

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

VẬT LÝ 12



Phân một

DAO ĐỘNG VÀ SÓNG

CHƯƠNG I

DAO ĐỘNG CƠ HỌC

§1. DAO ĐỘNG TUẦN HOÀN VÀ DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA. CON LẮC Lò XO

1. Dao động

Khi có gió nhẹ, bông hoa lay động trên cành cây. Quả lắc của đồng hồ treo tường đưa sang trái, sang phải. Trên mặt hồ gợn sóng, mấu gỗ nhỏ bồng bênh, nhấp nhô. Chiếc dây đàn ghi ta khi gảy mạnh rung động trên mặt đàn.

Ở những thí dụ trên, vật chỉ chuyển động trong một vùng không gian hẹp, không đi quá xa khỏi một vị trí cân bằng nào đó. Chuyển động như vậy được gọi là dao động. *Dao động là chuyển động có giới hạn trong không gian, lặp đi lặp lại nhiều lần quanh một vị trí cân bằng.* Vị trí đó thường là vị trí của vật khi nó đứng yên : lúc không có gió lay cành cây, đồng hồ không chạy, mặt hồ phẳng lặng, dây đàn không rung.

2. Dao động tuần hoàn

Quan sát dao động của một quả lắc đồng hồ, ta thấy, thí dụ, cứ sau một khoảng thời gian nhất định bằng 0,5 giây nó lại đi qua vị trí thấp nhất và chuyển động từ trái sang phải. Dao động như vậy được gọi là *dao động tuần hoàn*. *Dao động tuần hoàn là dao động mà trạng thái chuyển động của vật được lặp lại như cũ sau những khoảng thời gian bằng nhau.* Khoảng thời gian T ngắn nhất sau đó trạng thái dao động lặp lại như cũ gọi là *chu kỳ* của dao động tuần hoàn.

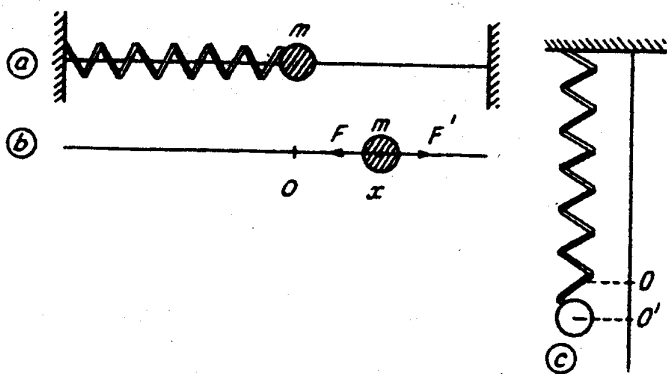
Đại lượng $f = \frac{1}{T}$ chỉ rõ số lần dao động (tức là số lần trạng thái dao động lặp lại như cũ) trong một đơn vị thời gian được gọi là *tần số* của dao động tuần hoàn. Đơn vị tần số là *hec* (kí hiệu : Hz).

Trong thí dụ trên, chu kì của quả lắc là $T = 0,5s$, tần số của nó là $f = \frac{1}{0,5} = 2Hz$, nghĩa là quả lắc thực hiện 2 dao động trong 1 giây.

Dao động của dây đàn không duy trì mãi mãi. Nó giảm dần rồi tắt hẳn. Nhưng nếu xét dao động của dây đàn trong một thời gian rất ngắn, ta có thể coi nó gần đúng là dao động tuần hoàn. Dao động của bông hoa trên cành cây, mẫu gỗ trên mặt hồ, không phải là dao động tuần hoàn.

3. Con lắc lò xo. Dao động điều hòa

Xét một con lắc lò xo gồm một hòn bi khối lượng m gắn vào một lò xo khối lượng không đáng kể, đặt nằm ngang (h. 1.1a). Trong hòn bi có một cái rãnh cho phép nó chuyển động không ma sát dọc theo một thanh nằm ngang cố định.



Hình 1.1

Chọn trục tọa độ trùng với thanh ngang, hướng từ trái sang phải, và gốc tọa độ O là vị trí của hòn bi khi nó đứng yên. Kéo hòn bi lệch sang phía phải bằng một lực $\vec{F}$, rồi buông tay ra (h.1.1b; trên hình không vẽ lò xo). Ta thấy hòn bi chuyển động về phía O, vượt qua vị trí cân bằng O, sau đó dừng lại rồi lại chuyển động ngược về phía O. Chuyển động đó được lặp lại nhiều lần, tức là hòn bi dao động xung quanh vị trí cân bằng O.

Chúng ta sẽ xét dao động đó. Khi hòn bi được kéo tới tọa độ x, các lực tác dụng vào nó gồm lực kéo $\vec{F}'$, lực đàn hồi $\vec{F}$ của lò xo, trọng lực và phản lực của thanh ngang (hai lực này không vẽ trên hình). Trọng lực và phản lực của thanh ngang tác dụng theo chiều thẳng đứng, cân bằng nhau và không ảnh hưởng gì đến chuyển động ngang của hòn bi. Khi ta buông tay ra, chỉ còn một lực duy nhất tác động đến chuyển động của hòn bi là lực đàn hồi $\vec{F}$.

Trong giới hạn đàn hồi của lò xo, lực $\vec{F}$ luôn luôn tỉ lệ với độ dịch chuyển x của hòn bi khỏi vị trí cân bằng (cũng là độ biến dạng của lò xo), và hướng về điểm cân bằng O. Vì $\vec{F}$ nằm trên trục tọa độ, ta viết được :

$$F = - kx \quad (1-1)$$

Ở đây k là *hệ số đàn hồi (độ cứng)* của lò xo, và dấu trừ chỉ rằng lực F tác dụng ngược chiều với độ dịch chuyển x của hòn bi.

Theo định luật Niuton II, ta viết được :

$$F = ma$$

$$\text{hay : } ma = - kx$$

$$a = - \frac{k}{m} x$$

Ta biết rằng vận tốc và gia tốc được định nghĩa bằng các công thức $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ và $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Nếu xét chuyển động trong một khoảng

thời gian Δt vô cùng nhỏ thì $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ trở thành đạo hàm của x

đối với thời gian : $v = x'$; $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ trở thành đạo hàm của v đối với thời

gian : $a = v'$, tức là đạo hàm bậc hai của x đối với thời gian : $a = x''$.

Do đó ta viết được :

$$x'' = - \frac{k}{m} x \quad (1-2)$$

Đặt $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, ta có :

$$x'' + \omega^2 x = 0 \quad (1-2a)$$

Có thể chứng tỏ được rằng nghiệm của nó có dạng :

$$x = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1-3)$$

trong đó A và φ là những hằng số và $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

Thực vậy, lấy đạo hàm đối với thời gian của độ dịch chuyển x (1-3) ta được vận tốc của hòn bi :

$$v = x' = \omega A \cos(\omega t + \varphi) \quad (1-4)$$

Lấy đạo hàm đối với thời gian của vận tốc v (1-4), ta được gia tốc của hòn bi.

$$a = v' = x'' = - \omega^2 A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1-5)$$

Thay giá trị của x vào (1-5), ta được :

$$x'' = - \omega^2 x \quad (1-6)$$

(1-6) có dạng trùng với (1-2a), điều đó chứng tỏ rằng (1-3) là nghiệm của (1-2a), nói cách khác, hòn bi dao động có phương trình chuyển động là :

$$x = A \sin(\omega t + \varphi)$$

Vì hàm sin là một hàm điều hòa, ta nói rằng dao động của hòn bi (tức là dao động của con lắc lò xo) là một dao động điều hòa. Chú ý rằng một biểu thức dạng cosin có thể biến đổi thành một biểu thức dạng sin :

$$A \cos(\omega t + \varphi) = A \sin \left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} \right)$$

Vì vậy, người ta định nghĩa dao động điều hòa là một dao động được mô tả bằng một định luật dạng sin (hoặc cosin), trong đó A, ω , φ là những hằng số.

Trong phương trình (1-3), x là li độ của dao động, nó chỉ rõ độ lệch của vật khỏi vị trí cân bằng. A là biên độ của dao động. Nó là giá trị cực đại của li độ, khi $\sin(\omega t + \varphi)$ có giá trị cực đại bằng 1. Ý nghĩa của ω , φ và $\omega t + \varphi$ sẽ được làm sáng tỏ ở §2.

Chúng ta biết rằng hàm sin là một hàm tuần hoàn có chu kỳ bằng 2π . Vì vậy, ta viết được :

$$x = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin(\omega t + 2\pi + \varphi)$$

$$x = A \sin \left[\omega \left(t + \frac{2\pi}{\omega} \right) + \varphi \right]$$

Điều đó có nghĩa là li độ của dao động ở thời điểm $t + \frac{2\pi}{\omega}$ cũng bằng li độ của nó ở thời điểm t . Khoảng thời gian $T = \frac{2\pi}{\omega}$ được gọi là chu kì của dao động điều hòa. Nghịch đảo của T , tức là lượng $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ được gọi là tần số của dao động điều hòa.

Đối với con lắc lò xo, ta có

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1-7)$$

Bây giờ chúng ta rút con lắc lò xo ra khỏi thanh ngang và treo thẳng đứng nó lên (h. 1.1c). Nếu ta kéo hòn bi xuống phía dưới rồi buông tay ra, nó sẽ dao động theo phương thẳng đứng. Đó cũng là một con lắc lò xo. Tất cả những điều ta đã nói về con lắc lò xo dao động theo phương nằm ngang đều có thể áp dụng được cho con lắc lò xo dao động theo phương thẳng đứng. Nhưng ở đây vị trí cân bằng không phải là điểm O ứng với lúc lò xo chưa bị giãn, mà là điểm O' ứng với lúc lò xo đã giãn ra do trọng lượng của hòn bi.

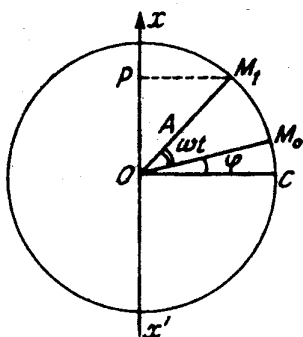
?

1. Định nghĩa dao động, dao động tuần hoàn và dao động điều hòa.
2. Phân biệt dao động tuần hoàn khác dao động nói chung và dao động điều hòa khác dao động tuần hoàn ở chỗ nào.
3. Định nghĩa chu kì, tần số, li độ, biên độ của dao động điều hòa.
4. Kể thêm những thí dụ về dao động và dao động tuần hoàn.

§2. KHẢO SÁT DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Chuyển động tròn đều và dao động điều hòa

Xét một điểm M chuyển động đều trên một đường tròn tâm O, bán kính A (h. 1.2). Vận tốc góc của M là ω (đo bằng rad/s). Chọn C làm điểm gốc trên đường tròn. Tại thời điểm gốc $t = 0$, vị trí của điểm chuyển động là M_0 , xác định bởi góc φ . Tại một thời



Hình 1.2

điểm bất kì, vị trí của điểm chuyển động là M_t xác định bởi góc $\omega t + \varphi$.

Chúng ta chiếu chuyển động của M xuống một trục $x'x$ đi qua O và vuông góc với OC . Tại thời điểm t , hình chiếu của M xuống trục $x'x$ là điểm P , có tọa độ $x = \overline{OP}$. Vì OP chính là hình chiếu của OM_t xuống trục $x'x$, ta có :

$$x = OM_t \sin(\omega t + \varphi)$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1-8)$$

(1-8) có dạng giống như (1-3). Ta kết luận được rằng chuyển động của P trên trục $x'x$ là một dao động điều hòa. Nói một cách khác, *một dao động điều hòa có thể được coi như hình chiếu của một chuyển động tròn đều xuống một đường thẳng nằm trong mặt phẳng quỹ đạo.*

2. Pha và tần số góc của dao động điều hòa

Theo hình 1.2, góc $(\omega t + \varphi)$ xác định vị trí của P tại thời điểm t , nó được gọi là *pha* (hay góc pha) của dao động tại thời điểm t . Góc φ xác định vị trí của P tại thời điểm ban đầu $t = 0$, và được gọi là *pha ban đầu* (hay : góc pha ban đầu) của dao động. Vận tốc góc ω cho phép xác định lượng $f = \frac{\omega}{2\pi}$, tức là số vòng quay của M trong một đơn vị thời gian, đồng thời cũng là số lần dao động của P trong một đơn vị thời gian. Ta đã biết rằng f là tần số của dao động, do đó ω được gọi là *tần số góc* (hay tần số vòng) của dao động. Ở đây, φ , ω và $(\omega t + \varphi)$ là những góc cụ thể, có thể đo trực tiếp được.

Trong phương trình (1-3) đối với dao động của con lắc lò xo, các lượng φ , ω và $(\omega t + \varphi)$ cũng có tên gọi như trên, nhưng chúng không phải là những góc thật, đo được trong thực nghiệm. Chúng là những lượng trung gian cho phép ta xác định tần số và trạng thái dao động.

3. Dao động tự do

Chúng ta hãy khảo sát kĩ hơn dao động của con lắc lò xo mô tả ở §1 (h. 1.1).

Li độ lớn nhất mà hòn bi có thể đạt được chính là biên độ A . Chọn gốc thời gian $t = 0$ là lúc ta buông tay và hòn bi bắt đầu dao động. Khi đó $x = A$. Muốn cho phương trình $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ được nghiệm đúng, ta phải có $\sin(\omega t + \varphi) = 1$, và vì $\omega t = 0$ nên $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

Do đó, phương trình dao động của hòn bi là :

$$x = A \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-9)$$

Như vậy ta đã xác định được biên độ, pha ban đầu và chu kì của dao động. Biên độ và pha ban đầu phụ thuộc những điều kiện ban đầu, tức là cách kích thích dao động, và cách chọn hệ tọa độ không gian và gốc thời gian. Chu kì dao động chỉ phụ thuộc khối lượng của hòn bi và độ cứng của lò xo, không phụ thuộc các yếu tố bên ngoài khác. Nếu ta thay đổi các điều kiện ban đầu thì A và φ sẽ thay đổi, nhưng ω và T không đổi.

Dao động mà chu kì chỉ phụ thuộc các đặc tính của hệ (ở đây là hòn bi và lò xo), không phụ thuộc các yếu tố bên ngoài, được gọi là *dao động tự do*. Một hệ có khả năng thực hiện dao động tự do được gọi là *hệ dao động*. Sau khi được kích thích, hệ dao động sẽ tự nó thực hiện dao động theo *chu kì riêng* của nó. Dao động của con lắc lò xo là một dao động tự do.

4. Vận tốc và gia tốc trong dao động điều hòa

Như ta đã biết ở §1 :

$$v = x' = \omega A \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = \omega A \sin(\omega t + \pi) \quad (1-10)$$

$$a = v' = x'' = -\omega^2 A \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = -\omega^2 A \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-11)$$

Trên hình 1.3 là các đường biểu diễn của các hàm (1-9), (1-10) và (1-11). Ta thấy rằng sau mỗi chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega}$, tọa độ, vận tốc, gia tốc lại có giá trị như cũ, và ở trạng thái tăng hoặc giảm như

nhận xét đối với con lắc lò xo ở §2 đều có thể áp dụng được đối với con lắc đơn.

Chu kì dao động của con lắc đơn phụ thuộc độ lớn của gia tốc trọng trường g . Nhưng khi xét dao động của nó ở một vị trí cố định đối với Trái Đất (g không đổi), dao động của con lắc đơn cũng được coi là dao động tự do.

Các phép tính đầy đủ hơn chứng tỏ rằng khi hòn bi chuyển động thì lực căng T có độ lớn $T > F$. Kết quả là hòn bi chịu tác dụng của một lực bằng $T - F$ hướng về Q . Lực đó tạo ra gia tốc hướng tâm làm cho hòn bi chuyển động trên một cung tròn, trong khi đó thì gia tốc theo phương OP vẫn là $a = -\frac{g}{l}s$

Trong phép tính ở trên, ta không xét đến sự biến đổi của lực căng T , nhưng kết quả tính ra vẫn là chính xác.

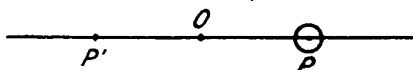
- ?**
1. Định nghĩa pha và pha ban đầu của dao động tuần hoàn.
 2. Tần số góc là gì? Quan hệ giữa tần số góc ω và tần số f ?
 3. Dao động tự do là dao động như thế nào?
 4. Vì sao công thức (1-15) chỉ đúng với các dao động nhỏ?
- ▽**
5. Tọa độ của một vật (đo bằng cm) biến thiên theo thời gian theo định luật $x = 4\cos 4\pi t$. Tính tần số dao động. Tính li độ và vận tốc của vật sau khi nó bắt đầu dao động được 5 giây.
 6. Một con lắc đơn có chu kì bằng 1,5s khi nó dao động ở nơi có gia tốc trọng trường bằng $9,80\text{m/s}^2$. Tính độ dài của nó.
 7. Tính chu kì của con lắc nói trên khi ta đưa nó lên Mặt Trăng, biết rằng gia tốc trọng trường của Mặt Trăng nhỏ hơn của Trái Đất 5,9 lần.
- ĐS : 5) 2Hz ; 4cm ; 0cm/s ; 6) 0,56m ; 7) 3,6s.

§3. NĂNG LƯỢNG TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Sự biến đổi năng lượng trong quá trình dao động

Khi ta kéo hòn bi của một con lắc lò xo từ vị trí O đến vị trí P (h.1.5, trên hình không vẽ lò xo), lực kéo đã sinh một công để làm lò xo giãn ra, công đó được truyền cho hòn bi dưới dạng một thế năng. Lực đàn hồi của lò xo lúc này có giá trị cực đại và thế năng cũng có giá trị cực đại.

Khi lực kéo ngừng tác dụng, lò xo co lại, lực đàn hồi của nó kéo hòn bi về phía O. Vận tốc hòn bi tăng dần, động năng của nó tăng và thế năng của nó giảm.



Hình 1.5

Khi hòn bi tới vị trí cân bằng O, lực đàn hồi bằng không thế năng của hòn bi cũng bằng không vận tốc của nó là cực đại và động năng cũng có giá trị cực đại. Hòn bi tiếp tục chuyển động theo quán tính, lò xo bị nén lại, lực đàn hồi xuất hiện theo chiều ngược lại và lớn dần, vận tốc của hòn bi giảm dần. Thế năng của hòn bi tăng, động năng của nó giảm.

Khi hòn bi tới vị trí P', lò xo đã bị nén tới mức tối đa, lực đàn hồi có giá trị cực đại, hòn bi dừng lại. Động năng của nó bằng không, thế năng của nó đạt giá trị cực đại và ngừng tăng.

Sau đó lò xo lại giãn ra, lực đàn hồi giảm dần, hòn bi bị đẩy về phía O. Động năng của hòn bi tăng, thế năng của nó giảm.

Trong quá trình dao động của con lắc lò xo, luôn luôn diễn ra hiện tượng : khi động năng tăng thì thế năng giảm, và ngược lại.

2. Sự bảo toàn cơ năng trong dao động điều hòa

Chúng ta sẽ khảo sát về mặt định lượng quá trình biến đổi năng lượng của con lắc lò xo.

$$\text{Động năng của hòn bi bằng : } E_d = \frac{1}{2}mv^2.$$

Thay v bằng giá trị của nó theo (1-10) : $v = \omega A \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$, ta được :

$$E_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-16)$$

Người ta đã chứng minh được rằng thế năng của hòn bi bằng công của lực đàn hồi để đưa nó từ li độ x về vị trí cân bằng :

$$E_t = \frac{1}{2}kx^2.$$

Thay x bằng giá trị của nó theo (1-9) :

$x = A \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$, và thay k bằng $m\omega^2$, ta được :

$$E_t = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-17)$$

(1 - 16) và (1 - 17) là giá trị của động năng và thế năng của hòn bi tại cùng một thời điểm t bất kì. Cơ năng của nó tại thời điểm đó bằng :

$$E = E_d + E_t$$

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \left[\cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) + \sin^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \right]$$

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \text{const.} \quad (1-18)$$

Như vậy cơ năng của một vật dao động điều hòa được bảo toàn. Trong suốt quá trình dao động, cơ năng không đổi và tỉ lệ với bình phương biên độ.

Trong quá trình dao động có sự chuyển hóa giữa thế năng và động năng. Căn cứ vào (1 - 18), ta viết lại (1 - 16) và (1 - 17) thành :

$$E_d = E \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-19a)$$

$$E_t = E \sin^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-19b)$$

Chú ý rằng cơ năng của con lắc phụ thuộc sự kích thích ban đầu. Nếu khi kích thích ta dùng một lực lớn để đưa hòn bi ra một li độ lớn, thì biên độ A sẽ lớn và do đó năng lượng E cũng lớn. Lẽ tất nhiên chúng ta chỉ có thể tăng biên độ A tới một giới hạn mà lò xo vẫn giữ được tính đàn hồi của nó.

- ?** 1. Hãy mô tả một cách định tính quá trình biến đổi năng lượng của con lắc đơn.
2. Làm thế nào để tăng được năng lượng của con lắc đơn, và có thể tăng được đến giới hạn nào ?
▽ 3. Năng lượng của một con lắc biến đổi bao nhiêu lần nếu tần số của nó tăng gấp 3 và biên độ giảm 2 lần ?

ĐS : 3) $\frac{9}{4}$

3. Dao động tự do

Chúng ta hãy khảo sát kĩ hơn dao động của con lắc lò xo mô tả ở §1 (h. 1.1).

Li độ lớn nhất mà hòn bi có thể đạt được chính là biên độ A . Chọn gốc thời gian $t = 0$ là lúc ta buông tay và hòn bi bắt đầu dao động. Khi đó $x = A$. Muốn cho phương trình $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ được nghiệm đúng, ta phải có $\sin(\omega t + \varphi) = 1$, và vì $\omega t = 0$ nên $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

Do đó, phương trình dao động của hòn bi là :

$$x = A \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-9)$$

Như vậy ta đã xác định được biên độ, pha ban đầu và chu kỳ của dao động. Biên độ và pha ban đầu phụ thuộc những điều kiện ban đầu, tức là cách kích thích dao động, và cách chọn hệ tọa độ không gian và gốc thời gian. Chu kỳ dao động chỉ phụ thuộc khối lượng của hòn bi và độ cứng của lò xo, không phụ thuộc các yếu tố bên ngoài khác. Nếu ta thay đổi các điều kiện ban đầu thì A và φ sẽ thay đổi, nhưng ω và T không đổi.

Dao động mà chu kỳ chỉ phụ thuộc các đặc tính của hệ (ở đây là hòn bi và lò xo), không phụ thuộc các yếu tố bên ngoài, được gọi là dao động tự do. Một hệ có khả năng thực hiện dao động tự do được gọi là hệ dao động. Sau khi được kích thích, hệ dao động sẽ tự nó thực hiện dao động theo chu kỳ riêng của nó. Dao động của con lắc lò xo là một dao động tự do.

4. Vận tốc và gia tốc trong dao động điều hòa

Như ta đã biết ở §1 :

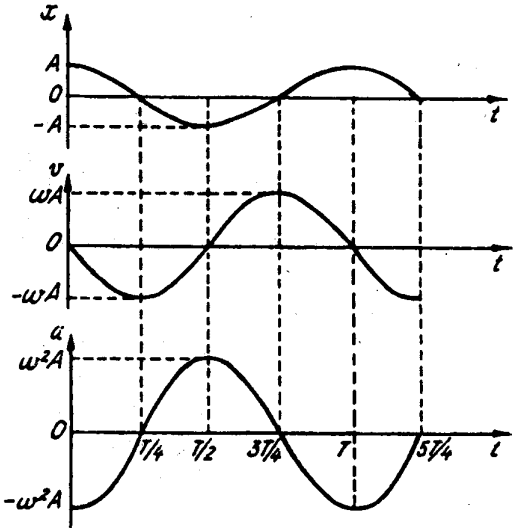
$$v = x' = \omega A \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = \omega A \sin(\omega t + \pi) \quad (1-10)$$

$$a = v' = x'' = -\omega^2 A \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = \omega^2 A \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-11)$$

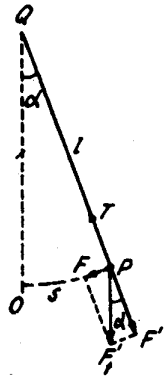
Trên hình 1.3 là các đường biểu diễn của các hàm (1-9), (1-10) và (1-11). Ta thấy rằng sau mỗi chu kỳ $T = \frac{2\pi}{\omega}$, tọa độ, vận tốc, gia tốc lại có giá trị như cũ, và ở trạng thái tăng hoặc giảm như

cũ. Pha của dao động ($\omega t + \varphi$) không những xác định vị trí của vật dao động, mà còn cho phép xác định giá trị và cách biến thiên của vận tốc và gia tốc nữa. *Pha của dao động xác định trạng thái dao động của vật.* Cũng như vậy, *pha ban đầu φ xác định trạng thái ban đầu của dao động.*

Khi hòn bi dao động điều hòa, vận tốc và gia tốc của nó cũng biến thiên theo một định luật dạng sin hoặc cosin, tức là chúng *biến thiên điều hòa* theo cùng tần số với hòn bi (h.1.3)



Hình 1.3



Hình 1.4

5. Dao động của con lắc đơn

Con lắc đơn gồm một hòn bi nặng treo vào một sợi dây. Hòn bi có khối lượng m và kích thước rất nhỏ so với độ dài của dây. Sợi dây không giãn (độ dài không đổi) và có khối lượng rất nhỏ so với m . Có thể coi đó là một chất điểm m treo vào một sợi dây không có khối lượng. Khi treo nó vào điểm Q , vị trí cân bằng của nó là QO (h. 1.4). Ta đẩy hòn bi theo cung s từ O đến P để con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng một góc bằng α . Chúng ta chỉ xét trường hợp góc α là khá nhỏ để có thể coi cung $\widehat{OP}$ là trùng với dây cung

OP, và giá trị của $\sin \alpha$ là bằng số đo góc α (đo bằng đơn vị radian). Nếu chọn $\alpha \leq 10^\circ$ thì sai số không quá 6/1000. Khi đó, ta có :

$$\sin \alpha \approx \alpha = \frac{s}{l} \quad (1-12)$$

Bây giờ, ta thả hòn bi ra để con lắc tự nó dao động. Lúc này các lực tác dụng vào hòn bi là trọng lực $\vec{F}_t = m\vec{g}$ và lực căng $\vec{T}$ của sợi dây. Ta phân tích lực $\vec{F}_t$ ra hai thành phần : $\vec{F}'$ theo phương của sợi dây và $\vec{F}$ vuông góc với sợi dây. Thành phần $\vec{F}'$ cân bằng với lực căng $\vec{T}$, do đó hòn bi không chuyển động theo phương của sợi dây. Thành phần $\vec{F}$ tiếp tuyến với cung $\widehat{OP}$, nhưng vì góc α nhỏ, ta có thể coi rằng nó nằm trên dây cung OP và hướng về O. Nó đẩy hòn bi chuyển động trên dây cung OP về phía O.

Theo định luật II Niuton, ta viết được :

$$m\vec{a} = \vec{F} \quad (1-13)$$

Chọn O làm điểm gốc trên quỹ đạo OP lấy làm trục tọa độ. Vì $\vec{a}$ và $\vec{F}$ đều nằm trên trục OP và $\vec{F}$ hướng ngược chiều với tọa độ $s = OP$, ta có :

$$ma = F = -F'_t \sin \alpha = -mg\alpha = -mg \frac{s}{l}$$

Hay :

$$a = -\frac{g}{l}s ; \text{ và : } s'' = -\frac{g}{l}s \quad (1-14)$$

Phương trình (1-14) có dạng giống như (1-2). Ở đây $\frac{g}{l}$ giữ vai trò của $\frac{k}{m}$, và s giữ vai trò của x . Như vậy (1-14) có ý nghĩa hoàn toàn giống như (1-2). Ta có thể lặp lại cách lập luận như ở §1 và §2, và kết luận rằng chuyển động của con lắc đơn là một dao động điều hòa với tần số góc $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$.

Chu kỳ của con lắc đơn là :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1-15)$$

Đối với các dao động nhỏ, tức là khi $\alpha \leq 10^\circ$, thì chu kỳ của con lắc đơn không phụ thuộc biên độ dao động. Tất cả những

nhận xét đối với con lắc lò xo ở §2 đều có thể áp dụng được đối với con lắc đơn.

Chu kì dao động của con lắc đơn phụ thuộc độ lớn của gia tốc trọng trường g . Nhưng khi xét dao động của nó ở một vị trí cố định đối với Trái Đất (g không đổi), dao động của con lắc đơn cũng được coi là dao động tự do.

Các phép tính đầy đủ hơn chứng tỏ rằng khi hòn bi chuyển động thì lực căng T có độ lớn $T > F$. Kết quả là hòn bi chịu tác dụng của một lực bằng $T - F$ hướng về Q . Lực đó tạo ra gia tốc hướng tâm làm cho hòn bi chuyển động trên một cung tròn, trong khi đó thì gia tốc theo phương OP vẫn là $a = -\frac{g}{l}$.

Trong phép tính ở trên, ta không xét đến sự biến đổi của lực căng T , nhưng kết quả tính ra vẫn là chính xác.

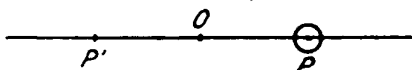
- ?**
1. Định nghĩa pha và pha ban đầu của dao động tuần hoàn.
 2. Tần số góc là gì? Quan hệ giữa tần số góc ω và tần số f ?
 3. Dao động tự do là dao động như thế nào?
 4. Vì sao công thức (1-15) chỉ đúng với các dao động nhỏ?
- ▽**
5. Tọa độ của một vật (đo bằng cm) biến thiên theo thời gian theo định luật $x = 4\cos 4\pi t$. Tính tần số dao động. Tính li độ và vận tốc của vật sau khi nó bắt đầu dao động được 5 giây.
 6. Một con lắc đơn có chu kì bằng 1,5s khi nó dao động ở nơi có gia tốc trọng trường bằng $9,80\text{m/s}^2$. Tính độ dài của nó.
 7. Tính chu kì của con lắc nói trên khi ta đưa nó lên Mặt Trăng, biết rằng gia tốc trọng trường của Mặt Trăng nhỏ hơn của Trái Đất 5,9 lần.
- ĐS : 5) 2Hz ; 4cm ; 0cm/s ; 6) 0,56m ; 7) 3,6s.

§3. NĂNG LƯỢNG TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Sự biến đổi năng lượng trong quá trình dao động

Khi ta kéo hòn bi của một con lắc lò xo từ vị trí O đến vị trí P (h.1.5, trên hình không vẽ lò xo), lực kéo đã sinh một công để làm lò xo giãn ra, công đó được truyền cho hòn bi dưới dạng một thế năng. Lực đàn hồi của lò xo lúc này có giá trị cực đại và thế năng cũng có giá trị cực đại.

Khi lực kéo ngừng tác dụng, lò xo co lại, lực đàn hồi của nó kéo hòn bi về phía O. Vận tốc hòn bi tăng dần, động năng của nó tăng và thế năng của nó giảm.



Hình 1.5

Khi hòn bi tới vị trí cân bằng O, lực đàn hồi bằng không thế năng của hòn bi cũng bằng không vận tốc của nó là cực đại và động năng cũng có giá trị cực đại. Hòn bi tiếp tục chuyển động theo quán tính, lò xo bị nén lại, lực đàn hồi xuất hiện theo chiều ngược lại và lớn dần, vận tốc của hòn bi giảm dần. Thế năng của hòn bi tăng, động năng của nó giảm.

Khi hòn bi tới vị trí P', lò xo đã bị nén tới mức tối đa, lực đàn hồi có giá trị cực đại, hòn bi dừng lại. Động năng của nó bằng không, thế năng của nó đạt giá trị cực đại và ngừng tăng.

Sau đó lò xo lại giãn ra, lực đàn hồi giảm dần, hòn bi bị đẩy về phía O. Động năng của hòn bi tăng, thế năng của nó giảm.

Trong quá trình dao động của con lắc lò xo, luôn luôn diễn ra hiện tượng : khi động năng tăng thì thế năng giảm, và ngược lại.

2. Sự bảo toàn cơ năng trong dao động điều hòa

Chúng ta sẽ khảo sát về mặt định lượng quá trình biến đổi năng lượng của con lắc lò xo.

$$\text{Động năng của hòn bi bằng : } E_d = \frac{1}{2}mv^2.$$

Thay v bằng giá trị của nó theo (1-10) : $v = \omega A \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$, ta được :

$$E_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-16)$$

Người ta đã chứng minh được rằng thế năng của hòn bi bằng công của lực đàn hồi để đưa nó từ li độ x về vị trí cân bằng :

$$E_t = \frac{1}{2}kx^2.$$

Thay x bằng giá trị của nó theo (1-9) :

$x = A \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$, và thay k bằng $m\omega^2$, ta được :

$$E_t = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-17)$$

(1 - 16) và (1 - 17) là giá trị của động năng và thế năng của hòn bi tại cùng một thời điểm t bất kì. Cơ năng của nó tại thời điểm đó bằng :

$$E = E_d + E_t$$

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \left[\cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) + \sin^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \right]$$

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \text{const.} \quad (1-18)$$

Như vậy cơ năng của một vật dao động điều hòa được bảo toàn. Trong suốt quá trình dao động, cơ năng không đổi và tỉ lệ với bình phương biên độ.

Trong quá trình dao động có sự chuyển hóa giữa thế năng và động năng. Căn cứ vào (1 - 18), ta viết lại (1 - 16) và (1 - 17) thành :

$$E_d = E \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-19a)$$

$$E_t = E \sin^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1-19b)$$

Chú ý rằng cơ năng của con lắc phụ thuộc sự kích thích ban đầu. Nếu khi kích thích ta dùng một lực lớn để đưa hòn bi ra một li độ lớn, thì biên độ A sẽ lớn và do đó năng lượng E cũng lớn. Lẽ tất nhiên chúng ta chỉ có thể tăng biên độ A tới một giới hạn mà lò xo vẫn giữ được tính đàn hồi của nó.

- ?** 1. Hãy mô tả một cách định tính quá trình biến đổi năng lượng của con lắc đơn.
 2. Làm thế nào để tăng được năng lượng của con lắc đơn, và có thể tăng được đến giới hạn nào ?
▽ 3. Năng lượng của một con lắc biến đổi bao nhiêu lần nếu tần số của nó tăng gấp 3 và biên độ giảm 2 lần ?

ĐS : 3) $\frac{9}{4}$

§4 - §5. SỰ TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

1. Những thí dụ về sự tổng hợp dao động

Trong thực tiễn đời sống và trong khoa học, kĩ thuật, có những trường hợp mà dao động của một vật lại là sự tổng hợp của nhiều dao động khác nhau. Khi chúng ta mắc võng trên một chiếc tàu biển, chiếc võng dao động theo tần số riêng của nó. Nhưng tàu cũng bị sóng biển làm cho dao động. Cuối cùng dao động của chiếc võng là sự tổng hợp của hai dao động : dao động riêng của chính nó và dao động của con tàu.

Các dao động thành phần nói chung có thể có phương, biên độ, tần số và pha dao động khác nhau. Vì vậy việc xác định dao động tổng hợp là phức tạp và khó khăn. Chúng ta sẽ chỉ xét những trường hợp đơn giản thường gặp trong khoa học và kĩ thuật.

2. Sự lệch pha của các dao động

Hai dao động cùng tần số nói chung có thể không cùng pha với nhau. Sau đây là một thí dụ :

Chúng ta treo cạnh nhau hai con lắc lò xo giống hệt nhau, chúng có tần số góc bằng nhau và bằng ω . Kéo các hòn bi của cả 2 con lắc xuống các li độ $x_1 = A_1$ và $x_2 = A_2$. Tại thời điểm $t = 0$, ta buông hòn bi của con lắc 1 để nó bắt đầu dao động. Khi hòn bi đó đi tới điểm cân bằng, ta lại buông hòn bi của con lắc 2 để nó cũng bắt đầu dao động.

Thời gian để hòn bi của con lắc 1 đi từ li độ $x_1 = A_1$ đến vị trí cân bằng là $\frac{1}{4}$ chu kì. Như vậy con lắc 2 bắt đầu dao động trễ hơn con lắc 1 một thời gian bằng $\frac{T}{4}$.

Chúng ta tìm phương trình dao động của 2 con lắc dưới dạng :

$$x_1 = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$$

Như ta đã biết (xem §2), phương trình dao động của con lắc 1 là :

$$x_1 = A_1 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (1-20)$$

Đối với con lắc 2, khi $t = \frac{T}{4}$ thì $x_2 = A_2$, do đó :

$$A_2 = A_2 \sin \left(\frac{\omega T}{4} + \varphi_2 \right), \quad \sin \left(\frac{\omega T}{4} + \varphi_2 \right) = 1, \quad \frac{\omega T}{4} + \varphi_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$\varphi_2 = \frac{\pi}{2} - \frac{\omega T}{4} = \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4} = 0.$$

Phương trình dao động của con lắc 2 là

$$x_2 = A_2 \sin \omega t \quad (1-21)$$

Nói chung, hiệu số pha của hai dao động cùng tần số là :

$$(\omega t + \varphi_1) - (\omega t + \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2$$

Hiệu số pha là một lượng không đổi và bằng hiệu số các pha ban đầu. Ta gọi nó là *độ lệch pha* $\Delta\varphi$, và gọi hai dao động đó là dao động lệch pha. Khi $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 > 0$, ta nói rằng dao động 1 *sớm pha* hơn dao động 2, và dao động 2 *trễ pha* hơn dao động 1. Khi $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 < 0$, ta nói ngược lại.

Trong trường hợp xét ở trên, ta nói rằng con lắc 1 *sớm pha* hơn con lắc 2 một góc bằng $\frac{\pi}{2}$, hoặc : con lắc 2 *trễ pha* hơn con lắc 1 một góc bằng $\frac{\pi}{2}$ (Chú ý rằng các góc này chỉ xuất hiện trong các phép tính, chúng không phải là các góc thật đo được bằng thước đo góc).

Độ lệch pha được dùng làm đại lượng đặc trưng cho sự khác nhau giữa hai dao động cùng tần số. Nếu độ lệch pha bằng 0, hay nói chung bằng $2n\pi$, thì hai dao động là *cùng pha*. Nếu độ lệch pha bằng π , hay nói chung bằng $(2n + 1)\pi$, thì hai dao động là *ngược pha* (n là một số nguyên bất kì, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$)

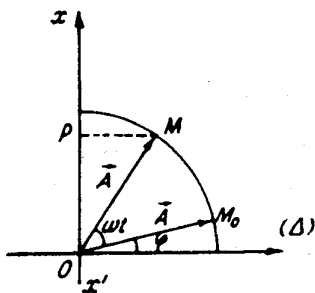
3. Phương pháp giản đồ vectơ

Để tổng hợp hai dao động điều hòa có cùng phương, cùng tần số nhưng biên độ khác nhau và pha khác nhau, người ta thường dùng một phương pháp rất thuận tiện, gọi là phương pháp giản đồ vectơ của Frexnen. Phương pháp này dựa trên một tính chất đã

được nêu ở §2 : một dao động điều hòa có thể được coi như hình chiếu của một chuyển động tròn đều xuống một đường thẳng nằm trong mặt phẳng quỹ đạo.

Theo phương pháp này, mỗi dao động điều hòa được biểu diễn bằng một vectơ quay. Giả sử cần biểu diễn dao động $x = A \sin(\omega t + \varphi)$. Ta vẽ một trục nằm ngang (Δ) và một trục thẳng đứng $x'x$ cắt (Δ) tại O

(h.1.6). Vẽ một vectơ $\vec{A}$ có gốc tại O, có độ dài tỉ lệ với biên độ A, và tạo với trục (Δ) một góc bằng pha ban đầu φ . Tại thời điểm $t = 0$, cho vectơ $\vec{A}$ (có đầu mút tại M_0) quay theo chiều dương (ngược chiều kim đồng hồ) với vận tốc góc bằng ω . Như ta đã biết, khi chiếu đầu mút M của vectơ $\vec{A}$ xuống trục $x'x$ thì chuyển động của hình chiếu P trên trục $x'x$ là một dao động điều hòa. Tại thời điểm t bất kì, đầu mút của vectơ $\vec{A}$ là M, hình chiếu của nó xuống trục $x'x$ là P, và ta có :



Hình 1.6

$$x = \overline{OP} = A \sin(\omega t + \varphi)$$

Đó chính là dao động điều hòa mà ta cần biểu diễn. Ta nói rằng dao động điều hòa $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ được biểu diễn bằng vectơ quay $\vec{A}$.

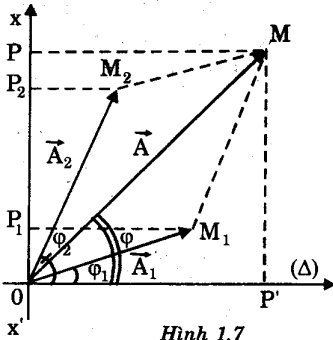
4. Sự tổng hợp hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số

Giả sử một vật nào đó (thí dụ : một con lắc lò xo treo trên trần một toa tàu chuyển động) tham gia đồng thời vào hai dao động cùng phương, cùng tần số ω , nhưng có biên độ A_1, A_2 khác nhau và pha ban đầu φ_1, φ_2 khác nhau :

$$x_1 = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) \quad (1-22)$$

$$x_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi_2) \quad (1-23)$$

Chuyển động của vật sẽ là sự tổng hợp của hai dao động (1-22) và (1-23). Chúng ta sẽ dùng phương pháp vectơ quay của Fresnel để tìm phương trình của chuyển động tổng hợp.



Hình 1.7

Chúng ta vẽ hai trục (Δ) và $x'x$ như trên. Vẽ vectơ $\vec{A}_1$ có độ lớn tỉ lệ với biên độ A_1 , và tạo với trục (Δ) một góc bằng φ_1 (h.1.7). Sau đó vẽ vectơ $\vec{A}_2$ có độ lớn tỉ lệ với biên độ A_2 theo cùng một tỉ lệ và tạo với trục (Δ) một góc bằng φ_2 . Vẽ $\vec{A}$ là vectơ tổng của $\vec{A}_1$ và $\vec{A}_2$, nó tạo với (Δ) một góc bằng φ .

Trên hình vẽ, ta thấy góc giữa $\vec{A}_2$ và $\vec{A}_1$ là $\varphi_2 - \varphi_1$ (hiệu số pha của hai dao động x_1 và x_2). Vì φ_1 và φ_2 là những lượng không đổi, nên $\varphi_2 - \varphi_1$ cũng là lượng không đổi.

Cho $\vec{A}_1$ và $\vec{A}_2$ quay quanh O theo chiều dương với cùng một vận tốc góc ω . Khi đó hình bình hành OM_1MM_2 không biến dạng vì các cạnh OM_1 , OM_2 và góc $\widehat{M_1OM_2}$ đều không đổi. Do đó vectơ $\vec{A}$ giữ độ dài không đổi, và cũng quay quanh O theo chiều dương với vận tốc góc ω như $\vec{A}_1$ và $\vec{A}_2$.

Vì tổng các hình chiếu của hai vectơ xuống một trục bằng hình chiếu của vectơ tổng xuống trục đó, nên chuyển động của P (hình chiếu của M) trên trục $x'x$ là tổng hợp các dao động của P_1 (hình chiếu của M_1) và P_2 (hình chiếu của M_2) trên trục $x'x$ và là một dao động điều hòa. Do đó vectơ $\vec{A}$ là tổng của hai vectơ $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$, cũng là vectơ biểu diễn dao động tổng hợp và pha ban đầu của dao động tổng hợp là góc φ trên hình 1.7.

Tương tự như vậy, nếu cần tổng hợp nhiều dao động điều hòa x_1 , x_2 , x_3 ... người ta vẽ vectơ tổng $\vec{A}$ của $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$, $\vec{A}_3$

Hình 1.7. được gọi là một *giản đồ vectơ*.

5. Biên độ và pha ban đầu của dao động tổng hợp

Phương trình của dao động tổng hợp là :

$$x = x_1 + x_2 = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1-24)$$

trong đó A tỉ lệ với độ lớn của vectơ biên độ $\vec{A}$.

Chúng ta phải xác định giá trị của A và φ trong (1-24). Đối với tam giác OMM₂ trên hình 1.7, ta có :

$$\overline{OM}^2 = \overline{OM_2}^2 + \overline{M_2M}^2 - 2\overline{OM_2} \cdot \overline{M_2M} \cos \widehat{OM_2M}$$

$$\text{Hay : } A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2 \cos \widehat{OM_2M}$$

Vì $\widehat{OM_2M}$ và $\widehat{M_2OM_1}$ là hai góc bù, ta có :

$$\cos \widehat{OM_2M} = -\cos \widehat{M_2OM_1} = -\cos(\varphi_2 - \varphi_1).$$

$$\text{Vậy : } A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (1-25)$$

Cũng theo hình 1.7, ta viết được :

$$\text{tg } \varphi = \frac{MP'}{OP'} = \frac{OP}{OP'} = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} \quad (1-26)$$

Tóm lại, dao động tổng hợp là một dao động điều hòa mô tả bằng phương trình (1-24), có tần số bằng tần số của các dao động thành phần, có biên độ xác định bằng (1-25) và pha ban đầu xác định bằng (1-26).

Theo (1-25), biên độ của dao động tổng hợp phụ thuộc độ lệch pha $\varphi_2 - \varphi_1$ của các dao động thành phần.

Nếu các dao động thành phần là cùng pha ($\varphi_2 - \varphi_1 = 2n\pi$) thì $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 1$, biên độ của dao động tổng hợp là lớn nhất và bằng $A = A_1 + A_2$.

Nếu các dao động thành phần là ngược pha ($\varphi_2 - \varphi_1 = (2n + 1)\pi$) thì $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1$, biên độ của dao động tổng hợp là nhỏ nhất và bằng $A = |A_1 - A_2|$.

Nếu độ lệch pha là bất kì, thì biên độ của dao động tổng hợp có một độ lớn trung gian : $|A_1 - A_2| < A < A_1 + A_2$.

?

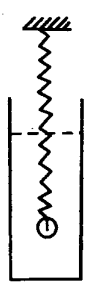
1. Độ lệch pha là gì ?
 2. Thế nào là dao động cùng pha, ngược pha, sớm pha, trễ pha ?
 3. Dựa vào hình 1.3 ở §2 hãy cho biết so với dao động của bản thân con lắc thì dao động của vận tốc và gia tốc hòn bi là sớm pha hay trễ pha, và sớm hay trễ bao nhiêu ?
 4. Trình bày tóm tắt phương pháp vectơ quay của Frexnen.
- ▽ 5. Hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số $f = 50\text{Hz}$, có các biên độ $A_1 = 2a$, $A_2 = a$ và các pha ban đầu $\varphi_1 = \frac{\pi}{3}$, $\varphi_2 = \pi$.
- a) Viết các phương trình của hai dao động đó.
 - b) Vẽ trên cùng một giản đồ các vectơ biên độ $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$, $\vec{A}$ của hai dao động đó và của dao động tổng hợp.
 - c) Tính pha ban đầu của dao động tổng hợp.

ĐS : 5) c) $\varphi = \frac{\pi}{2}$

§6 -§7. DAO ĐỘNG TẮT DẦN VÀ DAO ĐỘNG CƯỠNG BỨC

1. Dao động tắt dần.

Khi nghiên cứu dao động điều hòa của con lắc lò xo, con lắc đơn và của các vật khác, chúng ta chú ý rằng tần số và biên độ của chúng là những lượng không biến đổi theo thời gian. Điều đó có nghĩa là các dao động sẽ lặp đi lặp lại mãi mãi không ngừng. Nhưng trong thực tế, các vật dao động tự do sẽ dần dần giảm biên độ rồi ngừng lại vì nói chung vật dao động nào cũng chuyển động trong một môi trường và chịu tác dụng ma sát của môi trường. Tùy theo lực ma sát đó là lớn hay nhỏ, dao động sẽ ngừng lại nhanh hay chậm. Chúng ta gọi những dao động như vậy là *dao động tắt dần*. Dao động tắt dần không có tính điều hòa, vì vậy khi nói đến "biên độ", "tần số", "chu kì" của các dao động tắt dần, chúng ta hiểu rằng đó chỉ là một cách nói gần đúng.



Hình 1.8

Khi một con lắc lò xo dao động trong không khí, sức cản của không khí làm cho nó tắt dần. Nhưng sức cản đó là nhỏ, nên phải chờ một thời gian khá lâu nó mới tắt hẳn. Vì vậy nếu chỉ xét dao động trong một thời gian ngắn, sự tắt dần là không đáng kể, và ta có thể coi nó là dao động điều hòa.

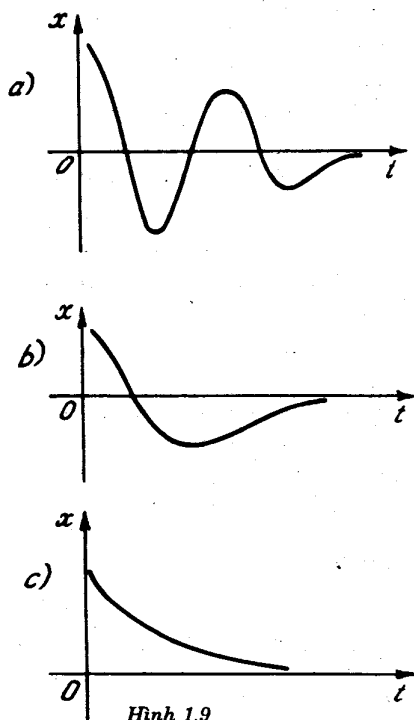
Cho con lắc lò xo dao động trong một bình đựng nước (h.1.8). Sức cản của nước khá lớn và làm cho con lắc tắt dần khá nhanh và hòn bi dừng lại ở vị trí cân bằng (xem đồ thị h.1.9a)

Thay bình nước bằng một bình đựng dầu nhờn. Nếu sức cản của dầu đủ lớn, có thể sẽ không xảy ra dao động. Hòn bi đi qua vị trí cân bằng (chỉ một lần), rồi trở lại và dừng lại ở vị trí cân bằng (xem đồ thị h.1.9b).

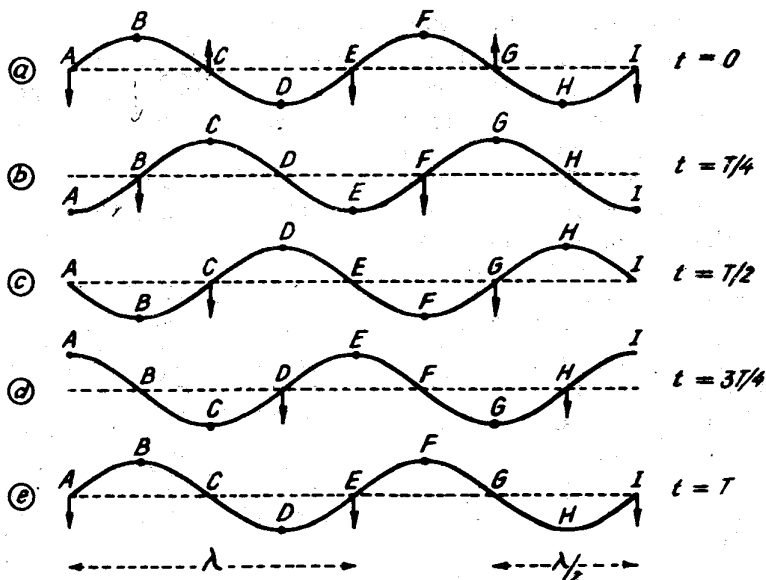
Nếu dầu có sức cản lớn hơn nữa, hòn bi thậm chí chưa đi qua được vị trí cân bằng đã dừng lại ngay (xem đồ thị h.1.9c).

Trong đời sống và trong kĩ thuật, có trường hợp sự tắt dần của dao động là không có lợi, người ta phải có biện pháp để khắc phục nó (thí dụ : con lắc đồng hồ). Ngược lại, cũng có trường hợp sự tắt dần của dao động là có lợi, cần thiết, người ta có biện pháp để tăng cường nó. Sau đây là một thí dụ.

Chúng ta biết rằng mặt đường không hoàn toàn phẳng, xe đi trên đường càng nhanh càng bị xóc mạnh, nên ô tô và xe máy đều có các lò xo giảm xóc. Khi gặp chỗ xóc, lò xo giảm xóc bị nén lại hoặc giãn ra. Sau khi vượt qua chỗ xóc, khung xe tiếp tục dao động giống như một con lắc lò xo, làm người đi xe mệt mỏi, khó



Hình 1.9

**Hình 2.2**

động ngược pha với G. Khoảng cách giữa I và G bằng nửa bước sóng. Nói chung, *những điểm cách nhau một số lẻ nửa bước sóng trên phương truyền thì dao động ngược pha nhau.*

3. Chu kì, tần số và vận tốc của sóng

Tại mọi điểm mà sóng cơ học truyền qua, các phần tử vật chất dao động với cùng một chu kì, bằng chu kì dao động T của nguồn sóng. Chu kì chung của các phần tử vật chất có sóng truyền qua được gọi là *chu kì dao động của sóng* và lượng nghịch đảo $f = \frac{1}{T}$ được gọi là *tần số dao động của sóng*.

Trong thí dụ khảo sát ở trên, ta thấy rằng sau một chu kì dao động thì pha của dao động truyền đi một quãng đường bằng độ dài của bước sóng (xem h. 2.2). Do đó, ta cũng nói được : *bước sóng là quãng đường mà sóng truyền đi được trong một chu kì dao động của sóng.*

Vận tốc truyền pha dao động gọi là *vận tốc sóng*. Vì trong một chu kì T sóng truyền đi được một quãng đường bằng bước sóng λ , ta có hệ thức :

$$\lambda = vT \quad (2-1)$$

$$\text{hoặc } \lambda = \frac{v}{f} \quad (2-2)$$

4. Biên độ và năng lượng của sóng

Khi sóng truyền tới một điểm nào đó, nó làm cho các phần tử vật chất ở đó dao động với một biên độ nhất định. Biên độ đó được gọi là *biên độ sóng* ở điểm ta xét.

Ta biết rằng năng lượng của một dao động điều hòa tỉ lệ với bình phương biên độ của dao động. Sóng làm cho các phần tử vật chất dao động, tức là đã truyền cho chúng một năng lượng. Quá trình truyền sóng là một quá trình truyền năng lượng.

Đối với các sóng truyền từ một nguồn điểm trên mặt phẳng, năng lượng sóng phải trải ra trên các đường tròn ngày càng mở rộng. Vì độ dài đường tròn tỉ lệ với bán kính, nên khi sóng truyền ra xa năng lượng sóng giảm tỉ lệ với quãng đường truyền sóng. Đối với các sóng truyền từ một nguồn điểm trong không gian, năng lượng sóng trải ra trên các mặt cầu ngày càng mở rộng. Vì diện tích mặt cầu tỉ lệ với bình phương bán kính; nên khi sóng truyền ra xa, năng lượng sóng giảm tỉ lệ với bình phương quãng đường truyền sóng.

Trong trường hợp lí tưởng, khi sóng chỉ truyền theo một phương, trên một đường thẳng, thì năng lượng sóng không bị giảm và biên độ sóng ở mọi điểm sóng truyền qua là như nhau.

?

1. Sóng là gì ? Trong hiện tượng sóng, cái gì truyền đi và cái gì không truyền đi ?
2. Định nghĩa sóng dọc và sóng ngang.
3. Phát biểu hai cách định nghĩa bước sóng. Nếu vận tốc sóng không đổi, thì có quan hệ gì giữa bước sóng và tần số sóng ?
4. Dựa vào hình 2.2. Cho biết các điểm nào dao động cùng pha, ngược pha với điểm H.

3. Độ cao của âm

Trong số những âm mà tai ta cảm thụ được, có những loại âm mà tần số hoàn toàn xác định, như tiếng đàn, tiếng hát. Chúng gây một cảm giác êm ái, dễ chịu, và được gọi là *nhạc âm*. Cũng có những loại âm không có tần số nhất định, như tiếng máy nổ tiếng chân di. Chúng được gọi là *tạp âm*. Về bản chất, chúng là sự tổng hợp phức tạp của rất nhiều dao động có tần số và biên độ rất khác nhau. Sau đây chúng ta sẽ chỉ nghiên cứu những nhạc âm.

Cùng một điệu hát, nhưng nghe giọng nữ cao và giọng nam trầm hát, ta có cảm thụ khác nhau. Những âm có tần số khác nhau gây cho ta những cảm giác âm khác nhau, âm có tần số lớn gọi là âm cao hoặc thanh, âm có tần số nhỏ gọi là âm thấp hoặc trầm. *Độ cao* của âm là một đặc tính sinh lí của âm, nó dựa vào một đặc tính vật lí của âm là tần số.

4. Âm sắc

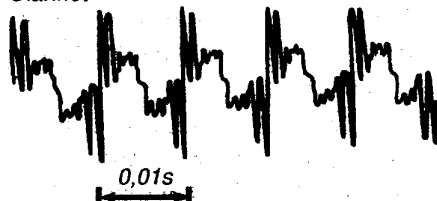
Khi hai ca sĩ cùng hát một câu ở cùng một độ cao, ta vẫn phân biệt được giọng hát của từng người. Khi đàn ghita, sáo, kèn clarinet cùng tấu lên một đoạn nhạc ở cùng một độ cao, ta vẫn phân biệt được tiếng của từng nhạc cụ. Mỗi người, mỗi nhạc cụ phát ra những âm có sắc thái khác nhau mà tai ta phân biệt được. Đặc tính đó của âm gọi là *âm sắc*.

Âm sắc là một đặc tính sinh lí của âm, được hình thành trên cơ sở các đặc tính vật lí của âm là tần số và biên độ. Thực nghiệm chứng tỏ rằng khi một nhạc cụ hoặc một

Dương cầm



Clarinet



Hình 2.4

người phát ra một âm có tần số bằng f_1 , thì đồng thời cũng phát ra các âm có tần số $f_2 = 2f_1$, $f_3 = 3f_1$, $f_4 = 4f_1$...

Âm có tần số f_1 gọi là âm cơ bản hay họa âm thứ nhất, các âm có tần số $f_2, f_3, f_4, \dots$ gọi là các họa âm thứ hai, thứ ba, thứ bốn... Tùy theo cấu trúc của từng loại nhạc cụ, hoặc cấu trúc khoang miệng và cổ họng từng người, mà trong số các họa âm cái nào có biên độ khá lớn, cái nào có biên độ nhỏ, và cái nào chóng bị tắt đi. Do hiện tượng đó, âm phát ra là sự tổng hợp của âm cơ bản và các họa âm, nó có tần số f_1 của âm cơ bản, nhưng đường biểu diễn của nó không còn là đường sin, mà trở thành một đường phức tạp có chu kì. Mỗi dạng của đường biểu diễn ứng với một âm sắc nhất định. Trên hình 2.4 là đường biểu diễn dao động âm của dương cầm và của kèn clarinet ứng với cùng một âm cơ bản. Chúng có chu kì như nhau, nhưng hình dạng khác nhau.

Căn cứ vào sự cảm thụ của tai, chúng ta đánh giá các giọng hát có âm sắc khác nhau là giọng ấm, ngọt, trơ, chua v.v...

5. Năng lượng âm

Cũng như các sóng cơ học khác, sóng âm mang năng lượng tỉ lệ với bình phương biên độ sóng. Năng lượng đó truyền đi từ nguồn âm đến tai ta.

Cường độ âm là lượng năng lượng được sóng âm truyền trong một đơn vị thời gian qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền âm. Đơn vị cường độ âm là oát trên mét vuông (kí hiệu : W/m^2).

Đối với tai con người, giá trị tuyệt đối của cường độ âm I không quan trọng bằng giá trị tỉ đối của I so với một giá trị I_0 nào đó chọn làm chuẩn. Người ta định nghĩa *mức cường độ âm* L là lôga thập phân của tỉ số I/I_0 .

$$L(B) = \lg \frac{I}{I_0} \quad (2-3)$$

Đơn vị mức cường độ âm là ben (kí hiệu : B). Như vậy, khi mức cường độ âm bằng 1, 2, 3, 4 B... điều đó nghĩa là cường độ âm I lớn gấp 10, 10^2 , 10^3 , 10^4 ... cường độ âm chuẩn I_0 .

Trong thực tế người ta thường dùng đơn vị đêxiben (kí hiệu : dB), bằng 1/10 ben. Số đo L bằng đêxiben lớn gấp 10 số đo bằng ben, và (2-3) trở thành :

$$L(\text{dB}) = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (2-4)$$

Khi $L = 1\text{dB}$, thì I lớn gấp 1,26 lần I_0 . Đó là mức cường độ âm nhỏ nhất mà tai ta có thể phân biệt được.

6. Độ to của âm

Muốn gây cảm giác âm, cường độ âm phải lớn hơn một giá trị cực tiểu nào đó gọi là *ngưỡng nghe*. Do đặc điểm sinh lí của tai con người, ngưỡng nghe thay đổi tùy theo tần số âm. Với các tần số 1000 - 5000 Hz, ngưỡng nghe vào khoảng 10^{-12} W/m^2 . Với tần số 50Hz, ngưỡng nghe lớn gấp 10^5 lần.

Như vậy một âm 1000Hz có cường độ 10^{-7} W/m^2 (gấp 10^5 ngưỡng nghe) đã là một âm khá "to" nghe rất rõ, trong khi đó thì một âm 50Hz cũng có cường độ 10^{-7} W/m^2 lại là một âm rất "nhỏ", mới chỉ hơi nghe thấy. Do đó độ to của âm (hay : âm lượng) đối với tai ta không trùng với cường độ âm.

Tai con người nghe thính nhất đối với các âm trong miền 1000-5000Hz, và nghe âm cao thính hơn âm trầm. Chính vì vậy người ta chọn các phát thanh viên chủ yếu là nữ. Cũng vì vậy khi ta hạ âm lượng của máy tăng âm thì không nghe rõ các âm trầm nữa.

Nếu cường độ âm lên tới 10W/m^2 , đối với mọi tần số, sóng âm gây ra một cảm giác nhức nhối, đau đớn trong tai, không còn là cảm giác âm bình thường nữa. Giá trị cực đại đó của cường độ âm gọi là *ngưỡng đau*. Miền nằm giữa ngưỡng nghe và ngưỡng đau gọi là *miền nghe được*.



A.G. BEN

Nhà vật lí Mĩ, gốc Scotlen (1847-1922).
Đã nghiên cứu sự thụ cảm âm và phát minh ra điện thoại hữu tuyến. Tên ông được đặt cho đơn vị mức cường độ âm.

Khi một con lắc lò xo dao động trong không khí, sức cản của không khí làm cho nó tắt dần. Nhưng sức cản đó là nhỏ, nên phải chờ một thời gian khá lâu nó mới tắt hẳn. Vì vậy nếu chỉ xét dao động trong một thời gian ngắn, sự tắt dần là không đáng kể, và ta có thể coi nó là dao động điều hòa.

Cho con lắc lò xo dao động trong một bình đựng nước (h.1.8). Sức cản của nước khá lớn và làm cho con lắc tắt dần khá nhanh và hòn bi dừng lại ở vị trí cân bằng (xem đồ thị h.1.9a)

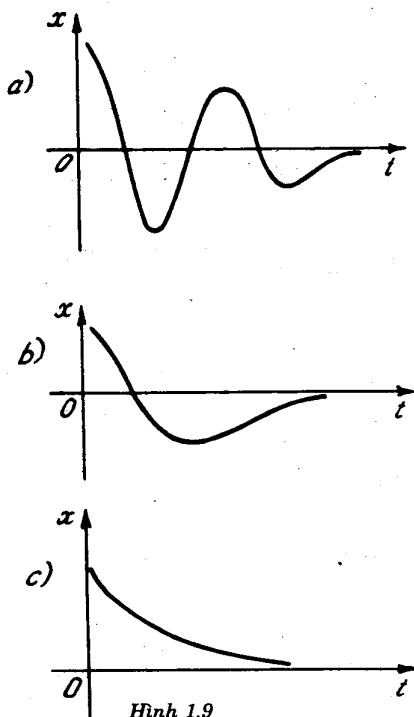
Thay bình nước bằng một bình đựng dầu nhờn. Nếu sức cản của dầu đủ lớn, có thể sẽ không xảy ra dao động. Hòn bi đi qua vị trí cân bằng (chỉ một lần), rồi trở lại và dừng lại ở vị trí cân bằng (xem đồ thị h.1.9b).

Nếu dầu có sức cản lớn hơn nữa, hòn bi thậm chí chưa đi qua được vị trí cân bằng đã dừng lại ngay (xem đồ thị h.1.9c).

Trong đời sống và trong kĩ thuật, có trường hợp sự tắt dần của dao động là không có

lợi, người ta phải có biện pháp để khắc phục nó (thí dụ : con lắc đồng hồ). Ngược lại, cũng có trường hợp sự tắt dần của dao động là có lợi, cần thiết, người ta có biện pháp để tăng cường nó. Sau đây là một thí dụ.

Chúng ta biết rằng mặt đường không hoàn toàn phẳng, xe đi trên đường càng nhanh càng bị xóc mạnh, nên ô tô và xe máy đều có các lò xo giảm-xóc. Khi gặp chỗ xóc, lò xo giảm xóc bị nén lại hoặc giãn ra. Sau khi vượt qua chỗ xóc, khung xe tiếp tục dao động giống như một con lắc lò xo, làm người đi xe mệt mỏi, khó



chịu. Để làm cho dao động đó chóng tắt, người ta gắn vào ô tô và xe máy cỡ lớn một loại thiết bị đặc biệt. Nó gồm một pittông chuyển động được theo chiều thẳng đứng trong một xilanh chứa đầy dầu nhớt, pittông gắn với khung xe và xilanh gắn với trục bánh. Khi khung xe dao động trên lò xo giảm xóc, thì pittông cũng dao động trong xilanh. Dầu nhớt làm cho dao động đó chóng tắt, và do đó dao động của khung xe cũng chóng tắt.

2. Dao động cưỡng bức

Để làm cho một dao động không tắt dần, cách đơn giản nhất là tác dụng vào nó một ngoại lực biến đổi tuần hoàn. Lực này cung cấp năng lượng cho hệ dao động để bù lại năng lượng mất mát do ma sát.

Chúng ta biết rằng con lắc lò xo và con lắc đơn là những hệ dao động tự do. Nếu hoàn toàn không có ma sát, các con lắc sẽ dao động mãi mãi không ngừng với chu kì riêng của chúng. Nhưng đó chỉ là một trường hợp lí tưởng. Thực ra, môi trường ngoài tác dụng vào hòn bi của con lắc một lực ma sát F_{ms} lớn hoặc nhỏ, làm cho dao động của con lắc tắt dần (xem đồ thị hình 1.9).

Bây giờ ta tác dụng vào hòn bi một ngoại lực biến thiên tuần hoàn, gọi là *lực cưỡng bức* :

$$F_n = H \sin(\omega t + \varphi)$$

trong đó H là biên độ của ngoại lực và ω là tần số góc của nó.

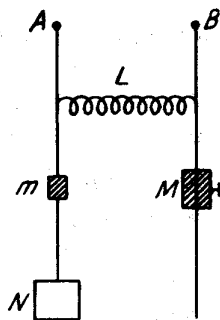
Nói chung thì tần số của ngoại lực $f = \frac{\omega}{2\pi}$ khác tần số riêng f_0 của con lắc.

Các phép tính toán lí thuyết đã dẫn đến kết quả như sau. Trong một thời gian đầu Δt nào đó, dao động của con lắc là một dao động phức tạp, là sự tổng hợp của dao động riêng và dao động do ngoại lực gây ra. Sau thời gian Δt , dao động riêng đã tắt hẳn, con lắc chỉ còn dao động do tác dụng của ngoại lực. Đó là một dao động có tần số bằng tần số của ngoại lực, và biên độ phụ thuộc sự quan hệ giữa tần số f của ngoại lực và tần số riêng f_0 của con lắc. Chính vì lí do đó mà dao động sau thời gian Δt được gọi là *dao động cưỡng bức*. Nếu ngoại lực được duy trì lâu dài thì dao động cưỡng bức cũng được duy trì lâu dài với tần số f .

Thời gian dao động phức tạp Δt bao giờ cũng là rất nhỏ so với thời gian dao động cưỡng bức về sau. Có thể nói rằng sau thời gian Δt , con lắc đã "quên đi" dao động riêng của nó. Vì vậy, trong thực tế, người ta thường chỉ nghiên cứu dao động cưỡng bức sau thời gian Δt , và không cần quan tâm đến dao động phức tạp trong thời gian Δt .

3. Sự cộng hưởng

Có thể làm một thí nghiệm để kiểm tra những kết luận rút ra từ lý thuyết (h.1.10). A là một con lắc gồm một quả nặng khối lượng m gắn cố định vào một thanh kim loại mảnh. N là một tấm mỏng và nhẹ bằng chất dẻo có thể tháo lắp được. Tần số f_0 của con lắc A khi chưa lắp N được xác định trực tiếp bằng một đồng hồ bấm giây. B là một con lắc khác gồm một quả nặng khối lượng $M \gg m$ di động được trên một thanh kim loại mảnh có chia độ. Dùng đồng hồ bấm giây để xác định tần số f của con lắc B ứng với mỗi vị trí của M trên thanh kim loại.



Hình 1.10

Chúng ta treo hai con lắc A (chưa lắp N) và B ở hai điểm gần nhau, và nối hai thanh kim loại bằng một lò xo rất mềm L. Cho con lắc B dao động trên một mặt phẳng vuông góc với hình vẽ. Lò xo mềm truyền cho con lắc A lực cưỡng bức do con lắc B tác dụng với tần số bằng f . Lực đó bắt A phải dao động, và sau một thời gian ngắn, A sẽ dao động cưỡng bức với tần số cũng bằng f . Khi thay đổi vị trí của M để thay đổi tần số f , ta có thể quan sát trực tiếp thấy rằng dao động của con lắc A có biên độ lớn nhất khi $f \approx f_0$, và khi cho f lớn hơn hoặc nhỏ hơn f_0 thì biên độ của con lắc A giảm rất nhanh.

Hiện tượng biên độ của dao động cưỡng bức tăng nhanh đến một giá trị cực đại khi tần số của lực cưỡng bức bằng tần số riêng của hệ dao động được gọi là *sự cộng hưởng*.

Bây giờ chúng ta lắp tấm N vào con lắc A để tăng lực cản (ma sát) của không khí. Lắp lại thí nghiệm như trên, có thể thấy rằng con lắc A vẫn dao động cộng hưởng khi $f = f_0$, nhưng biên độ của nó lúc này nhỏ hơn khi chưa lắp tấm N. Trong trường hợp này năng lượng do lực cưỡng bức cung cấp phần lớn dùng để bù lại năng lượng mất đi do ma sát, vì vậy nó không làm tăng biên độ dao động của con lắc A một cách đáng kể. Sự cộng hưởng thể hiện rõ rệt nhất khi lực ma sát của môi trường ngoài là nhỏ.

4. Ứng dụng và khắc phục hiện tượng cộng hưởng

Cộng hưởng là một hiện tượng hay gặp trong đời sống và trong kĩ thuật, nó có thể có lợi hoặc có hại cho con người.

Một em nhỏ cũng có thể chỉ dùng một lực nhỏ để đưa võng cho người lớn bằng cách đẩy nhẹ chiếc võng mỗi khi nó lên tới độ cao nhất gần chỗ em đứng. Tiếp tục đẩy như vậy một thời gian, tức là tác dụng lên võng một lực tuần hoàn có chu kì bằng chu kì riêng của võng, em nhỏ có thể đưa võng lên rất cao, tức là làm cho biên độ dao động của võng rất lớn. Nếu muốn dùng sức để đẩy võng một lần lên độ cao như vậy, em nhỏ sẽ không làm nổi.

