ sáng tăng.
 - Có độ sáng không thay đổi.
 - Tắt.
- Biết bề rộng vùng cấm của một số chất rắn ở nhiệt độ bình thường trong Bảng 10P.1. Các chất rắn này là chất dẫn điện, chất cách điện hay chất bán dẫn?

▼ Bảng 10P.1. Bề rộng vùng cấm của một số chất rắn

Chất rắn	Bề rộng vùng cấm (eV)
Kim cương (C)	5,5
Silicon (Si)	1,1
Germanium (Ge)	0,67
Nhôm nitrua (AlN)	6,0

GIẢI THÍCH THUẬT NGỮ

Chương	THUẬT NGỮ	GIẢI THÍCH THUẬT NGỮ	Trang
2	Chuyển động tuế sai (hay chuyển động tiến động)	Hiện tượng trục tự quay của vật xoay tròn quay phương của lực tác dụng.	40
3	Điện nghiệm	Dụng cụ để phát hiện sự nhiễm điện của các vật.	42
3	Hạt tải điện	Những hạt truyền tải dòng điện dưới tác dụng của điện trường ngoài.	62
3	Lỗ trống (dương)	Trong chất bán dẫn, khi electron (mang điện tích âm) thay đổi vị trí, để lại lỗ trống mang điện tích dương, có cùng độ lớn với điện tích electron.	60
2	Nam châm siêu dẫn	Một loại nam châm điện được chế tạo từ vật liệu siêu dẫn, có thể tạo ra từ trường mạnh hơn nhiều lần so với nam châm điện thông thường.	41
2	Nhiều xạ tia X	Hiện tượng các chùm tia X nhiễu xạ trên bề mặt tinh thể chất rắn có cấu trúc mạng tinh thể tuần hoàn và tạo nên các vân nhiễu xạ có cường độ sáng cực đại và cực tiểu xen kẽ nhau.	30
2	Sóng vô tuyến	Bức xạ điện từ có tần số từ 3 kHz tới 300 GHz trong thang sóng điện từ, thường được sử dụng trong truyền thông không dây, phát thanh.	39
2	Tần số Larmor	Tần số chuyển động tuế sai của một nam châm trong từ trường ngoài.	40
2	Tinh thể áp điện	Những tinh thể đặc biệt có thể chuyển đổi dao động cơ học thành dòng điện và ngược lại.	24
3	Vùng năng lượng	Dải các giá trị của năng lượng mà electron có thể nhận (vùng cho phép) hoặc không thể có được (vùng cấm) trong chất rắn.	59
2	Xạ trị	Phương pháp điều trị bệnh ung thư bằng các bức xạ ion hoá.	32

*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:

Tổng Giám đốc HOÀNG LÊ BÁCH

Chịu trách nhiệm nội dung:

Tổng biên tập PHẠM VĨNH THÁI

Biên tập nội dung: NGUYỄN BÔNG – LÝ VƯƠNG NGỌC MINH – PHẠM TRƯỜNG THỊNH

Biên tập kĩ – mỹ thuật: PHẠM THỊ HẠ LIÊN

Thiết kế sách: HUỲNH THỊ TRÚC LINH

Trình bày bìa: TỔNG THANH THẢO

Minh họa: ANH NHÂN – TRÚC LINH

Sửa bản in: KIM ANH – NGUYỄN BÔNG – NGỌC MINH – TRƯỜNG THỊNH

Chế bản tại: CÔNG TY CỔ PHẦN DỊCH VỤ XUẤT BẢN GIÁO DỤC GIA ĐỊNH

Bản quyền thuộc Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.

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 LÝ 12 (Chân trời sáng tạo)

Mã số:

In.....bản, (QĐ in số...) Khổ 19x26,5 cm.

Đơn vị in:.....

Cơ sở in:.....

Số ĐKXB:

Số QĐXB: ... ngày ... tháng ... năm 20 ...

In xong và nộp lưu chiểu tháng ... năm 20...

Mã số ISBN:



HUÂN CHƯƠNG HỒ CHÍ MINH

BỘ SÁCH GIÁO KHOA LỚP 12 – CHÂN TRỜI SÁNG TẠO

- | | |
|---|---|
| 1. Toán 12, Tập một | 14. Vật lí 12 |
| 2. Toán 12, Tập hai | 15. Chuyên đề học tập Vật lí 12 |
| 3. Chuyên đề học tập Toán 12 | 16. Hoá học 12 |
| 4. Ngữ văn 12, Tập một | 17. Chuyên đề học tập Hoá học 12 |
| 5. Ngữ văn 12, Tập hai | 18. Sinh học 12 |
| 6. Chuyên đề học tập Ngữ văn 12 | 19. Chuyên đề học tập Sinh học 12 |
| 7. Tiếng Anh 12 | 20. Tin học 12 – Định hướng Tin học ứng dụng |
| Friends Global – Student Book | 21. Chuyên đề học tập Tin học 12 – Định hướng Tin học ứng dụng |
| 8. Lịch sử 12 | 22. Tin học 12 – Định hướng Khoa học máy tính |
| 9. Chuyên đề học tập Lịch sử 12 | 23. Chuyên đề học tập Tin học 12 – Định hướng Khoa học máy tính |
| 10. Địa lí 12 | 24. Âm nhạc 12 |
| 11. Chuyên đề học tập Địa lí 12 | 25. Chuyên đề học tập Âm nhạc 12 |
| 12. Giáo dục kinh tế và pháp luật 12 | 26. Hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp 12 (1) |
| 13. Chuyên đề học tập Giáo dục kinh tế
và pháp luật 12 | 27. Hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp 12 (2) |
| | 28. Giáo dục quốc phòng và an ninh 12 |

Chân trời sáng tạo

Các đơn vị đầu mối phát hành

- **Miền Bắc:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Hà Nội
CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Bắc
- **Miền Trung:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Đà Nẵng
CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Trung
- **Miền Nam:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Phương Nam
CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Nam
CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục Cửu Long

Sách điện tử: <http://hanhtrangso.nxbgd.vn>