Trong nhiều trường hợp khác, cộng hưởng lại là có hại và cần được khắc phục. Mọi vật đàn hồi đều là hệ dao động và đều có tần số riêng của nó. Đó có thể là chiếc cầu, bộ máy, trục máy, khung xe, thành tàu, sàn tàu, v.v... Nếu vì một nguyên nhân nào đó chúng dao động cộng hưởng với một vật dao động khác (thí dụ : một máy phát điện lớn), chúng sẽ rung lên rất mạnh, và có thể bị gãy, bị đổ, đó là điều mà các kĩ sư phải luôn luôn chú ý.

Giữa thế kỉ XIX cũng đã có trường hợp một đoàn quân đi đều bước qua một chiếc cầu treo làm chiếc cầu rung lên dữ dội và đứt xuống, gây tai nạn chết người. Đó là vì tần số bước đi của đoàn quân tình cờ trùng với tần số dao động riêng của chiếc cầu và gây ra cộng hưởng. Sau tai nạn này, điều lệnh quân đội các nước đều cấm các đoàn quân đi đều bước khi qua cầu.

5. Sự tự dao động

Có một cách khác để duy trì dao động, không cho nó tắt dần, mà không cần tác dụng ngoại lực vào hệ. Một thí dụ đơn giản về một hệ như vậy là chiếc đồng hồ quả lắc.

Quả lắc của đồng hồ dao động tự do với chu kì riêng T xác định. Nhưng do ma sát với không khí và ma sát ở trục dao động, nên dao động của con lắc sẽ tắt dần, nếu nó không được bù thêm năng lượng.

Khi ta lên dây cót đồng hồ, ta đã tích lũy vào dây cót một thế năng nhất định. Dây cót liên hệ với quả lắc bằng một hệ thống bánh răng và những cơ cấu thích hợp. Mỗi khi con lắc đạt tới li độ cực đại, sau một nửa chu kì dao động, thì dây cót lại giãn ra một chút, và một phần năng lượng của nó qua những cơ cấu trung gian được truyền tới quả lắc. Năng lượng đó đủ để bù lại phần năng lượng đã tiêu hao do ma sát. Vì vậy, quả lắc đồng hồ vẫn tiếp tục dao động lâu dài với tần số như cũ và biên độ như cũ. Trong đồng hồ để bàn và đeo tay, con lắc xoắn giữ vai trò của quả lắc đồng hồ treo tường.

Sự dao động được duy trì mà không cần tác dụng của ngoại lực được gọi là *sự tự dao động*. Một hệ tương tự như chiếc đồng hồ quả lắc, gồm vật dao động, nguồn năng lượng, và cơ cấu truyền năng lượng được gọi là *hệ tự dao động*.

Chú ý rằng trong dao động cưỡng bức, tần số dao động là tần số của ngoại lực, và biên độ dao động phụ thuộc biên độ ngoại lực, nhưng trong sự tự dao động thì tần số và biên độ dao động vẫn giữ nguyên như khi hệ dao động tự do.

?

1. Trong điều kiện nào thì dao động tắt dần ? Biên độ của dao động tắt dần có thể giảm như thế nào ?
2. Làm thế nào để gây ra một dao động cưỡng bức ? Tại sao dao động cưỡng bức có tên gọi như vậy ?
3. Hiện tượng cộng hưởng là gì ? Khi nào thì có cộng hưởng ?

▽

4. Một chiếc xe máy chạy trên một con đường lát gạch, cứ cách khoảng 9m trên đường lại có một cái rãnh nhỏ. Chu kì dao động riêng của khung xe máy trên các lò xo giảm xóc là 1,5s. Hỏi với vận tốc bằng bao nhiêu thì xe bị xóc mạnh nhất ?

ĐS : 4) 21,6km/h.

TÓM TẮT CHƯƠNG I

1. *Dao động* là một chuyển động có giới hạn trong không gian, lặp đi lặp lại nhiều lần quanh một vị trí cân bằng.

Trong số các loại dao động thì *dao động tuần hoàn* là dao động mà trạng thái chuyển động được lặp lại như cũ sau những khoảng thời gian bằng nhau.

Chu kì T là khoảng thời gian ngắn nhất sau đó trạng thái dao động lặp lại như cũ. *Tần số* $f = \frac{1}{T}$ là số lần dao động trong một đơn vị thời gian. Đơn vị tần số là héc (kí hiệu : Hz).

Trong số các loại dao động tuần hoàn thì *dao động điều hòa* là dao động được mô tả bằng một định luật dạng sin : $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ hoặc cosin : $x = A \cos(\omega t + \varphi)$. *Li độ x* là độ lệch khỏi vị trí cân bằng. *Biên độ A* là li độ cực đại. *Tần số góc ω* là một lượng trung gian cho phép xác định *tần số* $f = \frac{\omega}{2\pi}$ và *chu kì* $T = \frac{2\pi}{\omega}$ của dao động điều hòa. *Pha* $(\omega t + \varphi)$ xác định trạng thái dao động tại một thời điểm bất kì t. *Pha ban đầu φ* xác định trạng thái ban đầu, tức là khi $t = 0$.

Một dao động điều hòa có thể được coi như hình chiếu của một chuyển động tròn đều xuống một đường thẳng nằm trong mặt phẳng quỹ đạo. Vận tốc góc của chuyển động tròn là tần số góc của dao động điều hòa. Trong phương pháp vectơ quay của Frexnen, mỗi dao động điều hòa được biểu diễn bằng một vectơ quay trong mặt phẳng theo chiều dương, và dao động tổng hợp là hình chiếu của chuyển động của đầu mút vectơ tổng xuống một đường thẳng trong mặt phẳng đó.

2. Dao động của con lắc lò xo có chu kì $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ chỉ phụ thuộc các đặc tính của con lắc. Nó được gọi là *dao động tự do* và

chu kì dao động của nó được gọi là *chu kì riêng*. Dao động của con lắc đơn có chu kì $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ phụ thuộc gia tốc trọng trường. Khi con lắc đơn được đặt ở một địa điểm xác định (g không đổi), ta cũng có thể coi dao động của nó như một dao động tự do.

Khi con lắc dao động điều hòa, vận tốc và gia tốc của hòn bi biến thiên theo một định luật dạng sin hoặc cosin, tức là chúng cũng biến thiên điều hòa theo cùng một tần số với con lắc.

Trong suốt quá trình dao động của con lắc, có sự chuyển hóa động năng thành thế năng và ngược lại, nhưng cơ năng là không đổi và tỉ lệ với bình phương biên độ của con lắc.

3. Hiệu số pha của hai dao động bằng hiệu số các pha ban đầu và được gọi là *độ lệch pha* $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$. Hai dao động là *cùng pha* khi $\Delta\varphi = 2n\pi$, là *ngược pha* khi $\Delta\varphi = (2n + 1)\pi$.

Tổng hợp của hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số, nhưng có biên độ khác nhau và pha khác nhau là một dao động điều hòa có tần số bằng tần số chung của hai dao động, có biên độ và pha ban đầu phụ thuộc độ lệch pha của hai dao động. Nếu các dao động thành phần là cùng pha thì biên độ dao động tổng hợp là lớn nhất : $A = A_1 + A_2$. Nếu chúng là ngược pha thì biên độ dao động tổng hợp là nhỏ nhất $A = |A_1 - A_2|$.

4. Trong thực tế, mọi dao động đều là *dao động tắt dần*, vì lực ma sát của môi trường làm tiêu hao năng lượng của hệ dao động. Để cho một dao động có tần số riêng f_0 không tắt dần, người ta tác dụng vào hệ một ngoại lực dao động điều hòa với tần số f , gọi là *lực cưỡng bức*. *Dao động cưỡng bức* có tần số bằng tần số f của ngoại lực. Khi $f = f_0$ thì có hiện tượng *cộng hưởng*, biên độ của dao động cưỡng bức tăng nhanh đến một giá trị cực đại. Biên độ cực đại càng lớn khi lực ma sát của môi trường càng nhỏ.

Trong đời sống và trong khoa học, kĩ thuật, cộng hưởng có thể là có lợi hoặc có hại.

CHƯƠNG II

SÓNG CƠ HỌC. ÂM HỌC

§8. HIỆN TƯỢNG SÓNG TRONG CƠ HỌC

1. Sóng cơ học trong thiên nhiên

Khi ta ném một hòn đá xuống mặt hồ phẳng lặng, ta thấy những sóng nước hình tròn từ chỗ hòn đá rơi lan tỏa đi mọi nơi trên mặt nước. Ta thả nhẹ một mảnh bấc hoặc một chiếc lá nhỏ xuống mặt nước. Nó cũng nhấp nhô theo sóng nước, nhưng chỉ dao động tại chỗ theo phương thẳng đứng chứ không bị đẩy ra xa.

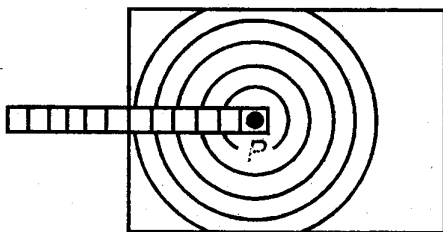
Có thể giải thích hiện tượng sóng như sau. Giữa các phần tử nước (cũng như các phần tử của mọi chất khác) có những lực liên kết. Khi một phần tử nước A dao động và nhô lên cao, các lực liên kết kéo các phần tử lân cận cũng nhô lên cao, nhưng chậm hơn một chút. Các lực đó cũng kéo phần tử A về phía vị trí cũ (vị trí cân bằng). Chúng có vai trò giống như lực đàn hồi trong con lắc lò xo. Tóm lại, mỗi phần tử dao động theo phương thẳng đứng làm cho các phần tử lân cận cũng dao động theo phương đó, và cứ như vậy dao động lan truyền ra xa dần. *Sóng cơ học là những dao động cơ học lan truyền theo thời gian trong một môi trường vật chất. Ở đây chỉ có trạng thái dao động, tức là pha của dao động truyền đi, còn bản thân các phần tử vật chất chỉ dao động tại chỗ.*

Sóng trên mặt nước là loại sóng có thể quan sát trực tiếp bằng mắt thường. Trong thực nghiệm, bằng những khí cụ thích hợp, người ta quan sát được hiện tượng sóng trong mọi chất rắn, lỏng và khí. Rắc một ít cát lên mặt một tấm thép lớn và lấy búa đập mạnh vào đầu tấm thép, ta thấy các hạt cát nảy lên. Đó là do sóng truyền trong thép, nhưng mắt ta không nhìn thấy được hình dạng sóng này.

Đối với sóng trên mặt nước đã xét ở trên, phương dao động vuông góc với phương truyền sóng. Đó là *sóng ngang*. Loại sóng mà phương dao động trùng với phương truyền sóng gọi là *sóng dọc*. Sóng âm mà ta sẽ xét trong chương này là sóng dọc.

2. Sự truyền pha dao động. Bước sóng

Hòn đá ném xuống mặt hồ chỉ gây được vài gợn sóng, chúng nhanh chóng bị tắt đi. Để nghiên cứu kĩ hiện tượng sóng, chúng ta có thể tạo ra trong phòng thí nghiệm những sóng duy trì lâu hơn. Lấy một thanh kim loại đàn hồi mỏng, ở đầu có gắn một hòn bi nhỏ (hoặc một mũi kim). Đặt thanh kim loại sao cho hòn bi chạm vào một điểm P trên mặt nước của một khay nước khá rộng (h.2.1). Nếu thanh kim loại đàn hồi tốt, chỉ cần gẩy nhẹ vào đầu thanh cũng làm cho hòn bi dao động điều hòa với chu kì T, và các phần tử nước tiếp xúc với nó cũng dao động điều hòa với chu kì T trong một thời gian khá dài. Trên mặt nước các sóng tròn có tâm tại P lan truyền rộng ra theo mọi phương.

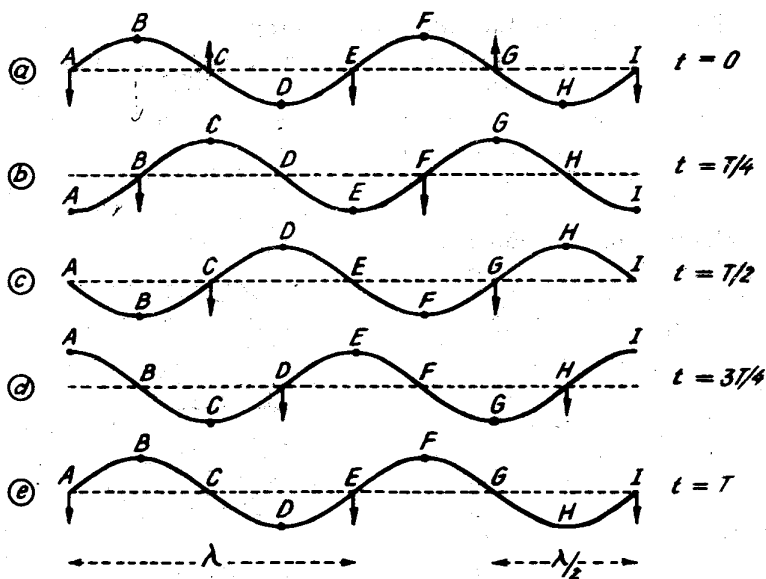


Hình 2.1

Chúng ta tưởng tượng cắt khay nước bằng một mặt phẳng thẳng đứng đi qua P. Vết cắt có dạng như trên hình 2.2. Đó chính là hình dạng thật của các sóng trên mặt nước ở những thời điểm khác nhau.

Giả sử ở thời điểm $t = 0$ sóng có hình dạng như ở hình 2.2a. Ta thấy rằng các điểm A, E, I trên mặt nước đang dao động cùng pha với nhau : chúng cùng đi qua vị trí cân bằng và chuyển động trở xuống. Các điểm C, G đang dao động ngược pha với A, E, I : chúng cùng đi qua vị trí cân bằng và chuyển động trở lên. Theo dõi trên hình vẽ, ta thấy rằng ở thời điểm $t = T/4$ (h. 2.2b), pha dao động của A ở thời điểm $t = 0$ đã truyền tới B, và ở các thời điểm $t = T/2$ (h. 2.2c), $t = 3T/4$ (h. 2.2d), $t = T$ (h. 2.2e) nó lần lượt truyền tới C, D, E. Pha dao động truyền đi theo phương nằm ngang, trong khi các phần tử nước chỉ dao động theo phương thẳng đứng.

Trên hình 2.2, ta thấy hai điểm E và I dao động cùng pha với A. Khoảng cách giữa hai điểm trên phương truyền sóng gần nhau nhất và dao động cùng pha với nhau gọi là bước sóng. Người ta kí hiệu bước sóng bằng chữ Hi Lạp λ (đọc là : lam đa). Nói chung, những điểm cách nhau một số nguyên bước sóng trên phương truyền thì dao động cùng pha với nhau. Ba điểm I, E và A dao



Hình 2.2

động ngược pha với G. Khoảng cách giữa I và G bằng nửa bước sóng. Nói chung, những điểm cách nhau một số lẻ nửa bước sóng trên phương truyền thì dao động ngược pha nhau.

3. Chu kì, tần số và vận tốc của sóng

Tại mọi điểm mà sóng cơ học truyền qua, các phần tử vật chất dao động với cùng một chu kì, bằng chu kì dao động T của nguồn sóng. Chu kì chung của các phần tử vật chất có sóng truyền qua được gọi là *chu kì dao động của sóng* và lượng nghịch đảo $f = \frac{1}{T}$ được gọi là *tần số dao động của sóng*.

Trong thí dụ khảo sát ở trên, ta thấy rằng sau một chu kì dao động thì pha của dao động truyền đi một quãng đường bằng độ dài của bước sóng (xem h. 2.2). Do đó, ta cũng nói được : *bước sóng là quãng đường mà sóng truyền đi được trong một chu kì dao động của sóng*.

Vận tốc truyền pha dao động gọi là *vận tốc sóng*. Vì trong một chu kì T sóng truyền đi được một quãng đường bằng bước sóng λ , ta có hệ thức :

$$\lambda = vT \quad (2-1)$$

$$\text{hoặc } \lambda = \frac{v}{f} \quad (2-2)$$

4. Biên độ và năng lượng của sóng

Khi sóng truyền tới một điểm nào đó, nó làm cho các phần tử vật chất ở đó dao động với một biên độ nhất định. Biên độ đó được gọi là *biên độ sóng* ở điểm ta xét.

Ta biết rằng năng lượng của một dao động điều hòa tỉ lệ với bình phương biên độ của dao động. Sóng làm cho các phần tử vật chất dao động, tức là đã truyền cho chúng một năng lượng. Quá trình truyền sóng là một quá trình truyền năng lượng.

Đối với các sóng truyền từ một nguồn điểm trên mặt phẳng, năng lượng sóng phải trải ra trên các đường tròn ngày càng mở rộng. Vì độ dài đường tròn tỉ lệ với bán kính, nên khi sóng truyền ra xa năng lượng sóng giảm tỉ lệ với quãng đường truyền sóng. Đối với các sóng truyền từ một nguồn điểm trong không gian, năng lượng sóng trải ra trên các mặt cầu ngày càng mở rộng. Vì diện tích mặt cầu tỉ lệ với bình phương bán kính; nên khi sóng truyền ra xa, năng lượng sóng giảm tỉ lệ với bình phương quãng đường truyền sóng.

Trong trường hợp lí tưởng, khi sóng chỉ truyền theo một phương, trên một đường thẳng, thì năng lượng sóng không bị giảm và biên độ sóng ở mọi điểm sóng truyền qua là như nhau.

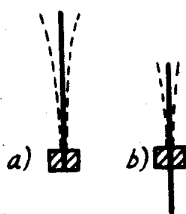
?

1. Sóng là gì ? Trong hiện tượng sóng, cái gì truyền đi và cái gì không truyền đi ?
2. Định nghĩa sóng dọc và sóng ngang.
3. Phát biểu hai cách định nghĩa bước sóng. Nếu vận tốc sóng không đổi, thì có quan hệ gì giữa bước sóng và tần số sóng ?
4. Dựa vào hình 2.2. Cho biết các điểm nào dao động cùng pha, ngược pha với điểm H.

§9 - §10. SÓNG ÂM

1. Sóng âm và cảm giác âm

Lấy một lá thép mỏng đàn hồi dài và hẹp kẹp chặt đầu dưới của nó (h. 2.3a). Dùng tay gảy nhẹ đầu kia, mắt ta thấy lá kim loại dao động. Hạ dần đầu dưới của nó xuống để phần dao động của lá ngắn bớt đi (h. 2.3b), lại dùng tay gảy nhẹ đầu trên, mắt ta thấy nó dao động với tần số lớn hơn trước. Khi phần trên của lá đã ngắn tới một mức độ nào đó (tức là tần số dao động đã lớn tới một giá trị nào đó), tai ta bắt đầu nghe thấy một tiếng vu vu nhẹ : nó bắt đầu phát ra âm thanh. Như vậy sự dao động của lá thép có lúc phát ra âm thanh, và có lúc không phát ra âm thanh.



Hình 2.3

Hiện tượng đó được giải thích như sau. Khi lá thép dao động về một phía nào đó, nó làm cho lớp không khí ở liền trước nó bị nén lại, và lớp không khí ở liền sau nó giãn ra. Sự nén và giãn của không khí như vậy lặp lại một cách tuần hoàn, tạo ra trong không khí một sóng cơ học dọc có tần số bằng tần số dao động của lá kim loại. Sóng trong không khí truyền tới tai ta, nén vào màng nhĩ, làm cho màng nhĩ cũng dao động với tần số đó, và có khả năng tạo ra cảm giác âm thanh trong tai ta khi tần số sóng đạt tới một độ lớn nhất định.

Tai con người chỉ cảm thụ được những dao động có tần số từ khoảng 16Hz đến khoảng 20000Hz. Những dao động trong miền tần số 16 - 20000Hz gọi là dao động âm, những sóng có tần số trong miền đó gọi là *sóng âm*, gọi tắt là *âm*. Môn khoa học nghiên cứu về các âm thanh gọi là *âm học*.

Sóng âm truyền được trong mọi chất rắn, lỏng và khí. Khi áp tai trên mặt đất, với thói quen, ta có thể nghe được tiếng đoàn ngựa phi, hoặc đoàn tàu chạy ở xa, mà tiếng động truyền trong không khí không đến tai ta được vì sóng âm truyền trong không khí bị nhiều vật cản và chóng bị tắt đi.

Những sóng cơ học có tần số lớn hơn 20000Hz gọi là sóng siêu âm. Một số loài vật như dơi, dế, cào cào... có thể phát ra và cảm thụ được sóng siêu âm. Những sóng có tần số nhỏ hơn 16Hz gọi là sóng hạ âm. Con người dùng những khí cụ thích hợp có thể phát và thu được các sóng siêu âm và sóng hạ âm, và sử dụng chúng trong khoa học và kĩ thuật.

Về bản chất vật lí, sóng âm, sóng siêu âm và sóng hạ âm không khác gì nhau, và cũng không khác gì các sóng cơ học khác. Sự phân biệt như trên là dựa trên khả năng cảm thụ các sóng cơ học của tai con người, do các đặc tính sinh lí của tai con người quyết định. Vì vậy, trong âm học người ta cũng phân biệt những đặc tính vật lí của âm, và những đặc tính sinh lí của âm có liên quan đến sự cảm thụ âm của con người.

2. Sự truyền âm. Vận tốc âm

Sóng âm truyền được trong tất cả các môi trường khí, lỏng và rắn. Vận tốc truyền âm (vận tốc âm) phụ thuộc tính đàn hồi và mật độ của môi trường.

Nói chung vận tốc âm trong chất rắn lớn hơn trong chất lỏng, và trong chất lỏng lớn hơn trong chất khí. Vận tốc truyền âm cũng thay đổi theo nhiệt độ.

Sau đây là vận tốc truyền âm trong một số chất.

Chất rắn và chất lỏng ($t = 20^{\circ}\text{C}$) :

Thép cacbon	6100 m/s
Sắt	5850 m/s
Cao su	1479 m/s
Nước	1500 m/s

Chất khí (áp suất bình thường) :

Không khí ($t = 0^{\circ}\text{C}$)	332 m/s
Hơi nước ($t = 135^{\circ}\text{C}$)	494 m/s

Những vật liệu như bông, nhung, những tấm xốp,... truyền âm kém, vì tính đàn hồi của chúng kém. Chúng được dùng để làm vật liệu cách âm.

Sóng âm không truyền được trong chân không. Có thể chứng minh điều đó bằng cách đặt một chiếc chuông điện vào trong bình thủy tinh của chiếc bơm chân không. Khi cho bơm hút dần không khí trong bình, ta thấy tiếng chuông yếu dần và tắt hẳn.

3. Độ cao của âm

Trong số những âm mà tai ta cảm thụ được, có những loại âm mà tần số hoàn toàn xác định, như tiếng đàn, tiếng hát. Chúng gây một cảm giác êm ái, dễ chịu, và được gọi là *nhạc âm*. Cũng có những loại âm không có tần số nhất định, như tiếng máy nổ tiếng chân đi. Chúng được gọi là *tạp âm*. Về bản chất, chúng là sự tổng hợp phức tạp của rất nhiều dao động có tần số và biên độ rất khác nhau. Sau đây chúng ta sẽ chỉ nghiên cứu những nhạc âm.

Cùng một điệu hát, nhưng nghe giọng nữ cao và giọng nam trầm hát, ta có cảm thụ khác nhau. Những âm có tần số khác nhau gây cho ta những cảm giác âm khác nhau, âm có tần số lớn gọi là âm cao hoặc thanh, âm có tần số nhỏ gọi là âm thấp hoặc trầm. *Độ cao* của âm là một đặc tính sinh lí của âm, nó dựa vào một đặc tính vật lí của âm là tần số.

4. Âm sắc

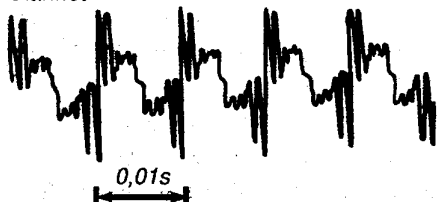
Khi hai ca sĩ cùng hát một câu ở cùng một độ cao, ta vẫn phân biệt được giọng hát của từng người. Khi đàn ghita, sáo, kèn clarinet cùng tấu lên một đoạn nhạc ở cùng một độ cao, ta vẫn phân biệt được tiếng của từng nhạc cụ. Mỗi người, mỗi nhạc cụ phát ra những âm có sắc thái khác nhau mà tai ta phân biệt được. Đặc tính đó của âm gọi là *âm sắc*.

Âm sắc là một đặc tính sinh lí của âm, được hình thành trên cơ sở các đặc tính vật lí của âm là tần số và biên độ. Thực nghiệm chứng tỏ rằng khi một nhạc cụ hoặc một

Dương cầm



Clarinet



Hình 2.4

người phát ra một âm có tần số bằng f_1 , thì đồng thời cũng phát ra các âm có tần số $f_2 = 2f_1$, $f_3 = 3f_1$, $f_4 = 4f_1$...

Âm có tần số f_1 gọi là âm cơ bản hay họa âm thứ nhất, các âm có tần số $f_2, f_3, f_4, \dots$ gọi là các họa âm thứ hai, thứ ba, thứ bốn... Tùy theo cấu trúc của từng loại nhạc cụ, hoặc cấu trúc khoang miệng và cổ họng từng người, mà trong số các họa âm cái nào có biên độ khá lớn, cái nào có biên độ nhỏ, và cái nào chóng bị tắt đi. Do hiện tượng đó, âm phát ra là sự tổng hợp của âm cơ bản và các họa âm, nó có tần số f_1 của âm cơ bản, nhưng đường biểu diễn của nó không còn là đường sin, mà trở thành một đường phức tạp có chu kì. Mỗi dạng của đường biểu diễn ứng với một âm sắc nhất định. Trên hình 2.4 là đường biểu diễn dao động âm của dương cầm và của kèn clarinet ứng với cùng một âm cơ bản. Chúng có chu kì như nhau, nhưng hình dạng khác nhau.

Căn cứ vào sự cảm thụ của tai, chúng ta đánh giá các giọng hát có âm sắc khác nhau là giọng ấm, mượt, trơ, chua v.v...

5. Năng lượng âm

Cũng như các sóng cơ học khác, sóng âm mang năng lượng tỉ lệ với bình phương biên độ sóng. Năng lượng đó truyền đi từ nguồn âm đến tai ta.

Cường độ âm là lượng năng lượng được sóng âm truyền trong một đơn vị thời gian qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền âm. Đơn vị cường độ âm là oát trên mét vuông (kí hiệu : W/m^2).

Đối với tai con người, giá trị tuyệt đối của cường độ âm I không quan trọng bằng giá trị tỉ đối của I so với một giá trị I_0 nào đó chọn làm chuẩn. Người ta định nghĩa **mức cường độ âm** L là lôga thập phân của tỉ số I/I_0

$$L(B) = \lg \frac{I}{I_0} \quad (2-3)$$

Đơn vị mức cường độ âm là ben (kí hiệu : B). Như vậy, khi mức cường độ âm bằng 1, 2, 3, 4 B... điều đó nghĩa là cường độ âm I lớn gấp 10, 10^2 , 10^3 , 10^4 ... cường độ âm chuẩn I_0 .

Trong thực tế người ta thường dùng đơn vị đêxiben (kí hiệu : dB), bằng 1/10 ben. Số đo L bằng đêxiben lớn gấp 10 số đo bằng ben, và (2-3) trở thành :

$$L(\text{dB}) = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (2-4)$$

Khi $L = 1\text{dB}$, thì I lớn gấp 1,26 lần I_0 . Đó là mức cường độ âm nhỏ nhất mà tai ta có thể phân biệt được.

6. Độ to của âm

Muốn gây cảm giác âm, cường độ âm phải lớn hơn một giá trị cực tiểu nào đó gọi là *ngưỡng nghe*. Do đặc điểm sinh lí của tai con người, ngưỡng nghe thay đổi tùy theo tần số âm. Với các tần số 1000 - 5000 Hz, ngưỡng nghe vào khoảng 10^{-12} W/m^2 . Với tần số 50Hz, ngưỡng nghe lớn gấp 10^5 lần.

Như vậy một âm 1000Hz có cường độ 10^{-7} W/m^2 (gấp 10^5 ngưỡng nghe) đã là một âm khá "to" nghe rất rõ, trong khi đó thì một âm 50Hz cũng có cường độ 10^{-7} W/m^2 lại là một âm rất "nhỏ", mới chỉ hơi nghe thấy. Do đó độ to của âm (hay : âm lượng) đối với tai ta không trùng với cường độ âm.

Tai con người nghe thính nhất đối với các âm trong miền 1000-5000Hz, và nghe âm cao thính hơn âm trầm. Chính vì vậy người ta chọn các phát thanh viên chủ yếu là nữ. Cũng vì vậy khi ta hạ âm lượng của máy tăng âm thì không nghe rõ các âm trầm nữa.

Nếu cường độ âm lên tới 10W/m^2 , đối với mọi tần số, sóng âm gây ra một cảm giác nhức nhối, đau đớn trong tai, không còn là cảm giác âm bình thường nữa. Giá trị cực đại đó của cường độ âm gọi là *ngưỡng đau*. Miền nằm giữa ngưỡng nghe và ngưỡng đau gọi là *miền nghe được*.



A.G. BEN

Nhà vật lí Mĩ, gốc Scotlen (1847-1922).
Đã nghiên cứu sự thụ cảm âm và phát minh ra điện thoại hữu tuyến. Tên ông được đặt cho đơn vị mức cường độ âm.

4
3
2
1

Khi xác định mức cường độ âm bằng công thức (2-4), người ta lấy I_0 là ngưỡng nghe của âm có tần số 1000Hz, gọi là tần số âm chuẩn.

Sau đây là một số mức cường độ âm đáng chú ý :

Ngưỡng nghe	0dB
Tiếng động trong phòng	30dB
Tiếng ồn ào trong cửa hàng lớn	60 -
Tiếng ồn ngoài phố	90dB
Tiếng sét lớn	120 -
Ngưỡng đau	130 -

Những mức cường độ âm lớn làm căng thẳng thần kinh, gây mệt mỏi. Tình trạng làm việc hoặc sống dài hạn ở nơi có mức cường độ âm lớn làm giảm thính lực, và có ảnh hưởng xấu đến thần kinh và sức khỏe. Những buổi trình diễn nhạc rock với máy tăng âm mở hết cỡ tới mức cường độ trên dưới 100 dB cũng ảnh hưởng tai hại đến thần kinh và sức khỏe của người nghe.

7. Nguồn âm - Hộp cộng hưởng

Xung quanh ta có rất nhiều nguồn tạp âm. Đó là động cơ ô tô đang hoạt động, cánh cửa đập vào khung cửa, gió lùa qua tán lá... Nguồn nhạc âm là những nguồn phát ra nhạc âm. Người ta phân biệt hai loại nguồn nhạc âm chính, có nguyên tắc phát âm khác nhau, một loại là các dây đàn, loại khác là các cột khí của sáo và kèn.

Khi một dây đàn được kích thích bằng cách gảy, gõ, hoặc cọ xát, nó dao động với một tần số xác định phụ thuộc độ dài và tiết diện của dây, sức căng của dây và chất liệu dùng làm dây. Dây đàn có tiết diện rất nhỏ nên khi dao động chỉ gây ra những dao động xoáy trong miền không khí lân cận, không tạo ra được sóng âm đáng kể. Dây đàn được căng trên mặt đàn bằng gỗ hoặc bằng da, khi nó dao động, nó làm cho mặt đàn cũng dao động với cùng tần số. Mặt đàn có diện tích lớn, gây được những miền nén và giãn đáng kể trong không khí và tạo ra sóng âm.

Ta biết rằng khi dây đàn dao động và phát ra một âm cơ bản, nó cũng đồng thời phát ra các họa âm của âm cơ bản. Mỗi loại đàn đều có một bầu đàn có hình dạng nhất định, đóng vai trò của *hộp cộng hưởng*, tức là một vật rỗng có khả năng cộng hưởng đối với nhiều tần số khác nhau, và tăng cường những âm có các tần số đó. Tùy theo hình dạng và chất liệu của bầu đàn, mỗi loại đàn

có khả năng tăng cường một số họa âm nào đó, và tạo ra âm sắc đặc trưng của loại đàn đó.

Cơ quan phát âm của con người hoạt động tương tự như một cây đàn. Các thanh đới đóng vai trò của dây đàn. Thanh quản, khoang mũi, khoang miệng đóng vai trò hộp cộng hưởng. Đặc biệt ở đây, bằng cách thay đổi vị trí của hàm dưới, môi, lưỡi, người ta có thể thay đổi hình dạng của khoang miệng và do đó thay đổi âm sắc một cách thích hợp. Vì vậy, giọng nói của người có âm sắc rất phong phú, và một người có thể bắt chước được giọng nói của người khác, hoặc bắt chước tiếng của các nhạc cụ.

Khi người ta thổi kèn hoặc sáo thì cột không khí trong thân sáo hoặc kèn dao động theo một tần số cơ bản và các tần số họa âm. Thân sáo và thân kèn có hình dạng khác nhau và làm bằng chất liệu khác nhau. Chúng đóng vai trò của hộp cộng hưởng và tạo ra âm sắc đặc trưng của các loại sáo và kèn.

?

1. Sóng âm là gì và gây ra cảm giác âm như thế nào? Sóng âm truyền trong những môi trường nào?
2. Âm sắc là gì? Do đâu mà có âm sắc?
3. Miền nghe được là gì, và nằm trong những giới hạn nào?
4. Phân biệt mức to và mức cường độ của âm.
5. Trình bày cách phát âm của dây đàn.

▽

6. Người ta dùng búa gõ mạnh xuống đường ray xe lửa. Cách chỗ đó 1090m, một người áp tai xuống đường ray nghe thấy tiếng gõ truyền qua đường ray và 3 giây sau mới nghe thấy tiếng gõ truyền qua không khí. Tính vận tốc truyền âm trong thép đường ray, biết vận tốc truyền âm trong không khí là 340 m/s.
7. Một màng kim loại dao động với tần số 200 Hz. Nó tạo ra trong nước một sóng âm có bước sóng 7,17m. Tính vận tốc truyền âm trong nước.

ĐS: 6) $\approx$ 5300 m/s; 7) 1434 m/s.

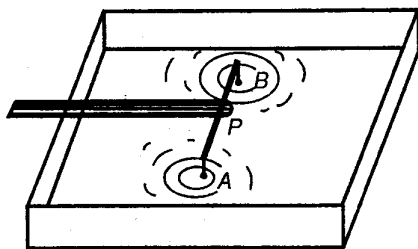
§11. GIAO THOA SÓNG

1. Hiện tượng giao thoa

Trong thực tế thường có trường hợp nhiều sóng phát ra từ nhiều nguồn khác nhau và cùng truyền tới một điểm. Trường hợp như vậy có thể gây ra một hiện tượng đặc thù của sóng, gọi là hiện tượng giao thoa, mà ta sẽ xét sau đây.

3
08.20

Dùng các dụng cụ thí nghiệm tương tự như ở §8 (h.2.1), nhưng ở đây ta thay hòn bi bằng một thanh nhẹ, ở hai đầu thanh gắn hai hòn bi nhỏ đặt chạm mặt nước (h.2.5). Khi thanh P dao động, hai hòn bi ở A và B tạo ra trên mặt nước hai hệ sóng lan truyền theo những hình tròn đồng tâm. Hai hệ thống đường tròn mở rộng dần ra và đan trộn vào nhau trên mặt nước.

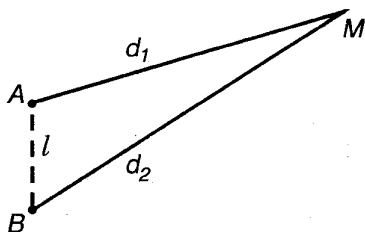


Hình 2.5

Khi hình ảnh sóng đã ổn định, chúng ta phân biệt được trên mặt nước một nhóm những đường cong tại đó biên độ dao động là cực đại, và xen kẽ giữa chúng là một nhóm những đường cong khác tại đó mặt nước không dao động. Những đường sóng này đứng yên tại chỗ, mà không truyền đi trên mặt nước như những sóng mà ta đã quan sát trước đây.

2. Lí thuyết về giao thoa

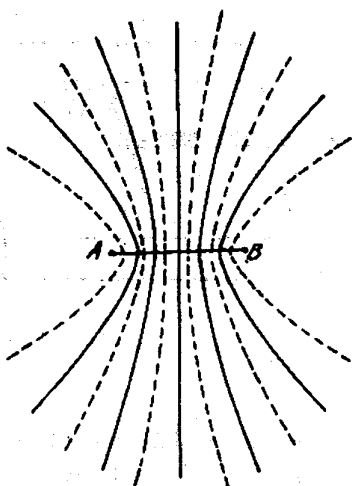
Giả sử A và B là hai nguồn dao động cùng tần số và cùng pha với nhau và sóng của chúng cùng truyền tới một điểm M của mặt phẳng theo hai đường đi d_1 , d_2 (h.2.6). Hai nguồn dao động cùng tần số và cùng pha, hoặc với độ lệch pha không đổi được gọi là hai nguồn kết hợp và sóng mà chúng tạo ra được gọi là sóng kết hợp.



Hình 2.6

Trong thí nghiệm mô tả ở trên, hai hòn bi không dao động độc lập với nhau. Chúng luôn luôn dao động cùng tần số và cùng pha với thanh P, và do đó chúng đúng là hai nguồn kết hợp.

Giả sử phương trình của các dao động tại A và B cùng là $u = a \sin \omega t$. Nếu khoảng cách l giữa A và B là nhỏ so với các đường đi d_1 và d_2 , ta có thể coi biên độ các sóng truyền tới M là bằng nhau.



Hình 2.7

Gọi v là vận tốc truyền sóng. Thời gian để sóng truyền từ A đến M là $\frac{d_1}{v}$. Dao động tại M vào thời điểm t cùng pha với dao động tại A vào thời điểm $t - \frac{d_1}{v}$. Vì vậy phương trình dao động tại M từ A truyền đến có dạng :

$$\begin{aligned} u_A &= a_M \sin \omega \left(t - \frac{d_1}{v} \right) = \\ &= a_M \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} d_1 \right) \end{aligned} \quad (2-5)$$

Tương tự như thế, phương trình của dao động tại M từ B truyền đến có dạng :

$$u_B = a_M \sin \omega \left(t - \frac{d_2}{v} \right) = a_M \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} d_2 \right) \quad (2-6)$$

Dao động tại M là sự tổng hợp của hai dao động (2-5) và (2-6) cùng tần số nhưng khác pha. Độ lệch pha là :

$$\Delta \varphi = \frac{\omega}{v} |d_1 - d_2| = \frac{\omega}{v} d$$

d là hiệu đường đi : $d = |d_1 - d_2|$. Chúng ta lấy giá trị tuyệt đối vì việc trong hai đường d_1 và d_2 thì đường nào dài hơn không ảnh hưởng đến hiện tượng giao thoa.

$$\text{Vì } \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ và } v = \frac{\lambda}{T},$$

$$\text{ta rút ra } \Delta \varphi = 2\pi \frac{d}{\lambda} \quad (2-7)$$

Tại những điểm nào mà hiệu đường đi d bằng một số nguyên bước sóng, $d = n\lambda$ ($n = 0, 1, 2, \dots$), thì hiệu số pha bằng $2n\pi$, hai sóng cùng pha với nhau, biên độ của sóng tổng hợp lớn gấp đôi biên độ mỗi sóng thành phần, dao động của môi trường ở đây là lớn nhất. Trong toán học, người ta chứng minh được rằng quỹ tích của những điểm như vậy là một họ các đường hypebol có tiêu

điểm tại A và B, bao gồm cả đường trung trực của đoạn AB (h.2.7 các đường vẽ liền nét).

Tại những điểm nào mà hiệu đường đi d bằng một số lẻ nửa bước sóng $d = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$, thì hiệu số pha bằng $(2n + 1) \pi$, tức là hai sóng ngược pha nhau, biên độ của sóng tổng hợp bằng 0, ở đây môi trường không dao động. Quỹ tích của các điểm này cũng là một họ các đường hypebol có tiêu điểm tại A và B (h.2.7 các đường vẽ chấm chấm).

Tại những điểm khác thì biên độ sóng có giá trị trung gian.

Hiện tượng khảo sát ở trên gọi là hiện tượng giao thoa.

Giao thoa là sự tổng hợp của hai hay nhiều sóng kết hợp trong không gian, trong đó có những chỗ cố định mà biên độ sóng được tăng cường hoặc bị giảm bớt.

Sự tổng hợp của ba sóng kết hợp trở lên tạo ra một hình ảnh giao thoa phức tạp mà ta sẽ không xét ở đây.

3. Sóng dừng



Hình 2.8

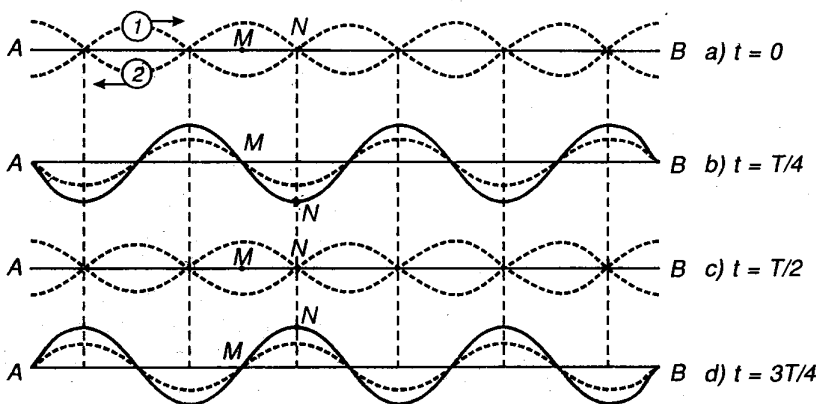
Lấy một sợi dây dẻo, dài chừng 2m, đầu M buộc cố định vào tường (hoặc vào bàn, tủ...), đầu P cầm ở tay (h.2.8). Ta kéo thẳng dây và rung mạnh tay, làm cho đầu

P dao động. Thay đổi dần độ rung (tức là thay đổi tần số dao động của đầu P), đến một lúc nào đó ta thấy sợi dây rung có một hình ảnh ổn định trong đó có những chỗ rung rất mạnh, và những chỗ hầu như không rung.

Có thể giải thích hiện tượng đó như sau. Dao động từ P truyền theo sợi dây từ P đến M, dưới dạng một sóng ngang. Tới M là cuối sợi dây, sóng phản xạ và truyền ngược lại từ M tới P. Sóng tới và sóng phản xạ thỏa mãn điều kiện sóng kết hợp. Ở đây điểm M không dao động, có nghĩa là sóng phản xạ và sóng tới ở đó ngược pha nhau. Kết quả là trên sợi dây có sự giao thoa của hai sóng kết hợp cùng tần số và ngược pha nhau tại M (có thể coi P và M là hai nguồn sóng kết hợp).

Để khảo sát kĩ hơn hiện tượng này, ta xét một sợi dây đàn hồi có hai đầu A, B cố định, trên đó có hai sóng kết hợp truyền ngược chiều nhau. Có thể coi đó là một sóng tới và một sóng phản xạ, giống như ở thí nghiệm trên, nhưng ở đây cả hai điểm đầu A và B đều không dao động.

Chọn thời điểm $t = 0$ là lúc trên sợi dây hai sóng 1 và 2 ngược pha nhau tại một điểm M nào đó. Sợi dây AB có dạng như trên hình 2.9a (đây là dạng thật của sợi dây), sóng 1 truyền sang phải, sóng 2 truyền sang trái, biên độ sóng tổng hợp tại mọi nơi đều bằng 0. Tại thời điểm $t = T/4$, mỗi sóng truyền đi một đoạn đường bằng $\lambda/4$, sóng tổng hợp trên sợi dây AB có hình dạng như trên hình 2.9b. Cũng như vậy, tại các thời điểm $t = T/2$ và $t = 3T/4$, sóng có hình dạng như trên hình 2.9c và 2.9d.



Hình 2.9

Quan sát trên sợi dây hoặc trên hình vẽ, ta thấy điểm M và các điểm cách nó một số nguyên nửa bước sóng luôn luôn đứng yên, không dao động. Chúng được gọi là các *nút*. Điểm N và các điểm cách nó một số nguyên nửa bước sóng dao động với biên độ lớn nhất so với các điểm khác. Chúng được gọi là các *bụng*. Vị trí các nút và các bụng là cố định. Khoảng cách giữa hai nút hoặc hai bụng liên nhau đều bằng $\lambda/2$.

Sóng có các nút và các bụng cố định trong không gian gọi là *sóng dừng*. Nó không truyền đi trong không gian. Chú ý rằng ở đây hai sóng thành phần vẫn truyền đi theo hai chiều khác nhau, nhưng sóng tổng hợp "dừng lại" tại chỗ.

Đối với các sóng dọc, tuy hình ảnh sóng dừng có khác các sóng ngang, nó vẫn gồm có các nút (nơi không có dao động) và các bụng (nơi bị nén và giãn mạnh), và khoảng cách giữa hai nút hoặc hai bụng liên nhau vẫn bằng $\lambda/2$. Trên các dây đàn có sóng dừng thuộc loại sóng ngang. Trong các cột khí của sáo và kèn, có các sóng dừng thuộc loại sóng dọc.

Hiện tượng sóng dừng cho phép ta nhìn thấy cụ thể bằng mắt thường bước sóng λ và đo được λ một cách chính xác. Đối với sóng âm và nhiều loại sóng khác, việc đo tần số f cũng đơn giản. Giữa vận tốc sóng v , tần số sóng f và bước sóng λ , có hệ thức $v = \lambda f$.

Vì vậy hiện tượng sóng dừng cũng cho ta một phương pháp đơn giản xác định v bằng cách đo λ và f .

?

1. Thế nào là nguồn kết hợp ?
2. Định nghĩa hiện tượng giao thoa. Trình bày cách tạo ra hiện tượng giao thoa của sóng trên mặt nước.
3. Trình bày cách hình thành sóng dừng trên một sợi dây đàn hồi. Nơi nào là nút và nơi nào là bụng.
4. Làm thế nào để xác định vận tốc truyền sóng trên một sợi dây đàn hồi có sóng dừng.

▽

5. Một dây đàn dài 60 cm phát ra một âm có tần số 100 Hz. Quan sát dây đàn, người ta thấy có 4 nút (gồm cả 2 nút ở 2 đầu dây) và 3 bụng. Tính vận tốc truyền sóng trên dây.

ĐS : 5) 40 m/s.

TÓM TẮT CHƯƠNG II

1. Sóng cơ học là những dao động cơ học lan truyền theo thời gian trong một môi trường vật chất. Sóng truyền được trong mọi chất rắn, lỏng và khí. Truyền sóng tức là truyền pha dao động, trong khi các phần tử vật chất không truyền đi mà chỉ dao động quanh vị trí cân bằng. *Sóng dọc* có phương dao động trùng với phương truyền. *Sóng ngang* có phương dao động vuông góc với phương truyền.

Chu kì của sóng là chu kì dao động chung của các phần tử vật chất có sóng truyền qua, và bằng chu kì dao động của nguồn sóng. Nghịch đảo của chu kì của sóng là *tần số của sóng*. *Vận tốc sóng* là vận tốc truyền pha dao động. *Bước sóng* là khoảng cách giữa hai điểm trên phương truyền sóng gần nhau nhất và dao động cùng pha với nhau. Nó cũng là quãng đường mà sóng truyền đi được trong một chu kì của sóng.

Giữa vận tốc v , bước sóng λ và tần số f (hoặc chu kì T) của sóng, có hệ thức $\lambda = vT$ hoặc $\lambda = \frac{v}{f}$.

Biên độ dao động của các phần tử vật chất tại điểm sóng truyền qua gọi là *biên độ sóng* tại điểm đó. Quá trình truyền sóng cũng là quá trình truyền năng lượng. Năng lượng sóng tại từng điểm tỉ lệ với bình phương biên độ sóng tại điểm đó. Nói chung, khi sóng truyền càng xa nguồn sóng thì biên độ sóng và năng lượng sóng càng giảm.

2. Sóng âm là những sóng cơ học dọc truyền trong môi trường vật chất, có tần số trong khoảng 16 Hz - 20000 Hz và gây ra cảm giác âm trong tai con người. Sóng âm vừa có đặc tính vật lí, vừa có đặc tính sinh lí. Xét về đặc tính vật lí, sóng âm, sóng siêu âm, sóng hạ âm, không khác gì các sóng cơ học khác. Đặc tính sinh lí của sóng âm phụ thuộc cấu tạo của tai con người.

Nhạc âm là những âm có tần số xác định. *Tạp âm* là những âm không có tần số xác định. *Độ cao* là đặc tính sinh lí của âm, đặc trưng bởi tần số âm. Âm do con người và các nhạc cụ phát ra là sự tổng hợp của âm cơ bản và các họa âm, tạo ra *âm sắc* là một đặc tính sinh lí của âm.

Độ to là một đặc tính sinh lí của âm, phụ thuộc *cường độ âm*. Mỗi tần số âm ứng với một *ngưỡng nghe* khác nhau, nên hai âm có cường độ như nhau nhưng có tần số khác nhau thì cũng có độ to khác nhau. *Mức cường độ* được đo bằng đơn vị decibel (dB). Những âm nghe được có mức cường độ từ 0 dB đến 130 dB.

Có hai loại nguồn nhạc âm chính là dây đàn của các loại đàn và cột không khí trong các loại kèn và sáo.

3. Giao thoa là sự tổng hợp trong không gian của hai hay nhiều *sóng kết hợp*, trong đó có những chỗ cố định mà biên độ sóng được tăng cường hoặc bị giảm bớt. Sóng kết hợp là sóng tạo ra bởi các *nguồn kết hợp*, tức là các nguồn dao động cùng tần số và cùng pha, hoặc với độ lệch pha không đổi. Trong một mặt phẳng hai nguồn kết hợp có tần số và biên độ bằng nhau gây ra một hình ảnh giao thoa trong đó những điểm dao động cực đại và những điểm không dao động nằm trên hai họ đường hypebol xen kẽ nhau. Điểm dao động cực đại là điểm mà hiệu đường đi của sóng từ hai nguồn đến nó bằng một số nguyên bước sóng. Điểm không dao động là điểm mà hiệu đường đi đó bằng một số lẻ nửa bước sóng.

Khi một sóng tới và sóng phản xạ của nó cùng truyền theo một phương, chúng giao thoa với nhau và tạo thành sóng dừng có những *nút* là những điểm không dao động và những *bụng* là những điểm dao động cực đại. Khoảng cách giữa hai nút hoặc hai bụng liền nhau bằng nửa bước sóng. Sóng dừng cho phép đo λ một cách dễ dàng, và xác định vận tốc sóng v khi biết bước sóng λ và tần số f .

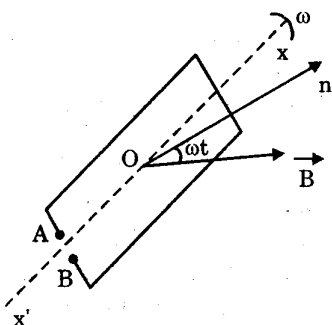
CHƯƠNG III

DAO ĐỘNG ĐIỆN, DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

§12. HIỆU ĐIỆN THẾ DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Hiệu điện thế dao động điều hòa

Cho một khung dây kim loại diện tích S và có N vòng dây quay đều quanh trục đối xứng $x'x$ của nó trong một từ trường đều $\vec{B}$ có phương vuông góc với $x'x$ (h.3.1). Vận tốc góc của khung quay là ω .



Hình 3.1

Giả sử tại thời điểm $t = 0$ pháp tuyến On của khung dây trùng phương với từ trường. Từ thông qua mỗi vòng dây lúc đó là BS .

Tại thời điểm t bất kì nào đó, On quay được một góc bằng ωt , và từ thông qua mỗi vòng dây lúc đó là :

$$\Phi = BS \cos \omega t$$

Từ thông Φ qua mỗi vòng dây biến thiên theo thời gian và trong mỗi vòng dây sẽ xuất hiện một suất điện động cảm ứng có độ lớn :

$$|e_1| = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$$

Suất điện động cảm ứng có chiều tác dụng sao cho dòng điện cảm ứng sinh ra một từ trường chống lại sự biến thiên của từ thông Φ . Do đó, nếu xét cả dấu của e , ta phải viết :

$$e_1 = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (3-1)$$

Để tính suất điện động tức thời trong khung dây ở thời điểm t , ta xét sự biến thiên của Φ trong một khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ. Khi đó $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ trở thành đạo hàm của Φ theo thời gian và ta viết được (3-1) thành :

$$e_1 = -\Phi' = \omega BS \sin \omega t$$

Vì khung dây có N vòng dây nên suất điện động cảm ứng của cả khung dây là :

$$e = \omega NBS \sin \omega t \quad (3-2)$$

ω , N , B , S là những lượng không đổi. Ta có thể kết luận rằng suất điện động trong khung dây là một suất điện động biến thiên điều hòa. Nếu ta nối hai điểm A , B của khung dây với một mạch ngoài, sẽ có một dòng điện chạy trong một mạch khép kín. Phần ngoài khung dây là mạch tiêu thụ. Khung dây đóng vai trò một máy phát điện, và suất điện động cảm ứng e là suất điện động của nguồn điện.

Vì suất điện động e của nguồn điện biến thiên điều hòa với tần số góc ω , hiệu điện thế mà nó gây ra ở mạch ngoài cũng biến thiên

điều hòa với cùng tần số góc ω . Chúng ta chọn các điều kiện ban đầu thích hợp thì phương trình của hiệu điện thế có dạng đơn giản

$$u = U_0 \sin \omega t \quad (3-3)$$

trong đó u là hiệu điện thế tức thời, U_0 là hiệu điện thế cực đại, ω là tần số góc, bằng vận tốc góc của khung quay.

2. Dòng điện xoay chiều

Trong thực tế, người ta sử dụng những máy phát điện cấu tạo theo nguyên tắc đã nói ở trên, nhưng có rất nhiều vòng dây mắc nối tiếp để tạo ra một suất điện động đủ lớn. Một hệ thống dây dẫn nối các máy phát ở các nhà máy điện đến các nơi tiêu thụ, tại đó, ở các chốt của cầu dao điện hoặc ổ cắm điện được duy trì một hiệu điện thế dao động điều hòa :

$$u = U_0 \sin \omega t \quad (3-4)$$

(Vấn đề này sẽ được nói ở §18).

Mạch tiêu thụ điện ở các nơi sử dụng thường gồm các bóng đèn, quạt máy, bếp điện, động cơ điện, máy công cụ... Trong mạch đó có cả điện trở, cuộn cảm, tụ điện. Như sau này ta sẽ biết (xem §24), đó là những mạch dao động tắt dần, có tần số dao động riêng của chúng, và khi nối chúng vào ổ cắm điện dao động riêng của chúng tắt nhanh, hiệu điện thế (3 - 4) tạo ra trong mạch một dòng điện dao động cưỡng bức có tần số góc bằng ω :

$$i = I_0 \sin (\omega t + \varphi) \quad (3-5)$$

Giữa cường độ dòng điện i và hiệu điện thế u có một độ lệch pha φ phụ thuộc tính chất của mạch điện. Vì điện trường truyền trong các dây dẫn với vận tốc rất lớn, gần bằng vận tốc ánh sáng, nên tại mỗi thời điểm nhất định, điện trường ở mọi điểm trên các mạch điện không phân nhánh ta thường dùng là như nhau, do đó cường độ dòng điện ở mọi điểm trên mạch không phân nhánh là như nhau.

Dòng điện mô tả bằng (3-5) là một dòng điện biến thiên điều hòa. Nó được gọi là *dòng điện xoay chiều*. Trong thực tế có những dòng điện đổi chiều nhưng không điều hòa. Khi ta nói dòng điện xoay chiều, ta quy ước rằng ta chỉ nói về dòng điện dao động điều hòa.

3. Cường độ hiệu dụng và hiệu điện thế hiệu dụng

Dòng điện xoay chiều mà chúng ta sử dụng có tần số bằng 50Hz (một số nước dùng dòng điện 60 Hz), cường độ dòng điện biến thiên rất nhanh theo thời gian. Nhưng khi sử dụng dòng điện xoay chiều, cái mà ta quan tâm không phải là tác dụng tức thời của dòng điện tại từng thời điểm, mà là tác dụng của dòng điện trong một thời gian dài. Vì vậy, ta không cần biết giá trị tức thời của cường độ dòng điện, mà cần biết giá trị của cường độ dòng điện gây ra một tác dụng trong một thời gian lâu dài.

Cho một dòng điện xoay chiều $i = I_0 \sin \omega t$ chạy qua một điện trở thuần R trong một thời gian t khá dài, và đo nhiệt lượng Q tỏa ra trên điện trở R . Ta thấy giữa Q với I_0 , R , t có hệ thức :

$$Q = R \frac{I_0^2}{2} t$$

Nếu có một dòng điện không đổi I sao cho khi đi qua điện trở R như trên trong khoảng thời gian t như trên, nó cũng tỏa ra nhiệt lượng Q như trên, thì giữa I với R , t , Q có hệ thức :

$$Q = RI^2 t$$

So sánh hai hệ thức trên, ta thấy :

$$\frac{I_0^2}{2} = I^2. \text{ Hay : } \frac{I_0}{\sqrt{2}} = I$$

Nghĩa là xét về tác dụng tỏa nhiệt trong một thời gian dài thì dòng điện xoay chiều $i = I_0 \sin \omega t$ tương đương với một dòng điện không đổi có cường độ

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad (3-6)$$

Các phép tính lí thuyết cũng dẫn đến kết quả như vậy. Cường độ dòng điện I xác định bằng (3-6) được gọi là *cường độ hiệu dụng* của dòng điện xoay chiều.

Cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều bằng cường độ của một dòng điện không đổi mà nếu chúng lần lượt đi qua một điện trở trong những thời gian như nhau thì chúng tỏa ra những nhiệt lượng bằng nhau. Nó có độ lớn bằng cường độ cực đại chia cho $\sqrt{2}$.

Tương tự như vậy, người ta cũng xác định suất điện động hiệu dụng E của một nguồn điện xoay chiều là

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \quad (3-7)$$

và hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu một đoạn mạch điện xoay chiều là

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad (3-8)$$

Muốn đo cường độ dòng điện và hiệu điện thế của các mạch điện xoay chiều, ta không thể dùng các ampe kế và vôn kế mà ta đã dùng đối với các mạch điện không đổi. Ta phải dùng những loại máy đo khác gọi là ampe kế và vôn kế cho dòng xoay chiều. Chúng chỉ các giá trị hiệu dụng của cường độ dòng điện và hiệu điện thế của mạch điện xoay chiều. Nguyên tắc cấu tạo của các máy đo đó dựa trên những tác dụng mà độ lớn tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện (tác dụng nhiệt, tương tác giữa hai dòng điện bằng nhau).

?

1. Dòng điện xoay chiều là dòng điện như thế nào ?
2. Định nghĩa cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều.
3. Cho biết giá trị hiệu dụng của cường độ dòng điện, suất điện động, hiệu điện thế.

▽

4. Viết phương trình dao động của hiệu điện thế xoay chiều trong trường hợp hiệu điện thế hiệu dụng và tần số bằng : a) 220 V , 50 Hz. b) 127 V , 60 Hz
ĐS : 4 a) $u = 311 \sin 100 \pi t$ (V); b) $u = 180 \sin 120 \pi t$ (V).

§13. §14. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU TRONG ĐOẠN MẠCH CHỈ CÓ ĐIỆN TRỞ THUẦN, CUỘN CẢM HOẶC TỤ ĐIỆN

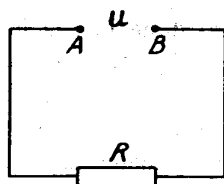
Thông thường một mạch điện xoay chiều trong gia đình hoặc xưởng máy có cả điện trở thuần, cuộn cảm, tụ điện. Chúng nằm rải rác trong các dụng cụ tiêu thụ điện năng : quạt máy, máy công cụ, máy thu thanh,...

Để đơn giản, chúng ta sẽ nghiên cứu những đoạn mạch chỉ có một điện trở, một cuộn cảm hoặc một tụ điện, trước khi nghiên cứu trường hợp chung.

A - DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU TRONG ĐOẠN MẠCH CHỈ CÓ ĐIỆN TRỞ THUẦN

1. Quan hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế

Xét một đoạn mạch có một điện trở thuần R (h.3.2) giữa hai đầu A và B có một hiệu điện thế xoay chiều



Hình 3.2

$$u = U_0 \sin \omega t \quad (3-9)$$

Trong đoạn mạch này chỉ có hiệu ứng Jun. Trong một khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ, ta có thể coi dòng điện là không đổi và viết được biểu thức định luật Ôm cho đoạn mạch tại một thời điểm t bất kì :

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_0}{R} \sin \omega t \quad (3-10)$$

Vì U_0 và R là những lượng không đổi, ta đặt $I_0 = \frac{U_0}{R}$ và viết lại (3 - 10) thành :

$$i = I_0 \sin \omega t \quad (3 - 11)$$

Đối chiếu (3-9) và (3-11), ta thấy rằng hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch chỉ có điện trở thuần biến thiên điều hòa cùng pha với dòng điện. Hình 3.3 là giản đồ vectơ biểu diễn quan hệ giữa hiệu điện thế u và dòng điện i . Trục Ox gọi là trục dòng điện, vì khi vẽ



Hình 3.3

vector I_0 , ta chọn phương và chiều của nó trùng với phương và chiều trục Ox . Trong trường hợp này vector U_0 nằm ngay trên trục dòng điện.

2. Định luật Ôm cho đoạn mạch điện xoay chiều chỉ có điện trở thuần

Trong biểu thức $I_0 = \frac{U_0}{R}$ nếu chia từng vế cho $\sqrt{2}$, ta sẽ được :

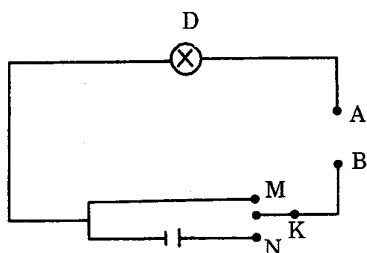
$$I = \frac{U}{R} \quad (3-12)$$

ở đây I và U là cường độ hiệu dụng và hiệu điện thế hiệu dụng. Công thức (3-12) biểu diễn định luật Ôm cho đoạn mạch điện xoay chiều chỉ có điện trở thuần. Nó có dạng giống như định luật Ôm đối với dòng không đổi. Chú ý rằng (3-10) chỉ rõ quan hệ giữa các giá trị tức thời i và u , là điều mà trong thực tế ta không cần lưu ý, còn (3-12) chỉ rõ quan hệ giữa các giá trị hiệu dụng I và U là điều mà ta cần biết khi sử dụng dòng điện xoay chiều.

B - DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU TRONG ĐOẠN MẠCH CHỈ CÓ TỤ ĐIỆN

1. Tác dụng của tụ điện đối với dòng điện xoay chiều

Xét một mạch điện như trên hình 3.4. Giữa hai điểm A, B có một hiệu điện thế xoay chiều. Đóng ngắt K vào chốt M, ta thấy



Hình 3.4

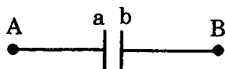
bóng đèn D sáng lên với một độ sáng nào đó. Bây giờ đóng ngắt K vào chốt N, ta thấy bóng đèn D cũng sáng lên, nhưng với độ sáng kém trước. Nếu khi K nối với N ta thay hiệu điện thế xoay chiều bằng một hiệu điện thế không đổi thì bóng đèn D hoàn toàn không sáng lên được.

Điều đó chứng tỏ tụ điện không cho dòng điện không đổi (và nói chung là các loại dòng điện một chiều) đi qua, nhưng cho dòng điện xoay chiều "đi qua" nó. Đồng thời, nó cũng có tác dụng cản trở dòng xoay chiều, tức là có một điện trở. Để phân biệt với điện trở thuần, điện trở đó được gọi là *dung kháng*. Khái niệm dòng điện xoay chiều đi qua tụ điện sẽ được giải thích ở §25.

2. Quan hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế

Nối hai đầu A, B của một tụ điện C (h.3.5) với một hiệu điện thế xoay chiều

$$u = U_0 \sin \omega t \quad (3-13)$$



Hình 3.5

Điện lượng q của tụ điện ở thời điểm t là:

$$q = Cu = CU_0 \sin \omega t$$

Điện lượng q của tụ điện biến thiên điều hòa với tần số góc bằng ω , nghĩa là luôn luôn có những electron chạy từ một đầu mạch đến một bản của tụ điện, hoặc ngược lại. Nói một cách khác, có một dòng điện biến đổi chạy trong đoạn mạch AB. Nếu xét một khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ, cường độ dòng điện trong thời gian đó $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ sẽ là đạo hàm của q

đối với thời gian : $i = q' = \omega CU_0 \cos \omega t$. Hay $i = \omega CU_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$

Vì ω , C , U_0 là những hằng số, ta đặt $\omega CU_0 = I_0$ và viết được :

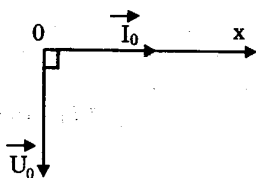
$$i = I_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (3-14)$$

Đối chiếu (3-13) và (3-14), ta thấy rằng dòng điện cũng biến thiên điều hòa với tần số góc ω , nhưng sớm pha hơn hiệu điện thế $\frac{\pi}{2}$. Ta cũng có thể nói cách khác : *hiệu điện thế ở hai đầu đoạn*

mạch chỉ có tụ điện dao động điều hòa trễ pha hơn dòng điện $\frac{\pi}{2}$. Bằng cách đổi góc thời gian ta có thể viết lại (3-14) và (3-13) thành :

$$i = I_0 \sin \omega t \quad (3-14a)$$

$$u = U_0 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (3-13a)$$



Hình 3.6

Hình 3.6 là giản đồ vectơ biểu diễn quan hệ giữa hiệu điện thế và dòng điện. Trong trường hợp này vectơ $\vec{U}_0$, vuông góc với trục dòng điện và hướng xuống dưới.

3. Định luật Ôm cho đoạn mạch chỉ có tụ điện

Chia cả hai vế của biểu thức $I_0 = \omega CU_0$ cho $\sqrt{2}$, ta được :

$$I = \omega CU \quad (3-15)$$

Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch chỉ có tụ điện.

Ở đây I và U là cường độ hiệu dụng và hiệu điện thế hiệu dụng.

$\frac{1}{\omega C}$ được gọi là *dung kháng* của mạch điện : $Z_c = \frac{1}{\omega C}$. Dung

kháng phụ thuộc tần số góc ω của dòng điện, nó giữ vai trò như điện trở trong định luật Ôm cho dòng điện không đổi. Ta có thể viết lại biểu thức của định luật Ôm (3-15) dưới dạng

$$I = \frac{U}{Z_c} \quad (3-15a)$$

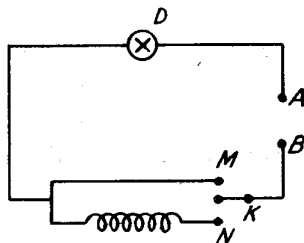
Theo (3.15), nếu tần số ω của dòng xoay chiều càng lớn thì I càng lớn, tức là tần số càng lớn, dòng điện càng dễ "đi qua" tụ điện, tần số càng nhỏ, nó càng khó đi qua tụ điện. Nếu $\omega = 0$ (tức là $f = 0$), thì $I = 0$. Đó là trường hợp dòng điện không đổi, nó không đi qua được tụ điện.

C - DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU TRONG ĐOẠN MẠCH CHỈ CÓ CUỘN CẢM

1. Tác dụng của cuộn cảm đối với dòng điện xoay chiều

Xét một mạch điện như trên hình 3.7. Giữa hai điểm A, B có một hiệu điện thế xoay chiều. Điện trở thuần của cuộn cảm nhỏ không đáng kể.

Đóng ngắt K vào chốt M, ta thấy bóng đèn D sáng lên với một độ sáng nào đó. Bây giờ đóng ngắt K vào chốt N, ta thấy bóng đèn D cũng sáng lên, nhưng với độ sáng kém trước.



Hình 3.7

Điều đó chứng tỏ cuộn cảm có tác dụng cản trở dòng điện xoay chiều. Nó cũng có một điện trở. Để phân biệt với điện trở thuần, điện trở đó được gọi là *cảm kháng*.

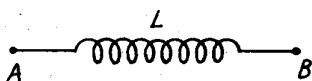
2. Quan hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế

Đặt một hiệu điện thế xoay chiều vào hai đầu một cuộn cảm có độ tự cảm bằng L và điện trở thuần không đáng kể (h.3.8). Hiệu điện thế xoay chiều làm phát sinh trong cuộn cảm một dòng điện xoay chiều.

$$i = I_0 \sin \omega t \quad (3-16)$$

Giả sử tại thời điểm t dòng điện qua L đang tăng. Khi đó L đóng vai trò của một máy thu có suất phản điện :

$$e = L \left| \frac{\Delta i}{\Delta t} \right|$$



Hình 3.8

Nếu xét một khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ, $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ trở thành đạo hàm i' của i đối với thời gian. Vì i tăng, nên $i' > 0$, và :

$$e = L i' = \omega L I_0 \cos \omega t = \omega L I_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right).$$

Tại thời điểm t , định luật Ôm cho đoạn mạch AB có dạng (như đối với dòng điện không đổi) :

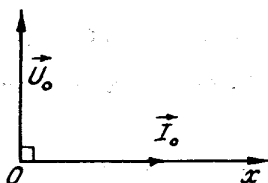
$$u = (R + r')i + e$$

ở đây $R + r' = 0$ do đó :

$$u = e = \omega L I_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Vì ω , L và I_0 là những hằng số, ta đặt $\omega L I_0 = U_0$ và viết được :

$$u = U_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (3-17)$$



Hình 3.9

Các phép tính đây đủ chứng tỏ (3-17) được nghiệm đúng tại mọi thời điểm bất kì

Đối chiếu (3-16) và (3-17), ta thấy rằng hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch chỉ có cuộn cảm biến thiên điều hòa sớm pha hơn dòng điện $\frac{\pi}{2}$.

Hình 3.9 là giản đồ vectơ biểu diễn quan hệ giữa hiệu điện thế và dòng điện. Trong trường hợp này vectơ $\vec{U}_0$ vuông góc với trục dòng điện và hướng lên trên.

3. Định luật Ôm cho đoạn mạch chỉ có cuộn cảm

Từ biểu thức $\omega L I_0 = U_0$, ta rút ra : $I_0 = \frac{U_0}{\omega L}$

Chia cả hai vế cho $\sqrt{2}$, ta được :

$$I = \frac{U}{\omega L} \quad (3 - 18)$$

Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch chỉ có cuộn cảm. Ở đây I và U là cường độ hiệu dụng và hiệu điện thế hiệu dụng, ωL được gọi là *cảm kháng* của mạch điện $Z_L = \omega L$. Cảm kháng phụ thuộc tần số góc ω của dòng điện, nó giữ vai trò như điện trở trong định luật Ôm cho dòng điện không đổi.

Ta có thể viết lại biểu thức của định luật Ôm (3-18) dưới dạng

$$I = \frac{U}{Z_L} \quad (3 - 18a)$$

Cuộn cảm không cản trở dòng điện không đổi, nhưng cản trở dòng điện xoay chiều, dòng điện có tần số càng lớn thì càng bị cản trở nhiều.

Cuộn cảm không có điện trở thuần chỉ là một khái niệm lí tưởng. Trong thực tế, cuộn cảm nào cũng có một điện trở thuần, dù là rất nhỏ.

Khi trong đoạn mạch có một cuộn cảm với độ tự cảm L và điện trở thuần R , ta phải coi như trong mạch đó có một cuộn cảm L không có điện trở *mắc nối tiếp* với một điện trở thuần R không có độ tự cảm, vì ở đây chỉ có một dòng điện duy nhất đi từ đầu này đến đầu kia của cuộn cảm.

Định luật Ôm trong trường hợp này sẽ được xét ở §15.

?

1. Trong một đoạn mạch chỉ có điện trở thuần, hiệu điện thế biến thiên thế nào so với dòng điện ? Viết công thức định luật Ôm cho đoạn mạch đó.
2. Hiệu điện thế biến thiên thế nào so với dòng điện trong một đoạn mạch a) chỉ có cuộn cảm, b) chỉ có tụ điện ?
3. Viết công thức định luật Ôm cho một đoạn mạch a) chỉ có cuộn cảm b) chỉ có tụ điện.
4. Viết các công thức biểu diễn độ lớn của cảm kháng và dung kháng. Cảm kháng và dung kháng có tác dụng thế nào đối với các dòng xoay chiều có tần số khác nhau ?

▽

5. Một đoạn mạch có một cuộn cảm với độ tự cảm $0,8H$. Điện trở thuần của mạch nhỏ không đáng kể. Đặt vào hai đầu mạch điện một hiệu điện thế xoay chiều $220V$, $50Hz$. Tính cảm kháng của mạch và cường độ dòng điện đi qua mạch.

6. Một đoạn mạch có một tụ điện với điện dung $20\mu\text{F}$. Điện trở thuần của mạch không đáng kể. Đặt vào hai đầu mạch điện một hiệu điện thế xoay chiều 127V , 60Hz . Tính dung kháng của mạch và cường độ dòng điện đi qua mạch.

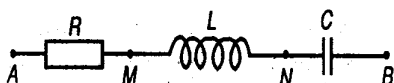
ĐS : 5) 251Ω ; $0,88\text{A}$; 6) 132Ω ; $0,96\text{A}$

§15. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU TRONG ĐOẠN MẠCH KHÔNG PHÂN NHÁNH (ĐOẠN MẠCH RLC)

Một bệp điện có điện trở thuần và cảm kháng, nó tương đương với một điện trở và một cuộn cảm mắc nối tiếp nhau. Một quạt điện, máy thu thanh có cả điện trở thuần, cảm kháng, dung kháng, bố trí một cách phức tạp. Sau đây ta chỉ xét trường hợp đơn giản của một mạch điện không phân nhánh, gồm một điện trở R , một cuộn cảm L , một tụ điện C mắc nối tiếp, gọi tắt là mạch RLC.

1. Dòng điện và hiệu điện thế trong đoạn mạch RLC

Đặt vào hai đầu một mạch điện RLC (h.3.10) một hiệu điện thế xoay chiều, có một dòng xoay chiều chạy qua mạch. Ở §12, ta đã



Hình 3.10

biết rằng tại một thời điểm t bất kì, cường độ dòng điện ở mọi chỗ trên một mạch điện không phân nhánh là như nhau. Giả sử cường độ dòng xoay chiều đi qua AB vào thời điểm t là :

$$i = I_0 \sin \omega t$$

Chúng ta đã biết cách xác định các hiệu điện thế u_R (giữa A và M), u_L (giữa M và N), u_C (giữa N và B).

Chúng dao động điều hòa với cùng một tần số góc ω : u_R cùng pha với dòng điện, u_L sớm pha $\frac{\pi}{2}$, u_C trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với dòng điện. Phương trình của chúng là :

$$u_R = U_{R0} \sin \omega t$$

$$u_L = U_{L0} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$u_C = U_{C0} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right).$$

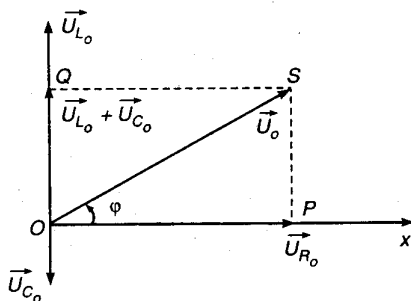
Vì mạch RLC mắc nối tiếp, hiệu điện thế u giữa hai đầu mạch A và B tại thời điểm t là :

$$u = u_R + u_L + u_C$$

$$u = U_{R_0} \sin \omega t + U_{L_0} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) + U_{C_0} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (3-19)$$

2. Quan hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế trong đoạn mạch RLC

Dao động của hiệu điện thế u là sự tổng hợp ba dao động của u_R , u_L và u_C . Chúng ta sẽ dùng phương pháp Frexnen để tìm phương trình dao động của u .



Hình 3.11

Trên cùng một giản đồ vectơ ta vẽ 3 vectơ $\vec{U}_{R_0}$, $\vec{U}_{L_0}$, $\vec{U}_{C_0}$, (h.3.11). Vì $\vec{U}_{L_0}$ và $\vec{U}_{C_0}$ là hai vectơ ngược chiều nhau nên tổng của chúng $\vec{U}_{L_0} + \vec{U}_{C_0}$ có độ lớn bằng $|U_{L_0} - U_{C_0}|$ và có chiều hướng lên trên nếu $U_{L_0} > U_{C_0}$ (trường hợp của hình vẽ) hướng xuống dưới nếu $U_{L_0} < U_{C_0}$ và bằng không nếu $U_{L_0} = U_{C_0}$. Vectơ $\vec{U}_0$ là vectơ tổng của $\vec{U}_{R_0} + \vec{U}_{L_0} + \vec{U}_{C_0}$, nó tạo với trục dòng điện một góc bằng φ .

Phương trình của hiệu điện thế u có dạng :

$$u = U_0 \sin (\omega t + \varphi) .$$

Chúng ta phải xác định các giá trị của U_0 và φ . Trong tam giác vuông OSP (h. 3.11), ta có :

$$OP = |\vec{U}_{R_0}| = U_{R_0}, SP = OQ = |\vec{U}_{L_0} + \vec{U}_{C_0}| = |U_{L_0} - U_{C_0}|$$

$$\text{Và } U_0 = OS = \sqrt{OP^2 + PS^2} = \sqrt{U_{R_0}^2 + (U_{L_0} - U_{C_0})^2} \quad (3-20)$$

Ta đã biết rằng $U_{R_0} = I_0 R$, $U_{L_0} = I_0 \omega L$ và $U_{C_0} = \frac{I_0}{\omega C}$. Thay vào (3-20), ta rút ra :

$$U_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (3-21)$$

Cũng trong tam giác vuông OSP, ta có :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{PS}{OP}, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad (3-22)$$

Vậy : hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch RLC biến thiên điều hòa với độ lệch pha φ so với dòng điện. Giá trị cực đại của hiệu điện thế được xác định bằng (3-21). Độ lệch pha φ được xác định bằng (3-22). Nếu $\omega L > \frac{1}{\omega C}$, hiệu điện thế sớm pha so với dòng điện. Nếu $\omega L < \frac{1}{\omega C}$, hiệu điện thế trễ pha và nếu $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, hiệu điện thế cùng pha với dòng điện.

3. Định luật Ôm cho đoạn mạch RLC

Chia hai vế của (3-21) cho $\sqrt{2}$ và đặt :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (3-23)$$

Ta được : $U = IZ$

Hay : $I = \frac{U}{Z} \quad (3-24)$

Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch RLC. Ở đây I và U là cường độ hiệu dụng và hiệu điện thế hiệu dụng, Z xác định theo (3-23) là *tổng trở* của đoạn mạch RLC đối với dòng điện xoay chiều có tần số góc bằng ω . Tổng trở Z có ba thành phần : điện trở thuần R (cũng gọi là trở kháng), cảm kháng $Z_L = \omega L$ và dung kháng $Z_C = \frac{1}{\omega C}$. Nó giữ vai trò như điện trở trong định luật Ôm cho dòng điện không đổi.

4. Hiện tượng cộng hưởng trong đoạn mạch RLC

Nếu ở hai đầu của một đoạn mạch RLC ta đặt một hiệu điện thế xoay chiều có giá trị hiệu dụng U và tần số ω thì theo (3-24)

dòng điện sẽ có cường độ hiệu dụng I cực đại khi tổng trở Z có giá trị cực tiểu.

Theo (3-23), Z sẽ có giá trị cực tiểu khi $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$, tức là

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

Hay :
$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \quad (3-25)$$

Như vậy, khi ta chọn các giá trị của L và C sao cho chúng thỏa mãn điều kiện (3-25) thì dòng điện trong mạch RLC có giá trị cực đại bằng $\frac{U}{R}$. Khi đó hiệu điện thế biến thiên cùng pha với dòng điện. Đó là hiện tượng cộng hưởng trong mạch RLC. Hiện tượng này sẽ được nghiên cứu kĩ hơn ở §23 - §24.

- ?** 1. Vẽ giản đồ vectơ cho một đoạn mạch RLC khi $U_{Lo} = \frac{1}{2} U_{Co}$.

Trong trường hợp này u sớm pha hay trễ pha so với i ?

2. Viết công thức tính tổng trở của đoạn mạch RLC. Tổng trở có tính chất gì khác điện trở của đoạn mạch chỉ có điện trở thuần ? Khi nào thì tổng trở có giá trị cực tiểu? Khi đó có hiện tượng gì xảy ra trong mạch.

3. Trong điều kiện nào thì u sớm pha, trễ pha, cùng pha với i ? Khi u cùng pha với i thì có hiện tượng gì trong đoạn mạch RLC ?

- V** 4. Một đoạn mạch RLC gồm có $R = 140 \Omega$, $L = 1H$ và $C = 25\mu F$. Dòng điện xoay chiều đi qua đoạn mạch có $f = 50Hz$ và $I = 0,5A$. Tính tổng trở của đoạn mạch và hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch.

ĐS : 4) 233 Ω ; 117V

§16. CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Công suất của dòng điện

Đặt một hiệu điện thế xoay chiều ở hai đầu một đoạn mạch. Dùng vôn kế và ampe kế đo hiệu điện thế hiệu dụng U ở hai đầu đoạn mạch và cường độ hiệu dụng I của dòng điện trong mạch. Dùng oát kế (dụng cụ đo công suất) đo công suất P tiêu thụ trên đoạn mạch.

Nếu đoạn mạch chỉ có điện trở thuần, ta thấy giữa U , I và P có hệ thức :

$$P = UI$$

Nếu mắc thêm vào đoạn mạch một cuộn cảm hoặc một tụ điện hoặc cả hai cái, ta thấy :

$$P < UI$$

Công suất tiêu thụ giảm so với khi chỉ có điện trở thuần. Các kết quả đo được cho phép viết :

$$P = UI.k$$

trong đó $k < 1$ là một hệ số biểu thị độ giảm của công suất. Giữa hệ số k (xác định được bằng thực nghiệm) và độ lệch pha φ của dòng điện I so với hiệu điện thế U (tính được bằng lí thuyết) có một hệ thức đơn giản :

$$k = \cos \varphi$$

Vì khi trong đoạn mạch chỉ có điện trở thuần thì I cùng pha với U và $\cos \varphi = 1$, trong cả hai trường hợp nói trên ta đều viết được :

$$P = U.I.\cos\phi \quad (3-26)$$

Các phép tính lí thuyết cũng dẫn đến kết quả như vậy.

$\cos\varphi$ được gọi là *hệ số công suất* của dòng điện. Xem trên hình 3.11, ta thấy :

$$\cos \varphi = \frac{OP}{OS} = \frac{U_{R0}}{U_0}$$

Ta biết rằng $U_{R_0} = I_0 R$ và $U_0 = I_0 Z$. Do đó

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} \quad (3-27)$$

2. Ý nghĩa của hệ số công suất

Theo (3-26), nếu U và I không đổi thì công suất tiêu thụ P càng lớn khi $\cos\varphi$ càng lớn. Chúng ta hãy xét các trường hợp cụ thể.

a) Trường hợp $\cos\varphi = 1$, tức là $\varphi = 0$. Nhìn trên giản đồ vectơ, ta thấy đó là trường hợp mà đoạn mạch chỉ có điện trở thuần, hoặc trường hợp có cộng hưởng ($\omega L = \frac{1}{\omega C}$). Trong trường hợp này công suất tiêu thụ trên đoạn mạch là lớn nhất và bằng UI .

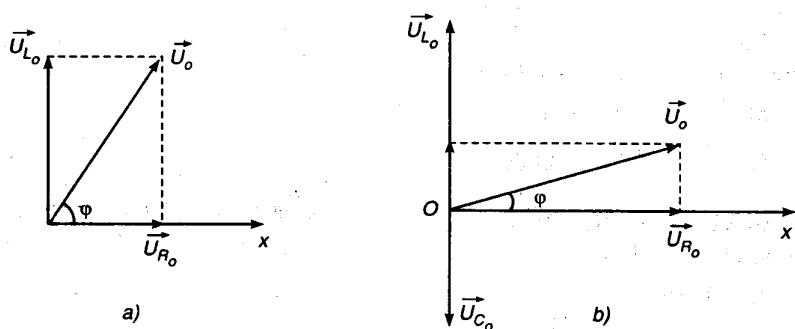
209.2

b) Trường hợp $\cos\varphi = 0$, tức là $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$. Nhìn trên giản đồ vectơ, ta thấy đó là trường hợp mà đoạn mạch không có điện trở thuần, chỉ có cuộn cảm, hoặc tụ điện, hoặc cuộn cảm và tụ điện. Trong trường hợp này công suất tiêu thụ trên đoạn mạch là nhỏ nhất và bằng 0. Nguồn điện có thể cung cấp cho toàn mạch một công suất khá lớn, khiến cho U và I của đoạn mạch chỉ chứa L và C có thể là khá lớn, nhưng đoạn mạch vẫn không tiêu thụ một phần nào của công suất đó. Trong khi đó một phần nhỏ của công suất vẫn bị hao phí vô ích trên đường dây tải điện.

c) Trường hợp $0 < \cos\varphi < 1$, tức là $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$ hoặc $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$

Đó là trường hợp thường gặp. Công suất tiêu thụ trên đoạn mạch UI $\cos\varphi$ nhỏ hơn công suất cung cấp cho mạch UI. Để tăng cường hiệu quả của việc sử dụng điện năng, người ta phải tìm cách nâng cao giá trị của $\cos\varphi$ để đoạn mạch sử dụng được phần lớn công suất do nguồn điện cung cấp cho nó.

Trong thực tế, người ta không dùng những thiết bị sử dụng dòng điện xoay chiều mà $\cos\varphi < 0,85$. Những động cơ điện thường có cảm kháng lớn so với điện trở thuần, do đó $\cos\varphi$ nhỏ. Người ta mắc song song một tụ điện vào mạch điện để làm tăng $\cos\varphi$. Đối với mạch RLC, khi trong mạch chỉ có R và L thì φ có thể khá lớn (h.3.12a). Khi mắc thêm C vào có thể làm φ giảm và $\cos\varphi$ tăng (h.3.12b).



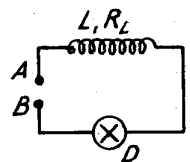
Hình 3.12

- ?**
1. Trong trường hợp nào thì hệ số công suất $\cos\varphi = 1$? Vẽ giản đồ vectơ cho trường hợp đó.
 2. Trong trường hợp nào thì hệ số công suất $\cos\varphi = 0$? Vẽ giản đồ vectơ cho trường hợp đó.
- ▽**
3. Một cuộn dây có độ tự cảm $L = 0,2H$ và điện trở thuần $R = 10\Omega$ được đặt dưới một hiệu điện thế xoay chiều $220V$. Tần số dòng điện là $50Hz$. Tính cường độ dòng điện chạy trong cuộn dây, và nhiệt lượng nó tỏa ra trong $5s$.
 DS : 3) $3,5A$; $605J$.

§17. MỘT SỐ BÀI TOÁN VỀ MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Bài toán 1. Một bóng đèn D được nối vào một mạng điện xoay chiều $127V$, $50Hz$ qua một cuộn dây có độ tự cảm $L = 0,05H$ và điện trở thuần $R_L = 1\Omega$ (h.3.13). Dòng điện qua cuộn dây có cường độ $2A$.

- a) Tính tổng trở của đoạn mạch AB.
- b) Tính hiệu điện thế ở hai đầu bóng đèn và ở hai đầu cuộn dây.
- c) Tính công suất tiêu thụ trên đoạn mạch AB.



Hình 3.13

Giải :

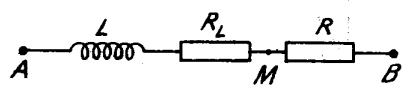
Nhận xét. Cuộn dây vừa có độ tự cảm, vừa có điện trở thuần có thể được thay thế bằng một cuộn cảm L (không có điện trở) mắc nối tiếp với một điện trở R_L .

Gọi điện trở của bóng đèn D là R . Sơ đồ trên hình 3.13 có thể được thay thế bằng sơ đồ trên hình 3.14.

- a) Tổng trở của mạch điện :

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{127}{2} = 63,5\Omega$$

- b) Vì : $Z^2 = (R_L + R)^2 + \omega^2 L^2$
 (không có tụ điện).



Hình 3.14

Ta rút ra :

$$R_L + R = \sqrt{Z^2 - \omega^2 L^2}$$

$$R = \sqrt{Z^2 - \omega^2 L^2} - R_L = \sqrt{63,5^2 - (100 \pi \cdot 0,05)^2} - 1 = 60,5 \Omega.$$

Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch BM (có bóng đèn) :

$$U_R = RI = 60,5 \cdot 2 = 121V$$

Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch AM (có cuộn dây) :

$$\begin{aligned} U_{LR_L} &= Z_{LR_L} \cdot I = I \sqrt{R_L^2 + \omega^2 L^2} \\ &= 2 \sqrt{1^2 + (100 \pi \cdot 0,05)^2} = 31,5V \end{aligned}$$

(Chú ý rằng tổng $U_R + U_{LR_L}$ không bằng U)

c) Công suất tiêu thụ trên đoạn mạch AB :

$$P = UI \cos \varphi$$

Tính $\cos \varphi$.

$$\cos \varphi = \frac{R_L + R}{Z} = \frac{1 + 60,5}{63,5} = 0,969$$

$$\text{Do đó : } P = 127 \cdot 2 \cdot 0,969 = 246W$$

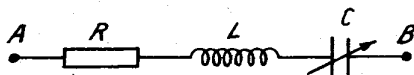
2. Bài toán 2. Một đoạn mạch AB gồm một điện trở thuần $R = 100 \Omega$, một cuộn dây có độ tự cảm $L = 0,5H$ và một tụ điện có điện dung biến thiên. Ở hai đầu AB có một hiệu điện thế xoay chiều với giá trị hiệu dụng.

$U = 220V$ và tần số

$f = 50 \text{ Hz}$.

Tụ điện được điều chỉnh

cho $C = 10 \mu F$.



Hình 3.15

a) Tính tổng trở của mạch điện.

b) Tính cường độ hiệu dụng của dòng điện đi qua mạch.

c) Cho điện dung có giá trị nào thì cường độ hiệu dụng đi qua mạch có giá trị cực đại ?

d) Tính hệ số công suất của dòng điện ứng với hai giá trị trên của điện dung.

Giải :

$$\text{a) } \omega = 2\pi f = 2\pi 50 = 100\pi; 10\mu F = 10^{-5}F.$$

Tổng trở của mạch điện :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} = \sqrt{100^2 + \left(100\pi \cdot 0,5 - \frac{1}{100\pi \cdot 10^{-5}} \right)^2} = 189,7 \Omega$$

b) Cường độ hiệu dụng của dòng điện:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{189,7} = 1,16A$$

c) Cường độ hiệu dụng có giá trị cực đại khi trong mạch có hiện tượng cộng hưởng. Khi đó:

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{100^2 \pi^2 \cdot 0,5} = 2 \cdot 10^{-5} F = 20 \mu F$$

$$d) \text{ Khi } C = 10 \mu F \text{ thì : } \cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{100}{189,7} = 0,527$$

$$\text{Khi } C = 20 \mu F \text{ (có cộng hưởng) thì : } \cos \varphi = \frac{R}{R} = 1.$$

§18. MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU MỘT PHA

Trong tất cả các dạng năng lượng, sử dụng điện năng có nhiều thuận tiện hơn cả. Điện năng dễ truyền tải đi xa và phân phối đến các nơi tiêu thụ. Điện năng dễ biến đổi được thành cơ năng, nhiệt năng, quang năng... bằng những cơ cấu tương đối đơn giản.

Nguồn điện chủ yếu được sử dụng hiện nay là các *máy phát điện kiểu cảm ứng* mà chúng ta sẽ nghiên cứu trong chương này. Chúng biến đổi cơ năng thành điện năng, và tạo ra một dòng điện có cường độ lớn, ổn định trong một thời gian dài, thuận tiện cho việc sử dụng.

1. Nguyên tắc hoạt động của máy phát điện xoay chiều

Máy phát điện xoay chiều kiểu cảm ứng hoạt động nhờ hiện tượng cảm ứng điện từ. Nguyên tắc của máy đó đã được giới thiệu ở §12 : khi từ thông qua một khung dây dao động điều hòa, nó làm phát sinh trong khung dây một suất điện động dao động điều

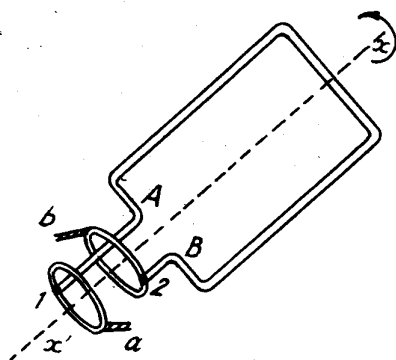
hòa, suất điện động đó tạo ra ở mạch ngoài (mạch tiêu thụ) một dòng điện xoay chiều dao động điều hòa.

Suất điện động trong một khung dây là rất nhỏ. Để có một suất điện động đủ lớn dùng được trong công nghiệp và trong đời sống, người ta bố trí trong máy phát điện nhiều cuộn dây dẫn, mỗi cuộn gồm nhiều vòng dây, và nhiều nam châm điện tạo thành nhiều cặp bắc - nam khác nhau.

Các cuộn dây trong máy phát điện được mắc nối tiếp nhau, và hai đầu dây được nối với mạch tiêu thụ bằng một cơ cấu riêng gọi là bộ góp.

2. Cấu tạo của máy phát điện xoay chiều

Hai đầu A, B của cuộn dây (h.3.16) cũng quay quanh trục $x'x$ cùng với khung dây vì vậy không thể nối chúng trực tiếp với mạch ngoài. Người ta dùng hai vành khuyên đặt đồng trục với khung dây và cùng quay với khung dây, nối đầu dây A với vành khuyên 1



Hình 3.16

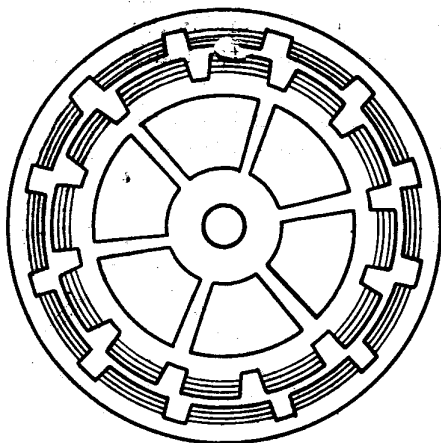
và đầu dây B với vành khuyên 2. Hai chổi quét a và b cố định từ lên hai vành khuyên và được nối với mạch ngoài. Khi khung dây quay, hai vành khuyên trượt trên hai chổi quét, dòng điện từ khung dây truyền qua vành khuyên và chổi quét ra mạch ngoài.

Hệ thống vành khuyên và chổi quét được gọi là bộ góp.

Trong máy phát điện, phần tạo ra từ trường được gọi là *phần cảm*, phần tạo ra dòng điện được gọi là *phần ứng*. Các máy phát nhỏ, thí dụ như của xe đạp, có thể dùng nam châm vĩnh cửu làm phần cảm, nhưng trong phần lớn các máy phát, người ta thường dùng nam châm điện để tạo ra những từ trường mạnh.

Các cuộn dây của phần cảm và phần ứng đều được quấn trên các lõi làm bằng một loại thép đặc biệt (thép kĩ thuật điện) gọi là

thép silic hoặc tôn silic để tăng cường từ thông qua các cuộn dây. Trên hình 3.17 là các lõi của phần cảm và phần ứng, phân bố đều đặn trên hai vành tròn, trên các lõi có quấn các cuộn dây. Để



Hình 3.17

tránh dòng điện Phuocô, các lõi được ghép bằng nhiều tấm thép mỏng cách điện với nhau.

Phần cảm cũng như phần ứng (bao gồm các cuộn dây và lõi thép) có thể là bộ phận đứng yên hoặc bộ phận chuyển động của máy. Bộ phận đứng yên gọi là stato, và bộ phận chuyển động gọi là rôto.

Dòng điện xoay chiều thường dùng có tần số 50Hz. Nếu máy phát có 1 cuộn dây và 1 nam châm

(tức là 1 cặp cực bắc nam) thì rôto phải quay với vận tốc góc 50vòng/giây, tức là 3000vòng/phút. Để giảm số vòng quay 2, 3,... n lần, người ta tăng số cuộn dây và số cặp cực lên 2, 3,... n lần. (số cuộn dây luôn luôn bằng số cặp cực). Nếu máy có p cặp cực quay với tần số góc n vòng/phút thì tần số dòng điện phát ra là

$$f = \frac{n}{60} p$$

Máy phát điện có cấu tạo như trên gọi là máy phát điện xoay chiều một pha, cũng gọi là *máy dao điện một pha*. Dòng điện nó phát ra gọi là dòng điện xoay chiều một pha.

?

1. Trình bày nguyên tắc hoạt động của máy dao điện một pha.
2. Định nghĩa phần cảm và phần ứng của máy dao điện. Phần nào là rôto và phần nào là stato ?
3. Mô tả sự hoạt động của bộ góp.

208.208

§19. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

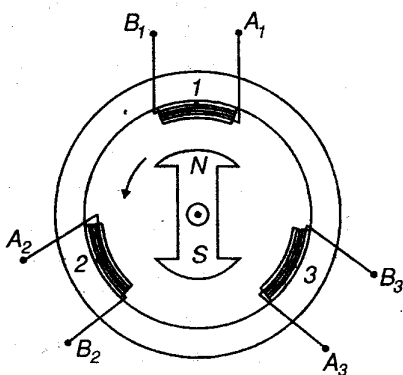
Trong công nghiệp, người ta thường sử dụng dòng điện xoay chiều ba pha. Đó là một hệ thống gồm ba dòng điện xoay chiều có cùng biên độ, cùng tần số, nhưng lệch nhau về pha một góc bằng $\frac{2\pi}{3}$ rad, hay 120° , tức là lệch nhau về thời gian $\frac{1}{3}$ chu kì. Dòng ba pha có những ưu điểm mà dòng một pha không có được.

Dòng điện xoay chiều ba pha do các máy phát điện xoay chiều ba pha phát ra.

1. Nguyên tắc hoạt động của máy phát điện xoay chiều ba pha

Nguyên tắc của máy phát ba pha (cũng gọi là *máy dao điện ba pha*) giống như của máy phát một pha. Chỗ khác nhau chỉ là cách bố trí các cuộn dây của phần ứng.

Hình 3.18 là sơ đồ nguyên tắc cấu tạo một máy phát ba pha. Ba cuộn dây của phần ứng được bố trí lệch nhau $\frac{1}{3}$ vòng tròn trên stato. Trên hình vẽ, từ thông qua cuộn dây 1 có giá trị cực đại. Khi rôto quay theo chiều mũi tên với chu kì bằng T , thì sau một thời gian bằng $\frac{T}{3}$, từ thông qua cuộn dây 2 mới là cực đại, và sau thời gian $\frac{T}{3}$ nữa đến lượt từ thông qua cuộn dây 3 là cực đại. Như vậy từ thông qua các cuộn dây lệch nhau $\frac{1}{3}$ chu kì về thời gian, tức là lệch nhau 120° về pha. Tương tự như vậy, suất điện động ở hai đầu từng cuộn dây cũng lệch pha nhau 120° . Nếu nối các đầu dây của 3 cuộn dây



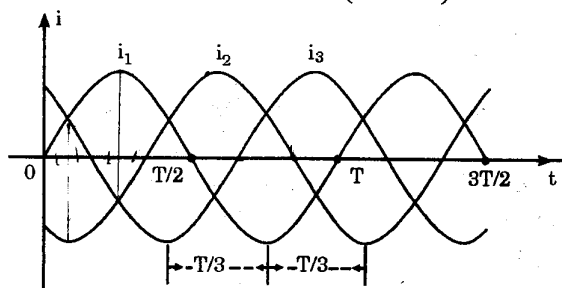
Hình 3.18

với 3 mạch ngoài giống nhau (thí dụ 3 mạch có điện trở thuần như nhau) thì ba dòng điện trong các mạch đó cũng lệch pha nhau 120° . Có thể viết phương trình của 3 dòng điện đó như sau :

$$i_1 = I_0 \sin \omega t \quad (3-28)$$

$$i_2 = I_0 \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \quad (3-29)$$

$$i_3 = I_0 \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right) \quad (3-30)$$



Hình 3.19

Hình 3.19 là các đường biểu diễn của (3-28), (3-29) và (3-30) vẽ trên cùng một hệ tọa độ.

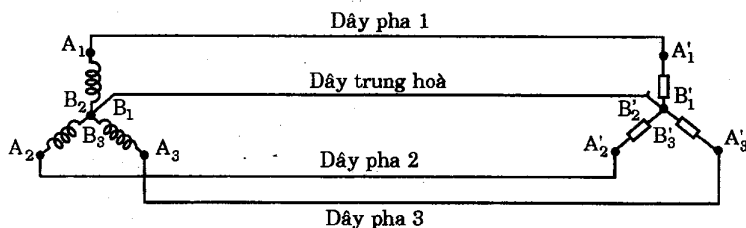
Nếu ta đưa mỗi pha điện ra một mạch ngoài riêng rẽ, trong mỗi mạch sẽ có một

dòng điện xoay chiều giống như dòng điện do máy phát một pha cung cấp, và công dụng của máy phát ba pha khi đó không khác gì máy phát một pha. Chỉ khi sử dụng đồng thời cả ba pha điện một cách thích hợp, máy phát ba pha mới phát huy được những ưu điểm của nó mà máy phát một pha không có được. Để đạt yêu cầu đó, có hai cách mắc mạch điện ba pha : cách mắc hình sao và cách mắc tam giác.

2. Cách mắc hình sao

Theo cách mắc này, ba điểm đầu A_1, A_2, A_3 của các cuộn dây 1, 2, 3 được nối với ba mạch ngoài bằng ba dây dẫn khác nhau, gọi là *dây pha* (h.3.20). Ba điểm cuối B_1, B_2, B_3 của các cuộn dây được nối với nhau trước, rồi nối với ba mạch ngoài bằng một dây dẫn chung, gọi là *dây trung hòa*.

Tải tiêu thụ cũng được mắc theo hình sao, ba đầu dây riêng rẽ A'_1, A'_2, A'_3 được nối với các dây pha, đầu dây chung B'_1, B'_2, B'_3 được nối với dây trung hòa.



Hình 3.20

Giả thử tại một thời điểm t nào đó giá trị tức thời của cường độ dòng điện ở các dây pha là i_1, i_2, i_3 xác định bởi (3-28), (3-29), (3-30). Lúc đó cường độ tức thời của dòng điện ở dây trung hòa là :

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = 0.$$

Dòng điện ở dây trung hòa luôn luôn bằng 0. Ta cũng có thể thấy rõ điều đó trên đồ thị (h. 3.19).

Nhưng trong thực tế bao giờ cũng có sự chênh lệch nào đó giữa các tải tiêu thụ, và trong dây trung hòa có một dòng điện yếu hơn hẳn dòng điện ở các dây pha. Vì vậy chỉ cần dùng một dây có tiết diện nhỏ để làm dây trung hòa, trong kĩ thuật nó thường được nối đất và có tên gọi là *dây nguội*, khác với dây pha gọi là *dây nóng* hoặc *dây lửa*.

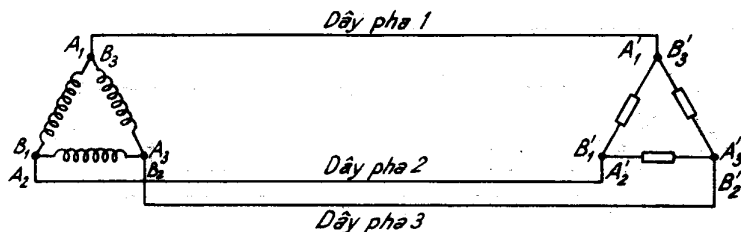
Mạch điện sinh hoạt trong gia đình sử dụng một pha điện của mạng điện ba pha. Vì vậy nó có một dây nóng và một dây nguội.

3. Cách mắc hình tam giác

Theo cách mắc này (h. 3.21) điểm cuối của cuộn 1 (B_1) được nối với điểm đầu của cuộn 2 (A_2), điểm cuối của cuộn 2 (B_2) nối với điểm đầu của cuộn 3 (A_3), và điểm cuối của cuộn 3 (B_3) nối với điểm đầu của cuộn 1 (A_1). Ba điểm nối đó lại được nối với các mạch ngoài bằng ba dây pha. Tải tiêu thụ cũng được mắc theo hình tam giác.

Trong cách mắc hình tam giác không có chỗ nào để mắc dây trung hòa, vì vậy so với cách mắc hình sao, nó đòi hỏi sự đối xứng tốt hơn của các tải tiêu thụ.

14/3



Hình 3.21

Trong một số trường hợp cụ thể, người ta cũng có thể mắc một tải mắc hình tam giác vào một máy phát mắc hình sao, hoặc ngược lại.

Trong một máy phát điện ba pha mắc hình sao hiệu điện thế giữa điểm đầu và điểm cuối của mỗi cuộn dây (cũng là hiệu điện thế giữa một dây pha và dây trung hòa) được gọi là *hiệu điện thế pha* U_p . Hiệu điện thế giữa điểm đầu của một cuộn dây với điểm đầu của một cuộn khác (cũng là hiệu điện thế giữa hai dây pha) được gọi là *hiệu điện thế dây* U_d . Giữa U_p và U_d có hệ thức

$$U_d = \sqrt{3} U_p$$

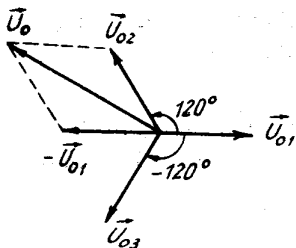
Giữa hai hiệu điện thế pha bất kì có độ lệch pha bằng 120° . Chúng ta dùng giản đồ vectơ để tính hiệu điện thế dây giữa hai cuộn A_1B_1 và A_2B_2 (h.3.20). Quy ước chiều dương của hiệu điện thế trên mỗi cuộn dây là từ đầu cuộn đến cuối cuộn, nghĩa là từ A_1 đến B_1 và từ A_2 đến B_2 . Hiệu điện thế dây từ A_2 đến A_1 là :

$$u = u_2 - u_1$$

Trên giản đồ vectơ (h.3.22) ta thấy góc giữa hai vectơ U_{02} và $-U_{01}$ là 60° . Do đó

$$U_0 = \sqrt{3} U_{02}, \text{ và :}$$

$$U_d = \sqrt{3} U_p.$$



Hình 3.22

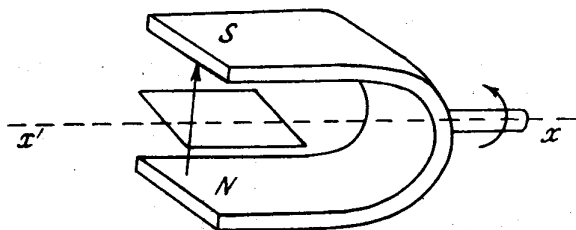
?

1. Máy phát điện ba pha có cấu tạo khác máy phát điện một pha thế nào ?
2. Vẽ sơ đồ cách mắc điện hình sao và hình tam giác.
3. Có thể mắc một động cơ điện ba pha 127V hoặc 220V vào mạng điện 110V mắc hình sao không ? Tại sao ?

§20. ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

1. Nguyên tắc hoạt động của động cơ không đồng bộ

Điện năng của dòng điện xoay chiều được biến thành cơ năng nhờ các *động cơ điện xoay chiều*. Loại thông dụng nhất hoạt động trên cơ sở hiện tượng cảm ứng điện từ và bằng cách sử dụng từ trường quay.



Hình 3.23

Có thể quan sát tác dụng của từ trường quay bằng một cơ cấu đơn giản như sau. Một nam châm vĩnh cửu hình chữ U có thể quay quanh một trục $x'x$ (h.3.23). Giữa hai nhánh của nó có một khung dây khép kín quay được quanh trục đối xứng của khung, trùng với trục $x'x$.

Chúng ta quay nam châm theo chiều mũi tên với vận tốc góc ω không đổi, làm cho từ trường giữa hai nhánh của nó cũng quay với vận tốc góc ω . Ta thấy khung dây bắt đầu quay nhanh dần cùng chiều với nam châm, và khi đạt tới một vận tốc góc $\omega_0 < \omega$ thì giữ nguyên vận tốc đó.

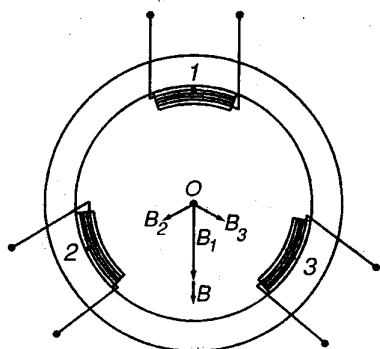
Có thể giải thích hiện tượng đó như sau. Khi nam châm bắt đầu quay, từ thông qua khung dây biến thiên, làm xuất hiện một dòng điện cảm ứng. Tác dụng của dòng điện đó là chống lại sự biến thiên từ thông. Lực điện từ tác dụng lên khung dây làm cho nó quay cùng chiều với nam châm, để chống lại sự thay đổi vị trí tương đối của nó với nam châm. Nếu khung dây đạt tới vận tốc góc ω thì từ thông qua nó không biến thiên nữa, dòng điện cảm ứng mất đi, lực điện từ làm quay khung dây cũng mất đi. Nhưng

thực ra nó chỉ đạt tới một vận tốc góc ổn định ω_0 nhỏ hơn vận tốc góc ω của nam châm, tức là của từ trường quay.

Động cơ hoạt động theo nguyên tắc trên gọi là *động cơ không đồng bộ*. Vận tốc quay ω_0 của nó có thể biến đổi trong một phạm vi khá rộng khi tốc độ quay ω của từ trường không đổi. Vì vậy khi tải ngoài thay đổi, nó vẫn hoạt động bình thường được, và đó là một ưu điểm của nó.

2. Từ trường quay của dòng điện ba pha

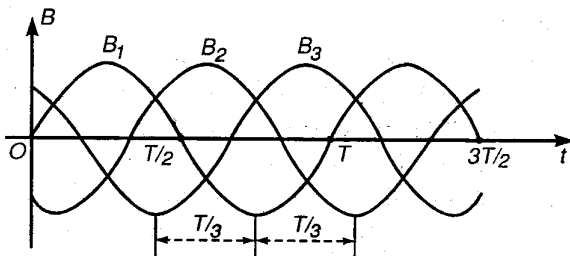
Trong thí dụ trên, để tạo ra từ trường quay, ta phải quay một nam châm vĩnh cửu.



Hình 3.24

Dòng điện ba pha có một ưu điểm rất lớn là có thể tạo ra những từ trường quay rất mạnh mà không cần phải quay các nam châm điện.

Từ trường quay được tạo ra bằng cách cho dòng điện ba pha chạy vào ba nam châm điện đặt lệch nhau 120° trên một vòng tròn (h.3.24). Cách bố trí các cuộn dây tương tự như trong máy phát điện ba pha (h.3.18), nhưng trong động cơ điện (h.3.24) người ta đưa dòng điện từ ngoài vào các cuộn dây 1, 2, 3.



Hình 3.25

09
208
Từ trường trong các cuộn dây của động cơ điện cũng dao động điều hòa giống như cường độ dòng điện. Trên hình 3.25 là các đường biểu diễn sự biến thiên độ lớn các từ trường B_1 , B_2 , B_3 của ba cuộn dây 1, 2, 3.

Giả sử vào một thời điểm nào đó (thí dụ : khi $t = \frac{T}{4}$) từ trường của cuộn dây 1 có giá trị cực đại dương bằng B_1 và hướng từ trong ra ngoài cuộn dây. Nhìn trên đồ thị 3.25 ta thấy từ trường của các cuộn dây 2 và 3 có giá trị âm $B_2 = B_3 = \frac{1}{2}B_1$, nghĩa là hướng từ ngoài vào trong cuộn dây. Như vậy từ trường tổng cộng B của cả ba cuộn dây có hướng trùng với B_1 , nghĩa là hướng từ cuộn dây 1 ra ngoài (h.3.24).

Tiếp tục cách lập luận như trên, ta thấy rằng sau $\frac{1}{3}$ chu kì, từ trường của cuộn dây 2 sẽ có giá trị cực đại và từ trường tổng cộng hướng từ cuộn dây 2 ra ngoài. Và sau $\frac{1}{3}$ chu kì nữa, từ trường tổng cộng lại hướng từ cuộn dây 3 ra ngoài. Tóm lại, từ trường tổng cộng của cả 3 cuộn dây quay quanh tâm O với tần số bằng tần số của dòng điện.

3. Cấu tạo của động cơ không đồng bộ ba pha

Động cơ không đồng bộ ba pha được cấu tạo trên cơ sở nguyên tắc hoạt động đã trình bày ở trên. Nó gồm có hai phần chính là stato và rôto.

Stato gồm có các cuộn dây của ba pha điện quấn trên các lõi sắt bố trí trên một vành tròn để tạo ra từ trường quay. Rôto hình trụ có tác dụng như một cuộn dây quấn trên lõi thép.

Khi mắc động cơ vào mạng điện ba pha, từ trường quay do stato gây ra làm cho rôto quay trên trục. Chuyển động quay của rôto được trục máy truyền ra ngoài và được sử dụng để vận hành các máy công cụ hoặc các cơ cấu chuyển động khác.

Dựa theo nguyên tắc của động cơ không đồng bộ ba pha, người ta cũng chế tạo được những động cơ không đồng bộ một pha. Stator của loại động cơ này gồm hai cuộn dây đặt lệch nhau một góc 90° , một dây nối thẳng với mạng điện, dây kia nối với mạng điện qua một tụ điện. Cách mắc như vậy làm cho hai dòng điện trong hai cuộn dây lệch pha nhau 90° và tạo ra từ trường quay. Động cơ không đồng bộ một pha chỉ đạt được công suất khoảng vài trăm oát trở lại. Nó chủ yếu được dùng trong các dụng cụ gia đình như quạt điện, máy hút bụi, máy bơm nước...

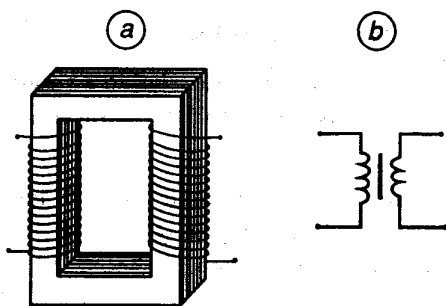
?

1. Trình bày nguyên tắc hoạt động của động cơ không đồng bộ.
2. Trình bày sự tạo thành từ trường quay bằng dòng điện ba pha.
3. Dựa trên những điều đã trình bày về động cơ không đồng bộ ba pha, hãy vẽ sơ đồ cấu tạo stator của động cơ không đồng bộ một pha và trình bày sự tạo thành từ trường quay bằng dòng điện một pha.

§21. MÁY BIẾN THẾ. SỰ TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

1. Nguyên tắc hoạt động và cấu tạo của máy biến thế

Một ưu điểm lớn của dòng điện xoay chiều là có thể nâng cao hoặc hạ thấp hiệu điện thế một cách dễ dàng mà hầu như không bị hao tổn năng lượng. Thiết bị cho phép biến đổi hiệu điện thế của dòng điện xoay chiều được gọi là *máy biến thế*.



Hình 3.26

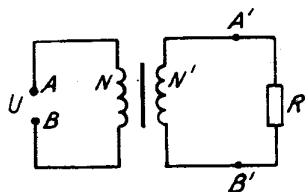
Máy biến thế gồm hai cuộn dây dẫn quấn trên một lõi chung bằng thép kĩ thuật điện. Các cuộn dây dẫn thường bằng dây đồng, có điện trở nhỏ. Lõi gồm nhiều lá thép mỏng, hình khung chữ nhật rỗng hoặc khung tròn rỗng, xếp cách điện với

nhau (h.3.26a). Trong các sơ đồ, máy biến thế được kí hiệu như trên hình 3.26b.

Hoạt động của máy biến thế dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Một trong hai cuộn dây của máy biến thế được nối với mạch điện xoay chiều, và gọi là *cuộn sơ cấp*. Cuộn thứ hai được nối với tải tiêu thụ và gọi là *cuộn thứ cấp*. Dòng điện trong cuộn sơ cấp làm phát sinh một từ trường biến thiên trong lõi thép. Từ thông biến thiên của từ trường đó qua cuộn thứ cấp (cũng quấn trên lõi thép) gây ra một dòng điện cảm ứng chạy trong cuộn thứ cấp và trong tải tiêu thụ.

2. Sự biến đổi hiệu điện thế và cường độ dòng điện qua máy biến thế

Xét một máy biến thế có cuộn sơ cấp gồm N vòng dây, và cuộn thứ cấp gồm N' vòng dây (h.3.27).



Hình 3.27

Khi nối cuộn sơ cấp với mạch điện xoay chiều có hiệu điện thế U , dòng điện xoay chiều I trong cuộn sơ cấp làm phát sinh một từ trường dao động điều hòa tập trung trong lõi thép. Tại mọi thời điểm bất kì, từ thông qua mọi tiết diện của lõi thép có giá trị tức thời như nhau.

Trong khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ, từ thông biến thiên gây ra trong mỗi vòng dây của cả hai cuộn một suất điện động bằng :

$$e_0 = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \text{ Do đó, suất điện động tức thời trên cuộn sơ cấp là :}$$

$$e = Ne_0 \quad (3-31)$$

Và suất điện động tức thời trên cuộn thứ cấp là :

$$e' = N'e_0 \quad (3-32)$$

Từ (3-31) và (3-32), ta rút ra :

$$\frac{e'}{e} = \frac{N'}{N}$$

Vì tỉ số e/e không đổi theo thời gian, ta có thể thay nó bằng tỉ số các giá trị hiệu dụng

$$\frac{E'}{E} = \frac{N'}{N} \quad (3-33)$$

Vì điện trở của cuộn sơ cấp là rất nhỏ, hiệu điện thế U ở hai đầu cuộn sơ cấp xấp xỉ bằng E . Khi mạch thứ cấp hở, hiệu điện thế U' ở hai đầu cuộn thứ cấp bằng E' . Khi đó (3-33) trở thành :

$$\frac{U'}{U} = \frac{N'}{N} \quad (3-34)$$

Tỉ số hiệu điện thế ở hai đầu cuộn thứ cấp và sơ cấp bằng tỉ số vòng dây của hai cuộn. Nếu cuộn thứ cấp có số vòng dây lớn hơn cuộn sơ cấp ($N' > N$) thì $U' > U$, máy biến thế là *máy tăng thế*. Ngược lại, nếu $N' < N$ thì $U' < U$, máy biến thế là *máy hạ thế*.

Khi mạch thứ cấp nối với tải tiêu thụ thành một mạch kín thì hiệu điện thế U' có giá trị nhỏ hơn E' . Tuy nhiên, người ta vẫn có thể dùng (3-34) như một công thức gần đúng, và coi những hao phí do các dòng Фуко trong lõi, do tỏa nhiệt trên các cuộn dây là nhỏ không đáng kể. Vì vậy có thể coi là điện năng qua máy biến thế được bảo toàn (có loại biến thế đạt tới hiệu suất 99,5%), công suất ở hai mạch sơ cấp và thứ cấp là như nhau :

$$UI = U'I'$$

Và :

$$\frac{I}{I'} = \frac{U'}{U} \quad (3-35)$$

Dùng máy biến thế làm hiệu điện thế tăng bao nhiêu lần thì cường độ dòng điện giảm bấy nhiêu lần, và ngược lại.

3. Truyền tải điện năng

Người ta sử dụng điện năng ở khắp mọi nơi, nhưng chỉ sản xuất điện năng trên quy mô lớn ở một số ít địa điểm gần các mỏ than, các sông hồ lớn.

Điện năng phải được tiêu thụ ngay sau khi sản xuất ra. Vì vậy luôn luôn có nhu cầu truyền tải điện năng với số lượng lớn, đi xa tới hàng trăm, hàng nghìn kilômet.

Máy biến thế có vai trò to lớn trong việc truyền tải điện năng. Không có máy biến thế thì không thể có mạng lưới điện rộng khắp như hiện nay.

Giả sử cần truyền tải một công suất điện P trên một quãng đường dài. Giữa công suất P , hiệu điện thế U của các dây dẫn và dòng điện I truyền qua dây dẫn, có hệ thức :

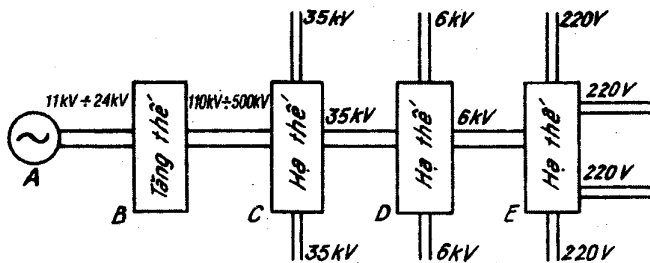
$$P = UI.$$

Do hiệu ứng Jun-Lenxơ, trên đường dây có một công suất hao phí ΔP biến thành nhiệt và tỏa vào khí quyển. Ta có :

$$\Delta P = I^2 R = P^2 \frac{R}{U^2} \quad (3-36)$$

Vấn đề là phải giảm ΔP xuống mức thấp nhất. Muốn giảm ΔP 100 lần chẳng hạn, ta có thể giảm R 100 lần, hoặc tăng U 10 lần. Muốn giảm R 100 lần, phải tăng tiết diện dây 100 lần, tức là tăng khối lượng 100 lần và tăng sức chống đỡ của các cột điện lên 100 lần. Làm như vậy sẽ hết sức tốn kém. Muốn tăng U 10 lần, có thể dùng máy biến thế một cách đơn giản, ít tốn kém, mà vẫn giữ được công suất $P = UI$ hầu như không đổi. Đó là biện pháp đang được sử dụng rất rộng rãi.

Máy phát điện ở các nhà máy điện có thể sản xuất dòng điện xoay chiều với hiệu điện thế tới 24kV. Trạm biến thế ở nhà máy



Hình 3.28

điện có thể nâng hiệu điện thế đó lên tới 500kV (h.3.28). Dòng điện có hiệu điện thế được nâng lên như vậy gọi là *dòng điện cao thế*. Quảng đường truyền tải càng dài thì hiệu điện thế càng phải cao. Khi gần tới nơi tiêu thụ, các trạm biến thế trung gian hạ thế dòng điện xuống 6-35kV. Tới nơi tiêu thụ, dòng điện được hạ thế xuống 110V, 127V, 220V. Ở tại nơi tiêu thụ, trong một số thiết bị (máy thu thanh, máy thu hình, máy đo điện,...) còn có những máy biến thế nhỏ hạ hiệu điện thế xuống đến 36V, 12V, 6V).

?

1. Trình bày sự biến đổi hiệu điện thế qua máy biến thế.
2. Trình bày sự biến đổi cường độ dòng điện qua máy biến thế.
3. Máy biến thế có những ưu điểm gì đối với việc truyền tải và sử dụng điện năng?

▽

4. Cuộn sơ cấp của một máy biến thế có 900 vòng dây, và mắc vào mạng điện 127V. Cuộn thứ cấp có hiệu điện thế 6,3V và mắc vào một hệ thống bóng đèn với dòng điện 3A. Tính số vòng dây trong cuộn thứ cấp và cường độ dòng điện trong cuộn sơ cấp.

ĐS : 4) 45 vòng; 0,15A

§22. CÁCH TẠO RA DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

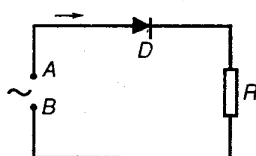
1. Ích lợi của dòng điện một chiều

Dòng điện xoay chiều được sử dụng rộng rãi trong đời sống và trong kĩ thuật. Tuy nhiên, trong một số trường hợp cụ thể, dòng điện một chiều là không thay thế được. Dòng điện một chiều được sử dụng trong công nghiệp để mạ điện, đúc điện, nạp acquy, sản xuất hóa chất bằng điện phân, tinh chế kim loại bằng điện phân. Các thiết bị vô tuyến điện tử được cung cấp năng lượng bằng dòng điện một chiều. Những động cơ điện một chiều được dùng để chạy xe điện, xe lửa điện, vì chúng có ưu điểm hơn động cơ điện xoay chiều ở chỗ có mômen khởi động lớn và thay đổi được vận tốc một cách dễ dàng.

Dòng điện một chiều do pin và acquy cung cấp không có công suất lớn, không đạt được những hiệu điện thế cao, và đắt tiền.

Dòng điện một chiều cũng do máy phát điện một chiều cung cấp. Nhưng với công suất bằng nhau thì một máy phát điện một chiều chế tạo tốn kém hơn một máy phát điện xoay chiều và dòng điện một chiều không truyền tải xa được bằng dòng xoay chiều.

Phương pháp kinh tế nhất và phổ biến nhất để có dòng điện một chiều là chỉnh lưu dòng điện xoay chiều, biến dòng xoay chiều thành dòng một chiều.



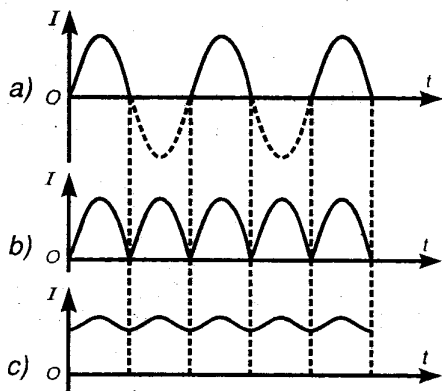
Hình 3.29

2. Phương pháp chỉnh lưu nửa chu kì

Thiết bị chỉ cho dòng điện xoay chiều đi qua nó theo một chiều nhất định gọi là cái chỉnh lưu. Cái chỉnh lưu đơn giản nhất là một diốt bán dẫn mắc nối tiếp với tải tiêu thụ trong một mạch điện xoay chiều (h.3.29)

Trong một nửa chu kì, dòng điện có chiều của mũi tên trên hình vẽ, diốt D cho dòng điện truyền qua nó và qua tải tiêu thụ R. Trong nửa chu kì tiếp theo, khi B là cực dương và A là cực âm, diốt D không cho dòng điện đi qua nó và tải R cũng không có dòng điện đi qua. Trên hình 3.30 a là đường biểu diễn cường độ của dòng điện đi qua tải R.

Dòng điện chỉnh lưu nửa chu kì là dòng nhấp nháy và nói chung không thuận tiện khi sử dụng, nhưng có thể dùng để nạp ắc quy.

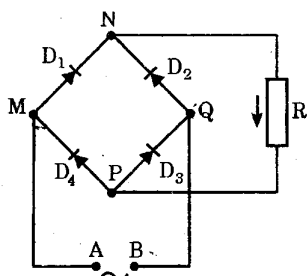


Hình 3.30

3. Phương pháp chỉnh lưu hai nửa chu kì

Có thể sử dụng cả hai nửa chu kì của dòng xoay chiều và tạo ra một dòng điện một chiều ít nhấp nháy hơn bằng cách dùng 4 diốt bán dẫn D_1, D_2, D_3, D_4 mắc theo sơ đồ hình 3.31.

Trong một nửa chu kì, A là cực dương, dòng điện truyền từ A đến M, rồi từ M đến N (không qua MP được vì bị D_4 chặn lại), từ N qua tải tiêu thụ R để đến P (không qua NQ được vì bị D_2 chặn lại), từ P đến Q (không qua PM được vì điện thế ở M cao hơn ở P, và từ Q về B (không qua QN được vì điện thế ở N cao hơn ở Q).



Hình 3.31

Trong một nửa chu kì khác, B là cực dương, và tương tự như trên, dòng điện truyền theo đường BQNRPM. Trong cả hai nửa chu kì đều có dòng điện truyền qua tải tiêu thụ R theo chiều của mũi tên trên hình vẽ.

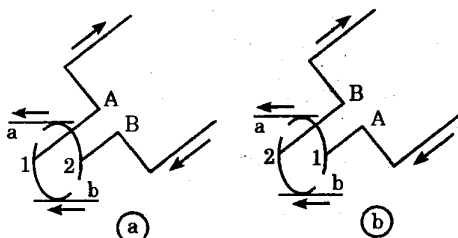
Đường biểu diễn của cường độ dòng điện qua tải R (h.3.30b) cho thấy sự nhấp nháy đã giảm bớt, tuy nhiên cường độ dòng điện trong mỗi chu kì vẫn biến đổi mạnh.

Dùng một thiết bị thích hợp gọi là bộ lọc, người ta có thể làm cho sự nhấp nháy giảm đáng kể (h. 3.30c).

4. Nguyên tắc hoạt động của máy phát điện một chiều

Nguyên tắc hoạt động của máy phát điện một chiều giống như của máy phát điện xoay chiều một pha (§18). Chỗ khác nhau là ở cách đưa dòng điện ra mạch ngoài.

Trong cả hai loại máy phát này, dòng điện trong khung dây của máy dao động điều hòa và sau mỗi nửa chu kì lại đổi chiều một lần. Trong máy phát dòng xoay chiều, dòng điện trong máy được đưa ra ngoài bằng hai vành khuyên (h.3.16), và dòng điện ở mạch ngoài cũng đổi chiều sau mỗi nửa chu kì. Trong máy phát dòng một chiều, người ta



Hình 3.32

thay hai vành khuyên bằng hai vành bán khuyên, giữa hai vành bán khuyên có một khe nhỏ cách điện (h.3.32).

Khi khung dây trong máy có vị trí như trên hình 3.32a, B là cực dương, A là cực âm. Dòng điện từ B qua vành bán khuyên 2 và đi ra ngoài qua chổi quét a, và trở về bằng chổi quét b. Hết một nửa chu kì, dòng điện trong khung đổi chiều, A thành cực dương và B thành cực âm (h.3.32b). Người ta bố trí các vành bán khuyên sao cho đúng lúc ấy bán khuyên 2 rời khỏi chổi quét a và bán khuyên 1 đến tiếp xúc với nó. Bây giờ dòng điện từ A qua bán khuyên 1, đi ra ngoài qua chổi quét a và trở về bằng chổi quét b. Kết quả là chổi quét a luôn luôn là cực dương và chổi quét b luôn luôn là cực âm của máy phát, và dòng điện ở mạch tiêu thụ là dòng một chiều.

Nếu máy phát chỉ có một khung dây, dòng điện của nó là dòng nhấp nháy giống như dòng điện tạo được bằng cách chỉnh lưu hai nửa chu kì.

Trong kĩ thuật, người ta chế tạo những máy phát điện có số khung dây rất lớn, đặt lệch nhau và mắc nối tiếp nhau, tạo ra dòng điện một chiều hầu như không nhấp nháy.

?

1. Trình bày đường đi của dòng điện qua bộ chỉnh lưu hai nửa chu kì.
2. Mô tả sự hoạt động của bộ góp có hai vành bán khuyên.

TÓM TẮT CHƯƠNG III

1. Dòng điện xoay chiều là dòng điện mà cường độ biến thiên điều hòa theo phương trình $i = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$, trong đó i là cường độ tức thời và I_0 là cường độ cực đại. Cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều bằng cường độ của một dòng điện không đổi mà khi chúng lần lượt đi qua một điện trở trong những thời gian bằng nhau thì chúng tỏa ra những nhiệt lượng bằng nhau. Độ lớn của nó

$$\text{là } I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}.$$

Hiệu điện thế ở hai đầu một đoạn mạch có dòng điện xoay chiều cũng biến thiên điều hòa cùng tần số với dòng điện, nhưng nói

chung khác pha với dòng điện. Hiệu điện thế hiệu dụng có độ lớn

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}.$$

2. Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch chỉ có điện trở thuần biến thiên điều hòa cùng pha với dòng điện. Định luật Ôm cho đoạn mạch đó có dạng $I = \frac{U}{R}$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch chỉ có cuộn cảm biến thiên điều hòa sớm pha hơn dòng điện $\frac{\pi}{2}$. Định luật Ôm cho đoạn mạch đó có dạng $I = \frac{U}{Z_L}$.

Lượng $Z_L = \omega L$ là cảm kháng của mạch điện.

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch chỉ có tụ điện biến thiên điều hòa trễ pha hơn dòng điện $\frac{\pi}{2}$. Định luật Ôm cho đoạn mạch đó có dạng $I = \frac{U}{Z_C}$.

Lượng $Z_C = \frac{1}{\omega C}$ là dung kháng của mạch điện.

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch RLC biến thiên điều hòa với độ lệch pha φ so với dòng điện. Định luật Ôm cho đoạn mạch đó có dạng $I = \frac{U}{Z}$.

Lượng $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ là tổng trở của mạch điện.

Mạch RLC có cộng hưởng khi $\omega^2 = \frac{1}{LC}$. Khi đó dòng điện có giá trị cực đại $I = \frac{U}{R}$.

3. Dòng điện trong mạch điện có công suất $P = UI \cos \varphi$. Ở mạch RLC $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ là hệ số công suất của dòng điện. Trong thực tế, người ta thiết kế các máy điện sao cho $\cos \varphi \geq 0,85$.

4. Dòng điện xoay chiều được sản xuất bằng các máy phát điện xoay chiều một pha và ba pha. Chúng hoạt động nhờ hiện tượng cảm ứng điện từ.

Máy phát điện một pha gồm có *phần cảm* là một nam châm điện (hoặc nam châm vĩnh cửu), *phần ứng* là những cuộn dây trong đó có dòng điện cảm ứng.

Dòng điện được đưa ra ngoài máy bằng bộ góp gồm hai vành khuyên và hai chổi quét. Các máy công suất lớn có stato là phần ứng và rôto là phần cảm. Dòng điện được đưa thẳng ra ngoài mà không cần bộ góp.

Máy phát điện ba pha có nguyên tắc hoạt động giống như máy phát một pha, nhưng các cuộn dây của phần ứng được bố trí thành ba nhóm trong đó có ba dòng điện lệch pha nhau 120° . Dòng điện từ máy phát được đưa ra ngoài bằng cách mắc hình sao hoặc hình tam giác. Tải tiêu thụ điện cũng được mắc hình sao hoặc hình tam giác giống như máy phát, hoặc mắc phối hợp hình sao và hình tam giác giữa máy phát và tải tiêu thụ.

5. Dòng điện một chiều được tạo ra bằng cách chỉnh lưu dòng điện xoay chiều, hoặc bằng máy phát điện một chiều.

Phương pháp chỉnh lưu thông thường là dùng điốt bán dẫn. Để tăng sự ổn định của dòng điện chỉnh lưu, người ta dùng một hệ thống 4 điốt mắc theo một sơ đồ thích hợp.

Máy phát điện một chiều hoạt động theo một nguyên tắc giống như máy phát điện xoay chiều, nhưng trong bộ góp các vành khuyên được thay bằng các vành bán khuyên. Để tạo ra dòng điện ổn định, người ta làm phần ứng gồm nhiều vòng dây đặt lệch nhau, để dòng điện phát ra là tổng của nhiều dòng điện lệch pha nhau.

6. Động cơ điện xoay chiều hoạt động nhờ một từ trường quay tạo ra trong stato, từ trường đó tác dụng lên dòng điện cảm ứng trong rôto và làm quay rôto. Dòng điện ba pha có thể tự tạo ra từ trường quay khi ta cho ba pha điện đi vào ba nam châm điện của stato đặt lệch nhau 120° trên một vòng tròn. Đối với dòng điện một pha, người ta tạo ra từ trường quay trong stato bằng cách dùng hai nam châm điện đặt lệch nhau 90° trên một vòng

tròn, một cái nối thẳng vào mạng điện, cái kia nối qua một tụ điện. Các động cơ ba pha và một pha nói trên là *động cơ không đồng bộ*, trong đó vận tốc quay của rôto nhỏ hơn vận tốc quay của từ trường.

7. Một ưu điểm lớn của dòng điện xoay chiều là có thể dùng máy biến thế để hạ thấp hoặc nâng cao hiệu điện thế mà không làm hao tổn điện năng. Giữa cường độ dòng điện I và I' , hiệu điện thế U và U' số vòng dây N và N' ở các cuộn sơ cấp và thứ cấp, có hệ thức :

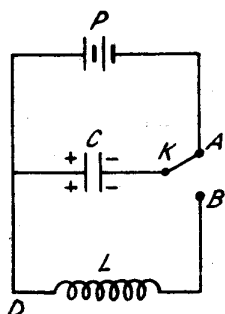
$$\frac{U}{U'} = \frac{I'}{I} = \frac{N}{N'}$$

Máy biến thế được áp dụng khi truyền tải dòng điện đi xa. Dòng điện từ nhà máy điện được tăng thế và đưa vào các đường dây cao thế để truyền tải đi xa. Đến nơi tiêu thụ, dòng điện lại được hạ thế xuống hiệu điện thế cần thiết.

CHƯƠNG IV

DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ. SÓNG ĐIỆN TỬ

§23. MẠCH DAO ĐỘNG - DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ



Hình 4.1a

1. Sự biến thiên của điện tích trong mạch dao động

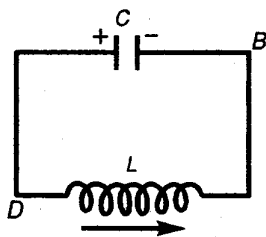
Xét một mạch điện như trên hình 4.1a. Tụ điện có điện dung C , cuộn cảm có độ tự cảm L , điện trở không đáng kể. Khi nối K với A , bộ nguồn P nạp điện vào tụ điện. Điện tích q của tụ điện tăng từ 0 đến giá trị cực đại Q_0 thì tụ điện thôi không tích điện nữa.

Ngắt KA và nối K với B, ta tạo thành một mạch kín chứa L và C, gọi là mạch dao động. Tự điện phóng điện và có một dòng điện đi qua cuộn cảm theo chiều mũi tên (h.4.1b)

Giả sử tại thời điểm t bản bên trái của tụ điện mang điện tích $+q$ và đang phóng điện. Tự điện đóng vai trò một nguồn điện và cuộn cảm đóng vai trò một máy thu.

Trong khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ liền sau t , điện tích của bản bên trái giảm một lượng Δq , và $q' = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ là đạo hàm của q đối với t . Vì $\Delta q < 0$ và $q' < 0$, cường độ dòng điện đi qua L có độ lớn :

$$i = -\frac{\Delta q}{\Delta t} = -q' \quad (4-1)$$



Hình 4.1b

Dòng điện tăng dần i làm xuất hiện trong cuộn dây một suất điện động cảm ứng đóng vai trò suất phản điện

$$e = L \left| \frac{\Delta i}{\Delta t} \right| = L |i'|$$

Vì $i' > 0$ ta viết được :

$$e = Li'$$

Kết hợp với (4-1), ta có :

$$e = Li' = -Lq'' \quad (4-2)$$

Tại thời điểm t , có thể coi dòng điện tức thời i là không đổi. Áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch DB chứa cuộn cảm, chú ý rằng điện trở trong đoạn mạch này là nhỏ không đáng kể, ta có :

$$u = (R + r)i + e = e$$

Hiệu điện thế ở hai đầu cuộn cảm cũng là hiệu điện thế ở hai đầu của tụ điện đóng vai trò nguồn điện. Do đó :

$$e = u = \frac{q}{C}$$

$$\text{Và :} \quad -Lq'' = \frac{q}{C}$$

$$\text{Hay :} \quad q'' + \frac{1}{LC}q = 0 \quad (4-3)$$

Các phép tính đầy đủ chứng tỏ rằng (4-3) là đúng tại mọi thời điểm t bất kì.

Như đã lập luận ở §1 đối với con lắc lò xo, ta nói được rằng nghiệm của (4-3) có dạng $q = Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$ với $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Điều đó nghĩa là điện tích của tụ điện trong mạch dao động biến thiên điều hòa với tần số góc $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

2. Dao động điện từ trong mạch dao động

Chọn điều kiện ban đầu thích hợp để nghiệm của (4-3) có dạng đơn giản :

$$q = Q_0 \sin \omega t \quad (4-4)$$

Xét trong một khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ, có thể coi điện tích tức thời và hiệu điện thế tức thời của tụ điện là không đổi. Ta viết được :

$$u = \frac{q}{C} = \frac{Q_0}{C} \sin \omega t \quad (4-5)$$

Năng lượng tức thời của tụ điện là :

$$\begin{aligned} w_d &= \frac{1}{2} qu = \frac{Q_0^2}{2C} \sin^2 \omega t \\ w_d &= W_{od} \sin^2 \omega t \end{aligned} \quad (4-6)$$

$$\text{trong đó :} \quad W_{od} = \frac{Q_0^2}{2C} \quad (4-7)$$

Dòng điện tức thời chạy trong cuộn cảm là :

$$i = -q' = -\omega Q_0 \cos \omega t = -I_0 \cos \omega t \quad (4-8)$$

trong đó $I_0 = \omega Q_0$

Năng lượng tức thời của cuộn cảm là :

$$w_t = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} LI_0^2 \cos^2 \omega t = \frac{1}{2} L \omega^2 Q_0^2 \cos^2 \omega t$$

$$\text{Vì } \omega^2 = \frac{1}{LC}, \text{ nên } w_t = \frac{Q_0^2}{2C} \cos^2 \omega t$$

$$w_t = W_{ot} \cos^2 \omega t \quad (4.9)$$

$$\text{trong đó } W_{ot} = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} \quad (4-10)$$

So sánh (4-7) và (4-10), ta thấy rằng năng lượng điện cực đại có giá trị bằng năng lượng từ cực đại.

Do đó : $W_{od} = W_{ot} = W_0$

Ta có thể viết lại (4-6) và (4-9) thành :

$$w_d = W_0 \sin^2 \omega t \quad (4-6a)$$

$$w_t = W_0 \cos^2 \omega t \quad (4-9a)$$

Và :

$$w_d + w_t = W_0 \sin^2 \omega t + W_0 \cos^2 \omega t = W_0 = \text{const}$$

Từ những kết quả của các phép tính trên, ta có thể rút ra kết luận :

a) Năng lượng của mạch dao động gồm có năng lượng điện trường tập trung ở tụ điện và năng lượng từ trường tập trung ở cuộn cảm.

b) Năng lượng điện trường và năng lượng từ trường cùng biến thiên tuần hoàn theo một tần số chung.

c) Tại mọi thời điểm, tổng của năng lượng điện trường và năng lượng từ trường là không đổi, nói cách khác, năng lượng của mạch dao động được bảo toàn.

Dao động của mạch dao động có những tính chất như trên, nên được gọi là *dao động điện từ*. Tần số dao động $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ chỉ phụ thuộc những đặc tính của mạch, vì vậy dao động điện từ của mạch dao động là một *dao động tự do*, và tần số ω là *tần số dao động riêng* của mạch.

?

1. Lập lại cách rút ra biểu thức năng lượng tức thời của tụ điện và của cuộn cảm.
2. Lập lại cách chứng minh sự bảo toàn năng lượng của mạch dao động.
3. Vì sao dao động của mạch dao động được gọi là dao động điện từ.

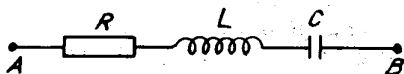
§24. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU, DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ CAO TẦN VÀ DAO ĐỘNG CƠ HỌC

Mạch dao động không có điện trở chỉ là một khái niệm lí tưởng. Thực ra trong mạch bao giờ cũng có điện trở của cuộn cảm và của các dây dẫn (dù là rất nhỏ) và các điện trở khác nữa. Lí thuyết và thực nghiệm chứng tỏ rằng điện trở thuần trong mạch làm cho dao động bị tắt dần, nhưng không ảnh hưởng đến tần số dao động của

$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ (giống như sức cản của môi trường đối với dao động của con lắc).

1. Dao động điện trong mạch điện xoay chiều

Nếu ta lấy một đoạn mạch RLC mà ta đã khảo sát khi học dòng điện xoay chiều (h.4.2), tích điện vào tụ điện C, rồi nối hai đầu AB



Hình 4.2

lại thành mạch kín, ta cũng có một mạch dao động. Mạch điện xoay chiều về bản chất cũng là một mạch dao động có tần số dao động riêng

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Vì $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$, nên $\frac{1}{C} = L\omega_0^2$ và $W_0 = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{1}{2} Q_0^2 L \omega_0^2$, năng

lượng của mạch tỉ lệ với ω_0^2 . Đối với các mạch RLC, ω_0 rất nhỏ, nên năng lượng của mạch rất nhỏ, dao động của mạch tắt dần rất nhanh. Dòng điện xoay chiều trong mạch RLC là dòng điện dao động cưỡng bức, do hiệu điện thế xoay chiều đặt vào hai đầu mạch gây ra, và tần số ω của dòng điện là tần số cưỡng bức. Năng lượng tiêu thụ trên đoạn mạch RLC là năng lượng từ ngoài (từ nguồn điện) đưa đến, và lớn gấp bội so với năng lượng điện từ của bản thân mạch RLC. Vì vậy, dao động trong mạch RLC có dòng điện xoay chiều thường được gọi là *dao động điện*, và người ta không cần quan tâm đến dao động điện từ của bản thân mạch.

02.808.202
Nếu tần số góc ω của hiệu điện thế bằng tần số riêng ω_0 của mạch, thì trong mạch sẽ có cộng hưởng như ta đã nói ở §15.

2. Dao động điện từ cao tần

Dòng điện xoay chiều có tần số 50Hz hoặc 60Hz. Trong khoa học và kĩ thuật, đặc biệt trong kĩ thuật vô tuyến điện, người ta còn sử dụng những mạch dao động có tần số hàng nghìn héc và lớn hơn nữa. Dao động của các mạch đó là *dao động điện từ cao tần*.

Các mạch dao động điện từ cao tần được sử dụng trong các máy phát và máy thu vô tuyến điện (sẽ nói ở §27). Ở đây dao động điện từ của bản thân mạch được sử dụng khi phát và thu tín hiệu vô tuyến điện.

3. Dao động điện từ và dao động cơ học

Chúng ta đã thấy rằng dao động điện từ và dao động cơ học được mô tả bằng những phương trình (4-3) và (1-2) có dạng như nhau. Chúng ta đã dựa vào điều đó để suy ra bằng lí thuyết những đặc tính của dao động điện từ.

Vì không có điều kiện quan sát được dao động điện từ bằng thực nghiệm, chúng ta sẽ đối chiếu, so sánh nó với dao động cơ học mà ta đã quan sát được để nhờ đó mà hiểu nó được rõ hơn. Bảng đối chiếu dao động điện từ với dao động cơ học sẽ giúp ta làm việc đó. Cần chú ý rằng đây chỉ là sự so sánh có tính hình thức, còn dao động điện từ và dao động cơ học là những hiện tượng có bản chất khác nhau.

Chúng ta sẽ theo dõi các dao động trong một nửa chu kì. Trong nửa chu kì sau dao động sẽ lặp lại như trước, nhưng theo chiều ngược lại. Theo dõi trên bảng đối chiếu, chúng ta rút ra những nhận xét như sau :

a) Tại thời điểm $t = 0$

Điện tích của tụ điện có giá trị cực đại, dòng điện bắt đầu chạy trong mạch với cường độ ban đầu bằng 0, năng lượng điện là cực đại, năng lượng từ bằng 0.

Lị độ của hòn bi có giá trị cực đại, hòn bi bắt đầu chuyển động với vận tốc ban đầu bằng 0, thế năng là cực đại, động năng bằng 0.

b) Trong khoảng thời gian $0 < t < \frac{T}{4}$

Điện tích giảm, dòng điện tăng, năng lượng điện giảm, năng lượng từ tăng.

Li độ giảm, vận tốc tăng, thế năng giảm, động năng tăng.

c) Tại thời điểm $t = \frac{T}{4}$

Điện tích bằng 0, dòng điện là cực đại, năng lượng điện bằng 0 năng lượng từ là cực đại.

Li độ bằng 0, vận tốc là cực đại, thế năng bằng 0, động năng là cực đại.

d) Trong khoảng thời gian $\frac{T}{4} < t < \frac{T}{2}$

Điện tích tăng nhưng đổi dấu trên các bản của tụ điện, dòng điện giảm, năng lượng điện tăng, năng lượng từ giảm.

Li độ tăng, nhưng hòn bi đi về phía bên kia vị trí cân bằng, vận tốc giảm, thế năng tăng, động năng giảm.

e) Tại thời điểm $t = \frac{T}{2}$

Điện tích có giá trị cực đại nhưng đổi dấu trên các bản tụ điện, dòng điện bằng 0, năng lượng điện là cực đại, năng lượng từ bằng 0.

Li độ có giá trị cực đại, nhưng hòn bi ở phía bên kia vị trí cân bằng, vận tốc bằng 0, thế năng là cực đại, động năng bằng 0.

?

Lập bảng mô tả sự biến thiên của điện tích q và dòng điện i trong mạch dao động điện từ trong khoảng thời gian từ $t = \frac{T}{2}$ đến $t = T$. Dựa vào bảng mới lập và bảng của sách giáo khoa trình bày quá trình dao động của dòng điện i trong một chu kì.

3.208.40.

Bảng đối chiếu dao động điện từ với dao động cơ học

DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ							DAO ĐỘNG CƠ HỌC			
Thời gian	Trạng thái dao động	Điện tích q	Dòng điện i	Năng lượng điện trường	Năng lượng từ trường	Trạng thái dao động	Li độ x	Vận tốc	Thế năng	Động năng
t = 0		Q ₀	0	$\frac{Q_0^2}{2C}$	0	$\bullet \cdots \vdots \cdots \bullet$ θ	A	0	$\frac{kA^2}{2}$	0
0 < t < $\frac{T}{4}$		q < Q ₀	i = q'	$\frac{q^2}{2C}$	$\frac{Li^2}{2}$	$\cdots \bullet \vdots \cdots \bullet$ θ	x < A	v = x'	$\frac{kx^2}{2}$	$\frac{mv^2}{2}$
t = $\frac{T}{4}$		0	i _{max} = I ₀	0	$\frac{LI_0^2}{2}$	$\cdots \bullet \vdots \cdots \bullet$ θ	0	v _{max}	0	$\frac{mv_{\max}^2}{2}$
$\frac{T}{4}$ < t < $\frac{T}{2}$		q < Q ₀	i = q'	$\frac{q^2}{2C}$	$\frac{Li^2}{2}$	$\cdots \bullet \vdots \cdots \bullet$ θ	x < A	v = x'	$\frac{kx^2}{2}$	$\frac{mv^2}{2}$
t = $\frac{T}{2}$		Q ₀	0	$\frac{Q_0^2}{2C}$	0	$\cdots \bullet \vdots \cdots \bullet$ θ	A	0	$\frac{kA^2}{2}$	0

202.802
74.00
202.802

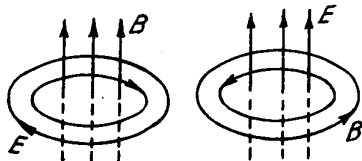
§25. ĐIỆN TỪ TRƯỜNG

1. Điện trường biến thiên và từ trường biến thiên

Trong hiện tượng cảm ứng điện từ do Faraday phát minh, khi qua một khung dây khép kín có một từ thông biến đổi theo thời gian, nó gây ra dòng điện cảm ứng trong khung dây.

Bằng phương pháp toán học, Macxoen đã nâng phát minh của Faraday lên một mức khái quát cao hơn. Ông tìm ra rằng khi một từ trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một điện trường

xoáy tức là một điện trường mà các đường sức bao quanh các đường cảm ứng từ.



a) B tăng

b) E tăng

Hình 4.3

phương tiện giúp ta phát hiện dòng điện, và do đó phát hiện điện trường xoáy đã xuất hiện trong không gian kể cả khi không có khung dây.

Tiến lên một bước nữa, Macxoen đề ra câu hỏi : nếu từ trường biến thiên sinh ra điện trường thì có quá trình ngược lại không, nghĩa là điện trường biến thiên có sinh ra từ trường không? Dựa trên tính toán lí thuyết, ông cho rằng có quá trình như vậy : khi một điện trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một từ trường xoáy mà các đường cảm ứng từ bao quanh các đường sức của điện trường.

Giả thuyết trên của Macxoen đã được thực nghiệm khẳng định là đúng. Khi một tụ điện được tích điện qua một dây dẫn, hoặc phóng điện qua một dây dẫn, giữa hai bản của tụ điện có một điện trường biến thiên. Điện trường biến thiên đó sinh ra một từ trường xoáy hết như có một dòng điện bằng dòng điện trong dây dẫn chạy qua tụ điện. Sự biến thiên của điện trường giữa các bản của tụ điện (nơi không có dây dẫn), tương đương với một dòng điện trong dây dẫn. Nó được gọi là *dòng điện dịch*, và dòng điện trong dây

đẫn được gọi là *dòng điện dẫn*. Với khái niệm dòng điện dịch, ta có thể nói rằng dòng điện trong mạch dao động mô tả ở §23 §24 là một dòng điện khép kín, gồm có dòng điện dẫn chạy trong dây dẫn và dòng điện dịch chạy qua tụ điện.

2. Điện từ trường

Phát minh của Macxoen dẫn đến kết luận là không thể có điện trường hoặc từ trường tồn tại riêng biệt, độc lập với nhau. Điện trường biến thiên nào cũng sinh ra từ trường biến thiên, và ngược lại từ trường biến thiên nào cũng sinh ra điện trường biến thiên.

Một nam châm vĩnh cửu đặt trên bàn tạo ra quanh nó một từ trường. Nhưng một người quan sát chuyển động với vận tốc bất kì và mang theo một khung dây dẫn khép kín sẽ quan sát được dòng điện trong khung dây, tức là quan sát được điện trường cùng tồn tại với từ trường. Cũng như vậy, một người quan sát chuyển động sẽ quan sát được từ trường cùng tồn tại với điện trường của một điện tích đứng yên trên bàn, vì đối với người quan sát này điện tích là chuyển động và có tác dụng như một dòng điện.

Như vậy điện trường và từ trường là hai mặt thể hiện khác nhau của một loại trường duy nhất gọi là *điện từ trường*. Trong một số trường hợp đặc biệt, thí dụ, khi người quan sát đứng yên so với điện tích hoặc so với nam châm vĩnh cửu, người đó chỉ quan sát thấy điện trường hoặc từ trường. Ngay cả trong trường hợp đó, điện từ trường vẫn là một dạng vật chất tồn tại khách quan trong thực tế, mặc dù còn người chỉ quan sát thấy một bộ phận của nó.

3. Sự lan truyền tương tác điện từ

Giả sử tại một điểm O trong không gian có một điện trường biến thiên E_1 không tắt dần. Nó sinh ra ở các điểm lân cận nó một từ trường xoáy B_1 . Nếu E_1 biến thiên không đều, nghĩa là tốc độ biến thiên của nó thay đổi (thí dụ, khi E_1 dao động điều hòa), thì B_1 cũng biến thiên. Do đó, từ trường biến thiên B_1 lại gây ra ở các điểm lân cận nó một điện trường biến thiên E_2 . Quá trình đó cứ tiếp tục lặp đi lặp lại, điện trường sinh ra từ trường rồi từ trường lại sinh ra điện trường,.... Điện từ trường lan truyền trong



J.C. MACXOEN
Nhà vật lí Scotlen
(1831-1879)

Đã phát minh lí thuyết sóng điện từ và
bản chất sóng điện từ của ánh sáng.

không gian, càng ngày càng xa điểm O, và phải sau một khoảng thời gian nào đó nó mới lan truyền tới một điểm A ở cách xa O. Như vậy tương tác điện từ thực hiện thông qua điện từ trường phải tốn một thời gian nào đó để truyền được từ O đến A.

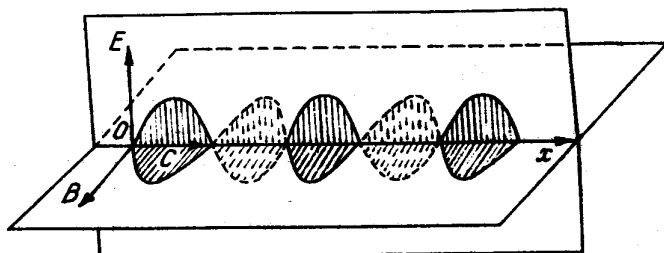
?

1. Theo Macxoen điện từ trường hình thành như thế nào ?
2. Dòng điện dịch là gì ? So sánh dòng điện dịch và dòng điện dẫn.
3. Vì sao người ta nói trường tĩnh điện là một trường hợp riêng của điện từ trường ?

§26. SÓNG ĐIỆN TỪ

1. Sóng điện từ

Chúng ta hãy hình dung tại điểm O có một điện tích điểm dao động điều hòa với tần số bằng f theo phương thẳng đứng (h.4.4).



Hình 4.4

Nó tạo ra tại O một điện trường E biến thiên điều hòa với tần số bằng f. Điện trường biến thiên đó làm phát sinh một từ trường B biến thiên điều hòa với tần số cũng bằng f. Tóm lại, ở điểm O đã hình thành một điện từ trường biến thiên.

Bằng phương pháp toán học, Macxoen đã chứng minh rằng điện từ trường do một điện tích điểm dao động theo phương thẳng đứng tại O sinh ra sẽ lan truyền trong không gian dưới dạng sóng. Sóng đó được gọi là *sóng điện từ*. Người ta nói rằng điện tích dao động đã bức xạ ra sóng điện từ. Nếu xét theo một phương truyền Ox, sóng điện từ là sóng ngang có thành phần điện dao động theo phương thẳng đứng và thành phần từ dao động theo phương nằm ngang (h.4.4). Tần số sóng điện từ bằng tần số f của điện tích dao động và vận tốc của nó trong chân không bằng vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 300\,000\text{ km/s}$. Tại một điểm bất kì trên phương truyền, nếu cho một đỉnh ốc tiến theo chiều của vận tốc $\vec{c}$ (tức là chiều truyền sóng) thì chiều quay của nó là từ vectơ $\vec{E}$ đến vectơ $\vec{B}$. Hai vectơ này vuông góc với nhau và cùng vuông góc phương truyền.

Theo lí thuyết của Macxoen, năng lượng của sóng điện từ tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của tần số.

Macxoen tin tưởng sâu sắc vào lí thuyết của mình, nhưng chưa thực hiện được sự bức xạ sóng điện từ.

2. Tính chất sóng điện từ

Mười năm sau khi Macxoen mất, Hecxơ là người đầu tiên phát được sóng điện từ bằng cách tạo ra những xung điện biến thiên rất nhanh giữa hai điểm nối với hai bản của một tụ điện cao thế. Ông đã nghiên cứu tính chất của các sóng điện từ mà ông đã phát ra, và thấy rằng chúng cũng có tính chất giống như tính chất các sóng cơ học đã biết. Chúng phản xạ được trên các mặt kim loại. Chúng giao thoa được với nhau. Khi cho một sóng điện từ giao thoa với sóng phản xạ của nó trên một mặt kim loại, Hecxơ đã tạo ra được các sóng dừng. Nhờ các sóng dừng, Hecxơ đo được bước sóng λ , và biết tần số f của các xung điện, ông tìm được vận tốc sóng điện từ bằng công thức $v = \lambda f$. Kết quả



HECXO

Nhà vật lí Đức
(1845-1923)

Đã phát minh bằng thực nghiệm sóng
điện từ và hiện tượng quang điện.

tìm được là $v = c = 300000\text{km/s} = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$, phù hợp với những tiên đoán lí thuyết của Macxoen.

Ngày nay, người ta đã biết rằng sóng điện từ có đầy đủ các tính chất như sóng cơ học, nhưng sóng cơ học, truyền đi trong những môi trường đàn hồi, còn sóng điện từ thì tự nó truyền đi mà không cần nhờ đến sự biến dạng của một môi trường đàn hồi nào cả, vì vậy nó truyền được cả trong chân không.

Trong chương VII, chúng ta sẽ thấy rằng ánh sáng cũng là một loại sóng điện từ. Vì vậy vận tốc truyền sóng điện từ đúng bằng vận tốc ánh sáng không phải là một sự trùng hợp ngẫu nhiên.

3. Sóng điện từ và thông tin vô tuyến

Sóng điện từ hiện nay được sử dụng rất rộng rãi trong thông tin vô tuyến truyền thanh và truyền hình, cũng như trong một số lĩnh vực khác như vô tuyến định vị (rada), thiên văn vô tuyến, điều khiển bằng vô tuyến... Sóng điện từ được đặc trưng bằng tần số hoặc bằng bước sóng. Giữa bước sóng (đo bằng mét) và tần số (đo bằng her) của sóng điện từ có hệ thức :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \quad (4.11)$$

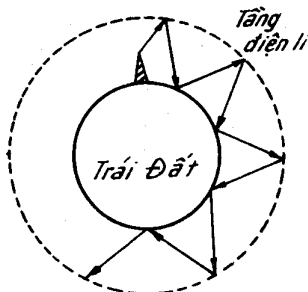
Những dao động điện từ có tần số hàng chục và hàng trăm her bức xạ rất yếu. Sóng điện từ của chúng không có khả năng truyền đi xa. Trong thông tin vô tuyến, người ta sử dụng những sóng có tần số từ hàng nghìn her trở lên, gọi là sóng vô tuyến. Các sóng vô tuyến được phân thành các loại như sau :

Loại sóng	Tần số	Bước sóng
Sóng dài và cực dài	3-300kHz	100-1km
Sóng trung	0,3-3MHz	1000-100m
Sóng ngắn	3-30MHz	100-10m
Sóng cực ngắn	30-30000MHz	10-0,01m

Như đã nói ở trên, sóng càng ngắn (tức là tần số càng cao) thì năng lượng sóng càng lớn. Các sóng dài ít bị nước hấp thụ. Chúng được dùng để thông tin dưới nước, và ít được dùng để thông tin trên mặt đất, vì năng lượng của chúng thấp, không truyền được đi xa.

Các sóng trung truyền được theo bề mặt của Trái Đất. Ban ngày chúng bị tầng điện li hấp thụ mạnh, nên không truyền được xa (tầng điện li là tầng khí quyển ở độ cao từ 50km trở lên, chứa rất nhiều hạt tích điện là các electron và các loại ion). Ban đêm, tầng điện li phản xạ các sóng trung nên chúng truyền được xa. Vì vậy ban đêm nghe đài bằng sóng trung rõ hơn ban ngày.

Các sóng ngắn có năng lượng lớn hơn sóng trung. Chúng được tầng điện li phản xạ về mặt đất, mặt đất phản xạ lại lần thứ hai tầng điện li phản xạ lần thứ ba v.v.. (h.4.5). Vì vậy một đài phát sóng ngắn với công suất lớn có thể truyền sóng đi mọi địa điểm trên mặt đất.



Hình 4.5

Các sóng cực ngắn có năng lượng lớn nhất, không bị tầng điện li hấp thụ hoặc phản xạ, có khả năng truyền đi rất xa theo đường thẳng, và được dùng trong thông tin vũ trụ. Vô tuyến truyền hình dùng các sóng cực ngắn, không truyền được xa trên mặt đất. Muốn truyền hình đi xa, người ta phải làm các đài tiếp sóng trung gian, hoặc dùng vệ tinh nhân tạo để thu sóng của đài phát rồi phát trở về Trái Đất theo một phương nhất định.

?

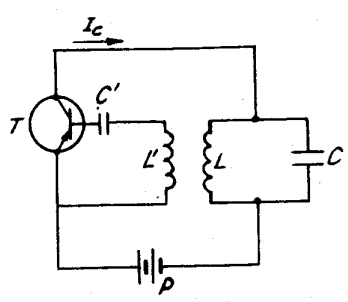
1. Sóng điện từ có những tính chất gì ?
2. Có những loại sóng vô tuyến nào ?
3. Vì sao sóng vô tuyến ngắn truyền được xa trên mặt đất ?
4. Làm thế nào để sóng vô tuyến truyền hình truyền được tới các máy thu hình ở xa đài truyền hình ?

§27. SỰ PHÁT VÀ THU SÓNG ĐIỆN TỪ

Muốn thực hiện thông tin vô tuyến, phải phát ra sóng điện từ ở máy phát và thu sóng điện từ ở máy thu. Sự phát sóng điện từ dựa vào sự dao động của mạch dao động LC. Tần số dao động của mạch là $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Nếu chọn độ tự cảm L và điện dung C khá nhỏ, có thể tạo ra tần số dao động f rất lớn.

1. Máy phát dao động điều hòa dùng tranzito

Khi một mạch dao động hoạt động, năng lượng dự trữ trong tụ điện lúc ban đầu bị tiêu hao dần do tỏa nhiệt trong các dây dẫn, do bức xạ ra sóng điện từ, và dao động sẽ tắt dần. Để duy trì dao động, người ta thường dùng một cơ cấu gọi là máy phát dao động điều hòa dùng tranzito.



Hình 4.6

Hai bản của tụ điện C trong mạch dao động được nối với một nguồn điện không đổi qua tranzito T (h.4.6). Một cuộn cảm L' được đặt gần cuộn cảm L của mạch dao động, hai đầu của L' nối với êmitơ và bazơ của tranzito. Tụ điện C' ngăn không cho dòng điện một chiều từ nguồn điện P đi vào bazơ.

Khi mạch dao động hoạt động, từ trường biến thiên của cuộn L gây ra dòng điện cảm ứng trong cuộn L'. Hai cuộn L và L' được bố trí sao cho khi dòng côlêctơ I_c tăng thì điện thế bazơ cao hơn điện thế êmitơ, và không có dòng điện chạy qua tranzito. Trái lại, khi dòng côlêctơ I_c giảm, điện thế

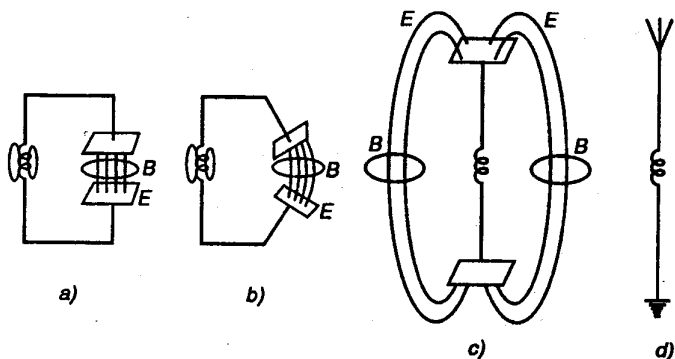
bazơ thấp hơn điện thế êmitơ có dòng điện chạy qua tranzito từ êmitơ đến côlectơ và làm tăng dòng côlectơ I_C mạch dao động được bổ sung thêm năng lượng. Người ta chọn các thông số của máy phát dao động điều hòa sao cho trong mỗi chu kì mạch dao động lại được bổ sung đúng số năng lượng mà nó đã mất đi.

Sự duy trì dao động ở đây tương tự như sự duy trì dao động của quả lắc trong đồng hồ quả lắc, đã mô tả ở §6 - §7.

Chú ý rằng sơ đồ máy phát dao động điều hòa ở hình 4.6 chỉ là một sơ đồ nguyên tắc. Sơ đồ thật phức tạp hơn.

2. Mạch dao động hở. Ăngten

Trong mạch dao động LC của máy phát dao động điều hòa có dao động điện từ không bị tắt dần, nhưng vẫn chưa có sóng điện từ phát ra. Nguyên nhân là vì hầu hết từ trường biến thiên tập trung trong cuộn cảm và hầu hết điện trường biến thiên tập trung trong tụ điện. Phần điện từ trường bức xạ ra ngoài là nhỏ bé không



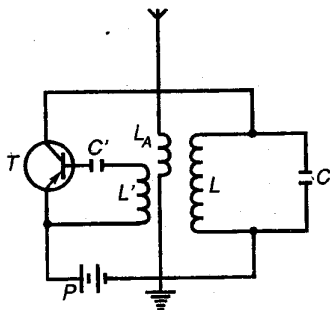
Hình 4.7

đáng kể (h.4.7a). Mạch dao động như vậy được gọi là *mạch dao động kín*. Nếu ta cho các bản của tụ điện lệch đi để chúng không còn song song nữa, điện trường của tụ điện đã có một phần vượt ra ngoài mạch dao động, và mạch có khả năng phát sóng xa hơn (h.4.7b). Một mạch như vậy được gọi là *mạch dao động hở*. Trong trường hợp giới hạn, mỗi bản của tụ điện lệch hẳn một góc 180° ,

hai bản "quay lưng" lại nhau, và khả năng phát sóng của mạch dao động lúc đó là lớn nhất (h.4.7c). Trong thực tế, người ta không đặt hai bản tụ điện như vậy, mà chỉ dùng một dây dẫn dài, có cuộn cảm ở phía giữa, đầu trên để hở và đầu dưới tiếp đất. Một dây như vậy được gọi là ăngten. Trong các sơ đồ vô tuyến điện, ăngten được kí hiệu như trên hình 4.7d.

3. Nguyên tắc phát và thu sóng điện từ

Để phát sóng điện từ, người ta mắc phối hợp một máy phát dao động điều hòa với một ăngten (h.4.8). Mạch dao động LC có dòng điện dao động duy trì với tần số f .

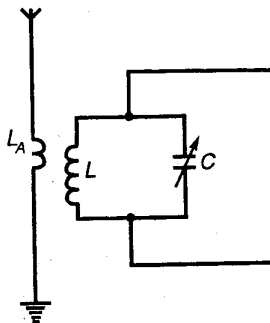


Hình 4.8

Cuộn cảm L của mạch dao động truyền vào cuộn cảm L_A của ăngten một từ trường dao động với tần số f . Từ trường đó làm phát sinh một điện trường cảm ứng, và điện trường cảm ứng làm các electron trong ăngten dao động theo phương của ăngten cùng với tần số bằng f . Ăngten phát ra một sóng điện từ có tần số bằng f .

Để thu sóng điện từ, người ta phối hợp một ăngten với một mạch dao động (h.4.9). Ăngten nhận được rất nhiều sóng có tần số khác nhau của nhiều đài phát truyền tới, các electron trong ăngten dao động theo tất cả các tần số đó. Nhờ hai cuộn cảm L_A và L , mạch dao động LC cũng dao động với tất cả các tần số đó.

Trong mạch dao động, tụ điện C có điện dung điều chỉnh được. Muốn thu sóng có tần số f của một đài phát nhất định, người ta điều chỉnh tụ điện C của máy thu để dao động riêng của mạch cũng có tần số bằng f . Khi đó có hiện tượng cộng hưởng, và trong mạch LC dao động với tần số f có biên độ lớn hơn hẳn các dao động khác. Người ta nói rằng máy thu đã thực hiện sự chọn sóng.



Hình 4.9

208.207
398x
8

?

1. Vẽ sơ đồ và trình bày sự hoạt động của máy phát dao động điều hòa dùng trandito.
2. Mô tả mạch dao động hở
3. Trình bày nguyên tắc phát sóng và thu sóng vô tuyến.

§28 - §29. SƠ LƯỢC VỀ MÁY PHÁT VÀ MÁY THU VÔ TUYẾN ĐIỆN

Các sóng điện từ phát và thu theo nguyên tắc đã giới thiệu ở §27 chưa thể sử dụng ngay được để làm nhiệm vụ thông tin vô tuyến.

Một mặt, năng lượng các sóng đó quá nhỏ, sóng không thể truyền đi xa được. Để khắc phục nhược điểm này, ở máy phát người ta khuếch đại các dao động điện từ trước khi đưa chúng lên ăngten phát sóng. Ở máy thu người ta cũng khuếch đại các dao động nhận được từ ăngten thu sóng, vì khi truyền đi sóng cũng bị giảm năng lượng.

Mặt khác, các sóng vô tuyến thường dùng có tần số từ 300 kHz trở lên, trong khi đó thì âm nghe được có tần số nhỏ hơn 20 kHz, tiếng nói của con người có tần số nhỏ hơn 1 kHz. Nếu đưa lên ăngten những dao động có tần số 20 kHz trở xuống, gọi là *dao động âm tần*, chúng sẽ không phát sóng đi xa được.

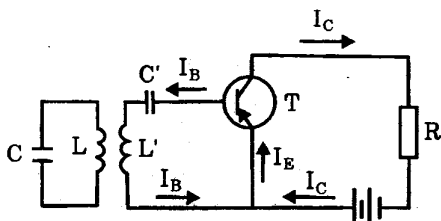
Để giải quyết mâu thuẫn này, ở máy phát người ta "gài" dao động âm vào dao động cao tần trước khi đưa đến ăngten phát sóng. Sóng phát đi là sóng vô tuyến cao tần có "mang theo" dao động âm tần. Ở máy thu, sau khi nhận sóng từ ăngten người ta lại "tách" riêng sóng âm tần ra.

1. Nguyên tắc khuếch đại dao động

Người ta thường khuếch đại dao động bằng trandito, làm cho biên độ của dao động tăng lên nhiều lần.

Khi dòng điện đi qua trandito, dòng êmitơ bằng tổng của các dòng bazơ và dòng côlectơ : $I_E = I_B + I_C$. Đối với mỗi trandito, tỉ số của các dòng I_C và I_B có một giá trị xác định :

$$\frac{I_C}{I_B} = \beta \quad (4.12)$$



Hình 4.10

Người ta nói rằng dòng điện đã được khuếch đại β lần và β gọi là hệ số khuếch đại của trandito.

Tùy theo cách chế tạo trandito, hệ số β có thể có giá trị từ khoảng 20 đến khoảng 500.

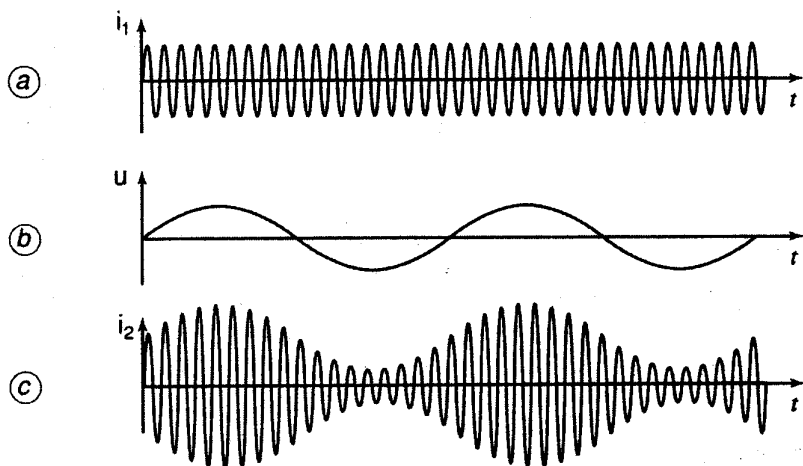
Trong sơ đồ khuếch đại dao động (h.4.10), mạch dao động LC sinh ra dòng điện cảm ứng trong cuộn cảm L' . Nó chính là dòng bazơ I_B chạy qua trandito T, và dao động với tần số của mạch LC. Dòng côlectơ I_C có cường độ $I_C = \beta I_B$. Do đó trong tải tiêu thụ R có một dòng điện dao động với cùng tần số của dòng trong mạch LC, nhưng có cường độ lớn gấp β lần, tức là dao động của mạch LC đã được khuếch đại lên β lần.

2. Nguyên tắc biến điệu biên độ

Giả sử trong mạch dao động LC của máy phát dao động điều hòa (h.4.6) có dòng điện i_1 đang thực hiện một dao động cao tần với tần số f và trandito T đang duy trì dao động đó. Nếu hiệu điện thế u giữa êmitơ và côlectơ có giá trị ổn định không đổi, đường biểu diễn dao động của dòng i_1 có dạng như trên hình 4.11a.

Bây giờ chúng ta làm cho giá trị của hiệu điện thế đó thực hiện một dao động âm tần với tần số f' (h.4.11b). Sự biến thiên của u như vậy làm cho biên độ dao động của i_1 cũng biến thiên với tần số f' . Như vậy trong sự biến thiên của dòng i_1 có hai tần số : bản thân dòng điện dao động với tần số f (cao tần), và độ lớn biên độ của dòng điện dao động với tần số f' (âm tần). Dòng điện i_1 biến

03b
208.2



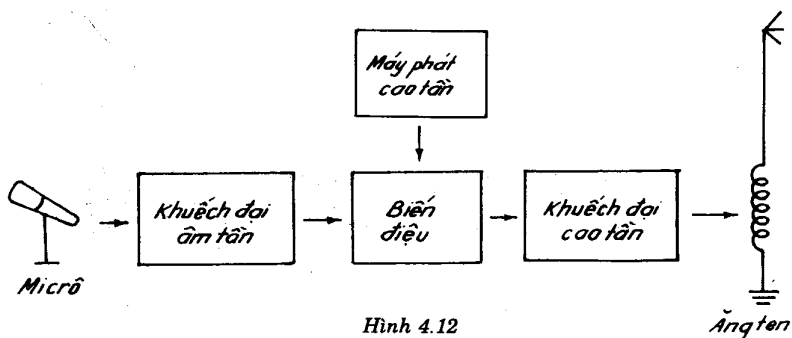
Hình 4.11

thành dòng i_2 (h.4.11c), và việc thực hiện sự biến đổi đó gọi là sự biến điệu biên độ.

3. Nguyên tắc hoạt động của máy phát vô tuyến điện

Trên hình 4.12 là sơ đồ nguyên tắc của máy phát vô tuyến điện. Sóng âm đập vào màng rung của micrô. Màng rung dao động với tần số f' (âm tần) và làm phát sinh một dao động điện cũng với tần số f' trong mạch điện của micrô. Dao động đó được đưa đến bộ khuếch đại âm tần. Khi ra khỏi bộ khuếch đại, nó có dạng như trên hình 4.11b và được đưa vào bộ biến điệu. Đồng thời, một máy phát dao động điện cao tần phát ra một dao động điện có dạng như trên hình 4.11a. Dao động đó cũng được đưa đến bộ biến điệu.

Dao động ra khỏi bộ biến điệu là dao động đã biến điệu có dạng như trên hình 4.11c.



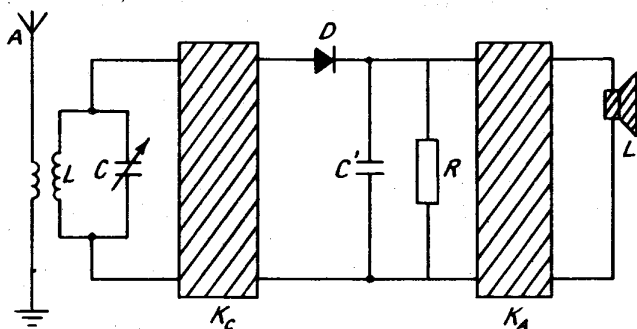
Hình 4.12

Dao động đã biến điệu được đưa qua bộ khuếch đại cao tần, rồi tới ăngten, và ăngten phát ra một sóng điện từ có tần số sóng f , và có biên độ sóng dao động với tần số f' . Sóng cao tần đó được gọi là *sóng mang*, tần số f của nó được gọi là *tần số mang*. Nó mang trong biên độ của nó tần số âm f' do micrô đã gửi vào.

Phương pháp biến điệu biên độ là phương pháp biến điệu đơn giản nhất. Trong kĩ thuật vô tuyến điện, người ta còn sử dụng các phương pháp biến điệu tần số và biến điệu pha nữa.

4. Nguyên tắc hoạt động của máy thu vô tuyến điện

Trên hình 4.13 là sơ đồ nguyên tắc của máy thu thanh vô tuyến điện. Ăngten A nhận được sóng vô tuyến của nhiều đài phát truyền đến, đó là những sóng mang đã biến điệu. Khi điều chỉnh tụ điện C, ta chọn sóng có tần số f mà ta cần thu. Máy thu phải làm một



Hình 4.13

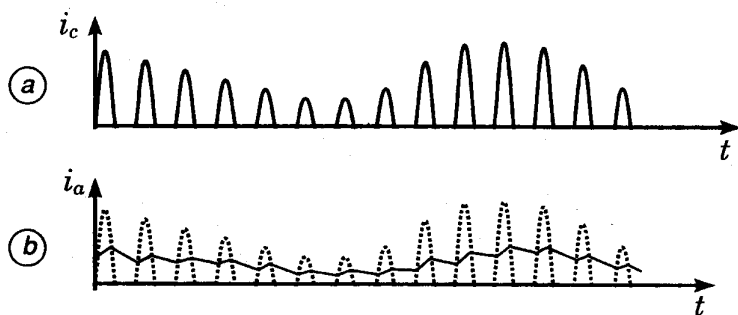
nhệm vụ ngược với máy phát, là tách sóng âm tần ra khỏi sóng cao tần. Việc đó được gọi là sự *tách sóng*.

Dao động cao tần trong mạch LC có năng lượng rất thấp. Trước khi tách sóng, nó được đưa qua bộ khuếch đại cao tần K_c . Khi ra khỏi bộ khuếch đại, dao động cao tần của dòng điện có đường biểu diễn như trên hình 4.11c, nghĩa là giống như dao động cao tần đã biến điệu ở máy phát trước khi đưa đến ăngten phát.

Điốt D của mạch tách sóng chỉ cho dòng điện đi qua theo một chiều. Sau khi ra khỏi điốt, nếu dòng điện được đưa thẳng đến tải R, nó sẽ có đường biểu diễn như trên hình 4.14a. Vì trong mạch tách sóng còn có tụ điện C' mắc song song với R, đóng vai trò một bộ lọc, nên dòng điện qua R là một dòng chạy liên tục và khá nhẵn, có cường độ dao động với tần số âm f' (h.4.14b). Như vậy là mạch tách sóng đã tách dao động âm tần f' ra khỏi dao động cao tần f .

Dòng điện sau khi đi qua mạch tách sóng được đưa đến bộ khuếch đại âm tần K_a , rồi đưa vào loa L. Nó làm cho màng loa rung động với tần số f' và phát ra sóng âm với độ cao đúng bằng sóng âm đã đưa vào micro của máy phát.

Chú ý rằng các sơ đồ máy phát (h.4.12) và máy thu (h.4.13) ở đây chỉ giới thiệu những mạch thiết yếu trong máy. Trong thực tế, máy phát và máy thu còn có thêm nhiều mạch phức tạp khác, với nhiều loại tụ điện, cuộn cảm, điện trở, đèn điện tử, đèn bán dẫn, nhằm mục đích loại trừ nhiễu (những tạp âm lẫn vào âm thu



Hình 4.14

được) tăng độ to của âm đến mức cần thiết, làm cho âm không bị méo, giữ được âm sắc ban đầu... tóm lại là làm sao cho âm phát ra từ loa của máy thu thật giống với âm đã đưa vào micrô của máy phát.

?

1. Trình bày nguyên tắc khuếch đại dao động bằng trandito.
2. Trình bày nguyên tắc biến điệu biên độ. Dao động âm tần nằm ở đâu ?
3. Về sơ đồ và trình bày nguyên tắc hoạt động của máy phát vô tuyến điện.
4. Về sơ đồ và trình bày nguyên tắc hoạt động của máy thu vô tuyến điện.

TÓM TẮT CHƯƠNG IV

1. Mạch điện khép kín gồm một tụ điện C và một cuộn cảm L với điện trở không đáng kể là một mạch dao động. Sau khi tụ điện được tích điện, nó và cuộn cảm tạo ra trong mạch một dao động điện từ. Dòng điện trong mạch và hiệu điện thế ở hai đầu cuộn cảm biến thiên điều hòa với tần số $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ là tần số riêng của mạch.

Phương trình của dao động điện từ có dạng giống như phương trình của dao động cơ học. Điều đó chứng tỏ rằng dao động điện từ có những tính chất giống như dao động cơ học.

2. Một điện trường biến thiên làm phát sinh một từ trường xoáy, và một từ trường biến thiên cũng làm phát sinh một điện trường xoáy. Sự biến thiên của điện trường cũng tạo ra từ trường xoáy như một dòng điện, và được gọi là *dòng điện dịch*. Trường tĩnh điện và trường tĩnh từ là những trường hợp riêng của *điện từ trường*.

Điện từ trường lan truyền trong không gian dưới dạng *sóng điện từ*, với vận tốc $c = 300\,000$ km/s. Tại từng điểm trên phương truyền, sóng điện từ có thành phần điện và thành phần từ dao động điều hòa theo hai phương vuông góc với nhau. Nếu cho một đỉnh ốc tiến theo chiều truyền sóng, thì chiều quay của nó là từ vectơ $\vec{E}$ đến vectơ $\vec{B}$. Hai vectơ $\vec{E}$ và $\vec{B}$ vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền. Khác với sóng cơ học, *sóng điện từ truyền được trong chân không*, mà không cần phải dựa vào sự biến dạng của một môi trường đàn hồi nào.

Sóng điện từ cũng có các tính chất như sóng cơ học. Chúng có thể phản xạ, giao thoa, tạo ra sóng dừng... ánh sáng cũng là một loại sóng điện từ.

3. Sóng điện từ được sử dụng rộng rãi trong thông tin vô tuyến điện. Bước sóng càng ngắn thì năng lượng sóng càng lớn.

Để phát sóng điện từ, người ta mắc phối hợp một máy phát dao động điều hòa với một *ăng ten*. Ăng ten là một mạch dao động hở, nó dao động cảm ứng với máy phát dao động điều hòa và bức xạ sóng điện từ vào không gian.

Để thu sóng điện từ, người ta mắc phối hợp một ăngten với một mạch dao động có tần số riêng điều chỉnh được. Mạch dao động cộng hưởng với tần số sóng đã được chọn.

Trong máy phát vô tuyến điện, sóng âm tần được thu qua micrô và dao động âm tần được *khuếch đại* trước khi trộn với dao động cao tần bằng phương pháp *biến điệu*. Dao động cao tần đã biến điệu được khuếch đại thêm và đưa đến ăngten để phát thành sóng vô tuyến điện.

Trong máy thu thanh vô tuyến điện, mạch dao động thực hiện *chọn sóng* cần thu. Sau khi khuếch đại, mạch *tách sóng* tách dao động âm tần ra khỏi dao động cao tần. Dao động âm tần được khuếch đại rồi đưa ra loa. Màng loa dao động với cùng tần số như màng micrô của máy phát, và lặp lại những âm thanh đã được đưa vào micrô của máy phát.

Phần hai

QUANG HỌC

Quang học là một môn học, trong đó người ta nghiên cứu các hiện tượng liên quan đến ánh sáng : từ sự truyền của ánh sáng đến sự tạo ra các ảnh ; từ các tính chất của ánh sáng đến bản chất ánh sáng.

CHƯƠNG V

SỰ PHẢN XẠ VÀ SỰ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

§30. SỰ TRUYỀN ÁNH SÁNG. SỰ PHẢN XẠ ÁNH SÁNG. GƯƠNG PHẪNG

Sách giáo khoa Vật lí lớp 8, đã đề cập đến một số khái niệm và định luật cơ bản của quang học. Dưới đây, ta sẽ nhắc lại những kiến thức quan trọng nhất.

1. Sự truyền ánh sáng

a) *Nguồn sáng và vật sáng* : Nguồn sáng là những vật tự phát ra ánh sáng. Các vật sáng bao gồm các nguồn sáng và các vật được chiếu sáng.

b) *Vật chắn sáng - Vật trong suốt* : Vật chắn sáng là vật không cho ánh sáng truyền qua.

Vật trong suốt là vật để cho ánh sáng truyền qua gần như hoàn toàn. Môi trường trong suốt không chứa các chất vẩn và ta không trông thấy vết của các luồng ánh sáng truyền trong đó.

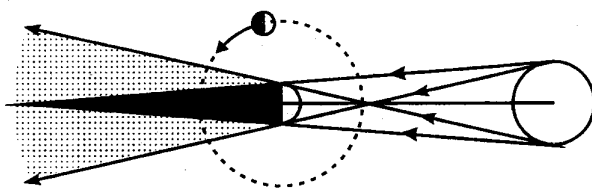
c) *Định luật truyền thẳng của ánh sáng* :

Trong một môi trường trong suốt và đồng tính, ánh sáng truyền theo đường thẳng.*

* Ta chỉ xét trường hợp ánh sáng truyền xa mép các vật chắn sáng.

Định luật về sự truyền thẳng của ánh sáng được vận dụng để giải thích các hiện tượng : sự xuất hiện vùng bóng đen và

vùng nửa tối ; nhật thực, nguyệt thực (h.5.1) và ứng dụng để ngắm đường thẳng trên mặt đất dùng các cọc tiêu...



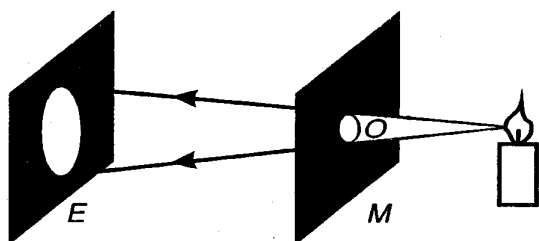
Hình 5.1

d) Tia sáng. Chùm sáng

Tia sáng là đường truyền của ánh sáng. Trong một môi trường trong suốt và đồng tính thì tia sáng là những đường thẳng.

Để có khái niệm về chùm sáng, ta làm thí nghiệm sau : Cho ánh sáng phát ra từ một nguồn S có kích thước khá nhỏ (chẳng hạn từ một ngọn nến nhỏ chiếu qua một lỗ tròn O, khoét trên một màn chắn sáng M (h.5.2).

Ta thấy có một luồng ánh sáng hình nón chiếu qua lỗ tròn. Ta gọi luồng ánh sáng đó là một chùm sáng.



Hình 5.2

Hình dạng của chùm sáng phụ thuộc vào hình dạng của lỗ.

Ta có thể quan sát được chùm sáng bằng cách thổi khói

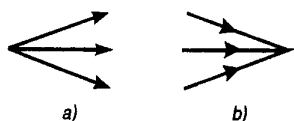
vào vùng không gian sau lỗ, hoặc bằng cách dùng một màn ảnh E đặt song song với màn M, để chắn chùm sáng. Khi đó chùm sáng sẽ tạo ra trên màn ảnh một vùng sáng hình tròn.

Trong chùm sáng này, ánh sáng phát ra từ nguồn S truyền đi theo các nửa đường thẳng qua S, nằm trong phạm vi mặt nón giới hạn của chùm. Vì vậy, ta tưởng tượng chùm sáng nói trên gồm

vô số tia sáng phát ra từ S. Đôi khi, người ta còn gọi chùm sáng là chùm tia sáng (hay chùm tia).

Có nhiều loại chùm tia sáng. Ta chỉ nghiên cứu ba loại chùm tia:

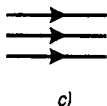
+ Chùm tia phân kì là chùm trong đó các tia sáng được phát ra từ một điểm (h.5.3) (hoặc đường kéo dài của các tia sáng ngược chiều truyền giao nhau tại một điểm).



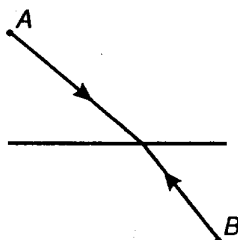
Hình 5.3

+ Chùm tia hội tụ là chùm trong đó các tia sáng giao nhau tại một điểm.

+ Chùm tia song song là chùm trong đó các tia sáng đi song song với nhau.



e) Nguyên lý về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng : Nếu AB là một đường truyền ánh sáng (một tia sáng) thì trên đường đó, có thể cho ánh sáng đi từ A đến B hoặc từ B đến A (h.5.4)

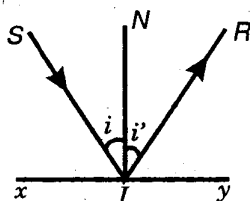


Hình 5.4

Có thể làm nhiều thí nghiệm đơn giản để kiểm nghiệm nguyên lý này.

2. Sự phản xạ ánh sáng

a) Hiện tượng phản xạ ánh sáng : Hiện tượng tia sáng bị đổi hướng, trở lại môi trường cũ khi gặp một bề mặt nhẵn gọi là hiện tượng phản xạ ánh sáng.



Hình 5.5

Bề mặt nhẵn này có thể là mặt của một vật hay mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt khác nhau.

Trên hình 5.5 đường xy biểu diễn mặt phản xạ, SI biểu diễn tia tới ; IR biểu diễn tia phản xạ, I là điểm tới.

Đường IN vuông góc với mặt phản xạ gọi là pháp tuyến với mặt phản xạ tại I.

Mặt phẳng tạo bởi tia tới SI và pháp tuyến IN gọi là mặt phẳng tới. Góc SIN gọi là góc tới (i) ; Góc NIR gọi là góc phản xạ (i').

b) Định luật phản xạ ánh sáng.

- Tia phản xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở phía bên kia pháp tuyến so với tia tới.

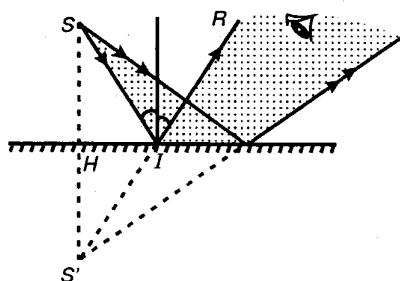
- Góc phản xạ bằng góc tới ($i' = i$).

3. Gương phẳng

a) Gương phẳng là phần mặt phẳng (nhẵn) phản xạ được hầu như hoàn toàn ánh sáng chiếu tới nó.

b) Những đặc điểm của ảnh tạo bởi gương phẳng :

- Một điểm sáng S đặt trước một gương phẳng G được gọi là vật đối với gương đó (h.5.6). S phát ra một chùm tia phân kì chiếu vào gương. Chùm tia phản xạ cũng là một chùm tia phân kì. Đường kéo dài của các tia phản xạ giao nhau tại một điểm S'. S' là ảnh của S qua gương G.



Hình 5.6

- Ảnh S' nằm đối xứng với vật S qua mặt gương

Khi nhìn vào gương thì ta thấy ảnh S'. Tuy nhiên ta không thể hứng được ảnh S' trên màn ảnh. Người ta gọi S' là một ảnh ảo.

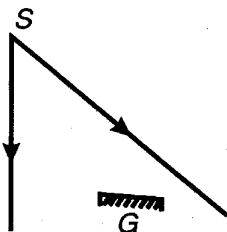
Nếu ta đặt một vật có kích thước nhất định trước gương phẳng thì ảnh của vật qua gương sẽ là tập hợp các ảnh của các điểm trên vật. Ảnh này cũng có các tính chất đã nêu ở trên. Ngoài ra, ta còn thấy nó có kích thước bằng vật, nhưng nói chung không thể chồng khít ảnh với vật được (tựa như bàn tay trái và bàn tay phải).

?

1. Phát biểu định luật truyền thẳng của ánh sáng.
2. Phát biểu nguyên lý về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng.
3. Phát biểu định luật phản xạ ánh sáng.
4. Nêu những đặc điểm của ảnh của một điểm sáng và của một vật có kích thước qua một gương phẳng.



5. Chiếu một chùm tia sáng rộng vào một gương phẳng G , kích thước có hạn (h.5.7). Vẽ chùm tia phản xạ.
6. Cho một điểm sáng S và một điểm M bất kì đặt trước một gương phẳng G . a) Vẽ tia sáng phát ra từ S , phản xạ trên gương rồi đi qua M . b) Chứng minh rằng trong vô số các đường đi từ S đến gương G rồi đến M thì đường mà ánh sáng đi theo là ngắn nhất.
7. Chiếu một tia sáng SI vào một gương phẳng G . Tia phản xạ là IR . Giữ tia tới SI cố định, quay gương G một góc α quanh một trục vuông góc với mặt phẳng tới. Tia phản xạ mới là $I'R'$. Tính góc tạo bởi IR và $I'R'$.



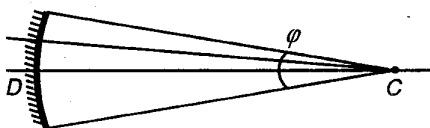
Hinh 5.7

ĐS : 7) 2α

§31. GƯƠNG CẦU LỒM

1. Các định nghĩa

Gương cầu lõm là một phần của mặt cầu (thường có dạng một chỏm cầu) phản xạ được ánh sáng mà mặt phản xạ quay về phía tâm của mặt cầu đó (h.5.8).



Hinh 5.8

Tâm của mặt cầu gọi là tâm gương (C). Đỉnh của chỏm cầu gọi là đỉnh gương (O).

Đường thẳng nối tâm và đỉnh gương gọi là trục chính của gương. Các đường thẳng khác qua tâm gọi là trục phụ.

Bất kì một mặt phẳng nào chứa trục chính cũng là một tiết diện thẳng của gương.

Góc φ tạo bởi hai trục phụ qua mép gương và nằm trong cùng một tiết diện thẳng là góc mở của gương.

Ta sẽ chỉ xét đường đi của các tia sáng nằm trong các tiết diện thẳng.

2. Sự phản xạ của một tia sáng trên gương cầu lõm

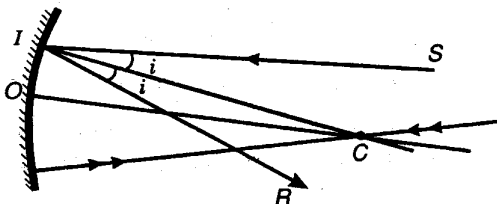
Chiếu một tia sáng SI đến gặp mặt gương tại điểm I. Muốn vẽ tia phản xạ, ta coi một mẫu nhỏ gương cầu quanh điểm tới I như một mẫu gương phẳng có pháp tuyến là bán kính của mặt cầu qua điểm I.

Như vậy, biết tia tới SI và tâm C của gương cầu, ta vẽ được tia phản xạ : tia này nằm trong mặt phẳng tạo bởi tia SI và điểm C và nằm đối xứng với tia SI qua đường IC (h.5.9)

Các trường hợp đặc biệt :

Nếu phương của tia tới đi qua tâm gương thì khi gặp gương, tia sáng sẽ bị phản xạ ngược trở lại, theo đường cũ.

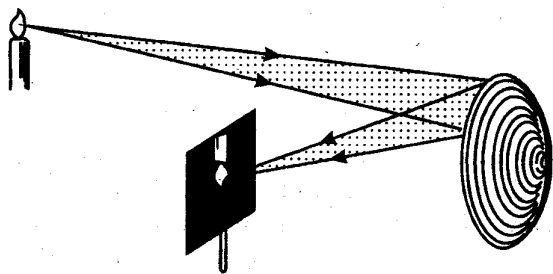
Nếu tia tới qua đỉnh gương thì tia phản xạ sẽ nằm đối xứng với tia tới qua trục chính.



Hình 5.9

3. Ảnh của một vật qua gương cầu lõm

Đặt một ngọn đèn trước một gương cầu lõm, trên trục chính và ở khá xa gương. Xê dịch một màn ảnh nhỏ dọc theo trục chính để tìm ảnh của ngọn đèn. Phải bố trí sao cho màn ảnh không che hết chùm tia sáng từ ngọn đèn chiếu vào gương và màn ảnh luôn luôn vuông góc với trục chính của gương (h.5.10).



Hình 5.10

Khi màn ảnh ở một vị trí thích hợp, ta sẽ thấy trên màn ảnh xuất hiện một ảnh của ngọn đèn ; ảnh này ngược chiều và nhỏ hơn ngọn đèn. Đó là một ảnh thật.

Xê dịch ngọn đèn lại gần gương. Ta phải xê dịch màn ảnh ra xa gương mới thu được ảnh, ảnh này lớn hơn ảnh trước.

Đèn càng gần gương thì ảnh càng xa gương và càng lớn.

Đèn tiến lại gần gương đến mức độ nào đó thì ta sẽ không hứng được ảnh của nó trên màn ảnh nữa. Lúc đó, nhìn vào gương ta sẽ thấy một ảnh cùng chiều với ngọn đèn và lớn hơn ngọn đèn. Đó là một ảnh ảo

Thực nghiệm và lí thuyết cho thấy : muốn có ảnh cho bởi gương cầu rỏ nét thì những điều kiện sau đây (gọi là điều kiện tương điểm) phải được thỏa mãn :

a) Góc mở φ của gương phải rất nhỏ.

b) Góc tới của các tia sáng trên mặt gương cũng phải rất nhỏ, tức là các tia tới phải gần như song song với trục chính.

Các góc đó phải nhỏ đến mức có thể coi sin, tang và số đo của góc, tính theo radian, là bằng nhau. Cosin của các góc đó coi như bằng 1.

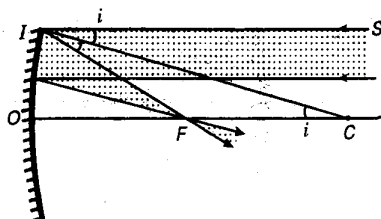
Khi các điều kiện tương điểm được thỏa mãn thì ảnh của một điểm sáng qua gương cầu lõm sẽ là một điểm sáng (chứ không phải là một vết sáng).

4. Tiêu điểm chính - Tiêu cự

a) *Thí nghiệm* : Hướng một gương cầu lõm về phía Mặt Trời sao cho trục chính của nó đi qua tâm Mặt Trời. Xê dịch một màn ảnh nhỏ, đặt vuông góc với trục chính, ta sẽ tìm được một vị trí ở đó xuất hiện một ảnh rất nhỏ, sáng chói, của Mặt Trời trên màn ảnh. ảnh này nằm trên trục chính của gương.

b) Chùm tia sáng từ Mặt Trời chiếu đến gương coi như một chùm tia song song. Nếu bỏ qua kích thước của ảnh Mặt Trời, ta có thể rút ra kết luận : *chùm tia tới song song với trục chính, sau khi phản xạ trên gương cầu lõm sẽ hội tụ tại một điểm trên trục chính. Điểm đó gọi là tiêu điểm chính của gương (Điểm F trên hình 5.11).*

c) Ta hãy tìm vị trí của điểm F :
 Xét một tia tới SI trong chùm tia song song với trục chính (h.5.11). Tia phản xạ cắt trục chính tại F . Tại I , góc tới và góc phản xạ đều bằng i . Tam giác IFC cân. Với $IC = R$ là bán kính của gương.



Hình 5.11

$$FC = \frac{R}{2 \cos i} \approx \frac{R}{2}$$

Theo điều kiện tương điểm, $\cos i \approx 1$ nên F là điểm giữa của đoạn OC . Như vậy, tất cả các tia phản xạ đều đi qua F . Nói khác đi, chùm tia phản xạ hội tụ tại F .

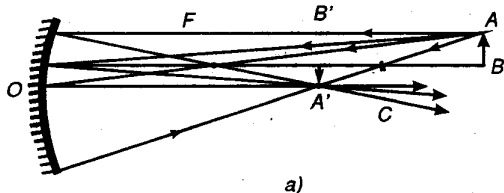
Theo nguyên lý về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng, nếu tia tới qua tiêu điểm chính thì tia phản xạ sẽ song song với trục chính.

Khoảng cách f từ đỉnh gương đến tiêu điểm chính gọi là tiêu cự của gương : $f = OF$

Ta có :
$$f = \frac{R}{2} \quad (5-1)$$

5. Cách vẽ ảnh của một vật cho bởi một gương cầu lõm

Khác với gương phẳng, tùy từng trường hợp, gương cầu lõm có thể cho ảnh thật (nằm trước gương) hoặc ảnh ảo (nằm sau gương). ảnh có thể lớn hơn vật hoặc nhỏ hơn vật v.v...

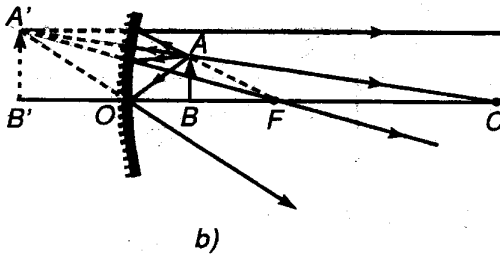


Hình 5.12a

a) Trường hợp gương cầu lõm cho ảnh thật.
 Vật AB ở ngoài tiêu điểm.

a) Ảnh của một điểm sáng nằm ngoài trục chính : Giả sử ta hãy vẽ ảnh của điểm A trên vật sáng AB (h.5.12), A phát ra một chùm tia sáng phân kì chiếu vào gương.

Nếu chùm tia phản xạ hội tụ tại một điểm A' thì A' là ảnh thật của A . Nếu



b)

Hình 5.12b

b) Trường hợp gương cầu lõm cho ảnh ảo.
Vật AB ở trong tiêu điểm.

chùm tia phản xạ phân kì thì điểm đồng quy A' của đường kéo dài của các tia phản xạ, phía sau gương, sẽ là ảnh ảo của A.

Để xác định vị trí của điểm A' , ta chỉ cần vẽ đường đi của hai trong số bốn tia đặc biệt phát ra từ A.

- Tia qua tâm gương (hoặc có đường kéo dài qua tâm). Tia này, khi gặp gương sẽ phản xạ ngược lại, qua tâm.
- Tia song song với trục chính. Sau khi phản xạ, tia này đi qua tiêu điểm chính.
- Tia qua tiêu điểm chính (hoặc có đường kéo dài qua tiêu điểm chính). Sau khi phản xạ, tia này đi song song với trục chính.
- Tia đi qua đỉnh gương. Sau khi phản xạ, tia này đi theo phương đối xứng với tia tới qua trục chính.

b) *Ảnh của một vật cho bởi một gương cầu lõm* : Ảnh của một vật là tập hợp các ảnh của các điểm trên vật. Nếu vật là một đoạn thẳng nhỏ AB, vuông góc với trục chính thì ảnh $A'B'$ của nó cũng là một đoạn thẳng nhỏ vuông góc với trục chính. Nếu vật có dạng phẳng, nhỏ, vuông góc với trục chính thì ảnh cũng là một ảnh phẳng nhỏ vuông góc với trục chính. Do đó, để vẽ ảnh $A'B'$ của vật AB nói trên (B trên trục chính), ta vẽ ảnh A' của A rồi hạ $A'B'$ vuông góc với trục chính, ta sẽ được ảnh $A'B'$ của vật AB.

Qua cách vẽ ảnh, ta thấy :

- Khi vật nằm ngoài khoảng tiêu cự của gương cầu lõm thì ảnh của nó là ảnh thật, ngược chiều với vật (h.5.12.a)
- Khi vật nằm trong khoảng OF của gương thì ảnh của nó là ảnh ảo, cùng chiều với vật (h.5.12.b)
- Khi vật nằm đúng tiêu điểm của gương thì ảnh của nó ở vô cực và ta không hứng được ảnh.

?

1. Gương cầu lõm là gì ? Tiêu điểm chính của gương là gì ?

2. Chứng minh hệ thức $f = \frac{R}{2}$

3. Nêu cách vẽ ảnh của một điểm sáng, một vật phẳng cho bởi một gương cầu lõm.

▽

4. Đặt một đoạn thẳng sáng nhỏ AB vuông góc với trục chính của một gương cầu lõm, cách đỉnh gương một khoảng d. Hãy vẽ ảnh của vật AB trong các trường hợp : a) $d = 2R$; b) $d = R$ và c) $d = R/4$. Với R là bán kính của gương.

5. Trên hình 5.13, đường thẳng xy là trục chính của một gương cầu lõm, A là một điểm sáng đặt trước gương. A' là ảnh của A trong gương. Bằng phép vẽ hãy xác định vị trí của đỉnh, tâm và tiêu điểm chính của gương.

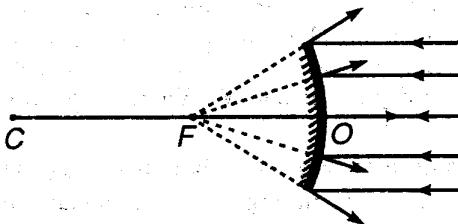


Hình 5.13

§32. GƯƠNG CẦU LỒI. CÔNG THỨC GƯƠNG CẦU NHỮNG ỨNG DỤNG CỦA GƯƠNG CẦU

1. Gương cầu lồi

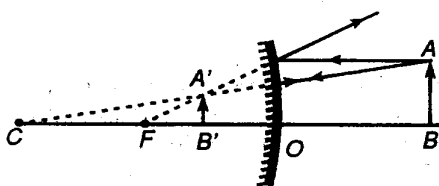
a) Gương cầu lồi là một gương cầu có tâm nằm ở sau gương. Một chùm tia sáng tới song song với trục chính của gương, sau khi phản xạ sẽ trở thành một chùm tia phân kì. Đường kéo dài ra phía sau gương của các tia phản xạ đồng quy tại một điểm F trên trục chính. F là tiêu điểm chính của gương. Đó là một tiêu điểm ảo.



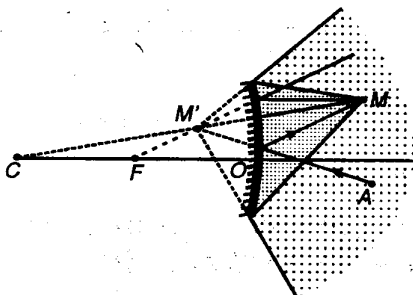
Hình 5.14

Tiêu điểm chính F cũng nằm tại trung điểm của đoạn thẳng nối đỉnh gương và tâm gương (h. 5.14).

Cách vẽ ảnh của một vật cho bởi một gương cầu lồi cũng hoàn toàn tương tự như cách vẽ ảnh cho bởi gương cầu lõm.



Hình 5.15



Hình 5.16

Ta thấy ảnh của một vật cho bởi một gương cầu lõm bao giờ cũng là một ảnh ảo, cùng chiều với vật và nhỏ hơn vật. (h. 5.15)

b) *Thị trường của gương cầu lõm* : Giả sử có một điểm sáng M đặt trước một gương cầu lõm. Chùm tia sáng phân kì phát ra từ M chiếu vào mặt gương, sau khi phản xạ sẽ trở thành một chùm tia sáng phân kì khác có đường kéo dài đi qua ảnh M' của M sau gương (h. 5.16).

Nếu mặt gương hình tròn thì chùm tia phản xạ sẽ nằm trong phạm vi một mặt nón có đỉnh là M' và mặt bên tựa lên vành gương.

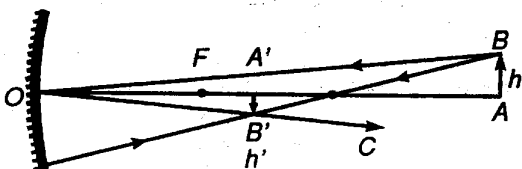
Bây giờ, thay vào vị trí của điểm sáng M, ta đặt mắt ở đó và nhìn vào gương cầu. Áp dụng nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền tia sáng, ta sẽ thấy : mỗi điểm sáng A nằm trong phạm vi mặt nón nói trên, đều có thể phát ra một tia sáng (hoặc một chùm tia hẹp) sau khi phản xạ trên gương thì đi vào mắt. Miễn là đường kéo dài của tia tới phải đi qua M'. Và mắt sẽ nhìn thấy ảnh của A trong gương.

Vùng không gian trước gương, giới hạn bởi mặt nón này gọi là *thị trường của gương cầu lõm*. Đối với những vật nằm ngoài thị trường thì người quan sát không thể trông thấy ảnh của chúng trong gương được.

Có thể chứng minh là thị trường của một gương cầu lõm bao giờ cũng lớn hơn thị trường của một gương phẳng có cùng kích thước bề mặt và ứng với cùng một vị trí đặt mắt của người quan sát.

2. Công thức gương cầu

a) *Quy ước về dấu* : Giả sử có một đoạn thẳng nhỏ AB đặt vuông góc với trục chính của một gương cầu lõm, trước gương. Điểm A nằm trên trục chính (h. 5.17). ảnh của nó là đoạn thẳng nhỏ A'B', vuông góc với trục chính, với A' trên trục chính. Ta hãy tìm công thức xác định vị trí của ảnh A'B'.



Hình 5.17

Vị trí tương đối của vật, ảnh và tiêu điểm chính đối với đỉnh gương được xác định bằng các đoạn thẳng $d = \overline{OA}$; $d' = \overline{OA'}$ và $f = \overline{OF}$. Với quy ước về dấu như sau : nếu vật AB là vật thật thì d có giá trị dương ($d > 0$) ; nếu ảnh A'B' là ảnh thật thì $d' > 0$; còn nếu A'B' là ảnh ảo thì $d' < 0$; nếu tiêu điểm F là tiêu điểm thật (gương cầu lõm) thì $f > 0$; nếu tiêu điểm F là tiêu điểm ảo (gương cầu lồi) thì $f < 0$.

Gọi h là chiều cao của vật : $h = \overline{AB}$ và h' là chiều cao của ảnh : $h' = \overline{A'B'}$ và quy ước nếu ảnh ngược chiều với vật thì h' trái dấu với h còn nếu ảnh cùng chiều với vật thì h' cùng dấu với h.

b) *Công thức gương cầu* : Xét hai tam giác đồng dạng OA'B' và OAB (h. 5.17) ta có :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \quad (1)$$

Xét hai tam giác đồng dạng CA'B' và CAB,

ta có :

$$\frac{CA'}{CA} = \frac{A'B'}{AB} \quad (2)$$

So sánh (1) và (2) suy ra :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{CA'}{CA} \quad (3)$$

Vì $OA = d$, $OA' = d'$ và $CA' = OC - OA' = 2f - d'$

$CA = OA - OC = d - 2f$

Thay các giá trị này vào (3), ta có :

$$\frac{2f - d'}{d - 2f} = \frac{d'}{d} \text{ hay } 2dd' = 2df + 2d'f$$

Chia 2 vế cho $2dd'f$, ta được

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \quad (5-2)$$

Công thức này dùng được cả cho gương cầu lõm và cho các trường hợp tạo ảnh khác.

c) **Độ phóng đại của ảnh** : Độ phóng đại của ảnh là tỉ số giữa chiều cao của ảnh và chiều cao của vật.

$$k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

Theo như chứng minh ở trên :

$$k = -\frac{d'}{d} \quad (5-3)$$

$k > 0$ ứng với trường hợp ảnh cùng chiều với vật và $k < 0$ ứng với trường hợp ảnh ngược chiều với vật. Giá trị tuyệt đối của k cho biết độ lớn tỉ đối của ảnh so với vật.

3. Những ứng dụng của gương cầu

a) **Gương cầu lõm** : Gương cầu lõm có nhiều ứng dụng.

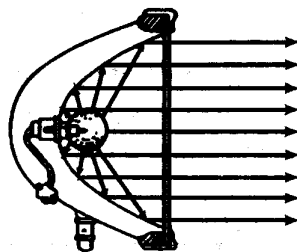
- Trong các lò mặt trời, người ta dùng những gương cầu lõm có bề mặt rất lớn để tập trung năng lượng của ánh sáng mặt trời vào tiêu điểm của gương. Tại đó, người ta đặt các bộ phận sử dụng năng lượng mặt trời (lò hơi, lò nung v.v...)

- Trong các kính thiên văn phản xạ, người ta dùng một gương cầu lõm rất lớn để tạo ra ở tiêu điểm của nó ảnh thật của các thiên thể mà người ta cần nghiên cứu (Mặt Trời, Mặt Trăng, các sao v.v...).

Ở một số loại đèn chiếu v.v... để tạo được một chùm tia sáng song song đủ mạnh chiếu đi xa, người ta dùng một gương cầu lõm và đặt nguồn sáng tại tiêu điểm của gương.

Muốn tập trung được nhiều năng lượng ánh sáng theo phương của chùm tia song song thì gương phải có góc mở lớn. Gương cầu lõm không thỏa mãn được yêu cầu này vì bị giới hạn bởi điều kiện tương điểm. Vì thế trong các đèn pha ô tô, xe máy người ta phải thay gương cầu lõm bằng gương parabolit tròn xoay (h. 5.18).

- Ở các đèn bàn hay đèn chiếu v.v... ánh sáng từ bóng đèn phát ra theo đủ mọi hướng. Do đó, ta chỉ sử dụng được một phần ánh sáng của bóng đèn. Để tăng cường phần ánh sáng có ích, đôi khi ta dùng một chao đèn hình chỏm cầu và đặt dây tóc bóng đèn ở tâm của chỏm cầu. Các tia sáng khi gặp chao đèn sẽ phản xạ ngược trở lại. Như vậy, phần ánh sáng sử dụng được sẽ tăng lên rất nhiều.



Hình 5.18

Ở các bóng đèn chiếu, đôi khi người ta mạ một lớp bạc ở một phần thành trong của bóng.

- Gương cầu lõm còn được sử dụng trong một số công việc ở các bệnh viện và trong việc trang điểm của các diễn viên v.v...

b) *Gương cầu lồi* : Gương cầu lồi được dùng làm gương nhìn sau của ô tô, xe máy v.v...

?

1. Gương cầu lồi là gì ? Nêu những đặc điểm của ảnh của một vật trong gương cầu lồi.
2. Trình bày khái niệm về thị trường của một gương cầu lồi.
3. Chứng minh công thức gương cầu.
4. Nêu những ứng dụng của gương cầu.

▽

5. Đặt một vật AB có dạng một đoạn thẳng ngắn vuông góc với trục chính của một gương cầu lồi, trước gương, cách gương 50cm. Gương có bán kính 1m. Xác định vị trí, tính chất và độ phóng đại của ảnh. Vẽ ảnh theo đúng tỉ lệ.
6. Đặt một vật AB vuông góc với trục chính của một gương cầu lõm, cách gương 20cm. Ta thấy có một ảnh ảo lớn gấp ba lần AB. Tính tiêu cự của gương. Vẽ hình.
7. Đặt một vật AB vuông góc với trục chính của một gương cầu lõm. A nằm trên trục chính. Gọi O, C và F là đỉnh, tâm và tiêu điểm chính của gương. Hãy vẽ ảnh của vật AB trong các trường hợp sau đây :
a) A nằm ngoài đoạn OC ; b) A nằm tại điểm C ; c) A nằm trong đoạn CF ;
d) A nằm trong đoạn FO ;

Trong mỗi trường hợp hãy cho biết :

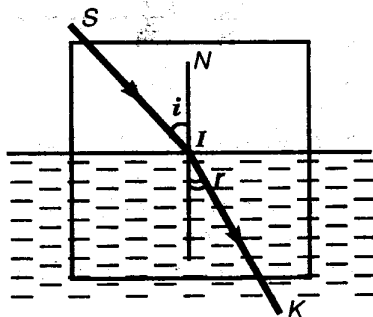
- Vị trí tương đối của ảnh A'B' (A'B' nằm trong khoảng nào).
- Kích thước tỉ đối của ảnh (lớn hơn hay nhỏ hơn vật).
- Tính chất của ảnh.

ĐS : 5) $d' = -25\text{cm}$, $k = 1/2$. 6) 30cm

§33. SỰ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

1. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng

a) *Thí nghiệm* : Chiếu một chùm tia sáng song song hẹp SI (coi như một tia sáng) vào mặt phân cách giữa không khí và nước, dựng trong một bể nhỏ có thành bằng thủy tinh phẳng, thẳng đứng.



Hình 5.19

Tia tới SI nghiêng trên mặt phân cách (h. 5.19). Ta sẽ thấy có một phần chùm tia sáng đi xuyên vào trong nước ; nhưng tại điểm tới I, tia sáng bị gãy khúc. Hiện tượng này gọi là hiện tượng khúc xạ ánh sáng. Tia sáng đi trong nước gọi là tia khúc xạ (IK).

Ta có thể quan sát dễ dàng đường đi của tia tới và tia khúc xạ, nếu cho chúng đi là là mặt của bảng gỗ con sơn trắng.

b) *Hiện tượng khi ánh sáng truyền qua một mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt, tia sáng bị gãy khúc (đổi hướng đột ngột) ở mặt phân cách gọi là hiện tượng khúc xạ ánh sáng.*

2. Định luật khúc xạ ánh sáng

a) Các thí nghiệm :

Thí nghiệm 1. Trong thí nghiệm trên, ta đặt bảng gỗ vuông góc với mặt nước và thay đổi góc tới sao cho tia tới SI quét là là mặt bảng. Ta sẽ thấy tia khúc xạ IK cũng quét là là mặt bảng đó. Như vậy, tia khúc xạ và tia tới luôn luôn nằm trong cùng một mặt phẳng vuông góc với mặt phân cách. Mặt phẳng này chính là mặt phẳng tới. Nó chứa tia tới SI và pháp tuyến IN của mặt phân cách ở điểm tới I.

Thí nghiệm 2. Thí nghiệm này nhằm mục đích xác định vị trí của tia khúc xạ trong mặt phẳng tới. Muốn vậy, người ta đo chính xác góc tới i (góc tạo bởi tia tới và pháp tuyến) và góc khúc xạ r

(góc tạo bởi tia khúc xạ và pháp tuyến) và tìm mối liên hệ giữa hai góc đó.

Thí nghiệm này đã được người ta thực hiện từ rất xa xưa. Thoạt đầu, người ta tưởng rằng góc khúc xạ tỉ lệ với góc tới. Tuy nhiên, thực nghiệm cho thấy điều này chỉ đúng đối với những góc tới nhỏ và hoàn toàn sai khi góc tới lớn. Mãi đến năm 1621, Xnen (người Hà Lan) bằng thực nghiệm mới phát hiện ra là sin của góc khúc xạ tỉ lệ với sin của góc tới. Sau đó ít lâu, Đêcac (người Pháp) đã chứng minh kết quả này bằng lí thuyết và phát biểu nó dưới dạng một định luật.

Thí nghiệm nghiên cứu hệ thức giữa sini và sinr được mô tả kĩ trong bài thực hành.

b) Định luật khúc xạ ánh sáng :

+ Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở bên kia pháp tuyến so với tia tới.

+ Đối với một cặp môi trường trong suốt nhất định thì tỉ số giữa sin của góc tới (sin i) với sin của góc khúc xạ (sin r) luôn luôn là một số không đổi. Số không đổi này phụ thuộc vào bản chất của hai môi trường và được gọi là chiết suất tỉ đối của môi trường chứa tia khúc xạ (môi trường 2) đối với môi trường chứa tia tới (môi trường 1) ; kí hiệu là n_{21}

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} \quad (5-4)$$

Thí dụ : khi ánh sáng truyền từ không khí vào nước

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{\text{nước-không khí}} = 1,333 \approx \frac{4}{3}.$$

Khi ánh sáng truyền từ không khí vào thủy tinh

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{\text{thủy tinh-không khí}} = 1,5 = \frac{3}{2}$$

+ Nếu $n_{21} > 1$ thì góc khúc xạ nhỏ hơn góc tới. Ta nói môi trường 2 *chiết quang hơn* môi trường 1.

+ Nếu $n_{21} < 1$ thì góc khúc xạ lớn hơn góc tới. Ta nói môi trường 2 *chiết quang kém* môi trường 1.

+ Nếu $i = 0$ thì $r = 0$: tia sáng chiếu vuông góc với mặt phân cách sẽ truyền thẳng.

+ Nếu chiếu tia tới theo hướng KI (h. 5.19) thì tia khúc xạ sẽ đi theo hướng IS (theo nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng). Do đó, ta có :

$$n_{21} = \frac{1}{n_{12}} \quad (5-5)$$

3. Chiết suất tuyệt đối

Chiết suất tuyệt đối của một môi trường là chiết suất của nó đối với chân không.

Dưới đây là bảng giá trị của chiết suất tuyệt đối của một số môi trường rắn, lỏng và khí (*)

Thủy tinh thường	1,52	Nước	1,333	Không khí	1,000293
Thủy tinh cao	1,51	Rượu	1,3	Khí CO ₂	1,00045
Thủy tinh flin	1,65	Benzen	1,5	Hidrô	1,00014
Muối ăn	1,54	Glyxêrin	1,47		
Kim cương	2,42	Sunfuacacbon	1,63		
Nước đá	1,31				

Vì chiết suất của không khí xấp xỉ bằng 1, nên khi không cần độ chính xác cao, ta có thể coi chiết suất của một chất đối với không khí bằng chiết suất tuyệt đối của nó.

Giữa chiết suất tỉ đối n_{21} của môi trường 2 đối với môi trường 1 và các chiết suất tuyệt đối n_2 và n_1 của chúng có hệ thức sau :

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad (5-6)$$

’ Ngoài ra, dựa vào thuyết về bản chất sóng của ánh sáng mà Huyghen đề ra, người ta đã chứng minh được rằng :

(*) Thực ra, chiết suất của các môi trường còn phụ thuộc vào màu sắc của ánh sáng (Xem chương VII). Các số liệu cho trong bảng này là giá trị chiết suất của các môi trường đối với ánh sáng vàng do hơi natri phát ra.

Chiết suất tuyệt đối của các môi trường trong suốt tỉ lệ nghịch với vận tốc truyền của ánh sáng trong các môi trường đó.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (5-7)$$

Trong hệ thức (5-7), nếu môi trường 1 là chân không thì ta có $n_1 = 1$ và $v_1 = c = 3.10^8$ m/s.

Kết quả ta được

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \text{ hay } v_2 = \frac{c}{n_2} \quad (5-8)$$

Vì vận tốc truyền ánh sáng trong các môi trường đều nhỏ hơn vận tốc truyền ánh sáng trong chân không, nên *chiết suất tuyệt đối của các môi trường luôn luôn lớn hơn 1.*

Hệ thức (5-8) cho ta thấy : *chiết suất tuyệt đối của môi trường trong suốt cho biết vận tốc truyền ánh sáng trong môi trường đó nhỏ hơn vận tốc truyền ánh sáng trong chân không bao nhiêu lần.*

?

1. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng là gì ? Phát biểu định luật khúc xạ ánh sáng.
2. Chiết suất tỉ đối là gì ? Chiết suất tuyệt đối là gì ? Nêu hệ thức giữa hai loại chiết suất đó.
3. Nêu hệ thức giữa chiết suất tuyệt đối và vận tốc truyền của ánh sáng. Từ đó nêu ý nghĩa của chiết suất tuyệt đối của các môi trường.

▽

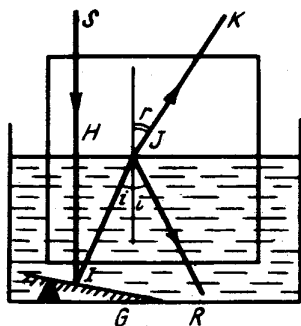
4. Chiếu một tia sáng từ không khí vào một môi trường có chiết suất n . Tìm công thức tính góc tới trong trường hợp tia khúc xạ vuông góc với tia phản xạ.
5. Chiếu một tia sáng từ nước ra ngoài không khí. Tính góc khúc xạ, biết góc tới bằng :
a) 30° ; b) 45° và c) 60° . Chiết suất của nước là $4/3$.
6. Một cái cọc được cắm thẳng đứng trong một bể rộng, đáy nằm ngang, chứa đầy nước. Phần cọc nhô trên mặt nước dài 0,6m. Bóng của cái cọc trên mặt nước dài 0,8m ; ở dưới đáy bể dài 1,7m. Tính chiều sâu của bể nước. Chiết suất của nước là $4/3$.

D.S : 5) a) $41^\circ 50'$; b) $70^\circ 30'$; c) không có tia khúc xạ. 6) 1,2m.

§34. HIỆN TƯỢNG PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

1. Hiện tượng phản xạ toàn phần

Chiếu một chùm tia sáng song song hẹp (coi như một tia sáng SH) từ không khí vào nước theo phương vuông góc với mặt nước.



Hình 5.20

Nước được chứa trong một bể nhỏ có thành bằng thủy tinh phẳng, thẳng đứng. Dưới đáy bể có một gương phẳng G đặt nghiêng. Độ nghiêng của gương G có thể thay đổi được (h. 5.20). Tia SH đến gặp mặt gương G ở điểm I. Nó bị phản xạ trở lại gặp mặt nước ở J. Tại đó, một phần chùm tia sáng bị phản xạ (tia JR) và một phần khúc xạ ra ngoài không khí (tia JK).

Ta có thể quan sát được đường đi của các tia IJ, JR và JK bằng cách cho chúng đi là là mặt của

một bảng gỗ nhỏ sơn trắng. Tăng dần độ nghiêng của gương G : góc tới i của tia tới IJ trên mặt phân cách cũng tăng dần. Kết quả, ta thấy như sau :

+ Khi góc tới i còn nhỏ thì tia khúc xạ JK rất sáng còn tia phản xạ JR rất mờ.

+ Khi góc tới i tăng lên thì góc khúc xạ r cũng tăng nhưng r luôn luôn lớn hơn i . Đồng thời, ta thấy tia phản xạ sáng dần lên còn tia khúc xạ mờ dần đi.

+ Khi góc tới i đạt tới một giá trị nào đó (mà ta gọi là góc giới hạn phản xạ toàn phần : i_{gh}) thì góc khúc xạ $r = 90^\circ$.

Lúc đó tia khúc xạ đi là là mặt phân cách và rất mờ, còn tia phản xạ rất sáng.

+ Nếu tiếp tục tăng i sao cho $i > i_{gh}$ thì sẽ không còn tia khúc xạ nữa. Toàn bộ tia tới bị phản xạ. Do đó tia phản xạ sáng như tia tới. Đó là hiện tượng phản xạ toàn phần.

2. Các điều kiện để có hiện tượng phản xạ toàn phần

Trước hết, hiện tượng phản xạ toàn phần chỉ có thể xảy ra trên mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt khi tia sáng truyền theo chiều từ môi trường chiết quang hơn (có chiết suất lớn hơn) sang môi trường chiết quang kém (có chiết suất nhỏ hơn).

Chẳng hạn có thể xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần khi tia sáng truyền theo chiều từ nước sang không khí, từ thủy tinh sang không khí, từ thủy tinh sang nước v.v...

Ngoài ra, góc tới của tia sáng trên mặt phân cách phải lớn hơn hoặc bằng góc giới hạn phản xạ toàn phần (i_{gh}). Khi $i = i_{gh}$ thì hiện tượng phản xạ toàn phần bắt đầu xảy ra.

3. Góc giới hạn phản xạ toàn phần

Khi chưa xảy ra phản xạ toàn phần, ta có :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \text{ với } n_2 < n_1$$

Khi bắt đầu có phản xạ toàn phần thì $i = i_{gh}$ và $r = 90^\circ$.

$$\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} \quad (5-9)$$

Nếu tia sáng đi theo chiều từ một môi trường trong suốt nào đó (nước, thủy tinh v.v...) ra không khí thì $n_2 = 1$ và

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n_1} \quad (5-10)$$

Thí dụ : với nước : $n \approx \frac{4}{3}$ thì $i_{gh} \approx 48^\circ 30'$

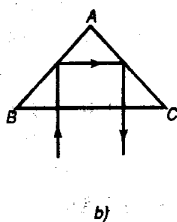
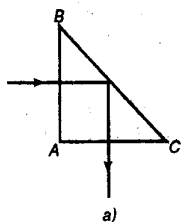
4. Một vài ứng dụng của hiện tượng phản xạ toàn phần

a) *Lăng kính phản xạ toàn phần* : Lăng kính phản xạ toàn phần là một khối thủy tinh hình lăng trụ đứng, có tiết diện thẳng là một tam giác vuông cân ABC (h. 5.21)*

* Ở các lăng kính khác cũng có thể xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần của tia sáng đi trong lăng kính. Tuy nhiên, những lăng kính này không gọi là lăng kính phản xạ toàn phần.

Có hai cách sử dụng lăng kính phản xạ toàn phần

+ Chiếu tia tới vuông góc với mặt bên (AB chẳng hạn) của lăng kính. Tia sáng đi trong lăng kính sẽ bị phản xạ toàn phần trên mặt huyền BC của lăng kính. (Góc giới hạn phản xạ toàn phần của thủy tinh vào khoảng $41^{\circ}50'$) (h. 5.21a)

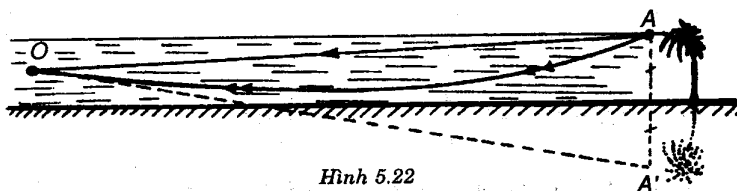


Hình 5.21

+ Chiếu tia tới vuông góc với mặt huyền BC của lăng kính. Tia sáng sẽ bị phản xạ toàn phần hai lần liên tiếp trên mặt bên (h. 5.21b).

Lăng kính phản xạ toàn phần được dùng thay gương phẳng trong một số dụng cụ quang học như ống nhòm, kính tiềm vọng v.v... vì nó có ưu điểm là không cần lớp mạ và tỉ lệ phần trăm ánh sáng phản xạ rất lớn.

b) Các ảo tượng : Đó là các hiện tượng quang học xảy ra trong khí quyển do có sự phản xạ toàn phần của tia sáng trên mặt phân cách giữa lớp không khí lạnh (có chiết suất lớn) và lớp không khí nóng (có chiết suất nhỏ) (xem hình 5.22).



Hình 5.22

c) Sợi quang học : Hiện tượng phản xạ toàn phần được ứng dụng trong các sợi quang học. Sợi quang học là những sợi bằng chất trong suốt, dễ uốn, có thành nhẵn, hình trụ. Một tia sáng đi vào bên trong sợi ở một đầu sẽ bị phản xạ toàn phần nhiều lần liên tiếp ở thành trong của sợi, rồi ló ra khỏi sợi ở đầu bên kia. Như vậy, sợi quang học đóng vai trò như một "ống dẫn ánh sáng". Sợi quang học có nhiều ứng dụng trong khoa học và kĩ thuật hiện đại, cũng như trong y học.

?

- Hiện tượng phản xạ toàn phần là gì ? Nêu các điều kiện để hiện tượng này xảy ra.
- Nêu và phân tích một số thí dụ ứng dụng hiện tượng phản xạ toàn phần.
- Một ngọn đèn nhỏ S nằm dưới đáy của một bể nước nhỏ, sâu 20cm. Hỏi phải thả nổi trên mặt nước một tấm gỗ mỏng có vị trí, hình dạng và kích thước nhỏ nhất là bao nhiêu để vừa vặn không có tia sáng nào của ngọn đèn lọt qua mặt thoáng của nước ? Chiết suất của nước là $4/3$.
- Cho một lăng kính phản xạ toàn phần có chiết suất là $n = \sqrt{2}$. Chiếu một tia sáng, nằm trong một tiết diện thẳng ABC của lăng kính, theo phương song song với mặt huyền BC, đến gặp mặt bên AB của lăng kính tại một điểm I, gần đỉnh B. Hãy vẽ tiếp đường đi của tia sáng.

ĐS : 3) Tấm gỗ hình tròn, tâm nằm trên đường thẳng đứng qua S, bán kính bằng 22,7cm.

§35. LĂNG KÍNH

1. Định nghĩa

Lăng kính là một khối chất trong suốt (thủy tinh, thạch anh, nước v.v...) hình lăng trụ đứng, có tiết diện thẳng là một hình tam giác.

Hai mặt của lăng kính để sử dụng được mài phẳng nhẵn và gọi là hai mặt bên (hai mặt $ABB'A'$ và $ACC'A'$ trên hình 5.23).

Mặt còn lại $BCC'B'$ gọi là mặt đáy của lăng kính. Mặt này có thể không dùng đến, nên có khi nó được mài nhám hoặc bôi đen.

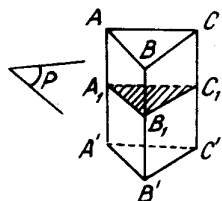
Góc nhị diện A tạo bởi hai mặt bên gọi là góc chiết quang của lăng kính.

Giao tuyến AA' của hai mặt bên gọi là cạnh của lăng kính.

Một mặt phẳng P vuông góc với cạnh sẽ cắt lăng kính theo một tiết diện thẳng ($A_1B_1C_1$)

Ta chỉ xét những tia sáng khi đi qua lăng kính nằm trong một tiết diện thẳng nhất định.

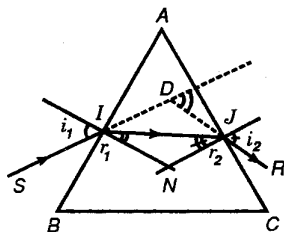
Gọi n là chiết suất tỉ đối của chất làm lăng kính đối với môi trường trong đó đặt lăng kính. Ta thường gọi tắt n là chiết suất của lăng kính.



Hình 5.23

2. Đường đi của một tia sáng đơn sắc qua một lăng kính - Góc lệch

Thực ra, chiết suất của một lăng kính nhất định đối với những tia sáng có màu khác nhau thì khác nhau. Ở đây, ta chỉ xét đường đi của một tia sáng đơn sắc (có một màu nhất định) qua lăng kính. Đối với tia này, lăng kính có một chiết suất nhất định. Ta xét trường hợp $n > 1$ và tia tới từ phía đáy lăng kính đi lên (h. 5.24).



Hình 5.24

Một đặc điểm rất quan trọng của sự truyền ánh sáng qua một lăng kính (có $n > 1$), là : sau khi qua lăng kính, hướng của tia ló bị lệch về phía đáy của lăng kính so với hướng của tia tới. Đó là vì : khi khúc xạ tại điểm I, tia khúc xạ IJ đã bị lệch về phía đáy BC (h. 5.24) ; tiếp đó, khi khúc xạ tại điểm J, tia ló JR lại bị lệch thêm về phía đáy BC.

Ta gọi góc lệch D giữa tia ló và tia tới là góc phải quay tia tới SI để nó trùng về phương và chiều với tia ló JR (h. 5.24).

3. Các công thức về lăng kính

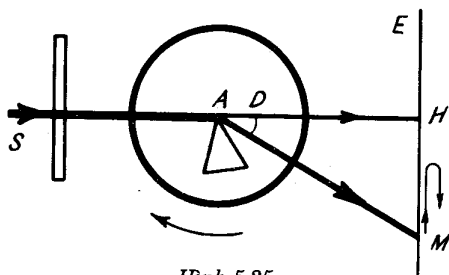
Ta có thể tính được góc lệch D của tia ló, nếu biết góc tới i_1 của tia sáng tới SI, góc chiết quang A và chiết suất n của lăng kính. Thực vậy, ta có thể chứng minh dễ dàng các công thức sau :

$$\begin{cases} \sin i_1 = n \sin r_1 \\ \sin i_2 = n \sin r_2 \\ A = r_1 + r_2 \\ D = i_1 + i_2 - A \end{cases} \quad (5-11)$$

4. Góc lệch cực tiểu

Đối với một lăng kính nhất định, thì góc lệch D của tia ló chỉ còn phụ thuộc vào góc tới i_1 của tia tới. Khi cho i_1 biến thiên thì D cũng biến thiên, nhưng sẽ đi qua một giá trị cực tiểu $D_{\min}$. Điều này có thể thấy rõ qua thí nghiệm sau (h. 5.25). Đặt một lăng kính thủy tinh trên một bàn quay, sao cho cạnh của lăng kính

nằm dọc theo trục của bàn quay. Chiếu một chùm tia sáng SA đơn sắc, song song hẹp vào cạnh của lăng kính sao cho một phần của chùm tia không qua lăng kính. Phần này cho một vết sáng H trên một màn của E đặt vuông góc với



Hình 5.25

phương SA. Một phần của chùm tia sáng đi qua lăng kính, bị lệch về phía đáy lăng kính và cho trên màn ảnh E một vết sáng M. Góc HAM chính là góc lệch D của tia ló. Quay từ từ bàn quay theo chiều mũi tên. Ta sẽ thấy vết sáng H đứng yên, còn vết sáng M dịch chuyển lại gần H (D giảm). Đến một lúc nào đó thì vết sáng M dừng lại (ứng với $D_{\min}$), rồi dịch chuyển ngược lại, ra xa H (D tăng).

Dựa vào các công thức về lăng kính, người ta chứng minh được là : khi góc lệch D có giá trị cực tiểu $D_{\min}$ thì góc ló bằng góc tới : $i_2 = i_1$. Lúc đó ta cũng có $r_2 = r_1$, nghĩa là các tam giác NIJ và DIJ trên hình 5.24 là các tam giác cân ; mặt phẳng phân giác của góc chiết quang trở thành mặt phẳng đối xứng của đường đi tia sáng qua lăng kính.

Kết quả này cũng dễ hiểu, vì các công thức (5-11) cho thấy : D phụ thuộc như nhau vào i_1 và i_2 . Do đó, cực tiểu của D ứng với giá trị nào của i_1 thì nó cũng ứng với giá trị như vậy của i_2 .

Từ các công thức (5-11), với $i_1 = i_2$ và $r_1 = r_2$, ta suy ra công thức tính góc lệch cực tiểu $D_{\min}$:

$$\sin \frac{D_{\min} + A}{2} = n \sin \frac{A}{2} \quad (5-12)$$

Công thức (5-12) cho thấy $D_{\min}$ chỉ phụ thuộc A và n. Nó là một đặc trưng quan trọng của lăng kính.

Nếu đo được $D_{\min}$ và A, ta sẽ tính được n. Đó là cơ sở của phép đo chiết suất các chất rắn và chất lỏng bằng giác kế (máy đo góc).

?

1. Lăng kính là gì ? Khi một tia sáng truyền qua một lăng kính có chiết suất tỉ đối $n > 1$ thì tia sẽ bị lệch đi như thế nào ?

2. Viết và chứng minh các công thức để tính góc lệch D và góc lệch cực tiểu $D_{\min}$ của tia sáng khi đi qua lăng kính.

▽

3. Cho một lăng kính có góc chiết quang $A = 60^\circ$ và chiết suất $n = \sqrt{2}$. Chiếu một tia sáng, nằm trong một tiết diện thẳng của lăng kính, vào mặt bên của lăng kính dưới góc tới $i_1 = 45^\circ$.

a) Tính góc lệch của tia sáng.

b) Nếu ta tăng hoặc giảm góc tới một vài độ thì góc lệch thay đổi thế nào ? Tại sao ?

4. Cho một lăng kính có chiết suất $n = \sqrt{3}$ và có tiết diện thẳng là một tam giác đều. Chiếu một tia sáng, nằm trong một tiết diện thẳng của lăng kính, vào mặt bên của nó.

a) Tính góc tới và góc lệch của tia sáng ứng với trường hợp góc lệch là cực tiểu. b) Vẽ tiếp đường đi của tia sáng trong trường hợp tia tới vuông góc với mặt bên của lăng kính.

5. Cho một lăng kính thủy tinh có dạng nêm, góc chiết quang là 6° coi là góc nhỏ và chiết suất là 1,6. Chiếu một tia sáng vào mặt bên dưới góc tới rất nhỏ. Tìm biểu thức và tính giá trị của góc lệch của tia ló.

ĐS : 3) a) 30° , b) góc lệch tăng lên.

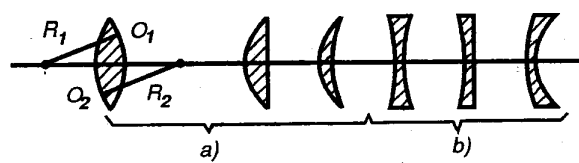
4) a) $i_1 = 60^\circ$; $D_{\min} = 60^\circ$.

5) $D = A(n - 1) = 3^\circ 36'$

§ 36. THẤU KÍNH MỎNG

1. Định nghĩa

Thấu kính là một khối chất trong suốt giới hạn bởi hai mặt cong, thường là hai mặt cầu. Một trong hai mặt có thể là mặt phẳng (h. 5.26)



Hình 5-26

a) Thấu kính rìa mỏng hay thấu kính hội tụ.

b) Thấu kính rìa dày hay thấu kính phân kì.

Thấu kính mỏng là thấu kính có khoảng cách giữa hai đỉnh (O_1 và O_2) của hai chỏm cầu rất nhỏ so với bán kính R_1 và R_2 của các mặt cầu :

$$O_1O_2 \ll R_1, R_2.$$

Ta chỉ xét trường hợp thấu kính mỏng có mặt cầu, đặt trong một môi trường đồng tính và gọi n là chiết suất tỉ đối của thấu kính đối với môi trường đó (giả sử $n > 1$).

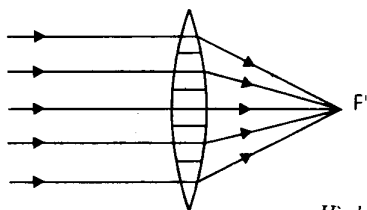
Căn cứ vào hình dạng và tác dụng của các thấu kính, người ta phân thấu kính ra làm hai loại : *thấu kính hội tụ* (còn gọi là thấu kính rìa mỏng) và *thấu kính phân kì* (còn gọi là thấu kính rìa dày).

Đường thẳng nối tâm của hai chỏm cầu gọi là *trục chính* của thấu kính. Trong trường hợp thấu kính có một mặt cầu và một mặt phẳng thì trục chính là đường thẳng đi qua tâm của mặt cầu và vuông góc với mặt phẳng.

2. Tiêu điểm chính. Quang tâm. Tiêu cự của thấu kính

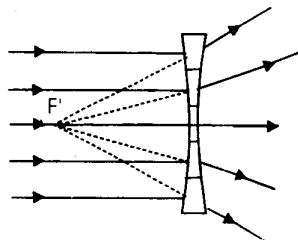
a) Hướng một chùm tia sáng mặt trời vào một thấu kính rìa mỏng sao cho trục chính của thấu kính đi qua tâm Mặt Trời. Xê dịch một màn ảnh phía sau thấu kính sao cho màn ảnh luôn luôn vuông góc với trục chính của thấu kính. Ta sẽ thấy có một vị trí tại đó ta thu được một ảnh của Mặt Trời, rất nhỏ, sáng chói nằm tại một điểm trên trục chính. Nếu bỏ qua kích thước của ảnh, ta có thể coi như chùm tia sáng mặt trời đi song song với trục chính của thấu kính rìa mỏng, sau khi qua thấu kính, đã hội tụ tại một điểm (điểm F' hình 5.27.a)

Điểm này là một *tiêu điểm chính của thấu kính*. Vì lí do đó, thấu kính rìa mỏng còn gọi là thấu kính hội tụ.



a)

Hình 5.27



b)

Vậy : nếu các tia tới song song với trục chính của một thấu kính hội tụ thì các tia ló của chúng sẽ cùng cắt trục chính tại tiêu điểm chính (F') của thấu kính.

Theo nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng, nếu tia tới đi qua tiêu điểm chính của thấu kính hội tụ thì tia ló sẽ song song với trục chính.

Ta có thể giải thích hiện tượng này như sau : tưởng tượng chia thấu kính thành nhiều phần nhỏ ; mỗi phần coi như một lăng kính có góc chiết quang nhỏ (h. 5.27a). Hệ thống lăng kính này có đáy hướng về phía trục chính của thấu kính. Các lăng kính càng nằm gần rìa có góc chiết quang càng lớn. Vì khi qua lăng kính, các tia sáng bị lệch về phía đáy lăng kính so với tia tới, nên các lăng kính này đã làm cho các tia ló lệch về phía trục chính. Tia càng nằm gần rìa càng bị lệch nhiều. Do đó chúng sẽ hội tụ tại cùng một điểm. Ở các giáo trình vật lí đại cương, người ta sẽ chứng minh chặt chẽ chùm tia ló là chùm tia đồng quy.

Đối với thấu kính rìa dày (thấu kính phân kì), khi chùm tia tới song song với trục chính thì chùm tia ló sẽ bị phân kì và đường kéo dài của các tia ló ra phía trước thấu kính sẽ cắt trục chính tại một điểm F' , gọi là *tiêu điểm chính* của thấu kính phân kì (h. 5.27b). Ta gọi tiêu điểm chính này là một tiêu điểm ảo.

Ta cũng giải thích sự khúc xạ của các tia sáng qua thấu kính phân kì tương tự như đối với thấu kính hội tụ (xem h. 5.27b).

b) Phần giữa của thấu kính, nằm giữa hai đỉnh của hai chỏm cầu coi như một bản trong suốt rất mỏng có hai mặt song song với nhau. Hai đỉnh của chỏm cầu coi gần như trùng với nhau tại đó. Tia sáng đi qua điểm này sẽ truyền thẳng. Điểm này gọi là *quang tâm* của thấu kính và được kí hiệu bằng chữ O.

Các đường thẳng đi qua quang tâm O và không trùng với trục chính được gọi là *các trục phụ*.

Thực nghiệm cho thấy mỗi thấu kính mỏng có hai tiêu điểm chính nằm đối xứng với nhau ở hai bên quang tâm.

Chúng được kí hiệu bằng các chữ F và F' . Một tiêu điểm gọi là tiêu điểm vật (F), còn tiêu điểm kia gọi là *tiêu điểm ảnh* (F').

Tiêu điểm ảnh là điểm mà tia ló (hoặc đường kéo dài của nó) sẽ đi qua, nếu tia tới song song với trục chính. Còn tiêu điểm vật (F) là tiêu điểm mà khi tia tới qua đó sẽ cho một tia ló song song với trục chính. Rõ ràng là sự phân định này phụ thuộc vào chiều của tia tới.

Khoảng cách f từ quang tâm đến các tiêu điểm chính gọi là *tiêu cự của thấu kính*.

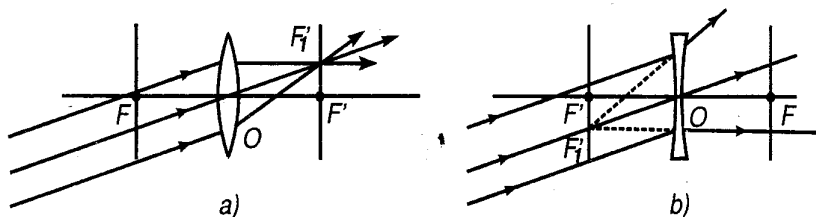
$$f = OF = OF''$$

3. Các tiêu điểm phụ. Tiêu diện của thấu kính

a) Thực nghiệm cho thấy nếu chùm tia tới song song với một trục phụ của một thấu kính hội tụ thì chùm tia ló sẽ hội tụ tại một điểm F'_1 trên trục phụ đó. F'_1 là một *tiêu điểm phụ* của thấu kính hội tụ (h. 5.28a).

Đối với thấu kính phân kì, khi chùm tia tới song song với một trục phụ thì chùm tia ló sẽ là chùm tia phân kì mà đường kéo dài của các tia ló về phía trước thấu kính đồng quy tại một điểm F'_1 trên trục phụ đó. F'_1 là một tiêu điểm phụ của thấu kính phân kì. Tiêu điểm này là tiêu điểm ảo (h. 5.28b)

b) Có vô số tiêu điểm phụ : các tiêu điểm phụ đều nằm trên một



Hình 5.28

mặt phẳng vuông góc với trục chính tại tiêu điểm chính. Mặt phẳng đó gọi là *tiêu diện của thấu kính*. Mỗi thấu kính có hai tiêu diện nằm ở hai bên quang tâm (h. 5.28).

4. Độ tụ của thấu kính

Độ tụ của thấu kính là đại lượng đo bằng nghịch đảo của tiêu cự của nó. Ta ký hiệu độ tụ bằng chữ D .

$$D = \frac{1}{f} \quad (5-13)$$

Đơn vị của độ tụ là *điốp* (với f đo bằng mét). Người ta quy ước thấu kính hội tụ có tiêu cự dương và độ tụ dương, còn thấu kính phân kì có tiêu cự âm và độ tụ âm.

Đối với các thấu kính mỏng, ta có công thức tính độ tụ như sau :

$$D = \frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (5-14)$$

Trong đó, n là chiết suất tỉ đối của chất làm thấu kính đối với môi trường trong đó đặt thấu kính ; R_1 và R_2 là bán kính của hai mặt thấu kính. Ta quy ước là bán kính của mặt cầu lồi có giá trị dương ; của mặt cầu lõm có giá trị âm ; còn của mặt phẳng thì bằng vô cực. Mặt cầu lồi là mặt có tâm nằm cùng bên với chất làm thấu kính so với đỉnh mặt cầu.

?

1. Thấu kính là gì ? Quang tâm, các tiêu điểm chính, các tiêu điểm phụ, tiêu diện của thấu kính là gì ?

2. Giải thích tác dụng của một thấu kính hội tụ đối với một chùm tia sáng song song với trục chính.

3. Độ tụ của thấu kính là gì ? Trình bày về đơn vị của độ tụ và công thức tính độ tụ của một thấu kính mỏng.

▽

4. Tính tiêu cự của các thấu kính có độ tụ lần lượt là : + 0,5 điốp ; + 1 điốp ; + 5 điốp ; - 4 điốp ; - 2 điốp ; - 0,4 điốp. Cho biết thấu kính nào là thấu kính hội tụ, thấu kính nào là thấu kính phân kì.

5. Một thấu kính có hai mặt giống nhau, có độ tụ là + 2 điốp và có chiết suất là 1,5. Tính tiêu cự của thấu kính và bán kính hai mặt của nó.

6. Một thấu kính thủy tinh ($n = 1,5$) đặt trong không khí, có độ tụ + 1 điốp. Tính tiêu cự của thấu kính khi nhúng nó trong nước. Chiết suất của nước là $4/3$.

ĐS : 4) 2m ; 1m ; 0,2m ; -0,25m ; -0,5m ; -2,5m.

5) $f = 50\text{cm}$; $R_1 = R_2 = 50\text{cm}$. 6) 4m.

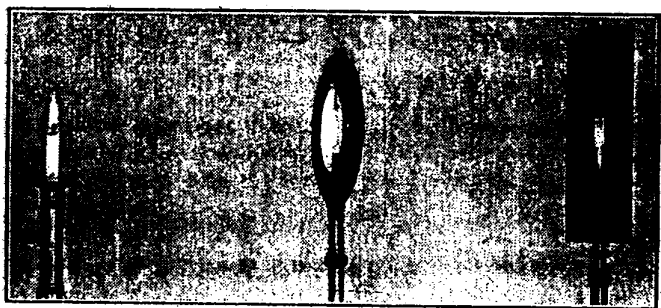
§37. ẢNH CỦA MỘT VẬT QUA MỘT THẤU KÍNH CÔNG THỨC THẤU KÍNH

1. Quan sát ảnh của một vật qua thấu kính

a) Trường hợp *thấu kính phân kì* : Đặt một vật trước một thấu kính phân kì (kính cận thị chẳng hạn). Đặt mắt sau thấu kính để

quan sát. Ta sẽ thấy có một ảnh cùng chiều với vật, nhỏ hơn vật, và nằm trước thấu kính. Ảnh này là ảnh ảo. Khi di chuyển vật trước thấu kính (lại gần hoặc ra xa thấu kính) thì những đặc điểm nói trên của ảnh không thay đổi.

b) *Trường hợp thấu kính hội tụ* : Đặt một vật sáng (một ngọn nến chẳng hạn) trước một thấu kính hội tụ (chẳng hạn một kính viễn thị hoặc kính lão). Sau thấu kính, đặt một màn ảnh vuông góc với trục chính để hứng ảnh (h.5.29).



Hình 5.29

Ta thấy : nếu vật ở khá xa thấu kính, đặt màn ở một vị trí thích hợp ta sẽ hứng được một ảnh thật, ngược chiều, nhỏ hơn vật và đồng dạng với vật.

- Đưa vật lại gần thấu kính, để thu được ảnh, ta phải đưa màn ra xa thấu kính. Ảnh vẫn là ảnh thật, ngược chiều vật và đồng dạng với vật nhưng lớn hơn trước.

- Khi đưa vật lại khá gần thấu kính thì ảnh sẽ trở thành ảnh ảo, không hứng được trên màn ảnh. Lúc đó, nếu nhìn qua kính, ta sẽ thấy có ảnh cùng chiều và lớn hơn vật.

Thực nghiệm cho thấy, muốn các thấu kính cho những ảnh rõ nét, hoàn toàn đồng dạng với vật, thì chúng cũng phải thỏa mãn một số điều kiện tương tự như các điều kiện tương điểm của gương cầu.

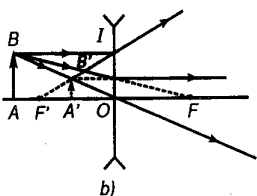
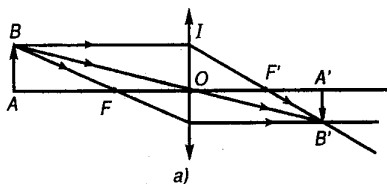
2. Cách vẽ ảnh của một vật qua thấu kính

a) *Giả sử có một điểm sáng S nằm trước một thấu kính và phát ra một chùm tia phân kì chiếu vào thấu kính.* Nếu chùm tia

ló ra khỏi thấu kính là một chùm tia hội tụ S' , thì điểm S' là ảnh thật của S qua thấu kính.

Nếu chùm tia ló là một chùm tia phân kì, và đường kéo dài phía trước thấu kính của các tia ló cắt nhau ở S' , thì S' là ảnh ảo của S qua thấu kính.

Ảnh của một vật là tập hợp các ảnh của các điểm trên vật.



Hình 5.30

b) *Vẽ ảnh của một điểm sáng nằm ngoài trục chính* : Giả sử ta phải vẽ ảnh B' của một điểm B nằm ngoài trục chính của một thấu kính. Vì B' là giao điểm của các tia ló (hoặc đường kéo dài của chúng) nên để vẽ B' , ta chỉ cần vẽ đường đi của hai tia sáng đặc biệt nào đó trong chùm tia tới (h.5.30a và b)

Trong các hình vẽ quang học, để cho tiện, người ta sử dụng các kí hiệu biểu diễn các thấu kính hội tụ và phân kì như ở các hình 5.30a và b.

Ta có thể vẽ 2 trong số 3 tia đặc biệt sau :

- Tia BO , đi qua quang tâm O của thấu kính. Tia này truyền thẳng.

- Tia BI , đi song song với trục chính của thấu kính. Tia này, khi ló ra, sẽ đi qua tiêu điểm ảnh F' của thấu kính (hoặc có đường kéo dài qua F').

- Tia BF , đi qua tiêu điểm vật F (hoặc có đường kéo dài qua F). Tia này ló ra sẽ đi song song với trục chính của thấu kính. Các tia này (hoặc đường kéo dài của chúng) cắt nhau ở B' , ảnh của B .

c. *Vẽ ảnh của một vật có dạng một đoạn thẳng nhỏ AB đặt vuông góc với trục chính ; điểm A nằm trên trục chính. Ảnh $A'B'$ của AB cũng là một đoạn thẳng nhỏ, nằm vuông góc với trục chính, mà A' nằm trên trục chính.*

Để vẽ ảnh $A'B'$, ta chỉ cần vẽ ảnh B' rồi hạ $B'A'$ vuông góc với trục chính.

3. Công thức thấu kính

a) Quy ước về dấu : Ta dùng quy ước về dấu như sau :

Đối với vật thật (nằm trước thấu kính), thì khoảng cách từ thấu kính đến vật có giá trị dương (h.5.30a và b)

$$d = \overline{OA} > 0$$

Đối với ảnh thật (nằm sau thấu kính) thì khoảng cách từ thấu kính đến ảnh có giá trị dương (h.5.30a)

$$d' = \overline{OA'} > 0$$

- Đối với ảnh ảo (nằm trước thấu kính) thì khoảng cách từ thấu kính đến ảnh có giá trị âm (h.5.30b)

$$d' = \overline{OA'} < 0$$

Chú ý rằng chiều dương của d và d' ngược nhau.

+ Tiêu cự của thấu kính hội tụ có giá trị dương ($f = \overline{OF} = \overline{OF'} > 0$)
tiêu cự của thấu kính phân kì có giá trị âm ($f < 0$).

+ Nếu ảnh $A'B'$ cùng chiều với vật AB thì $\overline{A'B'}$ và $\overline{AB}$ cùng dấu. Nếu ảnh ngược chiều với vật thì $\overline{A'B'}$ và $\overline{AB}$ trái dấu.

b) Công thức thấu kính : Ta hãy tìm công thức xác định vị trí của ảnh $A'B'$ của vật AB .

Xét hai tam giác đồng dạng $OA'B'$ và OAB (h.5.30a) ta có :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \quad (1)$$

Xét hai tam giác đồng dạng $F'A'B'$ và $F'OI$, ta có :

$$\frac{F'A'}{OF'} = \frac{A'B'}{OI} = \frac{A'B'}{AB} \quad (2)$$

So sánh (1) và (2) ta có :

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{F'A'}{OF'} \quad (3)$$

Vì $OA' = d'$; $OA = d$; $F'A' = OA' - OF' = d' - f$ (với $OF' = f$). Thay các giá trị vào (3) :

$$\frac{d'}{d} = \frac{d' - f}{f} \text{ hay } dd' = d'f + df$$

Chia 2 vế cho $dd'f$ ta được :

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \quad (5-15)$$

Trong trường hợp hình (5.30b) ta có :

$$OA = d ; OA' = -d' ;$$

Xét các tam giác đồng dạng $OA'B'$ và OAB ;

$$F'A'B' \text{ và } F'OI \text{ ta vẫn có : } \frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \quad (4)$$

$$\frac{F'A'}{OF'} = \frac{A'B'}{AB} \quad (5)$$

So sánh (4) và (5)

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{F'A'}{OF'} \text{ với } F'A' = OF' - OA' \text{ thay : } OF' = -f ; OA' = -d'$$

$$\text{Ta được } -\frac{d'}{d} = \frac{-f + d'}{-f} \text{ hay } d'f = -df + dd'$$

chia 2 vế cho $dd'f$ ta có :

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \text{ ta lại thu được công thức (5-15).}$$

Công thức này áp dụng được cho tất cả mọi trường hợp tạo ảnh qua thấu kính.

4. Độ phóng đại của ảnh

Độ phóng đại của ảnh là tỉ số giữa chiều cao của ảnh (đo theo phương vuông góc với trục chính) với chiều cao của vật.

$$k = \frac{A'B'}{AB}$$

Từ các công thức ở trên, ta suy ra :

$$k = -\frac{d'}{d} \quad (5-16)$$

Nếu $k > 0$ thì $A'B'$ cùng chiều với AB ; nếu $k < 0$ thì $A'B'$ ngược chiều với AB . Trị tuyệt đối của k cho biết chiều cao tỉ đối của ảnh so với vật.

?

1. Trình bày cách vẽ ảnh của một điểm sáng qua một thấu kính hội tụ.
2. Trình bày cách vẽ ảnh của một điểm sáng qua một thấu kính phân kì.
3. Chứng minh công thức xác định vị trí của ảnh qua thấu kính hội tụ.
4. Độ phóng đại của ảnh là gì ? Chứng minh công thức tính độ phóng đại của ảnh qua thấu kính.

▽

5. Đặt một thấu kính cách một trang sách 20cm, nhìn qua thấu kính ta thấy ảnh của các dòng chữ cùng chiều và cao bằng một nửa các dòng chữ đó. Đó là thấu kính loại gì ? Tính tiêu cự của thấu kính. Vẽ hình.
6. Đặt một vật cách một thấu kính hội tụ 12cm, ta thu được một ảnh cao gấp ba lần vật. Tính tiêu cự của thấu kính. Vẽ hình.
7. Đặt một vật AB song song với một màn ảnh và cách nó một khoảng $L = 90\text{cm}$. Sau đó đặt một thấu kính hội tụ xen giữa vật và màn ảnh sao cho trục chính của nó qua A và vuông góc với AB. Xê dịch thấu kính dọc theo phương trục chính, người ta thấy có hai vị trí của thấu kính, tại đó có ảnh rõ nét của AB hiện trên màn ảnh. Hai vị trí này cách nhau một khoảng $l = 30\text{cm}$. Tính tiêu cự f của thấu kính.

ĐS : 5) Thấu kính phân kì, $f = -20\text{cm}$.

6) Nếu là ảnh thật : $f = 9\text{cm}$; nếu là ảnh ảo $f = 18\text{cm}$.

7) $f = 20\text{cm}$

TÓM TẮT CHƯƠNG V

1. Định luật truyền thẳng của ánh sáng : Trong một môi trường trong suốt và đồng tính, ánh sáng truyền theo đường thẳng.

2. Nguyên lí về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng.

Trên một đường truyền, có thể cho ánh sáng truyền theo chiều này hay chiều kia.

3. Định luật phản xạ ánh sáng.

a) Tia phản xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở bên kia pháp tuyến so với tia tới.

b) Góc phản xạ bằng góc tới $i' = i$

Mặt phẳng tới là mặt phẳng tạo bởi tia tới và pháp tuyến với mặt phẳng phản xạ ở điểm tới.

4. Định luật khúc xạ ánh sáng

a) Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở bên kia pháp tuyến so với tia tới.

b) Đối với một cặp môi trường trong suốt nhất định, tỉ số giữa sin của góc tới (sin i) với sin của góc khúc xạ (sin r) luôn luôn là một số không đổi. Số không đổi này phụ thuộc vào bản chất của hai môi trường và được gọi là chiết suất tỉ đối của môi trường chứa tia khúc xạ đối với môi trường chứa tia tới.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

5. Hệ thức giữa chiết suất và vận tốc truyền ánh sáng :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} \text{ và } n = \frac{c}{v} \text{ với } c = 3.10^8 \text{ m/s.}$$

6. Các điều kiện để xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần của một tia sáng ở mặt phân cách giữa hai môi trường :

a) Tia sáng phải truyền theo chiều từ môi trường có chiết suất n_1 lớn hơn sang môi trường có chiết suất n_2 nhỏ hơn.

b) Góc tới phải bằng hoặc lớn hơn góc giới hạn phản xạ toàn phần.

7. Công thức tính góc giới hạn phản xạ toàn phần

$$\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} \text{ với } n_2 < n_1$$

Nếu tia sáng truyền theo chiều từ một môi trường có chiết suất n ra ngoài không khí :

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n}$$

8. Các công thức về lăng kính

$$\sin i_1 = n \sin r_1 ; \sin i_2 = n \sin r_2$$

$$r_1 + r_2 = A ; D = i_1 + i_2 - A$$

9. Góc lệch của tia ló sẽ cực tiểu ($D = D_{min}$) khi : $i_1 = i_2$ (do đó : $r_1 = r_2$).

$$\sin \frac{D_{min} + A}{2} = n \sin \frac{A}{2}.$$

10. Công thức xác định vị trí của ảnh của một vật qua một gương cầu hoặc một thấu kính :

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$$

Vật thật, trước thấu kính hoặc trước gương, ứng với $d > 0$.

Ảnh thật, sau thấu kính hoặc trước gương, ứng với $d' > 0$.

Ảnh ảo, trước thấu kính hoặc sau gương, ứng với $d' < 0$.

Thấu kính hội tụ và gương cầu lõm có tiêu cự $f > 0$.

Thấu kính phân kì và gương cầu lồi có tiêu cự $f < 0$.

11. Công thức tính độ phóng đại của ảnh qua gương hoặc thấu kính :

$$k = \frac{\overline{A'B'}}{AB} = -\frac{d'}{d}$$

$k > 0$: ảnh cùng chiều với vật ; $k < 0$ ảnh ngược chiều với vật.

12. Công thức tính độ tụ của thấu kính

$$D = \frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Đơn vị của độ tụ D là điốp (ứng với đơn vị độ dài là mét). Thấu kính hội tụ có $D > 0$; Thấu kính phân kì có $D < 0$.

Mặt cầu lồi có bán kính dương, mặt cầu lõm có bán kính âm, mặt phẳng có bán kính bằng ∞ .

13. Công thức tính tiêu cự của gương cầu :

$$f = \frac{R}{2}$$

14. Để vẽ ảnh của một điểm sáng qua một gương cầu hay một thấu kính, ta thường dùng hai trong số các tia đặc biệt sau đây :

- Tia qua quang tâm của thấu kính (hoặc qua tâm của gương cầu)
- Tia đi song song với trục chính
- Tia đi qua tiêu điểm của gương cầu (hoặc tiêu điểm vật của thấu kính).
- Tia qua đỉnh gương

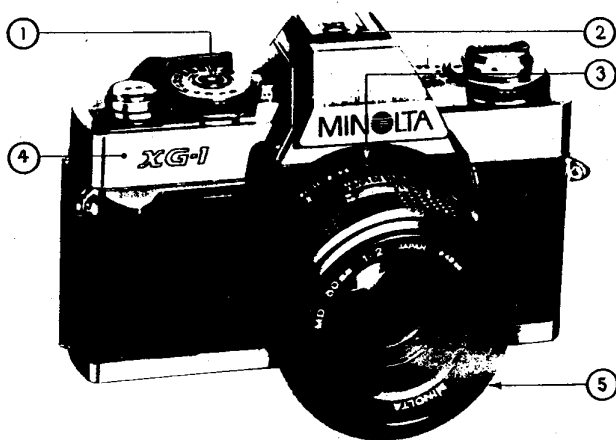
CHƯƠNG VI

MẮT VÀ CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

§38. MÁY ẢNH VÀ MẮT

1. Máy ảnh

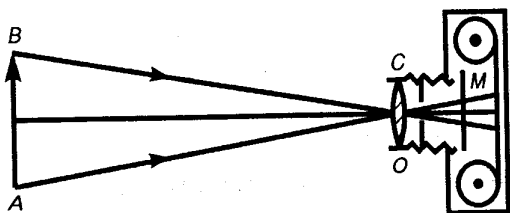
a) *Máy ảnh* là một dụng cụ dùng để thu được một ảnh thật (nhỏ hơn vật) của vật cần chụp trên một phim ảnh.



Hình 6.1a – Ảnh chụp một máy ảnh hiện đại

1. Nút bấm ; 2. Chỗ lắp đèn ; 3 : Các thang chia độ : khoảng cách.
thời gian chụp, độ mở của ống kính ; 4. Buồng tối ; 5. Vật kính.

b) *Cấu tạo* : Bộ phận chính của máy ảnh là một thấu kính hội tụ (hay một hệ thấu kính có độ tụ dương) gọi là *vật kính*. Ở các máy ảnh thông thường, vật kính có tiêu cự vào khoảng trên, dưới mười centimét. Vật kính được lắp ở thành trước của một buồng tối, còn phim được lắp sát thành đối diện, bên trong buồng tối (h.6.1b).



Hình 6.1b

Khoảng cách từ vật kính đến phim có thể thay đổi được.

Ở sát vật kính (hoặc xen giữa các thấu kính của vật kính) có một màn chắn, ở giữa có một lỗ tròn nhỏ mà

đường kính có thể thay đổi được. Màn này dùng để điều chỉnh chùm ánh sáng chiếu vào phim.

Ngoài ra còn một cửa sập M chắn trước phim, không cho ánh sáng chiếu liên tục trên phim. Cửa này chỉ mở ra trong một khoảng thời gian rất ngắn mà ta chọn, khi ta bấm máy.

c) *Cách điều chỉnh máy* : Để cho ảnh của vật cần chụp hiện rõ nét trên phim người ta thay đổi khoảng cách d' từ vật kính đến phim, bằng cách đưa vật kính ra xa hoặc lại gần phim. Để nhận biết xem ảnh trên phim đã rõ nét hay chưa, người ta dùng một kính ngắm, có gắn sẵn trong máy.

Ngoài ra, tùy theo ánh sáng mạnh hay yếu mà người ta còn phải chọn một cách thích hợp thời gian chụp và độ mở của lỗ tròn trên màn chắn.

2. Mắt

a) *Về phương diện quang hình học*, mắt giống như một máy ảnh. Nó có chức năng tạo ra một ảnh thật, nhỏ hơn vật, trên một lớp tế bào nhạy với ánh sáng, để từ đó tạo ra những tín hiệu thần kinh, đưa lên não. Tuy nhiên hệ thống quang học của mắt phức tạp hơn hệ thống quang học của máy ảnh rất nhiều.

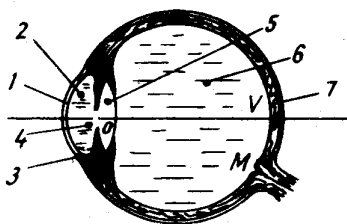
b) *Cấu tạo* : Bộ phận chính của mắt là một thấu kính hội tụ, trong suốt, mềm, gọi là *thủy tinh thể* (5) (h.6.2). Độ cong của hai mặt thủy tinh thể có thể thay đổi được nhờ sự co giãn của cơ vòng đỡ nó.

Đằng trước thủy tinh thể là một chất lỏng trong suốt, có chiết suất $n \approx 1,333$ gọi là *thủy dịch* (2).

Đằng sau thủy tinh thể cũng là một chất lỏng trong suốt khác, có chiết suất $n \approx 1,333$, gọi là *dịch thủy tinh* (6).

Mặt ngoài cùng của mắt là một màng mỏng trong suốt, cứng như sừng, gọi là *giác mạc* (1).

Thành trong của mắt, phần đối diện với thủy tinh thể, gọi là *vòng mạc* (7). Nó đóng vai trò như một màn ảnh, tại đó có các tế bào nhạy sáng, nằm ở đầu các dây thần kinh thị giác.



Hình 6.2

Trên võng mạc, có một vùng nhỏ màu vàng, rất nhạy với ánh sáng, nằm gần giao điểm V của trục chính của mắt với võng mạc. Vùng này gọi là *điểm vàng*.

Dưới điểm vàng một chút có *điểm mù M* là điểm hoàn toàn không nhạy sáng, vì tại đó các dây thần kinh phân nhánh và không có đầu dây thần kinh thị giác.

Sát mặt trước của thủy tinh thể có một màng không trong suốt, màu đen (hoặc xanh hay nâu) gọi là *màng mỏng mắt* (hay lòng đen) (3).

Giữa màng mỏng mắt có một lỗ tròn nhỏ gọi là *con ngươi* (4). Tùy theo cường độ của chùm ánh sáng tới mà đường kính của con ngươi sẽ tự động thay đổi, để điều chỉnh chùm sáng chiếu vào võng mạc. Ở ngoài nắng, con ngươi thu nhỏ lại ; trong phòng tối, nó mở rộng ra.

Một đặc điểm rất quan trọng về mặt cấu tạo của mắt là : độ cong (và do đó, tiêu cự) của thủy tinh thể có thể thay đổi được. Trong khi đó, khoảng cách từ quang tâm của thủy tinh thể đến võng mạc ($d' = OV$) lại luôn luôn không đổi ($d' \approx 2,2\text{cm}$).

c) *Sự điều tiết - Điểm cực cận và điểm cực viễn :*

- Khi mắt nhìn thấy vật nào thì trên võng mạc hiện lên ảnh thật, ngược chiều và rất nhỏ của vật đó.

Khi đưa vật lại gần mắt (d giảm) nếu tiêu cự của thủy tinh thể không đổi thì ảnh của vật sẽ lùi ra sau võng mạc (d' tăng). Muốn cho ảnh trở lại đúng võng mạc (d' như cũ) thì tiêu cự f của thủy tinh thể phải giảm. Cơ vòng cơ thủy tinh thể phải co lại làm cho thủy tinh thể phồng lên. Ngược lại, khi đưa vật ra xa mắt, muốn cho ảnh của vật vẫn hiện trên võng mạc thì tiêu cự của thủy tinh thể phải tăng lên. Cơ cơ thủy tinh thể phải dãn ra, làm cho thủy tinh thể dẹt lại.

Sự thay đổi độ cong của thủy tinh thể (và do đó, thay đổi độ tụ hay tiêu cự của nó) để làm cho ảnh của vật cần quan sát hiện rõ nét trên võng mạc gọi là sự điều tiết.

- Điểm xa nhất trên trục chính của mắt mà đặt vật tại đó, mắt còn có thể nhìn rõ được gọi là *điểm cực viễn* (C_v).

Đối với mắt không có tật, điểm cực viễn ở vô cực. Khi quan sát vật đặt ở điểm cực viễn, mắt không phải điều tiết, do đó không mỏi mắt. Độ tụ của thủy tinh thể lúc đó nhỏ nhất ; tiêu cự của nó lớn nhất và tiêu điểm của nó nằm đúng trên võng mạc.

$$f_{\max} = OV$$

Vậy, *mắt không có tật là mắt, khi không điều tiết, có tiêu điểm nằm trên võng mạc.*

- Điểm gần nhất trên trục chính của mắt mà đặt vật tại đó, mắt còn nhìn rõ được gọi là *điểm cực cận* C_c . Sở dĩ như vậy, vì thủy tinh thể chỉ có thể căng phồng đến chừng mực nào đó thôi. Tiêu cự của thủy tinh thể chỉ có thể giảm đến một giá trị tối thiểu nào đó. Lúc đó khoảng cách từ vật, có ảnh rõ nét trên võng mạc, đến mắt là khoảng cách ngắn nhất. Ta gọi nó là khoảng thấy rõ ngắn nhất và kí hiệu bằng chữ D . Nếu vật tiến lại gần hơn thì thủy tinh thể không còn khả năng cho ảnh rõ nét của vật trên võng mạc được nữa.

Đối với những người trẻ, không có tật của mắt, điểm cực cận cách mắt từ 10cm đến 20cm. Tuổi càng cao, điểm cực cận càng lùi ra xa mắt.

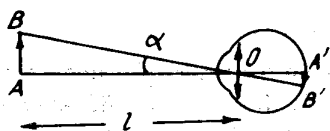
Khi quan sát vật đặt ở điểm cực cận, mắt phải điều tiết mạnh nhất. Thủy tinh thể căng phồng cực đại, do đó, rất chóng mỏi mắt.

Để quan sát được lâu và rõ (đọc sách, viết bài, nhìn một vật qua dụng cụ quang học v.v...) người ta thường đặt vật (hoặc ảnh cần quan sát) cách mắt một khoảng lớn hơn khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận một chút. Khoảng cách đó vào cỡ 25cm.

Khoảng từ điểm cực cận C_c đến điểm cực viễn C_v gọi là *giới hạn nhìn rõ của mắt*.

d) *Góc trông vật và năng suất phân li của mắt :*

- Góc trông một vật AB có dạng một đoạn thẳng đặt vuông góc với trục chính của mắt, là góc tạo bởi hai tia sáng đi từ hai đầu A và B của vật qua quang tâm O của mắt (h.6.3).



Hình 6.3

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{l}$$

- Muốn phân biệt được hai điểm A và B thì không những hai điểm đó phải nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt, mà góc trông đoạn AB phải đủ lớn. Thực vậy, khi đoạn AB ngắn lại, góc trông đoạn AB giảm đi, hai ảnh A' và B' của chúng trên võng mạc sẽ tiến lại gần nhau. Khi hai ảnh A', B' nằm trên cùng một đầu tế bào nhạy sáng thì ta không còn phân biệt được hai điểm A và B nữa.

Do đó, người ta gọi *năng suất phân li của mắt* là góc trông nhỏ nhất $\alpha_{\min}$ giữa hai điểm A và B mà mắt còn có thể phân biệt được hai điểm đó. Lúc đó hai ảnh A' và B' của chúng nằm tại hai tế bào nhạy sáng cạnh nhau trên võng mạc.

Năng suất phân li của mắt phụ thuộc vào từng con mắt. Phép đo đặc thống kê cho ta kết quả :

$$\alpha_{\min} \approx 1' \approx \frac{1}{3500} \text{ rad}.$$

e) *Sự lưu ảnh trên võng mạc* : Sau khi tắt ánh sáng kích thích trên võng mạc, phải mất một khoảng thời gian cỡ 0,1s, võng mạc mới hồi phục lại như cũ. Trong khoảng thời gian đó, cảm giác sáng chưa bị mất và người quan sát vẫn còn thấy hình ảnh của vật. Đó là *sự lưu ảnh trên võng mạc*.

Hiện tượng này được sử dụng trong chiếu bóng. Người ta không cho phim chạy liên tục trước vật kính của máy chiếu, mà cho mỗi chiếc dừng lại trước vật kính khoảng 0,04s. Sau đó, có một cánh quạt quay đến che vật kính và phim được thay thế rất nhanh bằng chiếc khác v.v... cứ như thế tiếp tục. Nhờ vậy, hình ảnh mà ta nhìn thấy trên màn ảnh hình như cử động liên tục (không giật cục).

Một kĩ thuật tương tự cũng được sử dụng trong vô tuyến truyền hình.

?

1. Trình bày cấu tạo và cách điều chỉnh máy ảnh.
2. Trình bày cấu tạo của mắt về phương diện quang hình học.

3. Trình bày khái niệm về sự điều tiết của mắt, về điểm cực cận và điểm cực viễn của mắt.

4. Trình bày khái niệm về góc trông một vật và năng suất phân li của mắt.

▽

5. Vật kính của một máy ảnh có tiêu cự $f = 10\text{cm}$. Máy được dùng để chụp ảnh một người cao $1,6\text{m}$, đứng cách máy 5m .

Tính chiều cao của ảnh trên phim và khoảng cách từ vật kính đến phim.

6. Dùng một máy ảnh mà vật kính có tiêu cự $f = 10\text{cm}$ để chụp ảnh một bức tranh có kích thước $1\text{m} \times 0,6\text{m}$ lên trên một phim ảnh có kích thước $24\text{mm} \times 36\text{mm}$. Xác định khoảng cách ngắn nhất từ bức tranh đến vật kính để có thể thu được ảnh của toàn bộ bức tranh trên phim. Tính độ phóng đại của ảnh lúc đó.

7. Vẽ hai vạch cách nhau 1mm trên một tờ giấy (h.6.4). Đưa tờ giấy ra xa dần mắt cho đến khi thấy hai vạch đó như nằm trên một đường thẳng. Xác định gần đúng khoảng cách từ mắt đến tờ giấy và suy ra năng suất phân li của mắt mình.

ĐS : 5) $3,26\text{cm}$ và $10,2\text{cm}$; 6) $\sim 2,9\text{m}$ và $0,036$.

Hình 6.4

§39. CÁC TẬT CỦA MẮT VÀ CÁCH SỬA

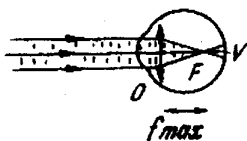
1. Cận thị

a) *Mắt cận thị là mắt, khi không điều tiết, có tiêu điểm nằm trước võng mạc (h.6.5).*

Điều đó có nghĩa là giá trị lớn nhất của tiêu cự của mắt nhỏ hơn khoảng cách từ quang tâm của mắt đến võng mạc

$$f_{\max} < OV$$

b) *Điểm cực viễn (C_v) của mắt nằm cách mắt một khoảng không lớn (Cỡ 2m trở lại, tùy thuộc vào mắt bị cận thị nhẹ hay nặng). Mắt cận thị không nhìn rõ được các vật ở xa.*

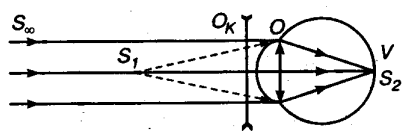


Hình 6.5

Khi nhìn vật đặt ở điểm cực viễn của mình, mắt cận thị không phải điều tiết. Lúc đó, độ tụ của thủy tinh thể là nhỏ nhất và tiêu cự của nó lớn nhất.

Điểm cực cận (C_c) của mắt cận ở rất gần mắt.

c) Sửa tật cận thị là làm cho mắt cận có thể nhìn rõ được những vật ở xa. Muốn vậy, mắt cận thị phải đeo một thấu kính phân kì (coi như đặt sát mắt) sao cho ảnh của các vật ở vô cực qua kính hiện lên ở điểm cực viễn của mắt. Mắt sẽ nhìn rõ ảnh này mà không phải điều tiết.



Hình 6.6

Mặt khác, vì ảnh của các vật ở vô cực sẽ hiện lên ở tiêu diện của kính, nên ta suy ra là : điểm cực viễn của mắt phải nằm trên tiêu diện của kính (h.6.6) và tiêu cự của kính sẽ bằng khoảng cách từ quang tâm của mắt đến điểm cực viễn.

$$f_k = - OC_v \quad (6-2)$$

(dấu trừ ứng với thấu kính phân kì).

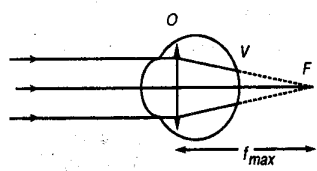
Khi đeo kính, điểm cực cận mới cũng sẽ được đẩy lùi ra xa mắt.

Để thử kính, người cận thị phải đeo lần lượt những thấu kính phân kì, có giá trị tuyệt đối của độ tụ ($|D|$) tăng dần, và quan sát những dòng chữ từ to đến nhỏ, trên một bảng, đặt cách mắt khoảng 5m. Khi nhìn rõ một cách thoải mái dòng chữ có mang số hiệu 10/10 thì ta đã chọn được kính phù hợp. Lúc đó coi như đã đạt yêu cầu nhìn rõ vật ở vô cực mà không phải điều tiết.

2. Viễn thị

a) *Mắt viễn thị là mắt, khi không điều tiết, có tiêu điểm nằm sau võng mạc ($f_{max} > OV$) (h.6.7)*

b) *Mắt viễn thị nhìn vật ở vô cực đã phải điều tiết. Còn khi mắt điều tiết cực đại thì nó cũng chỉ có khả năng nhìn rõ những vật nằm tương đối xa mắt. Nói khác đi, so với mắt không có tật, điểm cực cận C_c của mắt viễn thị nằm xa mắt hơn ($OC_c > 25cm$).*



Hình 6.7

Sửa tật viễn thị là làm cho người viễn thị có thể nhìn rõ vật ở vô cực mà không phải điều tiết. Muốn vậy người viễn thị phải đeo thấu kính hội tụ có độ tụ thích hợp.

Tuy nhiên, vì trong thực tế khó thực hiện được cách sửa này, nên để đơn giản, người ta cho mắt viễn thị đeo một thấu kính hội tụ sao cho có thể nhìn được các vật ở gần như mắt bình thường. Lúc đó, ảnh của các vật ở gần cho bởi thấu kính sẽ hiện lên ở trong giới hạn nhìn rõ của mắt.

Chẳng hạn muốn nhìn rõ vật gần nhất cách mắt 25cm thì người viễn thị phải chọn kính sao cho ảnh của vật này qua kính hiện lên ở điểm cực cận C_c của mắt. Ảnh này là ảnh ảo, nằm xa thấu kính hơn vật ($Vl\ O_C > 25cm$), do đó thấu kính phải đeo là thấu kính hội tụ: *kính viễn thị là thấu kính hội tụ.*

Muốn thử kính, người viễn thị phải đeo kính và đọc những trang sách đặt cách mắt một khoảng bình thường như những mắt không có tật, sao cho có thể đọc được một cách thoải mái.*

?

1. Nêu những đặc điểm của mắt cận thị và cách sửa tật cận thị.

2. Nêu những đặc điểm của mắt viễn thị và cách sửa tật viễn thị

▽

3. Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 50cm và điểm cực cận cách mắt 12,5cm

a) Tính độ tụ của kính phải đeo.

b) Khi đeo kính thì người ấy sẽ nhìn được vật gần nhất cách mắt bao nhiêu? Quang tâm của kính coi như trùng với quang tâm của mắt.

4. Một người viễn thị nhìn rõ được vật gần nhất cách mắt 40cm. a. Tính độ tụ của kính phải đeo để có thể nhìn vật gần nhất cách mắt 25cm. Kính đeo sát mắt. b. Nếu người ấy đeo một kính có độ tụ +1 điốp thì sẽ nhìn được vật gần nhất cách mắt bao nhiêu?

ĐS : 3) a. -2 điốp ; b. 16,7cm ; 4) a. 1,5 điốp ; b. ~ 29cm.

* Những mắt không có tật, khi về già, thì độ tụ của tinh thể (lúc không điều tiết) coi như vẫn giữ nguyên. Tuy nhiên, do khả năng co bóp của cơ vòng đỡ thủy tinh thể giảm đi, nên khả năng điều tiết giảm và điểm cực cận lùi ra xa mắt. Vì vậy, để đọc sách, người già cũng phải đeo kính hội tụ (kính lão). Tuy nhiên, không thể nhầm lẫn mắt lão với mắt viễn thị. Mắt lão (không có tật) vẫn có thể nhìn được vật ở vô cực mà không phải điều tiết.

§40. KÍNH LÚP

1. Định nghĩa

Giả sử ta phải quan sát một vật rất nhỏ có dạng một đoạn thẳng AB và nếu ngay cả khi đặt vật đó ở điểm cực cận của mắt thì góc trông vật vẫn rất nhỏ. Muốn tăng góc trông vật, phải đưa vật lại gần mắt hơn nữa. Nhưng lúc đó mắt lại không nhìn rõ được vật vì vật đã nằm ngoài khoảng nhìn rõ của mắt.

Để làm tăng góc trông vật AB trong trường hợp này, người ta dùng một thấu kính hội tụ và đặt vật AB nằm trong khoảng từ tiêu điểm vật đến quang tâm của kính sao cho có một ảnh ảo A'B' lớn hơn vật và nằm xa thấu kính hơn vật. AB càng nằm gần tiêu điểm thì A'B' càng lớn và càng nằm xa thấu kính. Do đó, có thể điều chỉnh kính sao cho ảnh A'B' nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt. Mắt đặt sau kính và quan sát ảnh A'B' với góc trông lớn hơn năng suất phân li của mắt rất nhiều. Thấu kính nói trên gọi là một kính lúp.

Vậy, kính lúp là một dụng cụ quang học hỗ trợ cho mắt trong việc quan sát các vật nhỏ. Nó có tác dụng làm tăng góc trông ảnh bằng cách tạo ra một ảnh ảo lớn hơn vật và nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt.

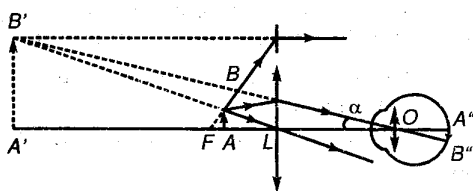
Kính lúp đơn giản nhất là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn.

2. Cách ngắm chừng ở điểm cực cận và cách ngắm chừng ở vô cực

Muốn quan sát một vật nhỏ qua kính lúp, ta phải đặt vật trong khoảng từ tiêu điểm vật đến quang tâm của kính để có một ảnh ảo. Mắt được đặt sau kính để quan sát ảnh ảo đó. Phải điều chỉnh vị trí của vật hoặc kính để cho ảnh ảo này hiện trong giới hạn nhìn rõ $C_c - C_v$ của mắt (h.6.8).

Nếu điều chỉnh để ảnh A'B' hiện lên ở điểm cực cận của mắt thì cách quan sát này gọi là *cách ngắm chừng ở điểm cực cận*.

Thông thường, để cho mắt đỡ bị mỏi, người quan sát điều chỉnh để ảnh của vật nằm ở điểm cực viễn C_v của mắt. Vì đối với các mắt không có tật thì điểm cực viễn ở vô cực, nên cách quan sát này gọi là cách ngắm chừng ở vô cực.



Hình 6.8

3. Độ bội giác của kính lúp

a) Người ta gọi độ bội giác G của một dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt là tỉ số giữa góc trông ảnh của một vật qua dụng cụ đó (α) với góc trông trực tiếp vật đó khi vật đặt ở điểm cực cận của mắt (α_0).

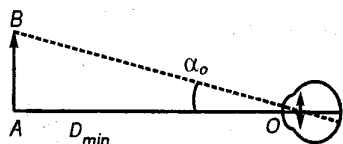
$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} \quad (6-3)$$

Vì các góc trông α và α_0 đều rất nhỏ, nên người ta thường thay các góc bằng tang của chúng :

$$G = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} \quad (6-4)$$

Theo hình 6.9, ta có $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{AB}{D}$ (6-5)

D là khoảng nhìn rõ ngắn nhất của mắt ($D = OC_c$)



Hình 6.9

b) Trong trường hợp của kính lúp (h.6.8) nếu gọi l là khoảng cách từ mắt đến kính và d' là khoảng cách từ ảnh $A'B'$ đến kính ($d' < 0$), ta có

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{A'B'}{|d'| + l}$$

và
$$G = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{D}{|d'| + l} = k \cdot \frac{D}{|d'| + l}$$

k là độ phóng đại của ảnh.

* Định nghĩa này chỉ dùng cho kính lúp và kính hiển vi.

Giá trị của độ bội giác G của kính lúp phụ thuộc vào mắt người quan sát (D) và vào cách quan sát (k , $|d'|$ và l).

Nhìn chung, giá trị của độ bội giác G không trùng với giá trị của độ phóng đại k .

c) Khi người quan sát ngắm chừng ở điểm cực cận thì $|d'| + l = D$ và $G = k$.

d) Trong cách ngắm chừng ở vô cực, vật cần quan sát được đặt ở tiêu điểm vật của kính lúp, ảnh $A'B'$ ở vô cực, các chùm tia ló ra khỏi kính là các chùm tia song song. Do đó, đặt mắt ở bất kì vị trí nào sau kính góc trông ảnh $A'B'$ cũng là α (h. 6.10).

Trong trường hợp này, ta có

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AB}{OF} = \frac{AB}{f}$$

và

$$G_{\infty} = \frac{D}{f} \quad (6-6)$$

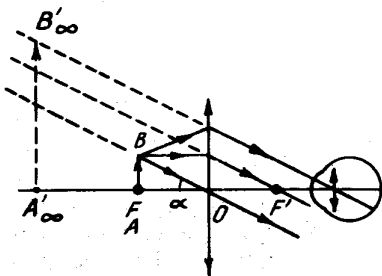
Muốn có G_{∞} lớn thì f phải nhỏ. Cách ngắm chừng ở vô cực không những giúp cho mắt không phải điều tiết mà còn làm cho độ bội giác của kính không phụ thuộc vị trí đặt mắt.

Khi ngắm chừng ở vô cực thì khái niệm về độ phóng đại của ảnh không còn ý nghĩa nữa.

Trong việc trao đổi, mua bán, để có một tiêu chuẩn đánh giá khách quan, người ta thường lấy $D = 0,25\text{m}$. Giá trị của G_{∞} sẽ là

$$G_{\infty} = \frac{0,25}{f(\text{m})} \quad (6-7)$$

Đối với các kính lúp thông dụng, G_{∞} có giá trị từ 2,5 đến 25. Giá trị này thường được ghi ngay trên vành kính. Thí dụ : X 2,5, X5 v.v...



Hình 6.10

?

1. Kính lúp là gì ? Nêu cấu tạo của kính và cách ngắm chừng ảnh của một vật qua kính.

2. Trình bày khái niệm về độ bội giác của một dụng cụ quang học hỗ trợ cho mắt.

3. Trình bày khái niệm về sự ngắm chừng ở điểm cực cận và sự ngắm chừng ở vô cực. Chứng minh các công thức tính độ bội giác của kính lúp trong các trường hợp này.

▽

4. Dùng một thấu kính có độ tụ +10 điốp để làm kính lúp.

a) Tính độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực.

b) Tính độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh khi người quan sát ngắm chừng ở điểm cực cận. Khoảng nhìn rõ ngắn nhất của mắt là 25cm. Mắt đặt sát sau kính.

5. Một người cận thị có khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận là 10cm và đến điểm cực viễn là 50cm, quan sát một vật nhỏ qua một kính lúp có độ tụ +10 điốp. Mắt đặt sát sau kính.

a) Hỏi phải đặt vật trong khoảng nào trước kính ?

b) Tính độ bội giác của kính ứng với mắt người ấy và độ phóng đại của ảnh trong các trường hợp sau : Người ấy ngắm chừng ở điểm cực viễn. Người ấy ngắm chừng ở điểm cực cận.

ĐS : 4) a) 2,5 ; b) $G = k = 3,5$

5) a) $5\text{cm} \leq d \leq 8,3\text{cm}$; b) $k_v = 6$; $G_v = 1,2$; $k_c = G_c = 2$.

§41. KÍNH HIỂN VI VÀ KÍNH THIÊN VĂN

1. Kính hiển vi

a) *Kính hiển vi là một dụng cụ quang học hỗ trợ cho mắt làm tăng góc trông ảnh của những vật rất nhỏ, với độ bội giác lớn hơn rất nhiều so với độ bội giác của kính lúp.*

b) **Cấu tạo :** Kính hiển vi có hai bộ phận chính là *vật kính* và *thị kính* (h. 6.11)

Vật kính O_1 là một thấu kính hội tụ có tiêu cự rất ngắn, dùng để tạo ra một ảnh thật rất lớn của vật cần quan sát.

Thị kính O_2 cũng là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn, dùng như một kính lúp để quan sát ảnh thật nói trên.*

* Thông thường vật kính và thị kính là một hệ thấu kính phức tạp, có tác dụng như một thấu kính hội tụ.

Bây giờ ta lại xét hai tam giác đồng dạng $A_1B_1F'_1$ và $O_1IF'_1$ trên hình 6.13. Ta có

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{A_1B_1}{O_1I} = \frac{F'_1 F_2}{O_1F'_1} = \frac{\delta}{f_1}$$

Với $\delta = F'_1 F_2$. Khoảng cách δ từ tiêu điểm ảnh của vật kính đến tiêu điểm vật của thị kính gọi là *độ dài quang học của kính hiển vi*.

Kết quả, ta có $G_{\infty} = \frac{\delta.D}{f_1.f_2}$ (6-9)

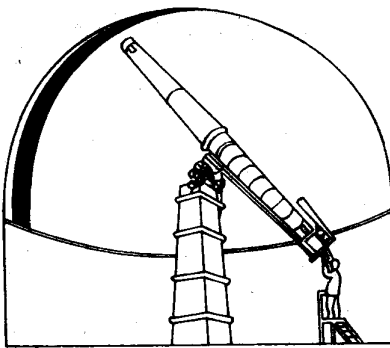
Người ta thường lấy $D = 25\text{cm}$.

Muốn có độ bội giác lớn, tiêu cự f_1 và f_2 của vật kính và thị kính phải nhỏ. Độ bội giác của kính hiển vi thông thường không vượt quá 1500 đến 2000 lần.

2. Kính thiên văn

Kính thiên văn là dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt làm tăng góc trông ảnh của những vật ở rất xa (các thiên thể). (h. 6.14a).

Kính thiên văn có hai bộ phận chính là *vật kính* và *thị kính*.



Hình 6.14a

Vật kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự dài. Thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn. Hai kính được lắp cùng trục, ở hai đầu của một ống hình trụ. Khoảng cách giữa chúng có thể thay đổi được.

Vật AB (chẳng hạn như một đường kính AB của Mặt Trăng), coi như ở vô cực, qua vật kính cho một ảnh thật A_1B_1 nằm ở tiêu diện ảnh F'_1 của vật kính (h. 6.14b). Thị kính được dùng

như một kính lúp để quan sát ảnh A_1B_1 . Ảnh cuối cùng A_2B_2 là một ảnh ảo. Người quan sát đặt mắt sát sau thị kính và quan sát

?

1. Kính lúp là gì ? Nêu cấu tạo của kính và cách ngắm chừng ảnh của một vật qua kính.
2. Trình bày khái niệm về độ bội giác của một dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt.
3. Trình bày khái niệm về sự ngắm chừng ở điểm cực cận và sự ngắm chừng ở vô cực. Chứng minh các công thức tính độ bội giác của kính lúp trong các trường hợp này.

▽

4. Dùng một thấu kính có độ tụ +10 điốp để làm kính lúp.
 - a) Tính độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực.
 - b) Tính độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh khi người quan sát ngắm chừng ở điểm cực cận. Khoảng nhìn rõ ngắn nhất của mắt là 25cm. Mắt đặt sát sau kính.
 5. Một người cận thị có khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận là 10cm và đến điểm cực viễn là 50cm, quan sát một vật nhỏ qua một kính lúp có độ tụ +10 điốp. Mắt đặt sát sau kính.
 - a) Hỏi phải đặt vật trong khoảng nào trước kính ?
 - b) Tính độ bội giác của kính ứng với mắt người ấy và độ phóng đại của ảnh trong các trường hợp sau : Người ấy ngắm chừng ở điểm cực viễn. Người ấy ngắm chừng ở điểm cực cận.
- ĐS : 4) a) 2,5 ; b) $G = k = 3,5$
 5) a) $5\text{cm} \leq d \leq 8,3\text{cm}$; b) $k_v = 6$; $G_v = 1,2$; $k_c = G_c = 2$.

§41. KÍNH HIỂN VI VÀ KÍNH THIÊN VĂN

1. Kính hiển vi

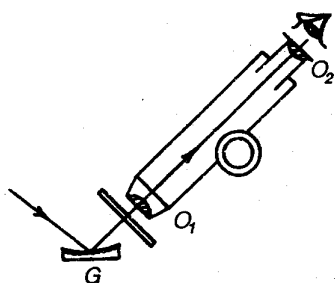
a) *Kính hiển vi là một dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt làm tăng góc trông ảnh của những vật rất nhỏ, với độ bội giác lớn hơn rất nhiều so với độ bội giác của kính lúp.*

b) **Cấu tạo :** Kính hiển vi có hai bộ phận chính là *vật kính* và *thị kính* (h. 6.11)

Vật kính O_1 là một thấu kính hội tụ có tiêu cự rất ngắn, dùng để tạo ra một ảnh thật rất lớn của vật cần quan sát.

Thị kính O_2 cũng là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn, dùng như một kính lúp để quan sát ảnh thật nói trên.*

* Thông thường vật kính và thị kính là một hệ thấu kính phức tạp, có tác dụng như một thấu kính hội tụ.



Hình 6.11

Hai kính được gắn ở hai đầu một ống hình trụ sao cho trục chính của chúng trùng nhau và khoảng cách giữa chúng không đổi.

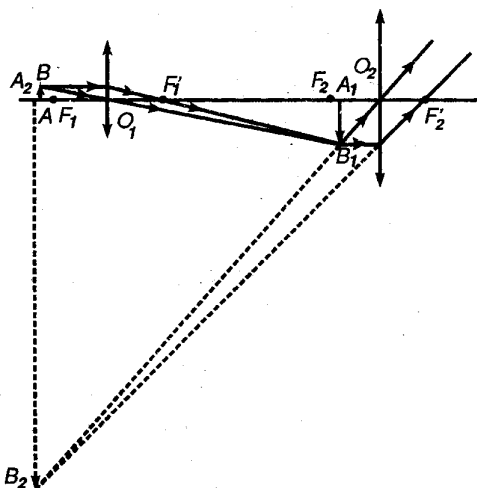
Ngoài ra, còn có bộ phận tụ sáng dùng để chiếu sáng vật cần quan sát. Bộ phận tụ sáng có thể đơn giản là một gương cầu lõm G.

c) *Cách ngắm chừng* : Vật AB (thường là một tiêu bản) được đặt ngoài nhưng rất gần tiêu điểm vật của vật kính. Qua vật kính, ta thu được một ảnh thật A_1B_1 lớn gấp k_1 lần vật.

Phải điều chỉnh kính sao cho ảnh A_1B_1 nằm trong khoảng từ tiêu điểm vật F_2 đến quang tâm O_2 của thị kính. Qua thị kính, ta có ảnh ảo cuối cùng A_2B_2 rất lớn, ngược chiều với vật AB (h. 6.12).

Mắt được đặt sát sau thị kính để quan sát ảnh A_2B_2 . Quang tâm O của mắt coi như trùng với quang tâm O_2 của thị kính.

Để nhìn rõ ảnh A_2B_2 , người quan sát phải điều chỉnh kính sao cho ảnh A_2B_2 nằm trong khoảng nhìn rõ của mắt. Muốn điều

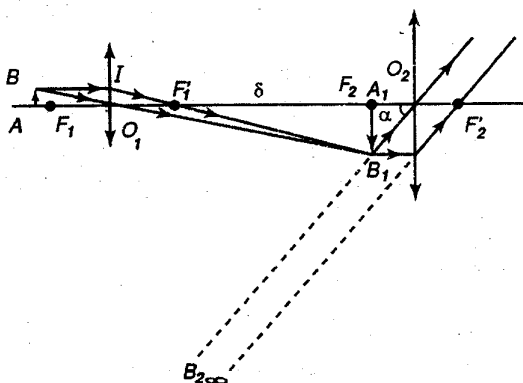


Hình 6.12

* Để cho đơn giản phép vẽ, trong các hình 6.12, 6.13, 6.14 và 6.15, ta chỉ tiến hành việc dựng ảnh của vật AB qua các thấu kính.

chỉnh kính, người ta thay đổi khoảng cách d_1 giữa vật và vật kính bằng cách đưa toàn bộ ống kính lên, xuống. Khi đó, khoảng cách d_2 từ ảnh cuối cùng A_2B_2 đến thị kính, tức là đến mắt, cũng sẽ thay đổi.

Thường thường, để cho đỡ mỏi mắt, người quan sát điều chỉnh để ngắm chừng ảnh A_2B_2 ở vô cực. Lúc đó ảnh A_1B_1 nằm ở tiêu điểm vật F_2 của thị kính (h. 6.13)



Hình 6.13

d) *Độ bội giác của kính hiển vi* : Ta hãy tính độ bội giác G_∞ của kính hiển vi trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực. Căn cứ vào hình 6.13, ta có :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{A_1 B_1}{O_2 F_2} = \frac{A_1 B_1}{f_2}$$

Còn $\operatorname{tg} \alpha_0$ vẫn được tính theo công thức (6-5).

Do đó, độ bội giác của kính sẽ là

$$G_\infty = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{A_1 B_1}{AB} \times \frac{D}{f_2}$$

$$\text{hay} \quad G_\infty = k_1 \times G_2 \quad (6-8)$$

Độ bội giác G_∞ của kính hiển vi trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực bằng tích của độ phóng đại k_1 của ảnh A_1B_1 qua vật kính với độ bội giác G_2 của thị kính.

Hai số liệu này thường được ghi ngay trên vành đỡ của vật kính và thị kính.

Bây giờ ta lại xét hai tam giác đồng dạng $A_1B_1F'_1$ và $O_1IF'_1$ trên hình 6.13. Ta có

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{A_1B_1}{O_1I} = \frac{F'_1F_2}{O_1F'_1} = \frac{\delta}{f_1}$$

Với $\delta = F'_1F_2$. Khoảng cách δ từ tiêu điểm ảnh của vật kính đến tiêu điểm vật của thị kính gọi là *độ dài quang học của kính hiển vi*.

Kết quả, ta có $G_{\infty} = \frac{\delta \cdot D}{f_1 \cdot f_2}$ (6-9)

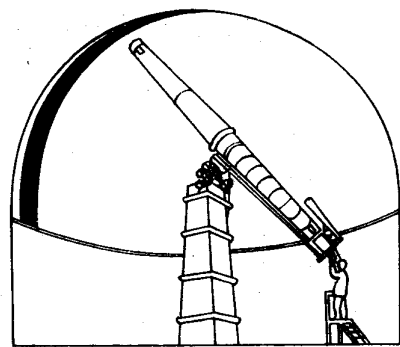
Người ta thường lấy $D = 25\text{cm}$.

Muốn có độ bội giác lớn, tiêu cự f_1 và f_2 của vật kính và thị kính phải nhỏ. Độ bội giác của kính hiển vi thông thường không vượt quá 1500 đến 2000 lần.

2. Kính thiên văn

Kính thiên văn là dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt làm tăng góc trông ảnh của những vật ở rất xa (các thiên thể). (h. 6.14a).

Kính thiên văn có hai bộ phận chính là *vật kính* và *thị kính*.

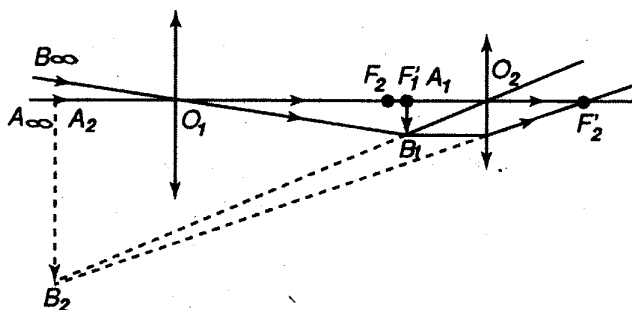


Hình 6.14a

Vật kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự dài. Thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn. Hai kính được lắp cùng trục, ở hai đầu của một ống hình trụ. Khoảng cách giữa chúng có thể thay đổi được.

Vật AB (chẳng hạn như một đường kính AB của Mặt Trăng), coi như ở vô cực, qua vật kính cho một ảnh thật A_1B_1 nằm ở tiêu diện ảnh F'_1 của vật kính (h. 6.14b). Thị kính được dùng

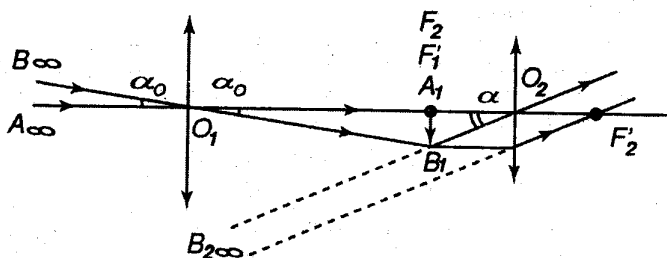
như một kính lúp để quan sát ảnh A_1B_1 . Ảnh cuối cùng A_2B_2 là một ảnh ảo. Người quan sát đặt mắt sát sau thị kính và quan sát



Hình 6.14b

ảnh A_2B_2 . Phải điều chỉnh kính (thay đổi khoảng cách O_1O_2 giữa vật kính và thị kính) sao cho ảnh A_2B_2 nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt.

Trong cách ngắm chừng ở vô cực, người quan sát điều chỉnh để ảnh A_2B_2 ở vô cực. Lúc đó, ảnh A_1B_1 nằm ở tiêu diện vật F_2 của thị kính. Như vậy tiêu điểm ảnh F'_1 của vật kính sẽ trùng với tiêu điểm vật F_2 của thị kính (h. 6.15). Lúc này, góc trông ảnh cuối cùng qua kính chính là góc $\widehat{A_1O_2B_1}$ ($\alpha = \widehat{A_1O_2B_1}$); còn góc trông vật AB khi không dùng kính đúng bằng góc $\widehat{A_1O_1B_1}$ ($\alpha_0 = \widehat{A_1O_1B_1}$)



Hình 6.15

Vậy: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{A_1 B_1}{f_2}$ và $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{A_1 B_1}{f_1}$

Do đó, độ bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực là* :

$$G_{\infty} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{f_1}{f_2} \quad (6-10)$$

Ngoài loại kính thiên văn nêu trên, còn nhiều loại kính khác mà ta không xét ở đây. Những ống nhòm quân sự, ống ngắm trắc địa v.v... cũng có cùng nguyên tắc cấu tạo với kính thiên văn.

?

1. Trình bày công dụng và cấu tạo của kính hiển vi.
2. Trình bày cách ngắm chừng và độ bội giác của kính hiển vi.
3. Trình bày công dụng, cấu tạo và độ bội giác của kính thiên văn.
4. Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 1\text{cm}$; thị kính có tiêu cự $f_2 = 4\text{cm}$. Hai kính cách nhau 17cm .
a) Tính độ bội giác của kính trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực. Lấy $D = 25\text{cm}$. b) Tính độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh trong trường hợp ngắm chừng ở điểm cực cận.
5. Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 1\text{cm}$ thị kính có tiêu cự $f_2 = 4\text{cm}$. Chiều dài quang học của kính là 15cm . Người quan sát có điểm cực cận cách mắt 20cm và điểm cực viễn ở vô cực. Hỏi phải đặt vật trong khoảng nào trước vật kính ?
6. Vật kính của một kính thiên văn học sinh có tiêu cự $1,2\text{m}$. Thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự 4cm .
a) Tính khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính thiên văn trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực.
b) Một học sinh dùng kính thiên văn nói trên để quan sát Mặt Trăng. Điểm cực viễn của mắt học sinh đó cách mắt 50cm . Tính khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính khi học sinh đó quan sát trong trạng thái mắt không điều tiết.

ĐS : 4) a) $G_{\infty} = 75$; b) $k_c = G_c = 91$.

5) $1,064\text{cm} \leq d_1 \leq 1,067\text{cm}$

6) a) $O_1 O_2 = 124\text{cm}$; $G_{\infty} = 30$.

b) $O_1 O_2 = 123,7\text{cm}$; $G = 32,4$.

* Trong kính thiên văn và ống nhòm, α_0 là góc trông vật từ vị trí người quan sát (tức là từ quang tâm của vật kính).

TÓM TẮT CHƯƠNG VI

1. Máy ảnh.

- Vật kính có tiêu cự không thay đổi ($f \sim 10\text{cm}$).
- Khoảng cách d' từ vật kính đến phim thay đổi được.

2. Mắt

a) Mắt không có tật

- Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm ở võng mạc :

$$f_{\max} = OV$$

- Điểm cực viễn C_v ở vô cực.
- Điểm cực cận C_c cách mắt từ 15cm đến 20cm lúc trẻ, và lùi xa dần mắt lúc già.

b) Mắt cận thị

- Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm trước võng mạc :

$$f_{\max} < OV$$

- Điểm cực viễn C_v cách mắt một khoảng hữu hạn.
- Điểm cực cận C_c rất gần mắt.
- Để sửa tật, người cận thị phải đeo kính phân kì sao cho có thể nhìn rõ vật ở vô cực mà không phải điều tiết.

$$f_{\text{kính}} = - OC_v$$

c) Mắt viễn thị

- Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm sau võng mạc :

$$f_{\max} > OV$$

- Mắt viễn thị nhìn vật ở vô cực đã phải điều tiết.
- Điểm cực cận C_c ở quá xa mắt so với mắt bình thường.
- Để sửa tật, người viễn thị phải đeo kính hội tụ sao cho có thể nhìn được các vật ở vô cực mà không phải điều tiết.

3. Kính lúp

- Kính lúp là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn dùng để quan sát những vật nhỏ với độ bội giác không lớn.

- Độ bội giác của kính

$$G = \frac{\text{Góc trông ảnh qua kính}}{\text{Góc trong vật, đặt ở điểm cực cận}} = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{\text{tg}\alpha}{\text{tg}\alpha_0}$$

- Độ bội giác của kính lúp khi ngắm chừng ở vô cực.

	Thủy tinh flin	Thủy tinh crao	Nước
Ánh sáng đỏ	1,6444	1,5145	1,3311
Ánh sáng vàng	1,6499	1,5170	1,3330
Ánh sáng lam	1,6657	1,5230	1,3371
Ánh sáng tím	1,6852	1,5381	1,3428

5. Hiện tượng tán sắc được ứng dụng trong các máy quang phổ để phân tích một chùm ánh sáng phức tạp thành những thành phần đơn sắc khác nhau.

Một số hiện tượng quang học trong khí quyển (như cầu vồng, quang v.v...) cũng được giải thích bằng hiện tượng tán sắc của ánh sáng do các giọt nước hay các tinh thể băng trong không khí gây ra.

?

1. Hiện tượng tán sắc ánh sáng là gì ? Mô tả thí nghiệm Niuton về sự tán sắc ánh sáng.
2. Ánh sáng đơn sắc là gì ? Mô tả thí nghiệm tách một chùm ánh sáng đơn sắc ra khỏi một chùm ánh sáng trắng.
3. Ánh sáng trắng là gì ? Mô tả thí nghiệm tổng hợp các ánh sáng đơn sắc.
4. Trình bày sự phụ thuộc của chiết suất của một môi trường trong suốt vào màu sắc ánh sáng.

§43. HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

1. Thí nghiệm Iâng về hiện tượng giao thoa ánh sáng

Đây là thí nghiệm đầu tiên về hiện tượng giao thoa của hai chùm tia sáng. Thí nghiệm này được Iâng (Young) thực hiện năm 1802.

Một đèn Đ chiếu sáng một khe hẹp S nằm trên một màn chắn M (h. 7.4)

Ánh sáng của ngọn đèn được lọc qua một kính lọc sắc F (kính đỏ chẳng hạn). S trở thành một khe sáng đơn sắc.

TÓM TẮT CHƯƠNG VI

1. Máy ảnh.

- Vật kính có tiêu cự không thay đổi ($f \sim 10\text{cm}$).
- Khoảng cách d' từ vật kính đến phim thay đổi được.

2. Mắt

a) Mắt không có tật

- Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm ở võng mạc :

$$f_{\max} = OV$$

- Điểm cực viễn C_v ở vô cực.
- Điểm cực cận C_c cách mắt từ 15cm đến 20cm lúc trẻ, và lùi xa dần mắt lúc già.

b) Mắt cận thị

- Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm trước võng mạc :

$$f_{\max} < OV$$

- Điểm cực viễn C_v cách mắt một khoảng hữu hạn.
- Điểm cực cận C_c rất gần mắt.
- Để sửa tật, người cận thị phải đeo kính phân kì sao cho có thể nhìn rõ vật ở vô cực mà không phải điều tiết.

$$f_{\text{kính}} = - OC_v$$

c) Mắt viễn thị

- Khi không điều tiết, tiêu điểm nằm sau võng mạc :

$$f_{\max} > OV$$

- Mắt viễn thị nhìn vật ở vô cực đã phải điều tiết.
 - Điểm cực cận C_c ở quá xa mắt so với mắt bình thường.
- Để sửa tật, người viễn thị phải đeo kính hội tụ sao cho có thể nhìn được các vật ở vô cực mà không phải điều tiết.

3. Kính lúp

- Kính lúp là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn dùng để quan sát những vật nhỏ với độ bội giác không lớn.

- Độ bội giác của kính

$$G = \frac{\text{Góc trông ảnh qua kính}}{\text{Góc trong vật, đặt ở điểm cực cận}} = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{\text{tg}\alpha}{\text{tg}\alpha_0}$$

- Độ bội giác của kính lúp khi ngắm chừng ở vô cực.

$$G_{\infty} = \frac{D}{f}$$

người ta thường lấy D bằng 25cm.

4. Kính hiển vi

- Vật kính và thị kính đều là thấu kính hội tụ, tiêu cự ngắn, đặt cùng trục và cách nhau một khoảng không đổi.

- Độ bội giác của kính trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực bằng tích của độ phóng đại k_1 của ảnh A_1B_1 cho bởi vật kính với độ bội giác G_2 của thị kính :

$$G_{\infty} = k_1 \times G_2 = \frac{\delta \cdot D}{f_1 \cdot f_2}$$

$\delta = F_1F_2$ là độ dài quang học của kính hiển vi.

5. Kính thiên văn

- Vật kính là thấu kính hội tụ có tiêu cự dài ; thị kính là thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn. Hai kính được lắp cùng trục ; khoảng cách giữa chúng thay đổi được.

- Khi ngắm chừng ở vô cực, tiêu điểm ảnh của vật kính trùng với tiêu điểm vật của thị kính. Độ bội giác của kính trong trường hợp này là :

$$G_{\infty} = \frac{f_1}{f_2}$$

CHƯƠNG VII

TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

Chúng ta đã nghiên cứu đường đi của các tia sáng, chùm sáng và sự tạo ảnh trong các dụng cụ quang học. Trong hai chương VII và VIII, chúng ta sẽ nghiên cứu những hiện tượng liên quan đến bản chất của ánh sáng.

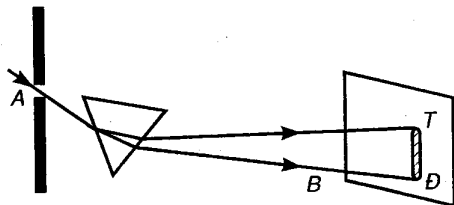
§42. HIỆN TƯỢNG TÁN SẮC ÁNH SÁNG

1. Thí nghiệm về sự tán sắc ánh sáng

Thí nghiệm này được Niuton (Newton) thực hiện lần đầu tiên vào năm 1672.

Dùng một màn chắn trên có khoét một khe hẹp A (h. 7.1) để tách ra một chùm ánh sáng mặt trời (ánh sáng mặt trời là ánh sáng trắng) có dạng một dải hẹp. Cho dải sáng trắng này chiếu vào một lăng kính có cạnh song song với khe A. Sau lăng kính đặt một màn ảnh B để hứng chùm sáng ló ra. Trên màn ảnh ta thấy có một dải có màu như ở cầu vồng từ đỏ đến tím. Các tia màu đỏ bị lệch ít nhất, các tia màu tím bị lệch nhiều nhất.

Như vậy khi đi qua lăng kính, chùm sáng trắng không những bị khúc xạ về phía đáy lăng kính mà còn bị tách ra thành nhiều chùm sáng có màu sắc khác nhau. Hiện tượng này gọi là hiện tượng tán sắc ánh sáng.

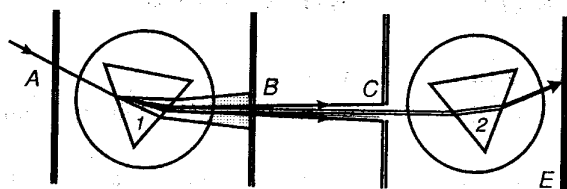


Hình 7.1

Dải có màu như cầu vồng này gọi là *quang phổ* của ánh sáng trắng. Trong quang phổ của ánh sáng trắng, ta thấy có 7 màu chính là : *đỏ, da cam, vàng, lục, lam, chàm, tím*. Thực ra, trong quang phổ này không phải chỉ có 7 màu như trên mà có rất nhiều màu, biến đổi dần dần từ màu này sang màu khác.

2. Thí nghiệm về ánh sáng đơn sắc

Thí nghiệm này cũng do Niuton thực hiện đầu tiên. Trên màn ảnh B ở thí nghiệm hình 7.1 có khoét một khe hẹp song song với khe A và đặt sao cho khe này nằm ở vị trí của một màu nào đó trong quang phổ nói trên (màu lục chẳng hạn). Chùm sáng màu lục sẽ đi qua khe B. Đằng sau màn chắn B lại đặt một màn chắn C, song song với màn B (h. 7.2). Trên màn C cũng có một khe hẹp, song song với khe B. Bố trí sao cho khe C nằm đúng vị trí màu lục. Chùm sáng ló ra khỏi khe C coi như hoàn toàn có màu



Hình 7.2

lục. Cho chùm sáng này đi qua một lăng kính thứ hai, rồi chặn chùm tia ló bằng một màn ảnh E. Trên màn ảnh ta thấy một vạch màu lục.

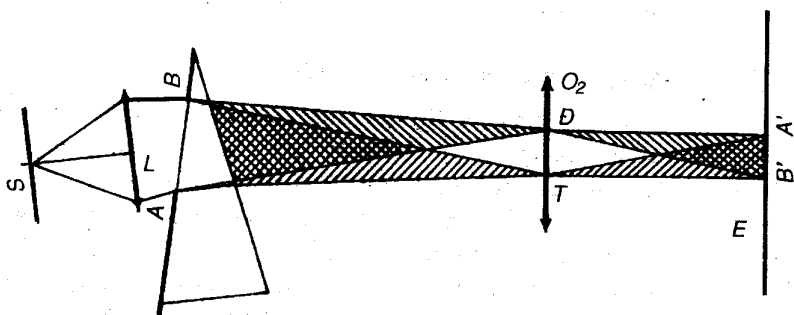
Như vậy, chùm sáng màu lục sau khi đi qua lăng kính vẫn là một chùm màu lục, tức là nó không bị tán sắc. Ta gọi chùm sáng đó là một chùm sáng đơn sắc.

Làm lại thí nghiệm này với các chùm sáng có màu khác, ta cũng có kết quả như vậy.

Vậy, ánh sáng đơn sắc là ánh sáng không bị tán sắc khi đi qua lăng kính. Mỗi ánh sáng đơn sắc có một màu nhất định gọi là một màu đơn sắc.

3. Tổng hợp ánh sáng trắng

Ở trên, ta đã tách được những chùm sáng đơn sắc khác nhau từ một chùm sáng trắng. Tuy nhiên, liệu có tổng hợp các ánh sáng đơn sắc lại để được ánh sáng trắng hay không?



Hình 7.3

02.8.20

Niuton cũng đã thực hiện nhiều thí nghiệm về tổng hợp ánh sáng trắng. Dưới đây là một trong các thí nghiệm đó (h. 7.3). Chiếu một chùm sáng trắng qua một lỗ tròn nhỏ nằm trên trục chính của một thấu kính hội tụ L sao cho có một ảnh thật, màu trắng (trên hình 7.3, ta không vẽ ảnh này). Dùng một lăng kính chắn chùm tia sáng trắng trước điểm hội tụ (tức là trước ảnh thật nói trên). Chùm sáng sẽ bị tán sắc và cho một dải gồm nhiều màu liên tục. Đặt một thấu kính O_2 sao cho dải màu này nằm ngay trên mặt thấu kính và di chuyển một màn ảnh E sau O_2 . Ta sẽ tìm được một vị trí của màn mà tại đó ta thấy có một vết sáng trắng trên màn. Vết sáng trắng này nằm ở vị trí ảnh của mặt lăng kính và là chỗ chồng chập của các chùm sáng đơn sắc khác nhau. Thí nghiệm này cho phép ta kết luận là : nếu tổng hợp các ánh sáng đơn sắc khác nhau, ta sẽ được ánh sáng trắng.

Vậy, ánh sáng trắng là tập hợp của vô số các ánh sáng đơn sắc khác nhau có màu biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.

4. Sự phụ thuộc của chiết suất của một môi trường trong suốt vào màu sắc ánh sáng

Ta đã biết, khi chiếu một tia sáng qua một lăng kính thì tia ló bị lệch về phía đáy lăng kính. Chiết suất của lăng kính càng lớn thì góc lệch càng lớn.

Thí nghiệm ở hình 7.1 cho ta kết quả là : khi đi qua lăng kính thì các tia sáng đơn sắc khác nhau bị lệch khác nhau : tia đỏ bị lệch ít nhất, tia tím bị lệch nhiều nhất.

Như vậy, chiết suất của chất làm lăng kính đối với các ánh sáng đơn sắc khác nhau thì khác nhau. Chiết suất đối với ánh sáng đỏ thì nhỏ nhất và đối với ánh sáng tím thì lớn nhất. Tính chất này là tính chất chung đối với mọi chất trong suốt.

Dưới đây là bảng giá trị các chiết suất của thủy tinh flin (thủy tinh nặng), thủy tinh crao (thủy tinh nhẹ) và nước đối với một số ánh sáng đơn sắc.

	Thủy tinh flin	Thủy tinh crao	Nước
Ánh sáng đỏ	1,6444	1,5145	1,3311
Ánh sáng vàng	1,6499	1,5170	1,3330
Ánh sáng lam	1,6657	1,5230	1,3371
Ánh sáng tím	1,6852	1,5381	1,3428

5. Hiện tượng tán sắc được ứng dụng trong các máy quang phổ để phân tích một chùm ánh sáng phức tạp thành những thành phần đơn sắc khác nhau.

Một số hiện tượng quang học trong khí quyển (như cầu vồng, quầng v.v...) cũng được giải thích bằng hiện tượng tán sắc của ánh sáng do các giọt nước hay các tinh thể băng trong không khí gây ra.

- ?
- Hiện tượng tán sắc ánh sáng là gì ? Mô tả thí nghiệm Niuton về sự tán sắc ánh sáng.
 - Ánh sáng đơn sắc là gì ? Mô tả thí nghiệm tách một chùm ánh sáng đơn sắc ra khỏi một chùm ánh sáng trắng.
 - Ánh sáng trắng là gì ? Mô tả thí nghiệm tổng hợp các ánh sáng đơn sắc.
 - Trình bày sự phụ thuộc của chiết suất của một môi trường trong suốt vào màu sắc ánh sáng.

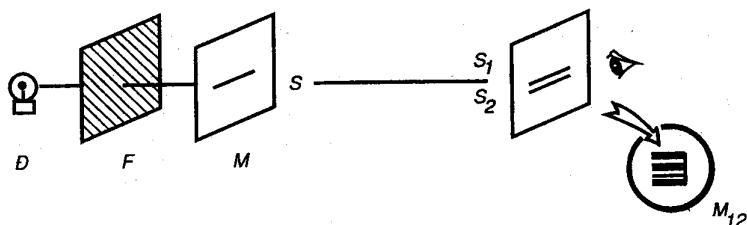
§43. HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

1. Thí nghiệm Iâng về hiện tượng giao thoa ánh sáng

Đây là thí nghiệm đầu tiên về hiện tượng giao thoa của hai chùm tia sáng. Thí nghiệm này được Iâng (Young) thực hiện năm 1802.

Một đèn Đ chiếu sáng một khe hẹp S nằm trên một màn chắn M (h. 7.4)

Ánh sáng của ngọn đèn được lọc qua một kính lọc sắc F (kính đỏ chẳng hạn). S trở thành một khe sáng đơn sắc.



Hình 7.4

Chùm tia sáng đơn sắc lọt qua khe S tiếp tục chiếu sáng hai khe hẹp S_1 , S_2 nằm song song và rất gần nhau trên một màn chắn M_{12} . Hai khe S_1 , S_2 được bố trí song song với khe S.

Đặt mắt sau màn chắn M_{12} sao cho có thể hứng được đồng thời hai chùm tia sáng lọt qua các khe S_1 và S_2 vào mắt. Nếu điều tiết mắt để nhìn vào khe S, ta sẽ thấy có một vùng sáng hẹp trong đó xuất hiện những vạch sáng (đỏ) và những vạch tối xen kẽ nhau một cách đều đặn*

Hiện tượng này gọi là hiện tượng giao thoa ánh sáng. Nếu dùng ánh sáng trắng (bỏ kính lọc sắc F đi) ta sẽ thấy có một vạch sáng ở chính giữa, hai bên có những dải màu như ở cầu vồng, tím ở trong, đỏ ở ngoài.

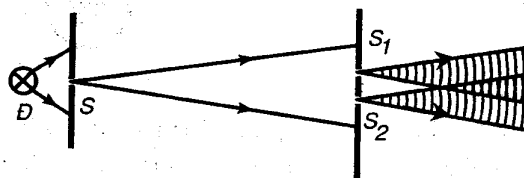
2. Giải thích hiện tượng

Hiện tượng có những vạch sáng và những vạch tối nằm xen kẽ nhau và nhất là sự xuất hiện của những vạch tối trong vùng hai chùm sáng gặp nhau chỉ có thể giải thích được bằng sự giao thoa của hai sóng : những vạch sáng ứng với những chỗ hai sóng gặp nhau tăng cường lẫn nhau ; những vạch tối ứng với những chỗ hai sóng gặp nhau triệt tiêu lẫn nhau. Ta gọi những vạch sáng, vạch tối này là những *vân giao thoa*.

Nếu thừa nhận ánh sáng có tính chất sóng, ta sẽ giải thích hiện tượng xảy ra trong thí nghiệm Iâng như sau :

* Thực ra, để hiện tượng được khách quan, người ta phải hứng các vạch sáng, tối này trên một màn ảnh để quan sát chúng. Tuy nhiên vì các vạch rất xít nhau và độ sáng không lớn, nên rất khó quan sát.

Ánh sáng từ đèn Đ chiếu đến khe S làm cho khe S trở thành một nguồn phát sóng ánh sáng, lan tỏa về phía hai khe S_1 và S_2 . Khi truyền đến các khe S_1 và S_2 , sóng này sẽ làm cho chúng trở thành hai nguồn sáng khác, phát ra hai sóng ánh sáng, lan tỏa



Hình 7.5

tiếp về phía sau. Hai chùm sáng này có một phần chồng lên nhau và chúng giao thoa với nhau, cho những vân sáng, vân tối (h. 7.5).

Sở dĩ hai sóng này giao thoa được với nhau vì chúng được phát ra từ hai nguồn S_1 , S_2 thỏa mãn các điều kiện của hai nguồn kết hợp :

+ Sóng ánh sáng do hai nguồn S_1 , S_2 phát ra có cùng tần số với sóng ánh sáng do nguồn S phát ra.

+ Khoảng cách từ S_1 , S_2 đến S hoàn toàn xác định nên dao động của S_1 và S_2 lệch pha với nhau một lượng không đổi.

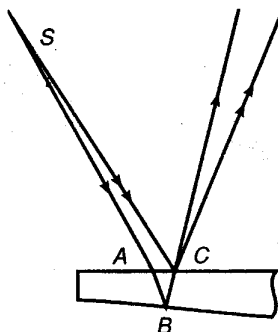
Nếu dùng ánh sáng trắng thì hệ thống vân giao thoa của các ánh sáng đơn sắc khác nhau sẽ không trùng khít với nhau.

Ở chính giữa, vân sáng của các ánh sáng đơn sắc khác nhau nằm trùng với nhau cho một vân trắng gọi là *vân trắng chính giữa*. Ở hai bên vân trắng chính giữa, các vân sáng của các sóng ánh sáng đơn sắc khác nhau không trùng với nhau nữa. Chúng nằm kề sát bên nhau và cho những quang phổ có màu như ở cầu vồng.

Ta sẽ hiểu rõ hơn cách giải thích này nếu thay kính lọc sắc đỏ F trong thí nghiệm trên bằng các kính lọc sắc khác (vàng, lục, tím v.v...). Ta sẽ thấy khoảng cách giữa các vân đỏ lớn hơn khoảng cách giữa các vân lục ; khoảng cách giữa các vân lục lớn hơn khoảng cách giữa các vân tím v.v...

Khi quan sát ánh sáng phản xạ trên các văng dầu, mỡ hoặc bong bóng xà phòng, ta thấy có những văng màu sắc sỡ. Đây cũng là hiện tượng giao thoa ánh sáng khi dùng ánh sáng trắng. Hai sóng ánh sáng giao thoa với nhau trong hiện tượng này là : một

sóng phản xạ ở ngay mặt trên của lớp váng ; một sóng, sau khi khúc xạ vào trong lớp váng, bị phản xạ ở mặt dưới, trở lại mặt trên rồi ló ra ngoài. Sóng thứ hai gặp sóng thứ nhất ở ngay trên mặt bản và giao thoa với nhau (h. 7.6)



Hình 7.6

3. Kết luận

Hiện tượng giao thoa ánh sáng là một bằng chứng thực nghiệm quan trọng khẳng định ánh sáng có tính chất sóng.

Sau này, căn cứ vào nhiều hiện tượng quang học quan trọng khác nữa, và vào lí thuyết điện từ của Macxoen, người ta đã chứng minh được một cách chắc chắn rằng ánh sáng là một loại sóng điện từ.

?

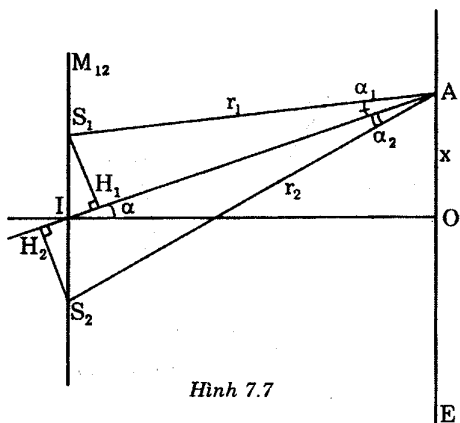
1. Mô tả thí nghiệm Iâng về hiện tượng giao thoa ánh sáng.
2. Giải thích hiện tượng quan sát được trong thí nghiệm Iâng và rút ra kết luận cần thiết.

§ 44. ĐO BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG. BƯỚC SÓNG VÀ MÀU SẮC ÁNH SÁNG

1. Khoảng vân giao thoa

a) *Vị trí của các vân giao thoa trong thí nghiệm Iâng* : Giả sử ta hứng vân giao thoa trong thí nghiệm Iâng trên một màn ảnh E, đặt song song với các màn chắn M và M_{12} . Vân giao thoa xuất hiện trên màn ảnh có dạng những đoạn thẳng sáng, tối, song song với hai khe S_1, S_2 nằm cách đều nhau.

Lấy mặt phẳng vuông góc với các khe S_1, S_2 và màn ảnh E làm mặt phẳng hình vẽ (h. 7.7)



Hình 7.7

Gọi S_1, S_2 và A là giao điểm của các khe và của một vân sáng nào đó với mặt phẳng hình vẽ. Trung trực IO của S_1S_2 cắt E ở O .

Vị trí của vân sáng A trên màn ảnh được xác định bằng đoạn thẳng $OA = x$.

Tại A có vân sáng, khi hai sóng ánh sáng do hai nguồn S_1 và S_2 gửi đến

A đồng pha với nhau và tăng cường lẫn nhau. Điều kiện này sẽ được thỏa mãn nếu hiệu đường đi của sóng ánh sáng từ hai nguồn S_1, S_2 đến điểm A bằng một số nguyên lần bước sóng ánh sáng :*

$$S_2A - S_1A = k\lambda$$

hay $r_2 - r_1 = k\lambda$ (7-1)

với $r_2 = S_2A$; $r_1 = S_1A$ và k là một số nguyên ($k = 0 ; \pm 1 ; \pm 2 ; \pm 3 \text{ v.v...}$)

Gọi H_1, H_2 là hình chiếu của S_1, S_2 trên đường IA ;

Đặt $\widehat{S_1S_2} = a$;

$\alpha = \widehat{OIA}$; $\alpha_1 = \widehat{IAS_1}$; $\alpha_2 = \widehat{IAS_2}$, ta có :

$$H_1A = r_1 \cos \alpha_1 = IA - IH_1 = IA - \frac{a}{2} \sin \alpha$$

$$H_2A = r_2 \cos \alpha_2 = IA + IH_2 = IA + \frac{a}{2} \sin \alpha$$

vì các góc α_1 và α_2 rất nhỏ, nên :

$$r_1 \cos \alpha_1 \approx r_1 \text{ và } r_2 \cos \alpha_2 \approx r_2$$

$$\text{Do đó : } r_2 - r_1 = a \sin \alpha$$

Mặt khác, với góc α cũng rất nhỏ, nên có thể lấy

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{x}{D} \text{ với } D = IO$$

* Ta coi như hai nguồn S_1, S_2 là hai nguồn ánh sáng hoàn toàn như nhau.

Công thức (7-1) trở thành $r_2 - r_1 = a \frac{x}{D} = k\lambda$

Vậy, vị trí các vân sáng trên màn ảnh được xác định bởi hệ thức

$$x = k \frac{\lambda D}{a} \quad (7-2)$$

với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$ v.v...

Tại điểm O ($x = 0$) ta có một vân sáng ứng với $k = 0$, gọi là vân sáng chính giữa.

Ở hai bên vân sáng chính giữa là các vân sáng bậc 1, ứng với $k = \pm 1$; rồi đến các vân sáng bậc 2, ứng với $k = \pm 2$ v.v... Các vân sáng nằm cách đều nhau.

Xen giữa hai vân sáng cạnh nhau là một vân tối.

b) *Khoảng vân* : Khoảng vân là khoảng cách giữa hai vân sáng (hoặc hai vân tối) cạnh nhau.

Khoảng cách giữa vân sáng bậc k và bậc $k + 1$ là

$$i = x_{k+1} - x_k = (k + 1) \frac{\lambda D}{a} - k \frac{\lambda D}{a}$$
$$i = \frac{\lambda D}{a} \quad (7-3)$$

Thí dụ : với $a = 0,35\text{mm}$, $D = 1\text{m}$ và $\lambda = 0,7 \mu\text{m}^*$ (ánh sáng đỏ) thì $i = 2\text{mm}$.

2. Bước sóng và màu sắc ánh sáng

a) *Đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa :*

Người ta có thể đo chính xác khoảng cách D từ hai khe S_1, S_2 đến màn ảnh E với độ chính xác hàng mm. Mặt khác, có thể sử dụng kính hiển vi và kính lúp để xác định khoảng cách a giữa hai khe S_1, S_2 và khoảng vân i .

Biết a, D và i ta có thể tính được bước sóng ánh sáng λ theo công thức (7-3). Đó là nguyên tắc của việc đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa.

* $1 \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$

b) *Bước sóng và màu sắc ánh sáng* : Đo bước sóng của những ánh sáng đơn sắc khác nhau bằng phương pháp giao thoa, người ta thấy mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng hoàn toàn xác định. Chẳng hạn :

- Ánh sáng màu đỏ ở đầu của dải màu liên tục có bước sóng : $0,760\mu\text{m}$.

- Ánh sáng màu tím ở cuối của dải màu liên tục có bước sóng : $0,400\mu\text{m}$.

- Ánh sáng vàng do đèn hơi natri phát ra có bước sóng $0,589\mu\text{m}$.

Như vậy, ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có một bước sóng xác định. Màu ứng với ánh sáng đó gọi là màu đơn sắc hay màu quang phổ.

Thực ra, những ánh sáng đơn sắc có bước sóng lân cận nhau thì gần như có cùng một màu. Vì vậy, người ta đã phân định ra trong quang phổ liên tục những vùng màu khác nhau :

Vùng đỏ có bước sóng từ	$0,760\mu\text{m}$ đến $0,640\mu\text{m}$
Vùng da cam và vàng :	$0,640\mu\text{m}$ đến $0,580\mu\text{m}$
Vùng lục :	$0,580\mu\text{m}$ đến $0,495\mu\text{m}$
Vùng lam - chàm :	$0,495\mu\text{m}$ đến $0,440\mu\text{m}$
Vùng tím :	$0,440\mu\text{m}$ đến $0,400\mu\text{m}$

Ngoài các màu đơn sắc, còn có các màu không đơn sắc, là hỗn hợp của nhiều màu đơn sắc với những tỉ lệ khác nhau.

- ?**
1. Trình bày cách đo bước sóng ánh sáng đơn sắc bằng phương pháp giao thoa.
 2. Nêu mối quan hệ giữa màu sắc ánh sáng và bước sóng ánh sáng.
- ▽**
3. Trong thí nghiệm Iâng về giao thoa ánh sáng, khoảng cách giữa hai khe sáng là $0,3\text{mm}$, khoảng cách từ hai khe sáng đến màn ảnh là 1m , khoảng vân đo được là 2mm . Tính bước sóng ánh sáng.
 4. Trong thí nghiệm Iâng, các khe sáng được chiếu bằng ánh sáng trắng. Khoảng cách giữa hai khe là $0,3\text{mm}$, khoảng cách từ hai khe đến màn ảnh là 2m .
 - a) Tính khoảng cách giữa vân sáng bậc 1 của màu đỏ ($\lambda_d = 0,76\mu\text{m}$) và vân sáng bậc 1 của màu tím ($\lambda_t = 0,400\mu\text{m}$).
 - b) Tính khoảng cách giữa vân sáng bậc 2 của màu đỏ và vân sáng bậc 2 của màu tím.

ĐS : 3) 6.10^{-7}m ; 4) a) $2,4\text{mm}$; b) $4,8\text{mm}$.

§45. MÁY QUANG PHỔ. QUANG PHỔ LIÊN TỤC

1. Chiết suất của môi trường và bước sóng ánh sáng

Trong hiện tượng tán sắc, ta đã thấy chiết suất của cùng một môi trường trong suốt đối với những ánh sáng đơn sắc khác nhau thì khác nhau. Mặt khác, ta lại thấy mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng xác định. Như vậy : *chiết suất của một môi trường trong suốt nhất định đối với các ánh sáng đơn sắc khác nhau thì phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng đó.*

Khi đo chiết suất của các môi trường trong suốt khác nhau (nước, thủy tinh, thạch anh v.v.) đối với các ánh sáng đơn sắc khác nhau người ta thấy : chiết suất của một môi trường trong suốt nhất định đối với các ánh sáng có bước sóng dài thì nhỏ hơn chiết suất của môi trường đó đối với các ánh sáng có bước sóng ngắn. Chẳng hạn, đối với nước, ta thu được bảng bên :

Màu	bước sóng (μm)	chiết suất
Tia đỏ	0,6563	1,3311
Tia vàng	0,5893	1,3330
Tia lam	0,4861	1,3371
Tia tím	0,4047	1,3428

2. Máy quang phổ

Một trong những ứng dụng quan trọng của hiện tượng tán sắc ánh sáng trong các lăng kính là để phân tích ánh sáng trong các máy quang phổ.

Máy quang phổ là dụng cụ dùng để phân tích chùm sáng có nhiều thành phần thành những thành phần đơn sắc khác nhau. Nói khác đi, nó dùng để nhận biết các thành phần cấu tạo của một chùm sáng phức tạp do một nguồn sáng phát ra.

Máy quang phổ có 3 bộ phận chính :

+ *Ống chuẩn trực* là bộ phận tạo ra chùm tia sáng song song. Nó có một khe hẹp S nằm ở tiêu diện của một thấu kính hội tụ L_1 (h. 7.8). Chùm ánh sáng phát ra từ nguồn J mà ta cần nghiên

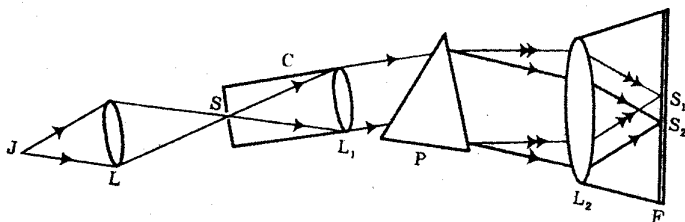
cứu được rọi vào khe S. Chùm tia sáng ló ra khỏi thấu kính L_1 là một chùm tia song song.

+ *Lăng kính P* là bộ phận có tác dụng làm tán sắc chùm tia song song từ L_1 chiếu tới thành nhiều chùm tia đơn sắc song song.

+ *Buồng ảnh* gồm một thấu kính hội tụ L_2 đặt chắn chùm tia sáng đã bị tán sắc sau khi qua lăng kính P.

Chùm tia sáng ló ra khỏi lăng kính gồm nhiều chùm tia sáng đơn sắc song song lệch theo các phương khác nhau. Mỗi chùm tia sáng đơn sắc song song cho trên tiêu diện của thấu kính L_2 một vạch màu. Mỗi vạch màu là một ảnh đơn sắc của khe S.

Tại tiêu diện của thấu kính L_2 có đặt một tấm kính ảnh F để chụp ảnh quang phổ (hoặc một tấm kính mờ để quan sát quang phổ).



Hình 7.8

Nếu nguồn sáng J phát ra một số ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$ thì trên tấm kính ảnh F ta thu được một số vạch màu $S_1, S_2, S_3, \dots$ trên một nền tối. Mỗi vạch màu ứng với một thành phần ánh sáng đơn sắc do nguồn S phát ra.

Tập hợp các vạch màu đó tạo thành quang phổ của nguồn J.

3. Quang phổ liên tục

Nếu nguồn J là một bóng đèn có dây tóc nóng sáng thì trên tấm kính mờ ta thấy có một dải sáng có màu biến đổi liên tục từ đỏ đến tím. Đó là *quang phổ liên tục của ngọn đèn* (ảnh màu, xem phụ lục)

Các vật rắn, lỏng hoặc khí có tỉ khối lớn khi bị nung nóng sẽ phát ra quang phổ liên tục. Mặt Trời là một khối khí có tỉ khối lớn phát sáng. Quang phổ của ánh sáng mặt trời là quang phổ liên tục. Trong quang phổ liên tục các vạch màu cạnh nhau nằm sát nhau đến mức chúng nối liền với nhau tạo nên một dải màu liên tục.

Một đặc điểm quan trọng của quang phổ liên tục là nó không phụ thuộc thành phần cấu tạo của nguồn sáng, mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn sáng.

Một miếng sắt và một miếng sứ đặt trong lò, nung đến cùng một nhiệt độ sẽ cho hai quang phổ liên tục rất giống nhau.

Ở nhiệt độ 500°C , vật bắt đầu phát sáng ở vùng ánh sáng đỏ, nhưng rất yếu, nên mắt chưa cảm nhận được và vật vẫn tối.

Nhiệt độ càng cao, miền phát sáng của vật càng mở rộng về phía ánh sáng có bước sóng ngắn của quang phổ liên tục.

Các dây tóc bóng đèn có nhiệt độ khoảng từ 2500 K đến 3000 K phát sáng khá mạnh ở vùng ánh sáng nhìn thấy và cho một quang phổ liên tục có đủ màu sắc từ đỏ đến tím. Ánh sáng của các bóng đèn này là ánh sáng trắng.

Nhiệt độ của bề mặt Mặt Trời khoảng 6000 K . Vùng sáng mạnh của quang phổ liên tục của Mặt Trời nằm lân cận bước sóng $0,47\mu\text{m}$. ánh sáng mặt trời là ánh sáng trắng.

Trên bầu trời có các ngôi sao màu sáng xanh. Nhiệt độ của các ngôi sao này cao hơn nhiệt độ của Mặt Trời rất nhiều.

Người ta lợi dụng đặc điểm trên để xác định nhiệt độ của các vật phát sáng do nung nóng như nhiệt độ của dây tóc bóng đèn, hồ quang, lò cao, Mặt Trời, các sao v.v...

Muốn đo nhiệt độ của một vật bị nung nóng sáng, người ta so sánh độ sáng của vật đó với độ sáng của một dây tóc bóng đèn ở một vùng bước sóng nào đó (thường là đỏ). Nhiệt độ của dây tóc bóng đèn ứng với những độ sáng khác nhau đã hoàn toàn biết trước.

- ?** 1. Trình bày mối liên hệ giữa chiết suất của một môi trường trong suốt với bước sóng ánh sáng.

2. Máy quang phổ là gì ? Trình bày các bộ phận cấu tạo chính của một máy quang phổ.
3. Quang phổ liên tục là gì ? Quang phổ liên tục do những nguồn nào phát ra và trong những điều kiện nào ? Nêu những đặc điểm và ứng dụng của quang phổ liên tục.

§46. QUANG PHỔ VẠCH

1. Quang phổ vạch phát xạ

Chiếu một chùm tia sáng do một đèn phóng điện chứa khí loãng (đèn hơi thủy ngân, đèn hiđrô, đèn natri v.v...) phát ra vào khe của một máy quang phổ, ta sẽ thu được trên tấm kính của buồng ảnh một *quang phổ phát xạ của chất khí hoặc hơi kim loại đó*. Quang phổ này bao gồm một hệ thống những vạch màu riêng rẽ nằm trên một nền tối (ánh màu, xem phụ lục) và gọi là *quang phổ vạch*.

Quang phổ vạch phát xạ do các khí hay hơi ở áp suất thấp bị kích thích phát sáng phát ra. Có thể kích thích cho một chất khí phát sáng bằng cách đốt nóng hoặc bằng cách phóng một tia lửa điện qua đám khí hay hơi đó v.v...

Thực nghiệm cho thấy quang phổ vạch phát xạ của các nguyên tố khác nhau thì rất khác nhau về số lượng các vạch quang phổ, vị trí các vạch, màu sắc các vạch và độ sáng tỉ đối của các vạch đó.

Chẳng hạn : quang phổ của hơi natri có hai vạch vàng rất sáng nằm sát cạnh nhau (vạch kép) ứng với các bước sóng $0,5890 \mu\text{m}$ và $0,5896 \mu\text{m}$. Quang phổ của hiđrô có hệ thống 4 vạch rất đặc trưng là vạch đỏ H_α ($\lambda = 0,6563 \mu\text{m}$) ; vạch lam H_β ($\lambda = 0,4861 \mu\text{m}$), vạch chàm H_γ ($\lambda = 0,4340 \mu\text{m}$) và vạch tím H_δ ($\lambda = 0,4102 \mu\text{m}$).

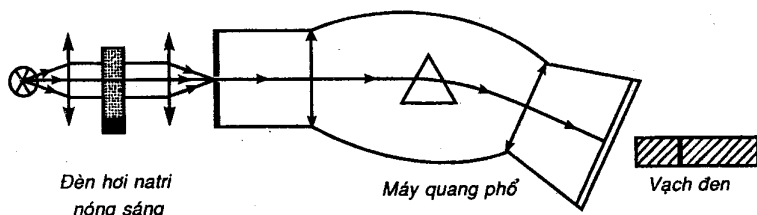
Như vậy, mỗi nguyên tố hóa học ở trạng thái khí hay hơi nóng sáng dưới áp suất thấp cho một quang phổ vạch riêng, đặc trưng cho nguyên tố đó.

2. Quang phổ vạch hấp thụ

a) *Chiếu một chùm sáng trắng* do một đèn có dây tóc nóng sáng phát ra vào khe của một máy quang phổ (h.7.9) ta thu được một quang phổ liên tục trên tấm kính của buồng ảnh. Nếu trên

đường đi của chùm sáng ta đặt một ngọn đèn có hơi natri nung nóng thì trong quang phổ liên tục nói trên xuất hiện một vạch tối (thực ra là hai vạch tối nằm sát cạnh nhau) ở đúng vị trí của vạch vàng trong quang phổ phát xạ của natri. Đó là *quang phổ hấp thụ của natri*.

Nếu thay hơi natri bằng hơi kali thì trên quang phổ liên tục xuất hiện những vạch tối ở đúng chỗ những vạch màu của quang phổ phát xạ của kali. Đó là quang phổ hấp thụ của kali.



Hình 7.9

Quang phổ của Mặt Trời mà ta thu được trên Trái Đất là quang phổ hấp thụ. Bề mặt của Mặt Trời (quang cầu) phát ra một quang phổ liên tục. Ánh sáng từ quang cầu đi qua lớp khí quyển của Mặt Trời đến Trái Đất cho ta một quang phổ hấp thụ của khí quyển đó.

Điều kiện để thu được quang phổ hấp thụ là nhiệt độ của đám khí hay hơi hấp thụ phải thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng phát ra quang phổ liên tục.

b) *Hiện tượng đảo sắc các vạch quang phổ* : Có một hiện tượng đặc biệt liên hệ giữa quang phổ vạch hấp thụ và quang phổ vạch phát xạ của cùng một nguyên tố : hiện tượng đảo sắc. Hiện tượng này xảy ra như sau :

Giả sử đám hơi hấp thụ ở trong thí nghiệm trên được nung nóng đến nhiệt độ mà chúng có thể phát sáng, tuy nhiệt độ này vẫn còn thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng trắng. Trên kính ảnh của máy quang phổ, ta thu được quang phổ hấp thụ của đám hơi đó.

Bây giờ ta đột nhiên tắt nguồn sáng trắng đi. Ta sẽ thấy biến mất nền quang phổ liên tục trên kính ảnh, đồng thời những vạch

Nếu di chuyển khe F và mối hàn của pin nhiệt điện ra ngoài phạm vi dải màu liên tục, ngoài vùng ánh sáng nhìn thấy, ta vẫn thấy kim điện kế bị lệch. Điều đó chứng tỏ ở ngoài vùng dải màu liên tục vẫn còn có những loại ánh sáng (hay còn gọi là bức xạ) nào đó, không nhìn thấy được.

2. Tia hồng ngoại

Tia hồng ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được có bước sóng lớn hơn bước sóng của ánh sáng đỏ ($0,75\mu\text{m}$).

Tia hồng ngoại có bản chất là sóng điện từ. Tia hồng ngoại do các vật bị nung nóng phát ra.

Vật có nhiệt độ thấp chỉ phát ra được các tia hồng ngoại. Chẳng hạn như thân thể người ở nhiệt độ 37°C chỉ phát ra các tia hồng ngoại trong đó mạnh nhất là các tia có bước sóng ở vùng $9\mu\text{m}$.

Vậy có nhiệt độ 500°C bắt đầu phát ra ánh sáng màu đỏ tối, nhưng mạnh nhất vẫn là các tia hồng ngoại ở vùng bước sóng $3,7\mu\text{m}$.

Trong ánh sáng mặt trời, có khoảng 50% năng lượng của chùm sáng là thuộc về các tia hồng ngoại. Nguồn phát tia hồng ngoại thường dùng là các bóng đèn có dây tóc bằng vonfram nóng sáng, có công suất từ 250W đến 1000W. Nhiệt độ dây tóc bóng đèn đó vào khoảng 2000°C .

Tác dụng nổi bật nhất của tia hồng ngoại là tác dụng nhiệt. Ngoài ra, tia hồng ngoại cũng có tác dụng lên một loại kính ảnh đặc biệt gọi là kính ảnh hồng ngoại. Nếu chụp ảnh các đám mây bằng kính ảnh hồng ngoại thì hình ảnh các đám mây sẽ nổi lên rất rõ rệt. Đó là vì các đám mây chứa hơi nước ít hay nhiều sẽ hấp thụ các tia hồng ngoại yếu hay mạnh rất khác nhau.

Ứng dụng quan trọng nhất của các tia hồng ngoại là dùng để sấy hoặc sưởi. Trong công nghiệp, người ta dùng tia hồng ngoại để sấy khô các sản phẩm sơn (như vỏ ô tô, vỏ tủ lạnh v.v...) hoặc các hoa quả như chuối, nho v.v... Trong y học, người ta dùng đèn hồng ngoại để sưởi ấm ngoài da cho máu lưu thông được tốt.

3. Tia tử ngoại

Tia tử ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được, có bước sóng ngắn hơn bước sóng của ánh sáng tím ($0,40 \mu\text{m}$).

Tia tử ngoại có bản chất là sóng điện từ.

Mặt Trời là một nguồn phát tia tử ngoại rất mạnh. Khoảng 9% công suất của chùm ánh sáng mặt trời là thuộc về các tia tử ngoại. Các hồ quang điện cũng là những nguồn phát tia tử ngoại mạnh. Trong các bệnh viện và phòng thí nghiệm, người ta dùng các đèn thủy ngân làm nguồn phát các tia tử ngoại. Ngoài ra những vật nung nóng trên 3000°C cũng phát ra tia tử ngoại rất mạnh.

Tia tử ngoại bị thủy tinh, nước v.v.. hấp thụ rất mạnh. Thạch anh thì gần như trong suốt đối với các tia tử ngoại có bước sóng nằm trong vùng từ $0,18 \mu\text{m}$ đến $0,4 \mu\text{m}$ (gọi là vùng tử ngoại gần).

Tia tử ngoại có tác dụng rất mạnh lên kính ảnh. Nó có thể làm cho một số chất phát quang. Nó có tác dụng iôn hóa không khí. Ngoài ra, nó còn có tác dụng gây ra một số phản ứng quang hóa, phản ứng quang hợp v.v... Tia tử ngoại có một số tác dụng sinh học.

Trong công nghiệp, người ta sử dụng tia tử ngoại để phát hiện các vết nứt nhỏ, vết xước trên bề mặt các sản phẩm tiện. Muốn vậy, người ta xoa trên bề mặt sản phẩm một lớp bột phát quang rất mịn. Bột sẽ chui vào các khe nứt, vết xước. Khi đưa sản phẩm vào chùm tử ngoại, các vết đó sẽ sáng lên.

Trong y học, người ta dùng tia tử ngoại để chữa bệnh còi xương.

?

1. Trình bày thí nghiệm phát hiện ra tia hồng ngoại và tia tử ngoại.
2. Tia hồng ngoại là gì? Tia hồng ngoại do những nguồn nào phát ra và phát ra trong những điều kiện nào? Nêu những tác dụng và công dụng của tia hồng ngoại.
3. Tia tử ngoại là gì? Tia tử ngoại do những nguồn nào phát ra và phát trong những điều kiện nào? Nêu những tác dụng và công dụng của tia tử ngoại.

§ 51. QUANG TRỞ VÀ PIN QUANG ĐIỆN

1. Hiện tượng quang dẫn

Một số chất bán dẫn là chất cách điện khi không bị chiếu sáng và trở thành chất dẫn điện khi bị chiếu sáng. *Hiện tượng giảm mạnh điện trở của chất bán dẫn khi bị chiếu sáng gọi là hiện tượng quang dẫn.*

Trong hiện tượng quang điện, khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào catốt của tế bào quang điện thì electron sẽ bị bật ra khỏi catốt. Vì vậy, hiện tượng này còn gọi là hiện tượng quang điện ngoài.

Trong hiện tượng quang dẫn, mỗi photon của ánh sáng kích thích khi bị hấp thụ sẽ giải phóng một electron liên kết để nó trở thành một electron tự do chuyển động trong khối chất bán dẫn đó. Các electron này trở thành các electron dẫn. Ngoài ra, mỗi electron liên kết khi được giải phóng, sẽ để lại một "lỗ trống" mang điện dương. Những lỗ trống này cũng có thể chuyển động tự do từ nút mạng này sang nút mạng khác và cũng tham gia vào quá trình dẫn điện.

Hiện tượng giải phóng các electron liên kết để cho chúng trở thành các electron dẫn gọi là *hiện tượng quang điện bên trong*.

Vì năng lượng cần thiết để giải phóng một electron liên kết chuyển nó thành electron dẫn không lớn lắm, nên để gây ra hiện tượng quang dẫn, không đòi hỏi photon phải có năng lượng lớn. Rất nhiều chất quang dẫn hoạt động được với ánh sáng hồng ngoại. Thí dụ : CdS có giới hạn quang dẫn là $0,9\mu\text{m}$. Ta hiểu giới hạn quang dẫn của một chất là bước sóng dài nhất của ánh sáng có khả năng gây ra hiện tượng quang dẫn ở chất đó. Đây là một lợi thế của hiện tượng quang dẫn so với hiện tượng quang điện.

2. Quang trở (LDR*)

Cấu tạo Quang trở gồm một lớp chất bán dẫn (cadimi sunfua CdS chẳng hạn) (1) phủ trên một tấm nhựa cách điện (2). Có hai điện cực (3) và (4) gắn vào lớp chất bán dẫn đó (h.8.4)

* Trong tiếng Anh, LDR có nghĩa là điện trở phụ thuộc ánh sáng (Light dependant resistor).

Nếu di chuyển khe F và mối hàn của pin nhiệt điện ra ngoài phạm vi dải màu liên tục, ngoài vùng ánh sáng nhìn thấy, ta vẫn thấy kim điện kế bị lệch. Điều đó chứng tỏ ở ngoài vùng dải màu liên tục vẫn còn có những loại ánh sáng (hay còn gọi là bức xạ) nào đó, không nhìn thấy được.

2. Tia hồng ngoại

Tia hồng ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được có bước sóng lớn hơn bước sóng của ánh sáng đỏ ($0,75\mu\text{m}$).

Tia hồng ngoại có bản chất là sóng điện từ. Tia hồng ngoại do các vật bị nung nóng phát ra.

Vật có nhiệt độ thấp chỉ phát ra được các tia hồng ngoại. Chẳng hạn như thân thể người ở nhiệt độ 37°C chỉ phát ra các tia hồng ngoại trong đó mạnh nhất là các tia có bước sóng ở vùng $9\mu\text{m}$.

Vậy có nhiệt độ 500°C bắt đầu phát ra ánh sáng màu đỏ tối, nhưng mạnh nhất vẫn là các tia hồng ngoại ở vùng bước sóng $3,7\mu\text{m}$.

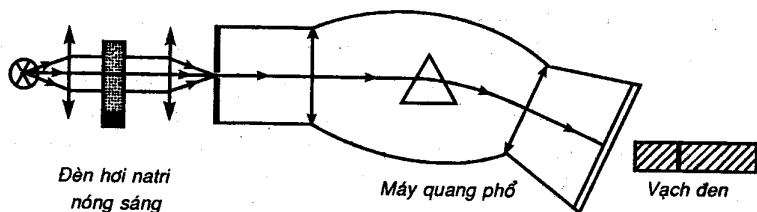
Trong ánh sáng mặt trời, có khoảng 50% năng lượng của chùm sáng là thuộc về các tia hồng ngoại. Nguồn phát tia hồng ngoại thường dùng là các bóng đèn có dây tóc bằng vonfram nóng sáng, có công suất từ 250W đến 1000W. Nhiệt độ dây tóc bóng đèn đó vào khoảng 2000°C .

Tác dụng nổi bật nhất của tia hồng ngoại là tác dụng nhiệt. Ngoài ra, tia hồng ngoại cũng có tác dụng lên một loại kính ảnh đặc biệt gọi là kính ảnh hồng ngoại. Nếu chụp ảnh các đám mây bằng kính ảnh hồng ngoại thì hình ảnh các đám mây sẽ nổi lên rất rõ rệt. Đó là vì các đám mây chứa hơi nước ít hay nhiều sẽ hấp thụ các tia hồng ngoại yếu hay mạnh rất khác nhau.

Ứng dụng quan trọng nhất của các tia hồng ngoại là dùng để sấy hoặc sưởi. Trong công nghiệp, người ta dùng tia hồng ngoại để sấy khô các sản phẩm sơn (như vỏ ô tô, vỏ tủ lạnh v.v...) hoặc các hoa quả như chuối, nho v.v... Trong y học, người ta dùng đèn hồng ngoại để sưởi ấm ngoài da cho máu lưu thông được tốt.

đường đi của chùm sáng ta đặt một ngọn đèn có hơi natri nung nóng thì trong quang phổ liên tục nổi trên xuất hiện một vạch tối (thực ra là hai vạch tối nằm sát cạnh nhau) ở đúng vị trí của vạch vàng trong quang phổ phát xạ của natri. Đó là *quang phổ hấp thụ của natri*.

Nếu thay hơi natri bằng hơi kali thì trên quang phổ liên tục xuất hiện những vạch tối ở đúng chỗ những vạch màu của quang phổ phát xạ của kali. Đó là quang phổ hấp thụ của kali.



Hình 7.9

Quang phổ của Mặt Trời mà ta thu được trên Trái Đất là quang phổ hấp thụ. Bề mặt của Mặt Trời (quang cầu) phát ra một quang phổ liên tục. Ánh sáng từ quang cầu đi qua lớp khí quyển của Mặt Trời đến Trái Đất cho ta một quang phổ hấp thụ của khí quyển đó.

Điều kiện để thu được quang phổ hấp thụ là nhiệt độ của đám khí hay hơi hấp thụ phải thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng phát ra quang phổ liên tục.

b) *Hiện tượng đảo sắc các vạch quang phổ* : Có một hiện tượng đặc biệt liên hệ giữa quang phổ vạch hấp thụ và quang phổ vạch phát xạ của cùng một nguyên tố : hiện tượng đảo sắc. Hiện tượng này xảy ra như sau :

Giả sử đám hơi hấp thụ ở trong thí nghiệm trên được nung nóng đến nhiệt độ mà chúng có thể phát sáng, tuy nhiệt độ này vẫn còn thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng trắng. Trên kính ảnh của máy quang phổ, ta thu được quang phổ hấp thụ của đám hơi đó.

Bây giờ ta đột nhiên tắt nguồn sáng trắng đi. Ta sẽ thấy biến mất nền quang phổ liên tục trên kính ảnh, đồng thời những vạch

3. Tia tử ngoại

Tia tử ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được, có bước sóng ngắn hơn bước sóng của ánh sáng tím ($0,40 \mu\text{m}$).

Tia tử ngoại có bản chất là sóng điện từ .

Mặt Trời là một nguồn phát tia tử ngoại rất mạnh. Khoảng 9% công suất của chùm ánh sáng mặt trời là thuộc về các tia tử ngoại. Các hồ quang điện cũng là những nguồn phát tia tử ngoại mạnh. Trong các bệnh viện và phòng thí nghiệm, người ta dùng các đèn thủy ngân làm nguồn phát các tia tử ngoại. Ngoài ra những vật nung nóng trên 3000°C cũng phát ra tia tử ngoại rất mạnh.

Tia tử ngoại bị thủy tinh, nước v.v.. hấp thụ rất mạnh. Thạch anh thì gần như trong suốt đối với các tia tử ngoại có bước sóng nằm trong vùng từ $0,18 \mu\text{m}$ đến $0,4 \mu\text{m}$ (gọi là vùng tử ngoại gần).

Tia tử ngoại có tác dụng rất mạnh lên kính ảnh. Nó có thể làm cho một số chất phát quang. Nó có tác dụng ion hóa không khí. Ngoài ra, nó còn có tác dụng gây ra một số phản ứng quang hóa, phản ứng quang hợp v.v... Tia tử ngoại có một số tác dụng sinh học.

Trong công nghiệp, người ta sử dụng tia tử ngoại để phát hiện các vết nứt nhỏ, vết xước trên bề mặt các sản phẩm tiện. Muốn vậy, người ta xoa trên bề mặt sản phẩm một lớp bột phát quang rất mịn. Bột sẽ chui vào các khe nứt, vết xước. Khi đưa sản phẩm vào chùm tử ngoại, các vết đó sẽ sáng lên.

Trong y học, người ta dùng tia tử ngoại để chữa bệnh còi xương.

?

1. Trình bày thí nghiệm phát hiện ra tia hồng ngoại và tia tử ngoại.
2. Tia hồng ngoại là gì ? Tia hồng ngoại do những nguồn nào phát ra và phát ra trong những điều kiện nào ? Nêu những tác dụng và công dụng của tia hồng ngoại.
3. Tia tử ngoại là gì ? Tia tử ngoại do những nguồn nào phát ra và phát ra trong những điều kiện nào ? Nêu những tác dụng và công dụng của tia tử ngoại.

§48. TIA RÖNGHEN

1. Ống Röntgen

Năm 1895, nhà bác học Röntgen (Roentgen), người Đức, nhận thấy rằng khi cho dòng tia catốt trong ống tia catốt đập vào một miếng kim loại có nguyên tử lượng lớn như bạch kim hoặc vonfram thì từ đó sẽ phát ra một bức xạ không nhìn thấy được. Bức xạ này đi xuyên qua thành thủy tinh ra ngoài và có thể làm phát quang một số chất hoặc làm đen phim ảnh. Người ta gọi bức xạ này là tia Röntgen hay tia X.



W.C. RÖNGHEN

Nhà vật lý Đức (1845-1923).

Đã phát minh ra tia Röntgen (cũng gọi là tia X). Giải thưởng Nôben 1901.

Những ống Röntgen đơn giản là những ống tia catốt, trong đó có lắp thêm một điện cực bằng kim loại có nguyên tử lượng lớn và khó nóng chảy (như platin, vonfram v.v...) để chặn dòng tia catốt. Cực kim loại này gọi là đối âm cực AK (h.7.11). Đối âm cực thường được nối với anốt. Áp suất trong ống vào khoảng 10^{-3} mmHg. Hiệu điện thế giữa anốt và catốt khoảng vài vạn volt.

Vì khi ống Röntgen hoạt động, đối âm cực bị nóng lên rất mạnh, nên trong các ống Röntgen hiện đại, người ta phải làm nguội đối âm cực bằng một dòng nước chảy trong lòng của nó. Ngoài ra, để tăng dòng electron trong tia âm cực, người ta dùng catốt là một sợi dây kim loại nung nóng.

2. Bản chất của tia Röntgen

Khi mới được phát hiện, người ta tưởng lầm tia Röntgen là một dòng hạt nào đó. Tuy nhiên, khi cho tia Röntgen đi qua điện trường và từ trường mạnh thì nó không bị lệch đường. Như vậy, tia Röntgen không mang điện.

Nếu di chuyển khe F và mối hàn của pin nhiệt điện ra ngoài phạm vi dải màu liên tục, ngoài vùng ánh sáng nhìn thấy, ta vẫn thấy kim điện kế bị lệch. Điều đó chứng tỏ ở ngoài vùng dải màu liên tục vẫn còn có những loại ánh sáng (hay còn gọi là bức xạ) nào đó, không nhìn thấy được.

2. Tia hồng ngoại

Tia hồng ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được có bước sóng lớn hơn bước sóng của ánh sáng đỏ ($0,75\mu\text{m}$).

Tia hồng ngoại có bản chất là sóng điện từ. Tia hồng ngoại do các vật bị nung nóng phát ra.

Vật có nhiệt độ thấp chỉ phát ra được các tia hồng ngoại. Chẳng hạn như thân thể người ở nhiệt độ 37°C chỉ phát ra các tia hồng ngoại trong đó mạnh nhất là các tia có bước sóng ở vùng $9\mu\text{m}$.

Vậy có nhiệt độ 500°C bắt đầu phát ra ánh sáng màu đỏ tối, nhưng mạnh nhất vẫn là các tia hồng ngoại ở vùng bước sóng $3,7\mu\text{m}$.

Trong ánh sáng mặt trời, có khoảng 50% năng lượng của chùm sáng là thuộc về các tia hồng ngoại. Nguồn phát tia hồng ngoại thường dùng là các bóng đèn có dây tóc bằng vonfram nóng sáng, có công suất từ 250W đến 1000W. Nhiệt độ dây tóc bóng đèn đó vào khoảng 2000°C .

Tác dụng nổi bật nhất của tia hồng ngoại là tác dụng nhiệt. Ngoài ra, tia hồng ngoại cũng có tác dụng lên một loại kính ảnh đặc biệt gọi là kính ảnh hồng ngoại. Nếu chụp ảnh các đám mây bằng kính ảnh hồng ngoại thì hình ảnh các đám mây sẽ nổi lên rất rõ rệt. Đó là vì các đám mây chứa hơi nước ít hay nhiều sẽ hấp thụ các tia hồng ngoại yếu hay mạnh rất khác nhau.

Ứng dụng quan trọng nhất của các tia hồng ngoại là dùng để sấy hoặc sưởi. Trong công nghiệp, người ta dùng tia hồng ngoại để sấy khô các sản phẩm sơn (như vỏ ô tô, vỏ tủ lạnh v.v...) hoặc các hoa quả như chuối, nho v.v... Trong y học, người ta dùng đèn hồng ngoại để sưởi ấm ngoài da cho máu lưu thông được tốt.

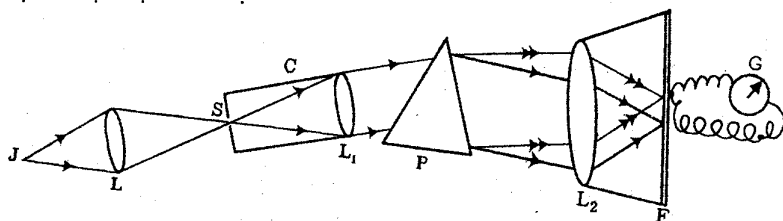
?

1. Quang phổ vạch phát xạ là gì ? Ta thu được quang phổ vạch phát xạ trong những điều kiện nào ? Nêu những đặc điểm và công dụng của quang phổ vạch phát xạ.
2. Quang phổ vạch hấp thụ là gì ? Ta thu được quang phổ vạch hấp thụ trong những điều kiện nào ? Nêu những đặc điểm và công dụng của quang phổ vạch hấp thụ.
3. Trình bày hiện tượng đảo sắc của các vạch quang phổ.
4. Phép phân tích quang phổ là gì ? Nêu những tiện lợi của phép phân tích quang phổ.

§47. TIA HỒNG NGOẠI VÀ TIA TỬ NGOẠI

1. Thí nghiệm phát hiện các tia hồng ngoại và tử ngoại

Chiếu ánh sáng của một hồ quang J vào khe của một máy quang phổ lăng kính. Trên tiêu diện của thấu kính L_2 buồng ảnh của máy sẽ có một quang phổ liên tục. Đặt một màn chắn có khoét một khe hẹp F tại tiêu diện đó, sao cho có thể tách ra được một thành phần đơn sắc nhất định (h.7.10). Chùm sáng đơn sắc này được chiếu vào một mối hàn của một pin nhiệt điện nhạy. Mối hàn kia được giữ ở một nhiệt độ nhất định.



Hình 7.10

Ta thấy điện kế G trong mạch của pin nhiệt điện chỉ một dòng nhiệt điện nhất định. Điều đó chứng tỏ *chùm sáng đơn sắc nói trên đã có tác dụng nhiệt*, làm nóng mối hàn của pin nhiệt điện.

Xê dịch màn chắn sao cho khe F quét hết quang phổ liên tục, từ đầu đỏ đến đầu tím ; ta thấy kim điện kế luôn luôn bị lệch, tuy số chỉ của điện kế có thay đổi. Như vậy : *tác dụng nhiệt của các chùm ánh sáng đơn sắc khác nhau thì khác nhau.*

đen của quang phổ hấp thụ trở thành những vạch màu của quang phổ vạch phát xạ của chính nguyên tố đó. Đó là *hiện tượng đảo sắc của vạch quang phổ*.

Thí dụ : trong quang phổ hấp thụ của hơi natri có một vạch đen kép nằm đúng vị trí của hai vạch vàng ($0,5890\mu\text{m}$ và $0,5896\mu\text{m}$) của natri.

Vậy, ở một nhiệt độ nhất định, một đám hơi có khả năng phát ra những ánh sáng đơn sắc nào thì nó cũng có khả năng hấp thụ những ánh sáng đơn sắc đó.

c) Quang phổ vạch hấp thụ của mỗi nguyên tố cũng có tính chất đặc trưng riêng cho nguyên tố đó. Vì vậy, cũng có thể căn cứ vào quang phổ vạch hấp thụ để nhận biết sự có mặt của nguyên tố đó trong các hỗn hợp hay hợp chất. Đó là *nội dung* của phép phân tích quang phổ hấp thụ.

Nhờ có việc phân tích quang phổ hấp thụ của Mặt Trời mà người ta đã phát hiện ra heli ở trên Mặt Trời, trước khi tìm thấy nó ở Trái Đất. Ngoài ra người ta còn thấy có mặt của rất nhiều nguyên tố trong khí quyển Mặt Trời như hiđrô, natri, canxi, sắt v.v...

3. Phép phân tích quang phổ và tiện lợi của phép phân tích quang phổ

- *Phép phân tích thành phần cấu tạo của các chất dựa vào việc nghiên cứu quang phổ gọi là phép phân tích quang phổ.*

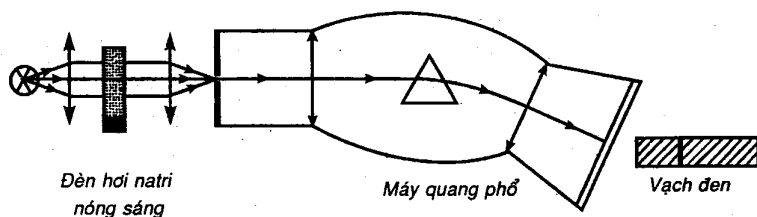
- Trong phép phân tích định tính, người ta chỉ cần biết sự có mặt của các thành phần khác nhau trong mẫu mà người ta cần nghiên cứu. Phép phân tích quang phổ định tính thì đơn giản và cho kết quả nhanh hơn các phép phân tích hóa học.

- Trong phép phân tích quang phổ định lượng, người ta cần biết cả nồng độ của các thành phần trong mẫu. Phép phân tích quang phổ hết sức nhạy. Người ta có thể phát hiện được một nồng độ rất nhỏ của chất trong mẫu (thường vào khoảng $0,002\%$).

Nhờ phép phân tích quang phổ mà người ta đã biết được thành phần cấu tạo và nhiệt độ của các vật ở rất xa như Mặt Trời và các sao.

đường đi của chùm sáng ta đặt một ngọn đèn có hơi natri nung nóng thì trong quang phổ liên tục nổi trên xuất hiện một vạch tối (thực ra là hai vạch tối nằm sát cạnh nhau) ở đúng vị trí của vạch vàng trong quang phổ phát xạ của natri. Đó là *quang phổ hấp thụ của natri*.

Nếu thay hơi natri bằng hơi kali thì trên quang phổ liên tục xuất hiện những vạch tối ở đúng chỗ những vạch màu của quang phổ phát xạ của kali. Đó là quang phổ hấp thụ của kali.



Hình 7.9

Quang phổ của Mặt Trời mà ta thu được trên Trái Đất là quang phổ hấp thụ. Bề mặt của Mặt Trời (quang cầu) phát ra một quang phổ liên tục. Ánh sáng từ quang cầu đi qua lớp khí quyển của Mặt Trời đến Trái Đất cho ta một quang phổ hấp thụ của khí quyển đó.

Điều kiện để thu được quang phổ hấp thụ là nhiệt độ của đám khí hay hơi hấp thụ phải thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng phát ra quang phổ liên tục.

b) *Hiện tượng đảo sắc các vạch quang phổ* : Có một hiện tượng đặc biệt liên hệ giữa quang phổ vạch hấp thụ và quang phổ vạch phát xạ của cùng một nguyên tố : hiện tượng đảo sắc. Hiện tượng này xảy ra như sau :

Giả sử đám hơi hấp thụ ở trong thí nghiệm trên được nung nóng đến nhiệt độ mà chúng có thể phát sáng, tuy nhiệt độ này vẫn còn thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng trắng. Trên kính ảnh của máy quang phổ, ta thu được quang phổ hấp thụ của đám hơi đó.

Bây giờ ta đột nhiên tắt nguồn sáng trắng đi. Ta sẽ thấy biến mất nền quang phổ liên tục trên kính ảnh, đồng thời những vạch

3. Tia tử ngoại

Tia tử ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được, có bước sóng ngắn hơn bước sóng của ánh sáng tím ($0,40 \mu\text{m}$).

Tia tử ngoại có bản chất là sóng điện từ.

Mặt Trời là một nguồn phát tia tử ngoại rất mạnh. Khoảng 9% công suất của chùm ánh sáng mặt trời là thuộc về các tia tử ngoại. Các hồ quang điện cũng là những nguồn phát tia tử ngoại mạnh. Trong các bệnh viện và phòng thí nghiệm, người ta dùng các đèn thủy ngân làm nguồn phát các tia tử ngoại. Ngoài ra những vật nung nóng trên 3000°C cũng phát ra tia tử ngoại rất mạnh.

Tia tử ngoại bị thủy tinh, nước v.v.. hấp thụ rất mạnh. Thạch anh thì gần như trong suốt đối với các tia tử ngoại có bước sóng nằm trong vùng từ $0,18 \mu\text{m}$ đến $0,4 \mu\text{m}$ (gọi là vùng tử ngoại gần).

Tia tử ngoại có tác dụng rất mạnh lên kính ảnh. Nó có thể làm cho một số chất phát quang. Nó có tác dụng iôn hóa không khí. Ngoài ra, nó còn có tác dụng gây ra một số phản ứng quang hóa, phản ứng quang hợp v.v... Tia tử ngoại có một số tác dụng sinh học.

Trong công nghiệp, người ta sử dụng tia tử ngoại để phát hiện các vết nứt nhỏ, vết xước trên bề mặt các sản phẩm tiện. Muốn vậy, người ta xoa trên bề mặt sản phẩm một lớp bột phát quang rất mịn. Bột sẽ chui vào các khe nứt, vết xước. Khi đưa sản phẩm vào chùm tử ngoại, các vết đó sẽ sáng lên.

Trong y học, người ta dùng tia tử ngoại để chữa bệnh còi xương.

?

1. Trình bày thí nghiệm phát hiện ra tia hồng ngoại và tia tử ngoại.
2. Tia hồng ngoại là gì ? Tia hồng ngoại do những nguồn nào phát ra và phát ra trong những điều kiện nào ? Nêu những tác dụng và công dụng của tia hồng ngoại.
3. Tia tử ngoại là gì ? Tia tử ngoại do những nguồn nào phát ra và phát trong những điều kiện nào ? Nêu những tác dụng và công dụng của tia tử ngoại.

§48. TIA RÖNGHEN

1. Ống Röntgen

Năm 1895, nhà bác học Röntgen (Roentgen), người Đức, nhận thấy rằng khi cho dòng tia catốt trong ống tia catốt đập vào một miếng kim loại có nguyên tử lượng lớn như bạch kim hoặc vonfram thì từ đó sẽ phát ra một bức xạ không nhìn thấy được. Bức xạ này đi xuyên qua thành thủy tinh ra ngoài và có thể làm phát quang một số chất hoặc làm đen phim ảnh. Người ta gọi bức xạ này là tia Röntgen hay tia X.



W.C. RÖNGHEN

Nhà vật lý Đức (1845-1923).

Đã phát minh ra tia Röntgen (cũng gọi là tia X). Giải thưởng Nôben 1901.

Những ống Röntgen đơn giản là những ống tia catốt, trong đó có lắp thêm một điện cực bằng kim loại có nguyên tử lượng lớn và khó nóng chảy (như platin, vonfram v.v...) để chặn dòng tia catốt. Cực kim loại này gọi là đối âm cực AK (h.7.11). Đối âm cực thường được nối với anốt. Áp suất trong ống vào khoảng 10^{-3} mmHg. Hiệu điện thế giữa anốt và catốt khoảng vài vạn volt.

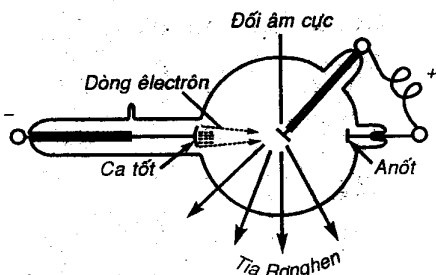
Vì khi ống Röntgen hoạt động, đối âm cực bị nóng lên rất mạnh, nên trong các ống Röntgen hiện đại, người ta phải làm nguội đối âm cực bằng một dòng nước chảy trong lòng của nó. Ngoài ra, để tăng dòng electron trong tia âm cực, người ta dùng catốt là một sợi dây kim loại nung nóng.

2. Bản chất của tia Röntgen

Khi mới được phát hiện, người ta tưởng lầm tia Röntgen là một dòng hạt nào đó. Tuy nhiên, khi cho tia Röntgen đi qua điện trường và từ trường mạnh thì nó không bị lệch đường. Như vậy, tia Röntgen không mang điện.

Về sau, người ta mới xác nhận được rằng tia Rơnghen là một loại sóng điện từ có bước sóng ngắn hơn cả bước sóng của tia tử ngoại. Người ta đã tìm được cách đo bước sóng của tia Rơnghen và thấy nó nằm trong khoảng từ 10^{-12} m (tia Rơnghen cứng) đến 10^{-8} m (tia Rơnghen mềm).

Người ta giải thích cơ chế phát ra tia Rơnghen như sau :



Hình 7.11

Các electron trong tia catốt được tăng tốc trong điện trường mạnh, nên thu được một động năng rất lớn. Khi đến đổi âm cực, chúng gặp các nguyên tử của đổi âm cực, xuyên sâu vào những lớp bên trong của vỏ nguyên tử và tương tác với hạt nhân nguyên tử và với các electron ở các lớp này. Trong sự tương tác này sẽ phát ra một sóng điện từ có bước sóng rất ngắn mà ta gọi là bức xạ hãm. Đó chính là tia Rơnghen.

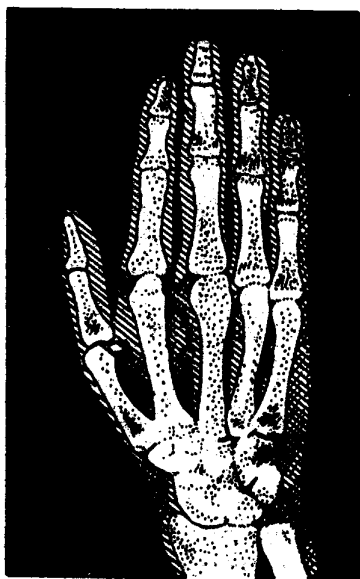
Phần lớn động năng của electron bị biến thành nội năng làm nóng đổi âm cực. Phần còn lại biến thành năng lượng của chùm tia Rơnghen.

3. Các tính chất và công dụng của tia Rơnghen

Tia Rơnghen có những tính chất và công dụng sau :

Tính chất nổi bật của tia Rơnghen là khả năng đâm xuyên. Nó truyền qua được những vật chắn sáng thông thường như giấy, bìa, gỗ. Nó đi qua kim loại khó khăn hơn. Kim loại có khối lượng riêng càng lớn thì khả năng cản tia Rơnghen của nó càng mạnh. Chẳng hạn, tia Rơnghen xuyên qua dễ dàng một tấm nhôm dày vài cm, nhưng lại bị lớp chì dày vài mm cản lại. Vì vậy, chì được dùng làm các màn chắn bảo vệ trong kĩ thuật Rơnghen.

Nhờ khả năng đâm xuyên mạnh mà tia Rơnghen được dùng trong y học để chiếu điện, chụp điện (h.7.12) trong công nghiệp để dò các lỗ hổng khuyết tật nằm bên trong các sản phẩm đúc.



Hình 7.12

Tia Rơnghen có tác dụng rất mạnh lên kính ảnh, nên nó được dùng để chụp điện.

Tia Rơnghen có tác dụng làm phát quang một số chất. Màn huỳnh quang dùng trong việc chiếu điện là màn có phủ một lớp platinocyanua bary. Lớp này phát quang màu xanh lục dưới tác dụng của tia Rơnghen.

Tia Rơnghen có khả năng iôn hóa các chất khí. Người ta lợi dụng đặc điểm này để làm các máy đo liều lượng tia Rơnghen.

Tia Rơnghen có tác dụng sinh lí. Nó có thể hủy hoại tế bào, giết vi khuẩn. Vì thế tia Rơnghen dùng để chữa những ung thư nông, gần ngoài da.

4. Thang sóng điện từ

Tia Rơnghen, tia tử ngoại, ánh sáng nhìn thấy được, tia hồng ngoại và các sóng vô tuyến đều có chung bản chất là sóng điện từ.

Điểm khác nhau cơ bản giữa chúng là bước sóng dài, ngắn khác nhau. Bảng dưới đây cho biết rõ điều đó.

Loại sóng	Bước sóng
Tia Rơnghen	10^{-12} m đến 10^{-9} m.
Tia tử ngoại	10^{-9} m đến 4.10^{-7} m
Ánh sáng nhìn thấy	4.10^{-7} m đến $7,5.10^{-7}$ m
Tia hồng ngoại	$7,5.10^{-7}$ m đến 10^{-3} m
Các sóng vô tuyến	10^{-3} m trở lên.

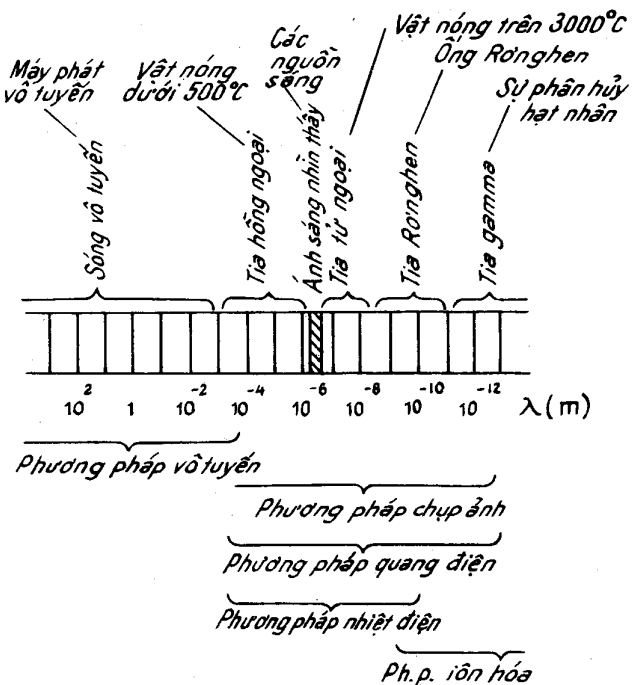
Ngoài ra, trong sự phân rã của hạt nhân nguyên tử người ta thường thấy có phát ra những sóng điện từ có bước sóng cực ngắn (dưới 10^{-12} m). Sóng này gọi là tia gamma.

Thực ra, giữa các vùng tia không có ranh giới rõ rệt. Vì bước sóng khác nhau nên tính chất của các tia sẽ rất khác nhau.

+ Các tia có bước sóng càng ngắn (tia gamma, tia Rơnghen) có tính đâm xuyên càng mạnh, dễ tác dụng lên kính ảnh, dễ làm phát quang các chất và dễ iôn hóa không khí.

+ Đối với các tia có bước sóng càng dài, ta càng dễ quan sát hiện tượng giao thoa của chúng.

Cách phát và thu các tia đó cũng khác nhau rất nhiều (xem bảng dưới đây) (h.7.13)



Hình 7.13

- ?
1. Tia Ronghen là gì ? Trình bày cấu tạo và hoạt động của ống Ronghen.
 2. Nêu những tính chất, tác dụng và công dụng của tia Ronghen.
 3. Nêu những kết luận tổng quát về thang sóng điện từ.

TÓM TẮT CHƯƠNG VII

1. Khi một chùm sáng trắng truyền qua một lăng kính thì bị phân tích thành các thành phần đơn sắc khác nhau : tia tím bị lệch nhiều nhất, tia đỏ bị lệch ít nhất. Đó là hiện tượng tán sắc ánh sáng.

- Nguyên nhân của hiện tượng tán sắc ánh sáng là sự phụ thuộc của chiết suất của môi trường trong suốt vào bước sóng ánh sáng. Đối với ánh sáng có bước sóng càng dài thì chiết suất của môi trường càng nhỏ.

- Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có một màu nhất định, nó không bị tán sắc khi đi qua lăng kính và nó là một sóng có bước sóng nhất định.

- Ánh sáng trắng là hỗn hợp của vô số ánh sáng đơn sắc khác nhau.

- Hiện tượng tán sắc ánh sáng được ứng dụng trong máy quang phổ để phân tích thành phần cấu tạo của chùm ánh sáng do các nguồn sáng phát ra.

2. Hai sóng ánh sáng kết hợp khi gặp nhau sẽ giao thoa với nhau.

- Người ta tạo ra hai sóng ánh sáng kết hợp bằng cách tách từ một chùm ánh sáng do một ngọn đèn phát ra thành hai phần rồi cho hai phần đó gặp nhau (thí dụ : thí nghiệm Iâng).

- Vân giao thoa trong thí nghiệm Iâng là những dải sáng và tối xen kẽ nhau một cách đều đặn, có khoảng vân là :

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

3. Có 3 loại quang phổ là quang phổ liên tục, quang phổ vạch phát xạ và quang phổ vạch hấp thụ.

– Quang phổ liên tục chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn sáng và được ứng dụng để đo nhiệt độ của nguồn.

– Quang phổ vạch hấp thụ và phát xạ của các nguyên tố khác nhau thì khác nhau. Chúng được dùng trong phép phân tích quang phổ.

– Những vạch tối trong quang phổ vạch hấp thụ nằm đúng vị trí những vạch màu trong quang phổ vạch phát xạ.

4. Tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia Ronghen đều là các sóng điện từ, nhưng có bước sóng khác nhau. Vì vậy, chúng có nhiều tính chất và công dụng rất khác nhau. Ba loại tia trên có thể do các vật bị nung nóng phát ra. Còn tia Ronghen được phát ra từ mặt đối âm cực của ống Ronghen khi có chùm tia catốt đập vào đối âm cực.

CHƯƠNG VIII

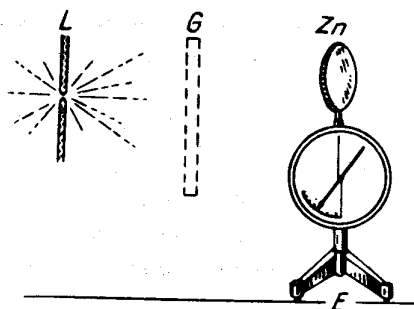
LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

Trong chương này ta sẽ nghiên cứu các hiện tượng không thể giải thích được bằng tính chất sóng của ánh sáng. Những hiện tượng này chỉ có thể giải thích được bằng một thuyết mới : thuyết lượng tử. Sự ra đời của thuyết lượng tử đã làm cho sự hiểu biết của chúng ta về ánh sáng, nói riêng, và về thế giới vi mô, nói chung, thêm sâu sắc.

§49. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

1. Thí nghiệm Hecxơ

Năm 1887, nhà bác học Hecxơ người Đức, đã làm thí nghiệm sau : chiếu một chùm ánh sáng do một hồ quang phát ra vào một tấm kẽm tích điện âm, gắn trên một điện nghiệm (h.8.1). Ông thấy hai lá của điện nghiệm sụp lại. Điều đó chứng tỏ tấm kẽm đã mất điện tích âm.



Hình 8.1

Nếu tấm kẽm tích điện dương thì không có hiện tượng gì xảy ra.

Hiện tượng cũng xảy ra tương tự nếu thay tấm kẽm bằng các tấm đồng, nhôm, bạc, niken v.v...

Nếu dùng một tấm thủy tinh không màu chắn chùm tia hồ quang thì hiện tượng trên không xảy ra. Ta biết rằng thủy tinh hấp thụ mạnh các tia tử ngoại.

Nhiều thí nghiệm tương tự đã đưa ta đến kết luận : *khi chiếu một chùm sáng thích hợp (có bước sóng ngắn) vào mặt một tấm kim loại thì nó làm cho các êlectrôn ở mặt kim loại đó bị bật ra. Đó là hiện tượng quang điện.*

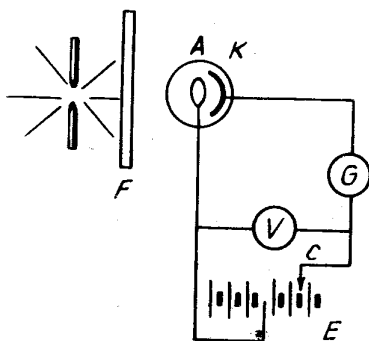
Các êlectrôn bị bật ra gọi là các *êlectrôn quang điện*.

Thực ra, khi chiếu ánh sáng tử ngoại vào tấm kẽm tích điện dương thì vẫn có êlectrôn bị bật ra. Tuy nhiên, chúng lập tức bị hút trở lại, nên điện tích của tấm kẽm coi như không thay đổi.

2. Thí nghiệm với tế bào quang điện

a) *Tế bào quang điện là một bình chân không nhỏ trong đó có hai điện cực : anốt A và catốt K. Anốt là một vòng dây kim loại. Catốt có dạng một chòm cầu làm bằng kim loại (mà ta cần nghiên cứu) phủ ở thành trong của tế bào (h.8.2).*

- Ánh sáng do một hồ quang phát ra, được chiếu qua một kính lọc F để lọc lấy một thành phần đơn sắc nhất định, chiếu vào catốt K.



Hình 8.2

- Ta thiết lập giữa anốt và catốt một điện trường nhờ bộ acquy E. Hiệu điện thế U giữa A và K có thể thay đổi (về độ lớn và về dấu) nhờ thay đổi vị trí của chốt cắm C trên bộ nguồn.

Một vôn kế V dùng để đo hiệu điện thế U và một miliampe kế nhạy G để đo cường độ dòng điện chạy qua tế bào quang điện.

Điện trở trong của các acquy rất nhỏ so với điện trở của tế bào quang điện.

- Khi chiếu vào catốt ánh sáng có bước sóng ngắn thì trong mạch xuất hiện dòng điện mà ta gọi là *dòng quang điện*.

Trong tế bào quang điện, dòng quang điện có chiều từ anốt sang catốt. Nó là dòng các electron quang điện bay từ catốt sang anốt dưới tác dụng của điện trường giữa anốt và catốt.

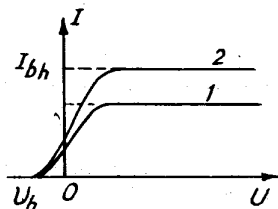
b) *Nghiên cứu sự phụ thuộc của hiện tượng quang điện vào bước sóng của ánh sáng kích thích* (ánh sáng chiếu vào catốt) người ta thấy : đối với mỗi kim loại dùng làm catốt, ánh sáng kích thích phải có bước sóng nhỏ hơn một giới hạn λ_0 nào đó thì mới gây ra được hiện tượng quang điện. Nếu ánh sáng kích thích có bước sóng lớn hơn thì dù chùm ánh sáng có mạnh cũng không gây ra hiện tượng quang điện.

c) Sau khi chiếu ánh sáng vào catốt để gây ra hiện tượng quang điện, người ta nghiên cứu sự phụ thuộc của cường độ dòng quang điện I vào hiệu điện thế U_{AK} giữa anốt và catốt. Kết quả nghiên cứu được biểu thị bằng đường cong 1 trên hình 8.3. Đồ thị này gọi là *đường đặc trưng von-ampe* của tế bào quang điện.

Thoạt tiên khi tăng U_{AK} thì dòng quang điện I tăng. Khi U_{AK} đạt đến một giá trị nào đó thì cường độ dòng quang điện đạt đến giá trị bão hòa I_{bh} .

Sau đó giá trị của cường độ dòng quang điện sẽ không đổi dù có tăng U_{AK} .

d) Nghiên cứu sự phụ thuộc của cường độ dòng quang điện bão hòa I_{bh} vào cường độ của chùm ánh sáng



Hình 8.3

kích thích*, ta thấy I_{bh} tỉ lệ thuận với cường độ đó (đường cong 2 trên hình 8.3 ứng với trường hợp đã tăng cường độ của chùm ánh sáng kích thích lên 1,5 lần).

e) Muốn cho dòng quang điện triệt tiêu hoàn toàn thì phải đặt giữa anốt và catốt một hiệu điện thế âm U_h nào đó ($U_h = U_{AK} < 0$). U_h được gọi là *hiệu điện thế hãm*. Giá trị của U_h ứng với giao điểm của đường đặc trưng von-ampe của tế bào quang điện với trục hoành.

Thí nghiệm cho thấy *giá trị của hiệu điện thế hãm U_h ứng với mỗi kim loại dùng làm catốt hoàn toàn không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng của chùm sáng kích thích đó*. Nếu hai chùm sáng kích thích 1 và 2, đơn sắc, có cùng bước sóng, thì các đường đặc trưng von-ampe 1 và 2 sẽ cắt trục U tại cùng một điểm U_h (h.8.3)

?

1. Trình bày thí nghiệm Hecxơ để phát hiện ra hiện tượng quang điện và nêu định nghĩa về hiện tượng này.
2. Trình bày thí nghiệm với tế bào quang điện và nêu những kết quả của thí nghiệm đó.

▽

3. Cường độ của dòng quang điện bão hòa là $40 \mu A$. Tính số electron bị bứt ra khỏi catốt của tế bào quang điện trong mỗi giây.

(ĐS : 25.10^{13} electron/s)

4. Hãy giải thích tại sao khi tăng hiệu điện thế giữa anốt và catốt của tế bào quang điện đến một giá trị nào đó thì cường độ của dòng quang điện đạt đến giá trị bão hòa.

§50. THUYẾT LƯỢNG TỬ VÀ CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

1. Các định luật quang điện

a) *Định luật quang điện thứ nhất : Đối với mỗi kim loại dùng làm catốt có một bước sóng giới hạn λ_0 nhất định gọi là giới hạn quang điện. Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng λ của ánh sáng kích thích nhỏ hơn giới hạn quang điện ($\lambda \leq \lambda_0$).*

* Ta gọi cường độ của một chùm sáng tại một điểm là đại lượng đo bằng lượng năng lượng mà chùm ánh sáng đó mang đến cho một diện tích bằng một đơn vị, đặt vuông góc với tia sáng đi qua điểm đó, trong đơn vị thời gian.

Bảng giá trị giới hạn quang điện λ_0 của một số kim loại (tính ra μm)

Bạc	0,26	Canxi	0,45
Đồng	0,30	Natri	0,50
Kẽm	0,35	Kali	0,55
Nhôm	0,36	Xeđi	0,66

Nhìn vào bảng trên, ta thấy ánh sáng nhìn thấy được chỉ có khả năng gây ra được hiện tượng quang điện ở canxi và các kim loại kiềm.

b) *Định luật quang điện thứ hai* : Với ánh sáng kích thích có bước sóng thỏa mãn định luật quang điện thứ nhất thì cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

c) *Định luật quang điện thứ ba* : Sự tồn tại của hiệu điện thế hãm U_h chứng tỏ rằng khi bật ra khỏi mặt kim loại, các electron quang điện có một vận tốc ban đầu v_0 . Điện trường cản mạnh đến mức độ nào đó thì ngay cả những electron có vận tốc ban đầu lớn nhất $v_{0\text{max}}$ cũng không bay đến được anốt. Lúc đó dòng quang điện triệt tiêu hoàn toàn và công của điện trường cản có giá trị đúng bằng động năng ban đầu cực đại của electron quang điện.

$$eU_h = \frac{mv_{0\text{max}}^2}{2}$$

Từ sự nghiên cứu thực nghiệm giá trị của U_h mà ta đã trình bày ở bài trước, ta rút ra định luật sau :

Động năng ban đầu cực đại của các electron quang điện không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích, mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích và bản chất kim loại dùng làm catốt.

2. Thuyết lượng tử

a) Các định luật quang điện hoàn toàn mâu thuẫn với tính chất sóng của ánh sáng. Thực vậy, theo thuyết sóng, khi ánh sáng chiếu vào mặt catốt, điện trường biến thiên trong sóng ánh sáng sẽ làm cho các electron trong kim loại dao động. Cường độ của chùm sáng kích thích càng lớn thì điện trường đó càng mạnh và nó làm cho



M. PLĂNG

Nhà vật lí Đức (1858-1947).

Đã phát minh ra thuyết lượng tử.

Giải thưởng Nôben 1918.

electron dao động càng mạnh. Đến mức độ nào đó thì electron sẽ bị bật ra, tạo thành dòng quang điện. Do đó, bất kì chùm sáng nào cũng có thể gây ra hiện tượng quang điện, miễn là nó có cường độ đủ lớn và động năng ban đầu cực đại của electron quang điện phải phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích.

b) Ta chỉ có thể giải thích được các định luật quang điện, nếu thừa nhận một thuyết mới gọi là *thuyết lượng tử* do nhà bác học Plăng (Planck) người Đức, đề xướng vào năm 1900.

Theo thuyết lượng tử : *Những nguyên tử hay phân tử vật chất không hấp thụ hay bức xạ ánh sáng một cách liên tục, mà thành từng phần riêng biệt, đứt quãng. Mỗi phần đó mang một năng lượng hoàn toàn xác định, có độ lớn là $\epsilon = hf$, trong đó, f là tần số của ánh sáng mà nó phát ra, còn h là một hằng số gọi là hằng số Plăng*

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

Mỗi phần đó gọi là một *lượng tử năng lượng*

Thí dụ : đối với tia tím $\lambda = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$,

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,4 \cdot 10^{-6}} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Lượng tử ánh sáng của tia tím có giá trị :

$$\epsilon = h.f = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 7,5 \cdot 10^{14} = 4,965 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Ta thấy mỗi lượng tử ánh sáng rất nhỏ, mỗi chùm sáng dù yếu, cũng chứa một số rất lớn lượng tử ánh sáng. Do đó, ta có cảm giác chùm sáng là liên tục.

102 101 00 20

Khi ánh sáng truyền đi, các lượng tử ánh sáng không bị thay đổi, không phụ thuộc khoảng cách tới nguồn sáng, dù nguồn đó là một ngôi sao nằm cách xa ta hàng triệu năm ánh sáng.

3. Giải thích các định luật quang điện bằng thuyết lượng tử

Nhà bác học Anhtanh (Einstein), người Đức, là người đầu tiên vận dụng thuyết lượng tử để giải thích các định luật quang điện. Ông coi chùm sáng như một chùm hạt và gọi mỗi hạt là một photon. Mỗi photon ứng với một lượng tử ánh sáng.

Theo Anhtanh, trong hiện tượng quang điện có sự hấp thụ hoàn toàn photon chiếu tới. Mỗi photon bị hấp thụ sẽ truyền toàn bộ năng lượng của nó cho một electron. Đối với các electron nằm ngay trên bề mặt kim loại thì phần năng lượng này sẽ được dùng vào hai việc :

- Cung cấp cho electron đó một công A để nó thắng được các lực liên kết trong tinh thể và thoát ra ngoài. Công này gọi là *công thoát*.

- Cung cấp cho electron đó một động năng ban đầu. So với động năng ban đầu mà các electron nằm ở các lớp sâu thu được khi bị bứt ra thì động năng ban đầu này là cực đại :

$$hf = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2} \quad (8-1)$$

Đây là công thức Anhtanh về hiện tượng quang điện.

Đối với các electron nằm ở các lớp sâu bên trong mặt kim loại thì trước khi đến bề mặt kim loại, chúng đã va chạm với các ion của kim loại và mất một phần năng lượng. Do đó động năng ban đầu của chúng nhỏ hơn động năng ban đầu cực đại nói ở trên.



A. ANHTANH

Nhà vật lý Mĩ, gốc Đức (1879-1955).
Đã giải thích hiện tượng quang điện
và phát minh ra thuyết tương đối.
Giải thưởng Nôben 1922.

Công thức (8 - 1) cho thấy động năng ban đầu cực đại của các electron quang điện chỉ phụ thuộc tần số f (hay bước sóng λ) của ánh sáng kích thích và bản chất của kim loại dùng làm catốt (K) mà không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích. Đó chính là nội dung của định luật quang điện thứ ba.

Công thức (8 - 1) còn cho thấy : nếu năng lượng của photon nhỏ hơn công thoát A thì nó không thể làm cho electron bật ra khỏi catốt và hiện tượng quang điện sẽ không xảy ra.

Ta có
$$hf \geq A \text{ hay } h \frac{c}{\lambda} \geq A ; \lambda \leq \frac{hc}{A}$$

Đặt
$$\frac{hc}{A} = \lambda_0, \text{ ta có } \lambda \leq \lambda_0 \quad (8-2)$$

λ_0 chính là giới hạn quang điện của kim loại. Bất đẳng thức (8-2) biểu thị định luật quang điện thứ nhất.

Cuối cùng, ta giải thích định luật quang điện thứ hai như sau :

Với các chùm sáng có khả năng gây ra hiện tượng quang điện thì số electron quang điện bị bật ra khỏi catốt trong đơn vị thời gian tỉ lệ thuận với số photon đến đập vào mặt catốt trong thời gian đó. Mặt khác, số photon này lại tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng ; còn cường độ dòng quang điện bão hòa lại tỉ lệ thuận với số electron quang điện bị bật ra khỏi catốt trong đơn vị thời gian. Vì vậy, cường độ của dòng quang điện bão hòa sẽ tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

4. Lượng tính sóng - hạt của ánh sáng

Ở trong chương VII, ta đã thấy : ánh sáng nhìn thấy cũng như các tia hồng ngoại, tia tử ngoại, tia Ronghen, đều là các sóng điện từ có bước sóng khác nhau. Người ta nói chúng có cùng bản chất điện từ.

Đến đây, ta lại thấy ánh sáng có tính chất hạt (tính chất lượng tử). Vậy, ánh sáng vừa có tính chất sóng, vừa có tính chất hạt. Người ta nói : ánh sáng có lưỡng tính sóng - hạt.

Những sóng điện từ có bước sóng càng ngắn thì photon ứng với chúng có năng lượng càng lớn. Thực nghiệm cho thấy tính

chất hạt của chúng thể hiện càng đậm nét, tính chất sóng càng ít thể hiện.

Ta có thể coi những tác dụng sau đây là những biểu hiện của tính chất hạt : khả năng đâm xuyên, tác dụng quang điện, tác dụng iôn hóa, tác dụng phát quang.

Ngược lại, những sóng điện từ có bước sóng càng dài thì photon ứng với chúng có năng lượng càng nhỏ. Thực nghiệm cho thấy : tính chất hạt của chúng càng khó thể hiện, tính chất sóng của chúng càng dễ bộc lộ. Ta dễ dàng quan sát thấy hiện tượng giao thoa, hiện tượng tán sắc của các sóng dài.

Sự tồn tại đồng thời của hai tính chất trái ngược nhau (sóng và hạt) trong cùng một sự vật (ánh sáng) là một minh họa rất rõ cho luận điểm triết học về sự thống nhất biện chứng của các mặt đối lập.

?

1. Trình bày ba định luật quang điện và nêu rõ sự mâu thuẫn của các định luật đó với tính chất sóng của ánh sáng.

2. Trình bày nội dung sơ lược của thuyết lượng tử và vận dụng thuyết đó để giải thích các định luật quang điện.

▽

3. Căn cứ vào bảng giá trị giới hạn quang điện của một số kim loại cho trong bài khóa, hãy tính công thoát của electron khỏi bề mặt của các kim loại sau : bạc, đồng, kẽm, nhôm, canxi, natri, kali và xêđi.

4. Giới hạn quang điện của natri là $0,50\mu\text{m}$. Chiếu vào natri tia tử ngoại có bước sóng $0,25\mu\text{m}$. Tính động năng ban đầu cực đại và vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện.

5. Catốt của một tế bào quang điện làm bằng xêđi (Cs) có giới hạn quang điện là $0,66\mu\text{m}$. Chiếu vào catốt ánh sáng tử ngoại có bước sóng $0,33\mu\text{m}$. Tính hiệu điện thế hãm cần phải đặt giữa anốt và catốt của tế bào đó để cho dòng quang điện triệt tiêu hoàn toàn.

ĐS : 3) Bạc $7,64 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; Canxi $4,41 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Đồng $6,62 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; Natri $3,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Kẽm $5,67 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; Kali $3,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Nhôm $5,52 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; Xêđi $3,01 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

4) $3,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $9,34 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

5) $U_{AK} = -1,88 \text{ V}$

§ 51. QUANG TRỞ VÀ PIN QUANG ĐIỆN

1. Hiện tượng quang dẫn

Một số chất bán dẫn là chất cách điện khi không bị chiếu sáng và trở thành chất dẫn điện khi bị chiếu sáng. *Hiện tượng giảm mạnh điện trở của chất bán dẫn khi bị chiếu sáng gọi là hiện tượng quang dẫn.*

Trong hiện tượng quang điện, khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào catốt của tế bào quang điện thì electron sẽ bị bật ra khỏi catốt. Vì vậy, hiện tượng này còn gọi là hiện tượng quang điện ngoài.

Trong hiện tượng quang dẫn, mỗi photon của ánh sáng kích thích khi bị hấp thụ sẽ giải phóng một electron liên kết để nó trở thành một electron tự do chuyển động trong khối chất bán dẫn đó. Các electron này trở thành các electron dẫn. Ngoài ra, mỗi electron liên kết khi được giải phóng, sẽ để lại một "lỗ trống" mang điện dương. Những lỗ trống này cũng có thể chuyển động tự do từ nút mạng này sang nút mạng khác và cũng tham gia vào quá trình dẫn điện.

Hiện tượng giải phóng các electron liên kết để cho chúng trở thành các electron dẫn gọi là *hiện tượng quang điện bên trong*.

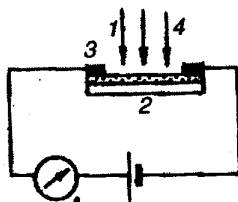
Vì năng lượng cần thiết để giải phóng một electron liên kết chuyển nó thành electron dẫn không lớn lắm, nên để gây ra hiện tượng quang dẫn, không đòi hỏi photon phải có năng lượng lớn. Rất nhiều chất quang dẫn hoạt động được với ánh sáng hồng ngoại. Thí dụ : CdS có giới hạn quang dẫn là $0,9\mu\text{m}$. Ta hiểu giới hạn quang dẫn của một chất là bước sóng dài nhất của ánh sáng có khả năng gây ra hiện tượng quang dẫn ở chất đó. Đây là một lợi thế của hiện tượng quang dẫn so với hiện tượng quang điện.

2. Quang trở (LDR*)

Cấu tạo Quang trở gồm một lớp chất bán dẫn (cadimi sunfua CdS chẳng hạn) (1) phủ trên một tấm nhựa cách điện (2). Có hai điện cực (3) và (4) gắn vào lớp chất bán dẫn đó (h.8.4)

* Trong tiếng Anh, LDR có nghĩa là điện trở phụ thuộc ánh sáng (Light dependant resistor).

Nối một nguồn khoảng vài vôn với quang trở thông qua một miliampe kế. Ta thấy khi quang trở được đặt trong tối thì trong mạch không có dòng điện. Khi chiếu quang trở bằng ánh sáng có bước sóng ngắn hơn giới hạn quang dẫn của quang trở thì sẽ xuất hiện dòng điện trong mạch.

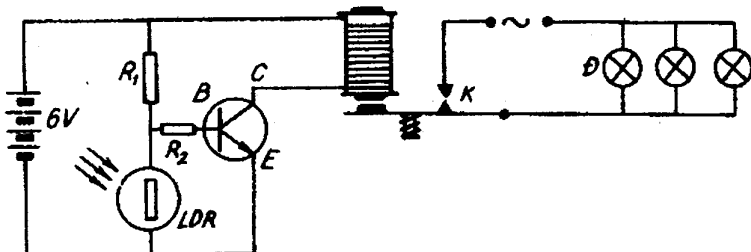


Hình 8.4

Điện trở của quang trở giảm đi rất mạnh khi bị chiếu sáng bởi ánh sáng nói trên. Đo điện trở của quang trở CdS, người ta thấy : khi không bị chiếu sáng, điện trở của nó vào khoảng $3.10^6 \Omega$; khi bị chiếu sáng, điện trở của nó chỉ còn khoảng 20Ω .

Ngày nay, quang trở được dùng thay cho các tế bào quang điện trong hầu hết các mạch điều khiển tự động.

Ta hãy lấy thí dụ : mạch tự động đóng - ngắt các đèn đường (h.8.5)



Hình 8.5

Một quang trở (LDR) được mắc giữa cực bazơ B và cực êmitơ E của một transistor T (chẳng hạn loại n-p-n). Quang trở đóng vai trò chia hiệu điện thế với một điện trở R_1 (khoảng $10k\Omega$) mắc giữa cực côlêctơ C và cực bazơ B. Một nguồn 6V vừa dùng để tạo hiệu điện thế U_{BE} vừa dùng để tạo ra dòng côlêctơ I_C ... Dòng I_C chạy qua một nam châm điện của một rơle điện từ đóng ngắt mạch điện thấp các đèn đường. Nam châm điện nằm trong mạch côlêctơ của transistor.

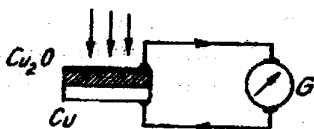
Ban ngày, khi ánh sáng chiếu vào quang trở đủ mạnh thì điện trở của nó nhỏ so với R_1 . Hiệu điện thế U_{BE} cũng sẽ rất nhỏ. Dòng cực bazơ I_B không có và, do đó, dòng côlêctơ I_C sẽ bằng không. Nam châm điện không hoạt động.

Ban tối, khi ánh sáng chiếu vào quang trở yếu đến mức nào đó thì điện trở của nó sẽ đủ lớn. Hiệu điện thế U_{BE} tăng. Khi U_{BE} đạt đến một giá trị nào đó (khoảng 0,7V) thì xuất hiện dòng cực bazơ (khoảng 0,3mA) và do đó, xuất hiện dòng côlêctơ I_C (khoảng

60mA). Dòng I_c chạy qua nam châm điện làm cho nó hút cần ngắt điện và đóng mạch thấp sáng các đèn đường.

3. Pin quang điện

Pin quang điện là một nguồn điện trong đó quang năng được biến đổi trực tiếp thành điện năng. Pin hoạt động dựa vào hiện tượng quang điện bên trong xảy ra trong một chất bán dẫn.



Hình 8.6

Ta hãy xét một pin quang điện đơn giản. Pin đồng oxit (h.8.6)

Pin có một điện cực bằng đồng. Trên bản đồng này có phủ một lớp đồng oxit Cu_2O . Người ta phun một lớp vàng rất mỏng trên mặt lớp Cu_2O để làm điện cực thứ hai. Lớp vàng này mỏng đến mức cho ánh

sáng truyền qua được. Ở chỗ tiếp xúc giữa Cu_2O và Cu hình thành một lớp có tác dụng đặc biệt : nó chỉ cho phép êlectrôn chạy qua nó theo chiều từ Cu_2O sang Cu.

Khi chiếu một chùm sáng có bước sóng thích hợp vào mặt lớp Cu_2O thì ánh sáng sẽ giải phóng các êlectrôn liên kết trong Cu_2O thành êlectrôn dẫn. Một phần các êlectrôn này khuếch tán sang cực Cu. Cực Cu thừa êlectrôn nên nhiễm điện âm. Cu_2O nhiễm điện dương. Giữa hai điện cực của pin hình thành một suất điện động.

Nếu nối hai điện cực với nhau bằng một dây dẫn thông qua một điện kế, ta sẽ thấy có một dòng điện chạy trong mạch theo chiều từ Cu_2O sang Cu.

Ngoài pin quang điện đồng oxit, còn có rất nhiều loại pin quang điện khác, phổ biến nhất là pin selen.

Ngày nay, các pin quang điện có rất nhiều ứng dụng. Các pin mặt trời lắp ở các máy tính bỏ túi, trên các vệ tinh nhân tạo v.v.. đều là pin quang điện.

?

1. Hiện tượng quang dẫn là gì ? Trình bày cấu tạo và hoạt động của một quang trở.
2. Trình bày cấu tạo và hoạt động của pin quang điện đồng oxit.

§52. MỘT VÀI HIỆN TƯỢNG QUANG HỌC LIÊN QUAN ĐẾN TÍNH CHẤT LƯỢNG TỬ CỦA ÁNH SÁNG

1. Sự phát quang

Chiếu một chùm tia tử ngoại có bước sóng λ vào một bình đựng dung dịch fluôrexêin trong rượu. Dung dịch này sẽ phát ra ánh sáng màu xanh lục nhạt có bước sóng λ' ($\lambda' > \lambda$). Đó là *hiện tượng huỳnh quang*.

Đối với các chất khí cũng có hiện tượng tương tự. Ánh sáng huỳnh quang hầu như tắt ngay sau khi tắt ánh sáng kích thích.

Cơ chế của hiện tượng huỳnh quang như sau : mỗi phân tử fluôrexêin khi hấp thụ một photon tử ngoại có năng lượng hf thì chuyển sang trạng thái bị kích thích. Phân tử này ở trạng thái kích thích trong thời gian rất ngắn. Trong thời gian này, nó va chạm với các phân tử khác và mất bớt một phần năng lượng. Cuối cùng, khi trở về trạng thái bình thường, nó sẽ phát ra một photon khác có năng lượng hf' nhỏ hơn

$$hf' < hf$$

hay

$$h \frac{c}{\lambda'} < h \frac{c}{\lambda}$$

Do đó

$$\lambda' > \lambda$$

Dùng ánh sáng tử ngoại chiếu vào các tinh thể kẽm sunfua ZnS có pha một lượng rất nhỏ đồng (Cu) và coban (Co) thì kẽm sunfua sẽ phát ra ánh sáng màu xanh lục. *Sự phát sáng của các tinh thể khi bị kích thích bằng ánh sáng thích hợp gọi là sự lân quang*. Ánh sáng lân quang có thể tồn tại rất lâu sau khi tắt ánh sáng kích thích.

Sự huỳnh quang của chất khí và chất lỏng và sự lân quang của các chất rắn gọi chung là *sự phát quang*. Người ta thường gọi sự phát quang là *sự phát sáng lạnh* để phân biệt với sự phát sáng của vật khi bị nung nóng. Cơ chế của sự lân quang cũng khác cơ chế của sự huỳnh quang.

Ngoài việc dùng tia tử ngoại, người ta còn dùng các tia có bước sóng ngắn hơn để kích thích sự phát quang. Chẳng hạn, người ta

có thể dùng tia Rơnghen (trong việc chiếu điện), tia γ và chùm electron (trong các bóng hình của máy thu vô tuyến)v.v... để kích thích sự phát quang của màn ảnh.

Hiện tượng phát quang của các chất rắn được ứng dụng trong các đèn huỳnh quang. Đèn gồm một ống thủy tinh hình trụ, trong chứa hơi thủy ngân ở áp suất thấp. Ở hai đầu ống có hai điện cực, có dạng các dây tóc được nung đỏ. Thành trong của ống có phủ một lớp bột phát quang. Khi có dòng điện phóng qua đèn thì hơi thủy ngân sẽ phát sáng. Ánh sáng do hơi thủy ngân phát ra rất giàu tia tử ngoại. Các tia tử ngoại này sẽ kích thích lớp bột phát quang phủ ở thành trong của đèn phát ra ánh sáng nhìn thấy được. Các đèn huỳnh quang sáng hơn nhiều so với các đèn có dây tóc nóng sáng tiêu thụ cùng một công suất điện.

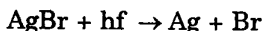
2. Các phản ứng quang hóa

Các phản ứng quang hóa là các phản ứng hóa học xảy ra dưới tác dụng của ánh sáng

Các phản ứng này có nhiều loại như phản ứng phân tích, phản ứng tổng hợp, phản ứng pôlime hóa v.v...

Thí dụ 1 : Hiện tượng quang hợp. Hiện tượng quang hợp là phản ứng quang hóa rất quan trọng đối với sự tồn tại của các cây xanh, nên có ảnh hưởng to lớn đối với đời sống con người. Trong hiện tượng này, dưới tác dụng của các photon tử ngoại, cây xanh hấp thụ và phân tích CO_2 của không khí để tạo thành các chất hữu cơ như glucôza, xenlulô, tinh bột v.v...

Thí dụ 2 : Phản ứng phân tích AgBr. Phản ứng này là cơ sở của kĩ thuật chụp ảnh. Dưới tác dụng của photon ánh sáng kích thích, một số phân tử AgBr trong những hạt bạc bromua bị phân tích thành bạc và brom :



Những phân tử đã bị ánh sáng phân tích trong quá trình chụp ảnh sẽ trở thành những mầm để từ đó toàn bộ hạt bạc bromua bị phân tích hóa học trong thuốc hiện hình. Những hạt bạc bromua

không chứa những phân tử đã bị phân li do tác dụng của ánh sáng thì không bị thuốc hiện hình tác dụng.

Thí dụ 3 : Phản ứng tổng hợp HCl. Chiếu ánh sáng có bước sóng ngắn vào một bình đựng hỗn hợp clo và hiđrô thì clo sẽ tổng hợp với hiđrô thành HCl. Phản ứng xảy ra mãnh liệt gây ra sự nổ, vỡ bình chứa. Người ta cho rằng phản ứng này xảy ra theo hai quá trình kế tiếp nhau :

- Quá trình sơ cấp : $\text{Cl}_2 + h\nu \rightarrow \text{Cl} + \text{Cl}$

- Các quá trình thứ cấp :



- ?
1. Sự phát quang là gì ? Phân biệt hiện tượng huỳnh quang và hiện tượng lân quang. Giải thích tại sao ánh sáng phát quang lại có bước sóng dài hơn bước sóng của ánh sáng kích thích.
 2. Mô tả cấu tạo và hoạt động của một đèn huỳnh quang.
 3. Các phản ứng quang hóa là gì ? Nêu một vài thí dụ.

§53. ỨNG DỤNG CỦA THUYẾT LƯỢNG TỬ TRONG NGUYÊN TỬ HIĐRÔ

1. Mẫu nguyên tử BO

Năm 1911, sau nhiều công trình nghiên cứu công phu, Rôđôfo (Rutherford) đã đề xướng ra mẫu hành tinh nguyên tử (xem sách Hóa học 10). Tuy nhiên mẫu này đã gặp phải khó khăn là không giải thích được tính bền vững của các nguyên tử và sự tạo thành các quang phổ vạch của các nguyên tử.

Để khắc phục những khó khăn trên, năm 1913, Bo (Bohr), nhà vật lí Đan Mạch, đã vận dụng tinh thần của thuyết lượng tử vào việc



N.BO

Nhà vật lí Đan Mạch (1885-1962).
Đã phát minh ra lí thuyết về cấu trúc nguyên tử. Giải Nôben 1922.

giải thích các hiện tượng của hệ thống nguyên tử. Ông đã nêu ra hai giả thuyết sau đây (coi như hai tiên đề trong toán học) :

a) *Tiên đề về các trạng thái dừng* : Nguyên tử chỉ tồn tại trong những trạng thái có năng lượng xác định, gọi là các trạng thái dừng. Trong các trạng thái dừng, nguyên tử không bức xạ.

Năng lượng của nguyên tử ở trạng thái dừng bao gồm động năng của các êlectrôn và thế năng của chúng đối với hạt nhân. Để tính toán năng lượng của các êlectrôn. Bo vẫn sử dụng mô hình hành tinh nguyên tử.*

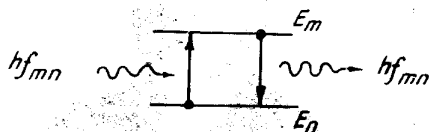
b) *Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử* : Trạng thái dừng có năng lượng càng thấp thì càng bền vững.

Trạng thái dừng có năng lượng càng cao thì càng kém bền vững. Do đó, khi nguyên tử ở các trạng thái dừng có năng lượng lớn bao giờ nó cũng có xu hướng chuyển sang trạng thái dừng có năng lượng nhỏ.

Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_m sang trạng thái dừng có năng lượng E_n (với $E_m > E_n$) thì nguyên tử phát ra một photon có năng lượng đúng bằng hiệu $E_m - E_n$:

$$\varepsilon = hf_{mn} = E_m - E_n$$

Với f_{mn} là tần số của sóng ánh sáng ứng với photon đó.



Hình 8.7

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_n thấp mà hấp thụ được một photon có năng lượng hf_{mn} đúng bằng hiệu $E_m - E_n$ thì nó chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng E_m lớn hơn (h.8.7)

* Ta coi năng lượng của hệ thống nguyên tử cũng là năng lượng của các êlectrôn.

Một hệ quả rất quan trọng suy ra được từ hai tiên đề trên là :
Trong các trạng thái dừng của nguyên tử, electron chỉ chuyển động quanh hạt nhân theo những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là các quỹ đạo dừng.

Bo thấy rằng : đối với nguyên tử hiđrô, bán kính các quỹ đạo dừng tăng tỉ lệ với bình phương của các số nguyên liên tiếp :

Bán kính : $r_0 \quad 4r_0 \quad 9r_0 \quad 16r_0 \quad 25r_0 \quad 36r_0$

Tên quỹ đạo : $K \quad L \quad M \quad N \quad O \quad P$

với $r_0 = 5,3.10^{-11} \text{ m}$. r_0 gọi là bán kính Bo.

Quỹ đạo có bán kính lớn ứng với năng lượng lớn, bán kính nhỏ ứng với năng lượng nhỏ.

2. Giải thích sự tạo thành quang phổ vạch của hiđrô

Một trong những thành công quan trọng của mẫu nguyên tử Bo là giải thích được đầy đủ sự tạo thành quang phổ vạch của hiđrô.

Người ta thấy các vạch trong quang phổ phát xạ của hiđrô sắp xếp thành những dãy xác định, tách rời hẳn nhau.

Trong vùng tử ngoại, có một dãy gọi là dãy Laiman (Lyman)*

Thứ hai là dãy gọi là dãy Banme (Balmer). Dãy này có một phần nằm trong vùng tử ngoại và một phần nằm trong vùng ánh sáng nhìn thấy. Phần này có 4 vạch là đỏ H_α ($\lambda_\alpha = 0,6563\mu\text{m}$) ; lam H_β ($\lambda_\beta = 0,4861\mu\text{m}$) ; chàm H_γ ($\lambda_\gamma = 0,4340\mu\text{m}$) và tím H_δ ($\lambda_\delta = 0,4102\mu\text{m}$).

Trong vùng hồng ngoại có dãy gọi là dãy Pasen (Paschen).

Trước hết, ta hãy giải thích sự tạo thành các vạch quang phổ.

Ở trạng thái bình thường (trạng thái cơ bản) nguyên tử hiđrô có năng lượng thấp nhất, electron chuyển động trên quỹ đạo K.

Khi nguyên tử nhận năng lượng kích thích, electron chuyển lên các quỹ đạo có mức năng lượng cao hơn : L, M, N, O, P v.v..

* Những vạch trong các dãy này có thể thu được bằng phương pháp chụp ảnh.

Nguyên tử sống trong trạng thái kích thích trong thời gian rất ngắn (khoảng $10^{-8}s$). Sau đó, electron chuyển về các quỹ đạo bên trong và phát ra các photon.

Mỗi khi electron chuyển từ một quỹ đạo có mức năng lượng cao xuống một quỹ đạo có mức năng lượng thấp thì nó phát ra một photon có năng lượng đúng bằng hiệu mức năng lượng ứng với hai quỹ đạo đó.

$$hf = E_{cao} - E_{thấp}$$

Mỗi photon có tần số f lại ứng với một sóng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Mỗi sóng ánh sáng đơn sắc lại cho một vạch quang phổ có một màu nhất định. Vì vậy quang phổ là quang phổ vạch.

Sự tạo thành các dãy được giải thích như sau :

Các vạch trong dãy Laiman được tạo thành khi electron chuyển từ các quỹ đạo bên ngoài về quỹ đạo K : $L \rightarrow K$; $M \rightarrow K$; $N \rightarrow K$; $O \rightarrow K$ và $P \rightarrow K$.

Các vạch trong dãy Banme được tạo thành khi các electron chuyển từ các quỹ đạo bên ngoài về quỹ đạo L

Vạch H_{α} ứng với sự chuyển $M \rightarrow L$

Vạch H_{β} " " " $N \rightarrow L$

Vạch H_{γ} " " " $O \rightarrow L$

Vạch H_{δ} " " " $P \rightarrow L$

Các vạch trong dãy Pasen được tạo thành khi các electron chuyển từ các quỹ đạo bên ngoài về quỹ đạo M.

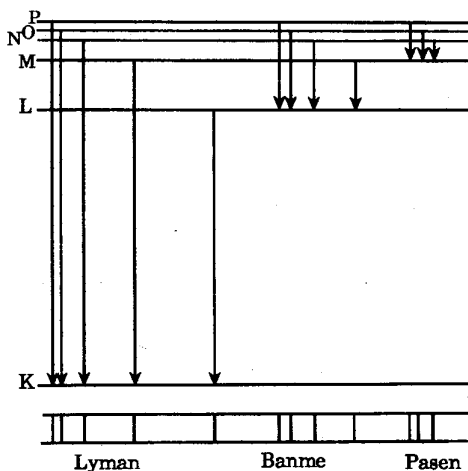
Nếu ta biểu diễn mỗi mức năng lượng ứng với một quỹ đạo dùng bằng một vạch nằm ngang thì ta có một sơ đồ các mức năng lượng vẽ trên hình 8.8.

Trong sơ đồ đó, các sự chuyển được biểu diễn bằng các mũi tên hướng từ trên xuống. Phía dưới sơ đồ có vẽ các vạch quang phổ ứng với sự chuyển đó.

Việc giải thích thành công các quy luật quang phổ của nguyên tử hiđrô cho thấy hệ thống nguyên tử (hệ thống vi mô) tuân theo các quy luật khác với các quy luật của vật lí cổ điển : các quy luật lượng tử.

?

1. Trình bày hai tiên đề về cấu tạo nguyên tử của Bo và hệ quả của hai tiên đề đó.
2. Dùng mẫu nguyên tử Bo để giải thích sự tạo thành quang phổ vạch của nguyên tử hiđrô.



Hình 8.8

3. Biết bước sóng của bốn vạch trong dãy Balmer là vạch đỏ $H_\alpha = 0,6563\mu\text{m}$, vạch lam $H_\beta = 0,4861\mu\text{m}$, vạch chàm $H_\gamma = 0,4340\mu\text{m}$ và vạch tím $H_\delta = 0,4102\mu\text{m}$. Hãy tính bước sóng của ba vạch quang phổ trong dãy Paschen ở vùng hồng ngoại.

ĐS : 3) $1,0939\mu\text{m}$; $1,2811\mu\text{m}$ và $1,8744\mu\text{m}$

TÓM TẮT CHƯƠNG VIII

1. Hiện tượng quang điện, sự phát quang của các chất, các phản ứng quang hóa và sự tạo thành các quang phổ vạch là những hiện tượng có liên quan đến tính chất lượng tử (tính chất hạt) của ánh sáng.

2. *Thuyết lượng tử* Các nguyên tử hay phân tử vật chất không hấp thụ hay bức xạ ánh sáng một cách liên tục mà thành từng "phần" riêng biệt, đứt quãng. Mỗi "phần" đó mang một năng lượng hoàn toàn xác định, có độ lớn là $\epsilon = hf$, f là tần số của ánh sáng do nguyên tử phát ra, h là hằng số Planck

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

mỗi phần ánh sáng nhỏ bé đó gọi là một lượng tử ánh sáng hay photon

3. Hiện tượng quang điện là hiện tượng các electron bị dứt ra khỏi mặt kim loại, khi chiếu vào kim loại đó ánh sáng có bước sóng thích hợp.

Định luật quang điện thứ nhất. Đối với mỗi kim loại, hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng λ của ánh sáng kích thích nhỏ hơn giới hạn quang điện λ_0 của kim loại đó ($\lambda \leq \lambda_0$)

Định luật này thể hiện điều kiện :

$$hf \geq A$$

A : Công thoát của electron khỏi kim loại đó.

Định luật quang điện thứ hai. Cường độ của dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

Định luật quang điện thứ ba. Động năng ban đầu cực đại các electron quang điện khi bật ra khỏi kim loại không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích, mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích và bản chất kim loại dùng làm catốt.

Định luật này thể hiện điều kiện :

$$hf = \frac{mv_{0\max}^2}{2} + A$$

(Công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện).

+ Hiện tượng quang điện được ứng dụng trong các tế bào quang điện, dụng cụ để biến đổi các tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện.

4. Hiện tượng quang dẫn là hiện tượng giảm mạnh của điện trở của một chất bán dẫn khi bị chiếu sáng.

Trong hiện tượng quang dẫn, ánh sáng đã giải phóng các electron liên kết để trở thành các electron dẫn : đó là hiện tượng quang điện bên trong. Hiện tượng quang dẫn được ứng dụng trong các quang trở, hiện tượng quang điện bên trong được ứng dụng trong pin quang điện.

5. Hai tiên đề của Bo là :

+ Nguyên tử chỉ tồn tại trong những trạng thái có năng lượng hoàn toàn xác định, gọi là các trạng thái dừng. Trong trạng thái dừng, nguyên tử không bức xạ.

+ Mỗi khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_m sang trạng thái dừng có năng lượng E_n thì nó bức xạ (hoặc hấp thụ) một photon có năng lượng :

$$\varepsilon = hf_{mn} = E_m - E_n$$

+ Hệ quả quan trọng suy từ hai tiên đề Bo là :

- Trong trạng thái dừng, các electron trong nguyên tử chỉ chuyển động quanh hạt nhân theo những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là các quỹ đạo dừng.

- Mẫu nguyên tử Bo giải thích rất thành công sự tạo thành quang phổ vạch của nguyên tử hiđrô.

100

Phần ba

VẬT LÝ HẠT NHÂN

CHƯƠNG IX

NHỮNG KIẾN THỨC SƠ BỘ VỀ HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

§54. CẤU TẠO CỦA HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ. ĐƠN VỊ KHỐI LƯỢNG NGUYÊN TỬ

1. Cấu tạo của hạt nhân nguyên tử

Thí nghiệm của Rôđôpho đã chứng tỏ rằng nguyên tử tuy rất nhỏ (đường kính cỡ 10^{-9} m) nhưng có cấu tạo phức tạp bao gồm một hạt ở giữa, gọi là *hạt nhân*, xung quanh có các êlectrôn. Đường kính của hạt nhân nhỏ hơn hàng chục vạn lần so với nguyên tử, và chỉ bằng $10^{-14} - 10^{-15}$ m.

Hạt nhân cũng lại có cấu tạo riêng. Các hiện tượng phóng xạ và các phản ứng hạt nhân đã chứng tỏ rằng hạt nhân được cấu tạo từ những hạt nhỏ hơn gọi là nuclôn. Có hai loại nuclôn : *prôtôn*, kí hiệu p, mang một điện tích nguyên tố dương +e, và *notrôn*, kí hiệu n, không mang điện.

Nếu một nguyên tố có số thứ tự Z trong bảng tuần hoàn Mendêlêep (Z gọi là *nguyên tử số*) thì nguyên tử của nó có Z êlectrôn ở vỏ ngoài, và hạt nhân của nguyên tử ấy chứa Z prôtôn và N notrôn (*). Vỏ êlectrôn có điện tích -Ze, hạt nhân có điện tích +Ze nên cả nguyên tử bình thường là trung hòa về điện. Tổng số $A = Z + N$ gọi là *khối lượng số* hoặc *số khối*.

Thí dụ : Nguyên tử hiđrô đứng đầu bảng tuần hoàn, $Z = 1$; nó có 1 êlectrôn ở vỏ ngoài, hạt nhân của nó có 1 prôtôn và không có notrôn ; số khối $A = 1$.

* Nói chung $N \geq Z$

Nguyên tử cacbon (than) ứng với $Z = 6$, nó có 6 êlectron, hạt nhân của nó chứa 6 prôtôn và 6 notrôn, số khối $A = 12$

Nguyên tử natri ứng với $Z = 11$ có 11 êlectron, hạt nhân của nó chứa 11 prôtôn và 12 notrôn, số khối $A = 11 + 12 = 23$.

Một nguyên tử hoặc hạt nhân của nó được kí hiệu bằng cách ghi bên cạnh kí hiệu hóa học nguyên tử số (ở phía dưới) và số khối (ở phía trên). Các nguyên tử nêu trên đây có kí hiệu là ${}^1_1\text{H}$, ${}^{12}_6\text{C}$ và ${}^{23}_{11}\text{Na}$. Nhiều khi chỉ cần ghi số khối (${}^1\text{H}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{23}\text{Na}$...) vì kí hiệu hóa học đã xác định nguyên tử số rồi. Cũng có thể ghi $\text{C}12$, $\text{Na}23$, $\text{U}235$ v.v..

2. Lực hạt nhân

Các prôtôn trong hạt nhân mang điện dương nên đẩy nhau. Nhưng hạt nhân vẫn bền vững vì các nuclôn (kể cả prôtôn lẫn notrôn) được liên kết với nhau bởi các lực hút rất mạnh gọi là lực hạt nhân. Lực hạt nhân là loại lực mạnh nhất trong các lực đã biết, nhưng chỉ tác dụng khi khoảng cách giữa hai nuclôn bằng hoặc nhỏ hơn kích thước của hạt nhân, nghĩa là lực hạt nhân có bán kính tác dụng khoảng 10^{-15}m .

3. Đồng vị

Các nguyên tử H, C, Na nêu trên đây thuộc loại phổ biến trong thiên nhiên. Có những nguyên tử cũng là hiđrô vì cũng có $Z = 1$, nhưng hạt nhân của nó lại có 1 hoặc 2 notrôn.

Các nguyên tử mà hạt nhân chứa cùng số prôtôn Z nhưng có số notrôn N khác nhau (và do đó có số khối $A = Z + N$ khác nhau) gọi là đồng vị (có cùng vị trí trong bảng tuần hoàn).

Hiđrô có 3 đồng vị : hiđrô thường (${}^1_1\text{H}$), hiđrô nặng hay đơtêri (${}^2_1\text{H}$ hoặc D), hiđrô siêu nặng hay triti (${}^3_1\text{H}$ hoặc T).

Đơtêri kết hợp với ôxi thành nước nặng D_2O là nguyên liệu của công nghệ nguyên tử.

Hầu hết các nguyên tố đều là hỗn hợp của nhiều đồng vị.

Thí dụ : Cacbon có 4 đồng vị với số notrôn từ 5 đến 8 (A từ 11 đến 14) trong đó 2 đồng vị $^{12}_6\text{C}$ và $^{13}_6\text{C}$ là bền vững. Đồng vị $^{12}_6\text{C}$ chiếm 99% của cacbon thiên nhiên.

Thiếc (Z = 50) là hỗn hợp của 10 đồng vị với số khối từ 112 tới 122, với tỉ lệ từ 0,4% đến 33%.

4. Đơn vị khối lượng nguyên tử

Trong vật lí nguyên tử và hạt nhân người ta thường dùng một đơn vị khối lượng riêng gọi là *đơn vị khối lượng nguyên tử*, kí hiệu là u, bằng 1/12 khối lượng của đồng vị phổ biến của nguyên tử cacbon $^{12}_6\text{C}$. Vì vậy đôi khi đơn vị này còn gọi là *đơn vị cacbon*.

Đồng vị $^{12}_6\text{C}$ có 12 nuclôn nên khối lượng của nuclôn xấp xỉ bằng u.

Khối lượng chính xác của prôtôn là $m_p = 1,007276u$, của notrôn là $m_n = 1,008665u$.

So sánh với khối lượng của êlectrôn $m_e = 0,000549u$, ta thấy rằng *khối lượng của nguyên tử chủ yếu tập trung ở hạt nhân*. Vật chất hạt nhân có khối lượng riêng cực kì lớn, cỡ trăm triệu tấn trên cm^3 .

Số Avôgađrô N_A là số nguyên tử trong 12 gam $^{12}_6\text{C}$.

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} / \text{mol}$$

$$\text{Vậy } u = \frac{1}{12} \frac{12}{N_A} \text{ gam} = 1,66058 \cdot 10^{-27} \text{ kg.}$$

Một nguyên tử có số khối A thì có khối lượng xấp xỉ bằng A *tính theo đơn vị u*, vì hạt nhân của nó chứa A nuclôn. Mol là đơn vị lượng vật chất trong hệ SI (tên cũ là nguyên tử gam hoặc phân tử gam). Một mol của một chất nào đó là lượng gồm N_A phân tử chất ấy, hoặc N_A nguyên tử, đối với chất đơn nguyên tử.

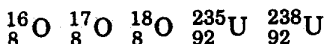
Bảng *nguyên tử lượng* trong các sách tra cứu ghi khối lượng các nguyên tử theo đơn vị u nhưng có tính đến tỉ lệ các đồng vị trong thiên nhiên. Thí dụ C = 12,011, chứ không phải C = 12 vì trong cacbon thiên nhiên có 1% đồng vị C13 nặng hơn C12.

Chúng hạn tra bảng ta thấy $\text{He} = 4$, 1mol hêli chứa N_A nguyên tử và có khối lượng $m = N_A 4u$.

Nhưng $N_A u = 1$ gam. Vậy $m = 4$ gam, nghĩa là khối lượng 1 mol chất đơn nguyên tử tính ra gam có trị số như trong bảng nguyên tử lượng.

?

1. Hạt nhân nguyên tử được cấu tạo như thế nào ?
2. Hãy viết kí hiệu của các nguyên tử mà hạt nhân chứa : 2p và 1n, 2p và 2n, 3p và 4n, 7p và 7n.
3. Đồng vị là gì, cho thí dụ.
4. Hãy nêu cấu tạo hạt nhân của các nguyên tử sau đây :



5. Đơn vị khối lượng nguyên tử là gì ? Hãy so sánh khối lượng của các hạt nhân sau đây D, T, và ${}^3_2\text{He}$
6. Tính : số nguyên tử trong 1 gam khí hêli.
 - số phân tử trong 1 gam khí ôxi O_2
 - số nguyên tử ôxi trong 1 gam khí cacbonic.
 Cho $\text{He} = 4,003$; $\text{O} = 15,999$; $\text{C} = 12,011$
 ĐS : 5) T xấp xỉ $\frac{3}{2}\text{He}$ và gấp rưỡi D ; 6) $1.50 \cdot 10^{23}$; $376 \cdot 10^{20}$; $274 \cdot 10^{20}$

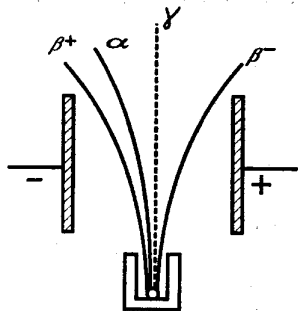
§55. SỰ PHÓNG XẠ

Thời trung cổ các nhà giả kim thuật đã tốn nhiều công sức để cố gắng biến đổi nguyên tố hóa học này thành nguyên tố hóa học khác, nhất là thành vàng. Họ đã không thành công vì không có đủ cơ sở khoa học kĩ thuật. Tuy nhiên hi vọng của họ không phải là không có căn cứ. Thực tế hạt nhân nguyên tử không phải là bất biến mà có thể biến đổi thành hạt nhân khác một cách tự nhiên (sự phóng xạ) hoặc trong các phản ứng hạt nhân (do con người gây ra).

1. Sự phóng xạ

Phóng xạ là hiện tượng một hạt nhân tự động phóng ra những bức xạ gọi là tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác. Tia phóng xạ không nhìn thấy được nhưng có những tác dụng lí hóa như làm iôn hóa môi trường, làm đen kính ảnh, gây ra các phản

ứng hóa học v.v.. Cho các tia phóng xạ đi qua điện trường ở giữa hai bản của một tụ điện (h.9.1), ta có thể xác định được bản chất của các tia phóng xạ mà các chất phóng xạ khác nhau phóng ra. Có 3 loại tia phóng xạ.



Hình 9.1

a) *Tia anpha* : Chất phóng xạ đầu tiên do nhà bác học Pháp Becqueren (Becquerel) phát hiện ra là urani ($Z = 92$), bức xạ mà nó phóng ra bị lệch về phía bản âm của tụ điện, và gọi là tia anpha, kí hiệu α .

Nghiên cứu kĩ hơn thì thấy rằng các tia ấy gồm các hạt nhân của nguyên tử ${}^4_2\text{He}$ mang hai điện tích dương, gọi là *hạt anpha*. Hạt α phóng ra từ hạt nhân với vận tốc khoảng 10^7 m/s , nó làm iôn hóa môi trường và mất dần năng lượng. Tia α chỉ đi được tối đa 8cm trong không khí

và không xuyên qua được một tấm thủy tinh mỏng.

b) *Tia beta* : Có hai loại : Loại phổ biến gồm các hạt beta trừ, kí hiệu β^- ; đó chính là các electron, nên tia β^- bị lệch về phía bản dương của tụ điện (h.9.1) và lệch nhiều hơn so với tia α , vì khối lượng của electron nhỏ hơn nhiều so với hạt α . Đồng vị ${}^{14}_6\text{C}$ là cacbon phóng xạ, phát xạ tia β^- .

Một loại tia beta khác hiếm hơn gồm các hạt beta cộng, kí hiệu β^+ , còn gọi là electron dương hay pôzitron vì nó có cùng khối lượng với electron nhưng lại mang một điện tích nguyên tố dương. Đồng vị ${}^{11}_6\text{He}$ cũng là cacbon phóng xạ nhưng phát ra tia β^+ .

Các hạt β được phóng ra với vận tốc rất lớn, có thể gần bằng vận tốc ánh sáng.

Tia β cũng làm iôn hóa môi trường nhưng yếu hơn so với tia α , nên tia β có tầm bay dài hơn, có thể tới hàng trăm mét trong không khí.

c) *Tia gamma* : Kí hiệu γ , là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (dưới $0,01 \text{ nm}$), cũng là hạt photon có năng lượng cao, nó

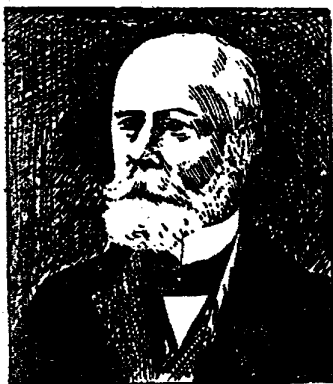
không bị lệch trong điện trường và có khả năng đâm xuyên rất lớn, có thể đi qua lớp chì dày hàng đêximét và là nguy hiểm cho con người. Các tia phóng xạ đều có năng lượng (động năng của các hạt, năng lượng của sóng điện từ) nên sự phóng xạ tỏa ra năng lượng, một phần năng lượng này biến thành nhiệt làm nóng bình đựng chất phóng xạ.

2. Định luật phóng xạ

Hiện tượng phóng xạ do các nguyên nhân bên trong hạt nhân gây ra và *hoàn toàn không phụ thuộc vào các tác động ngoài*. Dù nguyên tử phóng xạ có nằm trong các hợp chất khác nhau, dù có bất chất phóng xạ chịu áp suất hay nhiệt độ khác nhau thì nó cũng không bị một chút ảnh hưởng nào mà cứ phân rã, tức là phóng ra tia phóng xạ, và biến đổi thành chất khác theo đúng định luật sau đây, gọi là định luật phóng xạ.

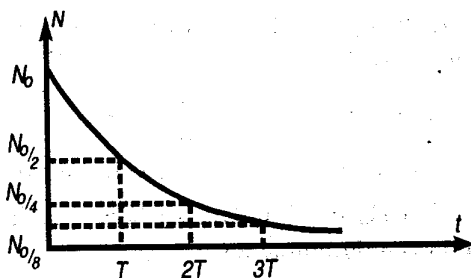
Mỗi chất phóng xạ được đặc trưng bởi một thời gian T gọi là chu kỳ bán rã, cứ sau mỗi chu kỳ này thì $1/2$ số nguyên tử của chất ấy đã biến đổi thành chất khác.

Như vậy thì sau các thời gian $T, 2T, 3T \dots kT$ (k là số nguyên dương) số nguyên tử của chất phóng xạ đang xét là $N_0/2, N_0/4, N_0/8 \dots N_0/2^k$, N_0 là số nguyên tử ban đầu. Có thể dùng toán học để chứng minh rằng nếu vậy thì số nguyên tử



H.BECCOREN

Nhà vật lí Pháp (1852-1908). Đã phát minh ra hiện tượng phóng xạ. Giải thưởng Nôben 1903.



Hình 9.2

N hoặc khối lượng m của chất phóng xạ là hàm mũ, với số mũ âm của thời gian (h.9.2)

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (9-1)$$

$$m = m_0 e^{-\lambda t} \quad (9-2)$$

m_0 là khối lượng ban đầu

Hệ số λ gọi là *hằng số phóng xạ* liên quan với chu kì bán rã. Cho $t = T$ ta có :

$$m = \frac{m_0}{2}, \text{ thay vào (9-2)}$$

$$\frac{m_0}{2} = m_0 e^{-\lambda T} \text{ . Suy ra :}$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (9-3)$$

Các chất phóng xạ có chu kì bán rã rất khác nhau. Urani có $T = 4,5.10^9$ năm, nghĩa là phân rã rất chậm, nhờ vậy mà nó vẫn còn tồn tại trên Trái Đất. Radi C có $T = 10^{-6}$ s, nghĩa là sinh ra thì biến đổi ngay thành chất khác.

Độ phóng xạ H của một lượng chất phóng xạ là đại lượng đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu, đo bằng số phân rã trong 1 giây. Đơn vị là becquerel (kí hiệu Bq), bằng 1 phân rã/giây.

Một đơn vị khác là *curi* (kí hiệu Ci).

1 Ci = $3,7.10^{10}$ Bq, xấp xỉ bằng độ phóng xạ của 1 gam radi, là một trong những chất phóng xạ đầu tiên được tìm ra.

Độ phóng xạ $H(t)$ giảm theo thời gian với cùng quy luật với số nguyên tử $N(t)$.

Thật vậy : $H(t) = \frac{-dN(t)}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N(t)$, nghĩa là : Độ phóng xạ bằng số nguyên tử nhân với hằng số phóng xạ.

Nên H_0 là độ phóng xạ ban đầu, $H_0 = \lambda N_0$, thì ta có quy luật giảm của độ phóng xạ :

$$H(t) = H_0 e^{-\lambda t} \quad (9-4)$$

?

1. Sự phóng xạ là gì. Nêu các tia phóng xạ và bản chất của chúng.
2. Chu kì bán rã của chất phóng xạ là gì. Viết biểu thức toán học diễn tả định luật phóng xạ.

V

3. Chất iốt phóng xạ $^{131}_{53}\text{I}$ dùng trong y tế có chu kì bán rã 8 ngày đêm. Nếu nhận được 100g chất này thì sau 8 tuần lễ còn bao nhiêu.
4. Tuổi của Trái Đất khoảng 5.10^9 năm. Giả thiết ngay từ khi Trái Đất hình thành, đã có chất urani. Nếu ban đầu có 2,72kg urani thì đến nay còn bao nhiêu ? Chu kì bán rã $T(\text{U}) = 4,5.10^9$ năm.
5. Chất phóng xạ $^{210}_{84}\text{Po}$ (pôlôni) có chu kì bán rã 138 ngày. Tính khối lượng Po có độ phóng xạ 1Ci.

ĐS : 3) 0,78g ; 4) 1,26kg ; 5) 0,222mg.

§56. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

1. **Phản ứng hạt nhân** là tương tác giữa hai hạt nhân dẫn đến sự biến đổi của chúng thành các hạt khác.

Thí dụ : hai hạt nhân A và B tương tác với nhau và biến thành các hạt nhân C và D. Phương trình của phản ứng này được viết như sau :



Trong số các hạt này có thể có hạt đơn giản hơn hạt nhân (hạt sơ cấp như nuclôn, êlectrôn, phôtôn...)

Trong tự nhiên, thí dụ trong khí quyển bị bắn phá bởi các tia vũ trụ luôn luôn xảy ra các phản ứng hạt nhân.

Trường hợp riêng của phản ứng hạt nhân là sự phóng xạ : về trái của phương trình (9-5*) chỉ có một hạt A gọi là *hạt nhân mẹ*.



Nếu B là hạt nhân mới thì nó được gọi là *hạt nhân con* : C là hạt α hoặc β .

2. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

Các định luật bảo toàn sau đây đã được kiểm nghiệm là hoàn toàn đúng đối với các phản ứng hạt nhân.

a) *Bảo toàn số nuclôn (số khối A)* : Prôtôn có thể biến thành nơtrôn và ngược lại, nhưng các số nuclôn ở vế trái và vế phải của phương trình (9-6) bao giờ cũng bằng nhau. Bảo toàn số nuclôn cũng là bảo toàn số khối A.

b) *Bảo toàn điện tích* : Các hạt nhân trong phản ứng chỉ tương tác với nhau, không tương tác với vật nào khác nên hợp thành một hệ kín, cô lập về điện. Ta biết rằng điện tích của một hệ kín là không đổi, nghĩa là tổng đại số các điện tích là một hằng số. Tổng điện tích các hạt ở vế trái và vế phải của phương trình (9-5) bao giờ cũng bằng nhau.

c) *Bảo toàn năng lượng và bảo toàn động lượng của hệ các hạt tham gia phản ứng* : Khi nghiên cứu thế giới vĩ mô, tức là các vật rất lớn so với phân tử, nguyên tử (thí dụ các vật mà mắt ta trông thấy được) ta đã thấy rằng năng lượng, và động lượng của một hệ kín được bảo toàn. Vật lí hạt nhân đã đi tới kết luận rằng hai định luật bảo toàn này vẫn đúng đối với thế giới vi mô, nghĩa là đúng đối với hệ kín gồm các nguyên tử, hạt nhân v.v...

Trong bài này chúng ta chỉ vận dụng hai định luật bảo toàn a và b.

Cần lưu ý rằng không có định luật bảo toàn khối lượng của hệ.

3. Vận dụng các định luật bảo toàn vào sự phóng xạ. Các quy tắc dịch chuyển

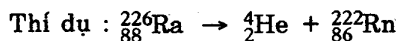
Từ các định luật bảo toàn a và b ta có thể suy ra các quy tắc dịch chuyển, cho phép ta xác định được hạt nhân con khi biết hạt nhân mẹ chịu sự phóng xạ nào.

a) *Phóng xạ α* : Giả sử hạt nhân mẹ X có nguyên tử số Z và số khối A, kí hiệu là A_ZX , phóng ra hạt α , tức là hạt ${}^4_2\text{He}$, và biến đổi thành hạt nhân con Y có nguyên tử số Z' và số khối A', kí hiệu là ${}^{A'}_{Z'}Y$. Ta có phương trình :



Định luật bảo toàn số khối cho ta $A' = A - 4$; định luật bảo toàn điện tích cho ta $Z' = Z - 2$. Có nghĩa là : so với hạt nhân mẹ thì hạt nhân con ở vị trí lùi 2 ô trong bảng tuần hoàn và có

số khối nhỏ hơn 4 đơn vị. Ta quy ước rằng "lùi" là đi về đầu bảng, "tiến" là đi về cuối bảng.

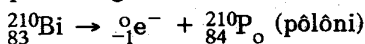


b) *Phóng xạ β^-* : Ta có phương trình



Vậy hạt nhân con ở vị trí tiến 1 ô so với hạt nhân mẹ và có cùng số khối.

Nghiên cứu sự phóng xạ β^- của bitmut người ta thấy rằng nếu phương trình của phản ứng chỉ là (9-7) :



thì năng lượng không được bảo toàn. Tin tưởng vào sự đúng đắn của định luật bảo toàn năng lượng cả trong thế giới vi mô, năm 1933 nhà bác học Thụy Sĩ Paoli đã nêu lên giả thiết rằng trong sự phóng xạ β còn phát ra một hạt nữa, gọi là *notrinô*, kí hiệu ν . Hai mươi năm sau, thực nghiệm đã xác nhận giả thiết này. Hạt notrinô không mang điện, có khối lượng bằng không (hoặc cực kì nhỏ) chuyển động với vận tốc của ánh sáng, nên hầu như không tương tác với vật chất và rất khó phát hiện.

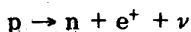
Thực chất của sự phóng xạ β^- là trong hạt nhân một notrôn biến thành một prôtôn cộng với một electron và một notrinô :

$$n \rightarrow p + e^- + \nu.$$

c) *Phóng xạ β^+* : Ta có phương trình



Trong bảng tuần hoàn hạt nhân con ở vị trí lùi một ô so với hạt nhân mẹ và có cùng số khối. Thực chất của phóng xạ β^+ là sự biến đổi của prôtôn thành notrôn cộng với một pôzitron và một notrinô :



d) *Phóng xạ γ* : Hạt nhân con sinh ra ở trạng thái kích thích và chuyển từ mức năng lượng trên E_2 xuống mức năng lượng dưới E_1 , đồng thời phóng ra photon có tần số f xác định bởi hệ thức : $E_2 - E_1 = hf$.

Vậy phóng xạ γ là phóng xạ đi kèm theo các phóng xạ α và β . Không có sự biến đổi hạt nhân trong phóng xạ γ .

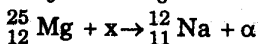
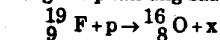
Một chất phóng xạ chỉ chịu một trong ba loại phóng xạ : α hoặc β^- , β^+ , có thể kèm theo phóng xạ γ . Trong hình 9.1 bình chứa nhiều chất phóng xạ khác nhau, có thể là các chất con, cháu ... của cùng một chất.

Hạt nhân cũng có những mức năng lượng xác định, giống như các mức năng lượng của electron đã nghiên cứu trước đây, nhưng khoảng cách các mức năng lượng của hạt nhân lớn hơn hàng triệu lần, nên photon γ do hạt nhân phóng ra có năng lượng rất lớn (tần số f rất cao (bước sóng rất ngắn))

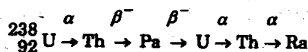
?

1. Hãy nêu và giải thích : a) Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân.
b) Các quy tắc dịch chuyển trong sự phóng xạ.

2. Xác định các hạt x trong các phản ứng sau đây :



3. Urani phân rã thành radi theo chuỗi phóng xạ sau đây :



Viết đầy đủ chuỗi phóng xạ này (ghi thêm Z và A của các hạt nhân).

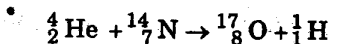
4. Chuỗi phóng xạ trên còn tiếp tục cho đến khi hạt nhân con là đồng vị bền ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ (chì). Hỏi ${}_{92}^{238}\text{U}$ biến thành ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ sau bao nhiêu phóng xạ α và β^- ?

ĐS : 4) 8 và 6.

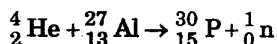
§57. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN NHÂN TẠO. ỨNG DỤNG CỦA CÁC ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ.

1. Phản ứng hạt nhân nhân tạo

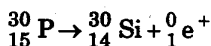
Trong thiên nhiên có những phản ứng hạt nhân xảy ra, đó là những phản ứng hạt nhân tự nhiên. Ngoài ra, con người có thể gây ra những phản ứng hạt nhân, gọi là phản ứng hạt nhân nhân tạo, bằng cách dùng những hạt nhẹ (gọi là đạn) bắn phá những hạt nhân khác (gọi là bia). Phản ứng nhân tạo đầu tiên do Rôđôpho thực hiện năm 1919. Ông dùng chất phóng xạ pôlôni 210, phát ra các hạt α , để bắn phá nitơ. Kết quả là nitơ biến thành ôxi và prôtôn :



Năm 1934, hai ông bà Giôliô-Quyri (Joliot-Curi) dùng hạt α bắn phá một lá nhôm và thu được phản ứng :



Điều đặc sắc là hạt nhân photpho (lân) sinh ra không bền vững mà có tính phóng xạ β^+ :



Nguyên tử ${}^{30}_{15}\text{P}$ gọi là *đồng vị phóng xạ nhân tạo* vì nó không có trong thiên nhiên. Photpho thiên nhiên là đồng vị bền P31, tức là ${}^{31}_{15}\text{P}$. Photpho còn một đồng vị phóng xạ nữa là P32 phát ra electron (β^-). Số đồng vị phóng xạ tự nhiên chỉ có khoảng 325, nhưng bằng cách dùng máy gia tốc để thực hiện các phản ứng hạt nhân (xem dưới đây) người ta đã tạo ra hơn 1500 đồng vị phóng xạ nhân tạo. Cũng bằng cách này người ta đã kéo dài bảng tuần hoàn Mendêlêev và tạo ra các nguyên tố vượt urani có $Z > 92$. Tất cả các nguyên tố này đều là nguyên tố phóng xạ, trong đó quan trọng nhất là chất plutôni, $Z = 94$, vì là nhiên liệu hạt nhân.

*2. Máy gia tốc

Dùng hạt α làm đạn chỉ thực hiện được một số nhỏ phản ứng hạt nhân vì nó có vận tốc nhỏ, không thắng được lực đẩy Culông của các hạt nhân chứa nhiều prôtôn. Cần có những hạt đạn có vận tốc đủ lớn để tiến gần tới hạt nhân trong phạm vi tác dụng của lực hạt nhân. Do đó trong Vật lí hạt nhân xuất hiện nhu cầu chế tạo các thiết bị để tăng tốc các hạt tích điện như prôtôn, hạt α , các iôn... ; các thiết bị này gọi là máy gia tốc. Có nhiều loại máy gia tốc.

Xyclôtron là máy gia tốc chế tạo đầu tiên (1932). Máy gồm có hai hộp hình chữ D đặt trong chân không (h.9.3). Có một từ trường B vuông góc với các hộp ; lực Lorenxơ làm các hạt tích điện (do nguồn đặt ở tâm của máy phát ra) chuyển động tròn trong lòng hộp với bán kính :

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (9-9)$$

m và q là khối lượng và điện tích của hạt, v là vận tốc của nó.

xiclôtrôn. Tính tần số này : nó có phụ thuộc vào bán kính quỹ đạo và vận tốc của hạt không?

6. Tính tuổi của một cái tượng cổ bằng gỗ biết rằng độ phóng xạ β^- của nó bằng 0,77 lần độ phóng xạ của một khúc gỗ, cùng khối lượng và vừa mới chặt.

$$DS : 5) f = \frac{qB}{2\pi m} ; 6) \approx 2100 \text{ năm.}$$

§58. HỆ THỨC ANHXTANH GIỮA NĂNG LƯỢNG VÀ KHỐI LƯỢNG

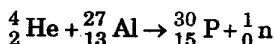
* 1. Các tiên đề Anhxtanh

Theo nguyên lý tương đối Galilê : mọi hiện tượng cơ học xảy ra như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính (hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều đối với Trái Đất), hay nói cách khác, các định luật cơ học có cùng một dạng toán học trong các hệ ấy. Nhưng nếu xét các hiện tượng điện từ thì sao ? Ánh sáng là sóng điện từ. Theo quan điểm cũ thì nó lan truyền trong một môi trường đặc biệt, đứng yên tuyệt đối, gọi là *ête*. Trái Đất chuyển động đối với *ête*. Nếu vậy thì theo công thức cộng vận tốc của Cơ học cổ điển, vận tốc của ánh sáng mà quan sát viên (gắn với Trái Đất) đo được khi ánh sáng truyền ngược chiều quay của Trái đất phải lớn hơn vận tốc khi nó truyền theo chiều quay ấy. Nhưng thí nghiệm của Maikenxơn (Michelson) tiến hành năm 1881 với độ chính xác rất cao, đã chứng tỏ rằng vận tốc của ánh sáng trong bất kì hệ quy chiếu quán tính nào cũng có cùng một giá trị.

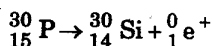
Năm 1905 nhà bác học gốc Đức Anhxtanh (Einstein, 1879 - 1955) đã vứt bỏ giả thuyết về *ête* và xây dựng một lý thuyết mới gọi là *thuyết tương đối*. Thuyết này có hai phần. Phần một chỉ xét các hệ quy chiếu quán tính gọi là *thuyết tương đối hẹp* và đã hoàn chỉnh. Phần sau xét các hệ quy chiếu bất kì và gọi là *thuyết tương đối rộng*, đang tiếp tục phát triển. Anhxtanh nêu hai tiên đề sau đây, gọi là các tiên đề của thuyết tương đối hẹp.

Tiên đề 1. Mở rộng nguyên lý tương đối Galilê cho mọi hiện tượng vật lý.

Năm 1934, hai ông bà Giôliô-Quyri (Joliot-Curi) dùng hạt α bắn phá một lá nhôm và thu được phản ứng :



Điều đặc sắc là hạt nhân photpho (lân) sinh ra không bền vững mà có tính phóng xạ β^+ :



Nguyên tử ${}^{30}_{15}\text{P}$ gọi là *đồng vị phóng xạ nhân tạo* vì nó không có trong thiên nhiên. Photpho thiên nhiên là đồng vị bền P31, tức là ${}^{31}_{15}\text{P}$. Photpho còn một đồng vị phóng xạ nữa là P32 phát ra electron (β^-). Số đồng vị phóng xạ tự nhiên chỉ có khoảng 325, nhưng bằng cách dùng máy gia tốc để thực hiện các phản ứng hạt nhân (xem dưới đây) người ta đã tạo ra hơn 1500 đồng vị phóng xạ nhân tạo. Cũng bằng cách này người ta đã kéo dài bảng tuần hoàn Mendêleev và tạo ra các nguyên tố vượt urani có $Z > 92$. Tất cả các nguyên tố này đều là nguyên tố phóng xạ, trong đó quan trọng nhất là chất plutôni, $Z = 94$, vì là nhiên liệu hạt nhân.

→ 2. Máy gia tốc

Dùng hạt α làm đạn chỉ thực hiện được một số nhỏ phản ứng hạt nhân vì nó có vận tốc nhỏ, không thắng được lực đẩy Culông của các hạt nhân chứa nhiều prôtôn. Cần có những hạt đạn có vận tốc đủ lớn để tiến gần tới hạt nhân trong phạm vi tác dụng của lực hạt nhân. Do đó trong Vật lí hạt nhân xuất hiện nhu cầu chế tạo các thiết bị để tăng tốc các hạt tích điện như prôtôn, hạt α , các iôn... ; các thiết bị này gọi là máy gia tốc. Có nhiều loại máy gia tốc.

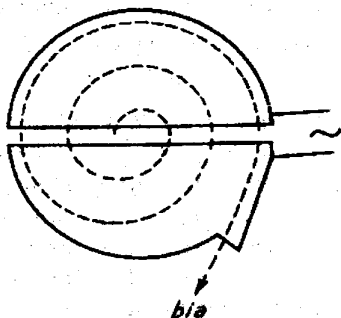
Xiclotrôn là máy gia tốc chế tạo đầu tiên (1932). Máy gồm có hai hộp hình chữ D đặt trong chân không (h.9.3). Có một từ trường B vuông góc với các hộp ; lực Lorenxơ làm các hạt tích điện (do nguồn đặt ở tâm của máy phát ra) chuyển động tròn trong lòng hộp với bán kính :

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (9-9)$$

m và q là khối lượng và điện tích của hạt, v là vận tốc của nó.

Có thể chứng minh (bài tập 5 §57) rằng tần số quay của hạt không phụ thuộc vào bán kính quỹ đạo hoặc vận tốc của hạt.

Giữa hai hộp D có một hiệu điện thế xoay chiều có cùng tần số với tần số quay của hạt, nên mỗi lần đi qua khe giữa hai hộp D, hạt được tăng tốc. Do đó bán kính R cũng tăng, và quỹ đạo của hạt là đường xoắn ốc. Ở cuối đường này khi động năng đã đủ lớn thì chùm hạt được lái để đập vào bia.



Hình 9.3

Xiclotrôn có thể tăng tốc hạt prôtôn tới động năng vài chục MeV. Quá giới hạn này thì do hiệu ứng tương đối tính sự đồng bộ giữa hiệu điện thế xoay chiều và sự quay của hạt mất đi và người ta phải dùng các máy gia tốc khác như Xincroxiclotrôn, xincrophazôtrôn v.v..

Các máy gia tốc hiện đại là những thiết bị rất vĩ đại. Máy gia tốc ở Gionevơ hoạt động từ 1977 có bán kính buồng chân

không bằng 1,1km và truyền cho prôtôn động năng tới 400 GiV (Giga = tỉ). Gần đây người ta còn chế tạo máy gia tốc có hai chùm hạt được gia tốc riêng rẽ rồi va chạm vào nhau, như vậy động năng tương đối lên tới cỡ 1TeV (Têra = ngàn tỉ). Với thiết bị này người ta hi vọng phá vỡ được cả nuclôn để tìm hiểu cấu tạo của nó.

3. Ứng dụng của các đồng vị phóng xạ

Các đồng vị phóng xạ tự nhiên hoặc nhân tạo có rất nhiều ứng dụng trong khoa học và đời sống. Chất coban $^{60}_{27}\text{Co}$ phát ra tia γ có khả năng xuyên sâu lớn nên được dùng để tìm khuyết tật trong các chi tiết máy (phương pháp tương tự như dùng tia X để chụp ảnh các bộ phận trong cơ thể), bảo quản thực phẩm (vì tia γ diệt các vi khuẩn), chữa bệnh ung thư v.v... Muốn theo dõi sự di chuyển của chất lân trong một cái cây, người ta cho một ít lân

P32 vào phân lân thường P31. Về mặt sinh lí thực vật thì hai đồng vị này hoàn toàn tương đương vì có vỏ điện tử giống nhau, nhưng đồng vị P_{32} là chất phóng xạ β^- nên ta dễ dàng theo dõi sự di chuyển của nó, cũng là của chất lân nói chung. Đó là phương pháp các nguyên tử đánh dấu được dùng rộng rãi trong khoa học.

Khảo cổ học có một phương pháp rất chính xác để định tuổi của các di vật gốc sinh vật, đó là phương pháp dùng các bon 14. Cacbon có 4 đồng vị: C12 (phổ biến nhất) và C13 là bền, C14 là chất phóng xạ β^- và C11 là chất phóng xạ β^+ . C14 được tạo ra trong khí quyển và thâm nhập vào mọi vật trên Trái Đất. Nó có chu kì bán rã 5600 năm. Sự phân rã này cân bằng với sự tạo ra, nên từ hàng vạn năm nay mật độ của C14 trong khí quyển không đổi: cứ trong 10^{12} nguyên tử cacbon thì có 1 nguyên tử C14. Một thực vật còn sống, còn quá trình diệp lục hóa thì còn giữ tỉ lệ trên trong các thành phần chứa cacbon của nó. Nhưng nếu thực vật chết, thì nó không trao đổi gì với không khí nữa, C14 vẫn phân rã mà không được bù lại nên tỉ lệ của nó sẽ giảm, sau 5600 năm chỉ còn một nửa, độ phóng xạ H của nó cũng giảm tương ứng. Do độ phóng xạ này thì tính được thời gian đã trôi qua từ khi cây chết. Thí dụ, đo H của một đĩa gỗ của người Ai Cập cổ, ta được $H = 0,15 \text{ Bq}$. Lấy một mẫu gỗ của một cây vừa mới chặt, có cùng khối lượng, ta đo được độ phóng xạ $H_0 = 0,25 \text{ Bq}$.

Vì $H = H_0 e^{-\lambda t}$ với $\lambda = 0,693/5600$ nên ra tính ra được $t = 4100$ năm, đó là tuổi của cái đĩa cổ.

Động vật ăn thực vật nên tỉ lệ C14/C trong cơ thể cũng giảm như trên sau khi chết. Vì vậy có thể định tuổi các mẫu xương động vật tìm được trong các di chỉ bằng phương pháp này.

?

1. Đồng vị phóng xạ nhân tạo là gì?
2. Máy gia tốc dùng để làm gì? Nêu nguyên tắc hoạt động của xiclotrôn.
3. Phương pháp nguyên tử đánh dấu là gì?

▽

4. Chứng minh công thức 9.9
5. Nếu một hạt (có khối lượng m, diện tích q) quay nhiều lần trên quỹ đạo tròn vuông góc với từ trường có cảm ứng từ B, thì tần số quay gọi là tần số

xiclôtrôn. Tính tần số này : nó có phụ thuộc vào bán kính quỹ đạo và vận tốc của hạt không?

6. Tính tuổi của một cái tượng cổ bằng gỗ biết rằng độ phóng xạ β của nó bằng 0,77 lần độ phóng xạ của một khúc gỗ, cùng khối lượng và vừa mới chặt.

$$DS : 5) f = \frac{qB}{2\pi m} ; 6) \approx 2100 \text{ năm.}$$

§58. HỆ THỨC ANHXTANH GIỮA NĂNG LƯỢNG VÀ KHỐI LƯỢNG

* 1. Các tiên đề Anhxtanh

Theo nguyên lý tương đối Galilê : mọi hiện tượng cơ học xảy ra như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính (hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều đối với Trái Đất), hay nói cách khác, các định luật cơ học có cùng một dạng toán học trong các hệ ấy. Nhưng nếu xét các hiện tượng điện từ thì sao ? Ánh sáng là sóng điện từ. Theo quan điểm cũ thì nó lan truyền trong một môi trường đặc biệt, đứng yên tuyệt đối, gọi là *ête*. Trái Đất chuyển động đối với ête. Nếu vậy thì theo công thức cộng vận tốc của Cơ học cổ điển, vận tốc của ánh sáng mà quan sát viên (gắn với Trái Đất) đo được khi ánh sáng truyền ngược chiều quay của Trái đất phải lớn hơn vận tốc khi nó truyền theo chiều quay ấy. Nhưng thí nghiệm của Maikenxon (Michelson) tiến hành năm 1881 với độ chính xác rất cao, đã chứng tỏ rằng vận tốc của ánh sáng trong bất kì hệ quy chiếu quán tính nào cũng có cùng một giá trị.

Năm 1905 nhà bác học gốc Đức Anhxtanh (Einstein, 1879 - 1955) đã vứt bỏ giả thuyết về ête và xây dựng một lý thuyết mới gọi là *thuyết tương đối*. Thuyết này có hai phần. Phần một chỉ xét các hệ quy chiếu quán tính gọi là *thuyết tương đối hẹp* và đã hoàn chỉnh. Phần sau xét các hệ quy chiếu bất kì và gọi là *thuyết tương đối rộng*, đang tiếp tục phát triển. Anhxtanh nêu hai tiên đề sau đây, gọi là các tiên đề của thuyết tương đối hẹp.

Tiên đề 1. Mở rộng nguyên lý tương đối Galilê cho mọi hiện tượng vật lý.

Các hiện tượng vật lí xảy ra như nhau đối với mọi hệ quy chiếu quán tính. Nói cách khác, các phương trình diễn tả các hiện tượng vật lí có cùng một dạng trong mọi hệ quy chiếu quán tính.

Tiên đề 2. Vận tốc của ánh sáng trong chân không đối với mọi hệ quy chiếu quán tính có cùng một giá trị c , không phụ thuộc vào vận tốc của nguồn sáng hay máy thu.

$$c = 299792458 \text{ m/s} \approx 300\,000 \text{ km/s.}$$

Lí thuyết và thực nghiệm còn chứng tỏ rằng : Vận tốc ánh sáng c là vận tốc giới hạn, không một đối tượng vật chất nào có thể có vận tốc lớn hơn c .

Tiên đề 2 mặc nhiên phủ nhận Cơ học cổ điển. Thật vậy, nếu một nguồn sáng chuyển động với vận tốc v đối với quan sát viên, phát ra cùng chiều ánh sáng có vận tốc c thì theo định luật cộng vận tốc cổ điển, vận tốc của ánh sáng đối với quan sát viên phải là $c + v$. Nhưng theo tiên đề 2, vận tốc ấy vẫn là c ! Trên cơ sở 2 tiên đề, Anhtanh đã xây dựng một *Cơ học mới* là Cơ học tương đối tính dẫn tới những kết quả "kì quặc" theo quan niệm cổ điển, nhưng chúng đã được thực tế kiểm nghiệm là đúng. *Các kết quả này chỉ khác với kết quả cổ điển khi các vận tốc là rất lớn*, cùng cỡ với vận tốc ánh sáng c . Nếu vận tốc nhỏ thì các công thức của Cơ học tương đối tính rút về các công thức của Cơ học cổ điển, như vậy Cơ học cổ điển là trường hợp riêng của Cơ học tương đối tính. Trong đời sống và sản xuất ta chỉ gặp các vận tốc rất nhỏ so với c , nên vẫn dùng được Cơ học cổ điển. Nhưng khi nghiên cứu Vật lí hạt nhân, vũ trụ học, chế tạo máy gia tốc v.v... thì phải dùng thuyết tương đối hẹp (Xem bài tập 5).

Thuyết lượng tử và thuyết tương đối đã trở thành hai cơ sở chủ yếu, hai "trụ cột" của Vật lí học hiện đại.

3. Hệ thức Anhtanh giữa năng lượng và khối lượng

Thuyết tương đối của Anhtanh đã nêu lên một hệ thức rất quan trọng giữa năng lượng và khối lượng của một vật (hoặc một hệ vật) :

Nếu một vật có khối lượng m thì nó có năng lượng E tỉ lệ với m , gọi là *năng lượng nghỉ* :

$$E = mc^2 \quad (9-10)$$

c là vận tốc của ánh sáng trong chân không.

Theo hệ thức này thì 1 gam của bất kì chất gì cũng chứa một lượng năng lượng rất lớn, bằng 25 triệu kWh.

Theo thuyết tương đối, năng lượng nghỉ có thể biến đổi thành năng lượng thông thường, như động năng, và ngược lại. Khi năng lượng nghỉ tăng hay giảm thì khối lượng cũng tăng hay giảm theo đúng tỉ lệ trong hệ thức (9-10)

Trong Vật lí học cổ điển đối với một hệ cô lập thì khối lượng và năng lượng của nó được bảo toàn. Nhưng theo thuyết tương đối thì khối lượng và, do đó, cả năng lượng nghỉ, không nhất thiết được bảo toàn, mà chỉ có định luật bảo toàn năng lượng toàn phần, bao gồm cả năng lượng thông thường và năng lượng nghỉ.

Vì có hệ thức (9-10) nên trong Vật lí hạt nhân khối lượng của các hạt không chỉ đo bằng kg mà còn đo bằng đơn vị năng lượng chia cho c^2 , cụ thể là eV/c^2 hoặc MeV/c^2 :

$$1 \frac{\text{MeV}}{c^2} = \frac{1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ J}}{(2,99792 \cdot 10^8)^2 (\text{m/s})^2} = 1,7827 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

Ngược lại, $1 \text{ kg} = 0,561 \cdot 10^{30} \text{ MeV}/c^2$.

Thí dụ : khối lượng của electron là $m_e = 9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,511 \text{ MeV}/c^2$

?

1. Phát biểu các tiên đề Anhtan.
2. Phát biểu hệ thức Anhtan giữa năng lượng và khối lượng. Chứng tỏ rằng các đại lượng trong hai vế của hệ thức được đo bằng cùng một đơn vị (hệ thức là đúng về mặt thứ nguyên).
3. Kiểm lại rằng 1 gam của bất kì chất nào cũng chứa năng lượng bằng 25 triệu kWh.
4. Tính ra MeV/c^2 : đơn vị khối lượng nguyên tử u , khối lượng của proton và neutron.
5. Các hiệu ứng tương đối tính chỉ đáng kể khi vận tốc của vật $v > 0,4c$. Ta có phải dùng Cơ học tương đối tính trong các trường hợp sau đây hay không :
 - máy bay tiêm kích có vận tốc 2500km/h ;
 - trạm vũ trụ bay với vận tốc 360.000km/h ;

- prôtôn chuyển động trong máy gia tốc, trên đường tròn bán kính 100m với tần số 3.10^5 vòng/s

Tính tỉ số v/c trong mỗi trường hợp.

6. Chứng minh rằng động lượng của hạt có thể đo bằng đơn vị MeV/c. 1 đơn vị SI động lượng bằng bao nhiêu đơn vị này ?

$$\text{ĐS : 4) } 931 \text{ MeV/c}^2, \quad m_p = 938,3 \text{ MeV/c}^2, \quad m_n = 939,6 \text{ MeV/c}^2,$$

$$5) 2,3.10^{-6}; 3,3.10^{-4}; 0,63 > 0,4; 6) 1\text{kg ms}^{-1} = 1,9.10^{21} \text{ MeV/c}.$$

§59. ĐỘ HỤT KHỐI. NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN

1. Độ hụt khối và năng lượng liên kết

Giả sử Z prôtôn và N notrôn lúc đầu chưa liên kết với nhau và đứng yên.

Tổng khối lượng của chúng là : $m_0 = Zm_p + Nm_n$

m_p và m_n là khối lượng của prôtôn và notrôn.

Nếu lực hạt nhân liên kết các nuclôn với nhau thành một hạt nhân có khối lượng m thì điều đặc sắc là m bé hơn m_0 (không có định luật bảo toàn khối lượng). Nhưng theo thuyết tương đối, hệ các nuclôn ban đầu có năng lượng $E_0 = m_0 c^2$, hạt nhân tạo thành có năng lượng $E = mc^2 < E_0$. Vì năng lượng được bảo toàn, nên phải có một lượng năng lượng $\Delta E = E_0 - E = (m_0 - m) c^2$ tỏa ra.

Hiệu $\Delta m = m_0 - m$ gọi là *độ hụt khối*, năng lượng tương ứng $\Delta E = (m_0 - m)c^2$ gọi là *năng lượng liên kết* vì lí do sẽ nêu dưới đây.

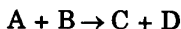
Năng lượng ấy tỏa ra dưới dạng động năng của hạt nhân hoặc năng lượng tia γ .

Ngược lại, nếu muốn phá hạt nhân có khối lượng m thành các nuclôn có tổng khối lượng $m_0 > m$ thì ta phải tốn năng lượng $\Delta E = (m_0 - m)c^2$ để thắng lực hạt nhân. ΔE càng lớn thì các nuclôn càng liên kết mạnh, càng tốn nhiều năng lượng để phá liên kết, nên ΔE gọi là năng lượng liên kết. Năng lượng liên kết tính cho một nuclôn, $\Delta E/A$, gọi là năng lượng liên kết riêng.

Hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn, thì càng bền vững.

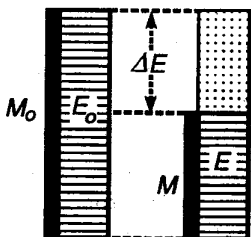
2. Phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng và thu năng lượng

Sự hụt khối của từng hạt nhân kéo theo sự không bảo toàn khối lượng trong phản ứng hạt nhân. Xét phản ứng hạt nhân :



và giả thiết các hạt A và B đứng yên. Tổng số nuclôn không đổi trong phản ứng nhưng vì A, B, C, D có các độ hụt khối khác nhau nên tổng khối lượng M_0 của các hạt nhân A + B có thể khác tổng khối lượng M của các hạt nhân sinh ra C + D.

Giả sử $M < M_0$. Hệ ban đầu có năng lượng nghỉ $E_0 = M_0 c^2$, về sau có năng lượng nghỉ $E = M c^2$. Năng lượng toàn phần được bảo toàn, vậy phản ứng phải tỏa năng lượng



Hình 9.4

$\Delta E = (M_0 - M)c^2$, dưới dạng động năng của các hạt C và D, hoặc photon γ . M bé hơn M_0 là do các hạt sinh ra có độ hụt khối lớn hơn các hạt ban đầu, nghĩa là bền vững hơn (h.9.4)

Tóm lại, một phản ứng trong đó các hạt sinh ra có tổng khối lượng bé hơn các hạt ban đầu, nghĩa là bền vững hơn, là phản ứng tỏa năng lượng

Trái lại, nếu $M > M_0$, thì $E > E_0$ phản ứng không thể tự nó xảy ra được mà phải cung cấp cho các hạt A và B năng lượng W, dưới dạng động năng của A chẳng hạn (bắn A vào B).

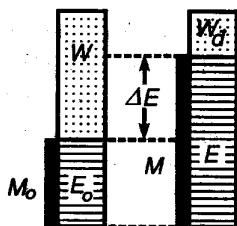
W lớn hơn $\Delta E = E - E_0$, vì các hạt sinh ra có động năng W_d

$$W = \Delta E + W_d \quad (\text{h.9.5})$$

Vậy một phản ứng hạt nhân sinh ra các hạt có tổng khối lượng lớn hơn các hạt ban đầu (kém bền vững) là phản ứng thu năng lượng.

Có khi người ta nói rằng trong phản ứng tỏa năng lượng, khối lượng bị hụt $M_0 - M$ đã "biến thành" năng lượng tỏa ra $(M_0 - M) c^2 = \Delta E$, còn trong phản ứng thu năng lượng, thì một phần năng lượng cung cấp ΔE đã "biến thành" phần khối lượng

tăng thêm : $\frac{\Delta E}{c^2} = M - M_0$



Hình 9.5

Cách nói này giúp ta dễ nhớ kết quả của phản ứng, nhưng thực chất thì không đúng vì khối lượng và năng lượng là hai đại lượng khác nhau, chúng tỉ lệ với nhau, nhưng không biến đổi cái này thành cái kia được.

3. Hai loại phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng

Nghiên cứu năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân có số nuclôn A khác nhau, người ta thấy rằng các hạt nhân nặng trung bình (có số khối trung bình) là bền vững nhất. Các nguyên tố ở cuối bảng tuần hoàn như urani, plutôni có A rất lớn (với urani thì A từ 233 đến 239) kém bền vững hơn. Các nguyên tố ở đầu bảng tuần hoàn như H, He có A rất nhỏ càng kém bền vững. Vậy có thể có hai loại phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng, gọi là *năng lượng hạt nhân*.

1. Một hạt nhân rất nặng như urani, plutôni...hấp thu một nơtrôn và vỡ thành hai hạt nhân có số khối trung bình. Sự vỡ này có tên riêng là *sự phân hạch*.

2. Hai hạt nhân rất nhẹ như hiđrô, hêli... kết hợp với nhau thành một hạt nhân nặng hơn. Phản ứng kết hợp này còn gọi là *phản ứng nhiệt hạch*.

Ta sẽ lần lượt nghiên cứu hai loại phản ứng hạt nhân này.

?

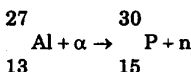
1. Độ hụt khối và năng lượng liên kết của hạt nhân là gì ? Liên quan thế nào với sự bền vững của hạt nhân ?
2. Điều kiện để một phản ứng hạt nhân tỏa hay thu năng lượng là gì ? Tại sao sự phóng xạ tự nhiên phải tỏa năng lượng ?
3. Những loại phản ứng hạt nhân nào có thể tỏa năng lượng ?



Trong các bài tập dưới đây, người ta cho

$$u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; m_p = 1,0073u ; m_n = 1,0087u ; N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

4. Hạt nhân đơteri (${}^2_1\text{H}$ hoặc D) có khối lượng 2,0136u. Tính năng lượng liên kết của nó.
5. Hạt α có khối lượng 4,0015 u. Tính năng lượng tỏa ra khi tạo thành 1 mol hêli.
6. Xét phản ứng hạt nhân xảy ra khi bắn phá nhôm bằng các hạt α :



Biết khối lượng các hạt nhân : $m_{\text{Al}} = 26,974u$; $m_p = 29,970u$; $m_{\alpha} = 4,0015u$

Tính năng lượng tối thiểu của hạt α để phản ứng xảy ra. Bỏ qua động năng của các hạt sinh ra.

ĐS : 4) 2,3MeV ; 5) $2,7 \cdot 10^{12}$ J ; 6) 3MeV.

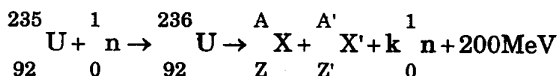
§60. SỰ PHÂN HẠCH. NHÀ MÁY ĐIỆN NGUYÊN TỬ

Sự phân hạch là một trong hai loại phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng được phát hiện ngay trước Đại chiến thứ hai (Ottô Han, 1938). Trong Đại chiến, những nghiên cứu bí mật đã được tiến hành để sử dụng năng lượng này vào mục đích chiến tranh (chế tạo bom nguyên tử). Sau Đại chiến, năng lượng này đã được sử dụng vào mục đích hòa bình (sản xuất điện trong nhà máy điện nguyên tử).

1. Phản ứng dây chuyền

Sự phân hạch là hiện tượng một hạt nhân (loại rất nặng) hấp thụ một *notrôn* rồi vỡ thành hai hạt nhân trung bình. *Notrôn chậm*, có động năng tương đương với động năng trung bình của chuyển động nhiệt (dưới 0,1 eV), dễ bị hấp thụ hơn *notrôn nhanh*.

Trong các đồng vị có thể phân hạch khi hấp thụ *notrôn chậm* đáng chú ý nhất là đồng vị tự nhiên urani 235 và đồng vị nhân tạo plutôni 239. Urani thiên nhiên là hỗn hợp của 3 đồng vị, trong đó U 238 chiếm tỉ lệ 99,27%, U 235 chiếm 0,72% và U 234 chiếm 0,01%. Đồng vị U 235 dễ phân hạch nhất. Phản ứng phân hạch của U 235 là



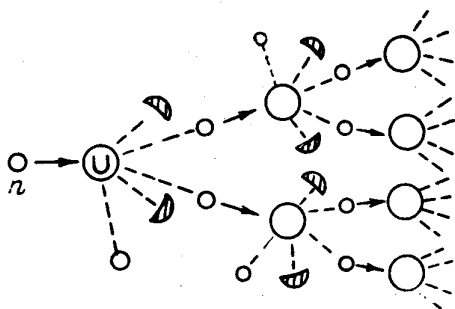
X và X' là các hạt nhân trung bình, có số khối từ 80 đến 160. Phản ứng này sinh ra $k = 2$ hoặc 3 (trung bình 2,5) *notrôn*, và tỏa ra năng lượng khoảng 200 MeV dưới dạng động năng của các hạt. Đó là hai đặc điểm rất quan trọng.

1) Một phần số *notrôn* sinh ra bị mất mát vì nhiều nguyên nhân (thoát ra ngoài khối urani, bị hấp thụ bởi các hạt nhân khác...) nhưng nếu sau mỗi phân hạch, vẫn còn lại trung bình s *notrôn*, mà $s > 1$, thì s *notrôn* này đập vào các hạt nhân U 235

khác, lại gây ra s phân hạch, sinh ra s^2 nơtrôn rồi $s^3, s^4 \dots$ nơtrôn. Số phân hạch tăng rất nhanh trong một thời gian rất ngắn : Ta có phản ứng hạt nhân dây chuyền ; s gọi là *hệ số nhân nơtrôn*.

Hình 9.6 minh họa trường hợp $s = 2$

2) Mỗi phân hạch chỉ tỏa ra năng lượng $200 \text{ MeV} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ nhưng 1 gam U 235 chứa tới $2,5 \cdot 10^{21}$ hạt nhân, nên khi phân hạch sẽ cho năng lượng rất lớn, bằng $8 \cdot 10^{10} \text{ J}$ tương đương 22000 kWh . Năng lượng phân hạch này được gọi không chính xác là năng lượng nguyên tử.



Hình 9.6

Với $s > 1$ thì hệ thống gọi là *vượt hạn* : ta không khống chế được phản ứng dây chuyền, năng lượng tỏa ra có sức tàn phá dữ dội. Trường hợp này đã được sử dụng để chế tạo bom nguyên tử.

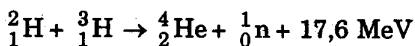
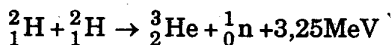
Nếu $s = 1$ thì hệ thống gọi là *tới hạn* : phản ứng dây chuyền tiếp diễn, nhưng không tăng vọt, năng lượng tỏa ra không đổi và có thể kiểm soát được. Đó là chế độ hoạt động của các lò *phản ứng hạt nhân* trong các nhà máy điện nguyên tử.

Nếu $s < 1$ thì hệ thống gọi là *dưới hạn* ; phản ứng dây chuyền không xảy ra.

Số nơtrôn bị mất vì thoát ra ngoài (tỉ lệ với diện tích mặt ngoài khối urani), so với số nơtrôn sinh ra (tỉ lệ với thể tích của khối) càng nhỏ nếu khối lượng urani càng lớn. Khối lượng này phải đạt tới một giá trị tối thiểu, gọi là *khối lượng tới hạn* m_h thì mới có $s \geq 1$. Quả bom nguyên tử mà máy bay Mỹ ném xuống thành phố Hiroshima của Nhật năm 1945 chứa U 235 nguyên chất có $m_h \approx 50 \text{ kg}$. Lúc đầu, urani chia làm hai khối ở cách nhau, mỗi khối có khối lượng bé hơn m_h nên không nổ. Làm chập hai khối lại thì khối lượng urani vượt m_h và bom nổ.

§61. PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

Loại phản ứng hạt nhân thứ hai tỏa ra năng lượng là sự kết hợp hai hạt nhân rất nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn. Thí dụ các phản ứng kết hợp các đồng vị nặng của hiđrô là đơteri ${}^2_1\text{H}$ (hoặc D) và triti ${}^3_1\text{H}$ (hoặc T).

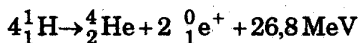


Tuy một phản ứng kết hợp tỏa năng lượng bé hơn một phản ứng phân hạch, nhưng nếu *tính theo khối lượng nhiên liệu* thì phản ứng kết hợp tỏa năng lượng nhiều hơn.

Tuy nhiên phản ứng kết hợp rất khó xảy ra vì các hạt nhân tích điện dương và đẩy nhau. Người ta đã tính ra rằng phải nâng nhiệt độ của hiđrô lên tới khoảng 50 - 100 triệu độ thì các hạt nhân mới có động năng đủ lớn để thắng lực đẩy Culông và tiến gần nhau đến mức mà lực hạt nhân tác dụng và kết hợp chúng lại. Chính vì phản ứng kết hợp chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất cao nên mới gọi là *phản ứng nhiệt hạch*.

Từ lâu người ta đã tìm hiểu nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời và các ngôi sao. Mặt Trời liên tục phát ra năng lượng rất lớn trong không gian, công suất bức xạ lên tới $3,8 \cdot 10^{26}\text{W}$. Đến nay người ta cho rằng chính các phản ứng nhiệt hạch là nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời, vì trong lòng Mặt Trời tồn tại nhiệt độ rất cao, cho phép các phản ứng ấy xảy ra.

Nhà bác học Mĩ Betơ (Bethe) đã nêu lên một chuỗi phản ứng kết hợp gọi là *chu trình cacbon-nitơ* gồm 6 phản ứng tiếp nhau, với sự tham gia của cacbon và nitơ như là các chất xúc tác và trung gian, nhưng xét tổng hợp thì cả chu trình rút về sự *tạo thành hạt nhân hêli từ các hạt nhân hiđrô*.

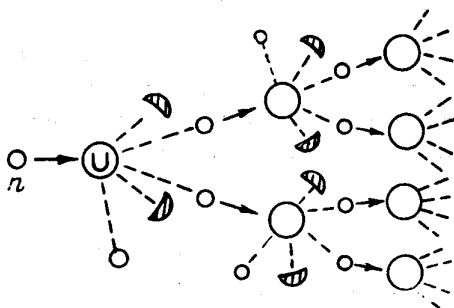


Cả chu trình kéo dài hàng chục triệu năm nhưng từng phản ứng liên tục xảy ra, và chu trình này cung cấp một phần năng

khác, lại gây ra s phân hạch, sinh ra s^2 nơtrôn rồi $s^3, s^4 \dots$ nơtrôn. Số phân hạch tăng rất nhanh trong một thời gian rất ngắn : Ta có phản ứng hạt nhân dây chuyền ; s gọi là *hệ số nhân nơtrôn*.

Hình 9.6 minh họa trường hợp $s = 2$

2) Mỗi phân hạch chỉ tỏa ra năng lượng $200 \text{ MeV} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ nhưng 1 gam U 235 chứa tới $2,5 \cdot 10^{21}$ hạt nhân, nên khi phân hạch sẽ cho năng lượng rất lớn, bằng $8 \cdot 10^{10} \text{ J}$ tương đương 22000 kWh . Năng lượng phân hạch này được gọi không chính xác là năng lượng nguyên tử.



Hình 9.6

Với $s > 1$ thì hệ thống gọi là *vượt hạn* : ta không khống chế được phản ứng dây chuyền, năng lượng tỏa ra có sức tàn phá dữ dội. Trường hợp này đã được sử dụng để chế tạo bom nguyên tử.

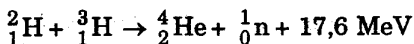
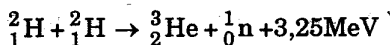
Nếu $s = 1$ thì hệ thống gọi là *tới hạn* : phản ứng dây chuyền tiếp diễn, nhưng không tăng vọt, năng lượng tỏa ra không đổi và có thể kiểm soát được. Đó là chế độ hoạt động của các lò *phản ứng hạt nhân* trong các nhà máy điện nguyên tử.

Nếu $s < 1$ thì hệ thống gọi là *dưới hạn* ; phản ứng dây chuyền không xảy ra.

Số nơtrôn bị mất vì thoát ra ngoài (tỉ lệ với diện tích mặt ngoài khối urani), so với số nơtrôn sinh ra (tỉ lệ với thể tích của khối) càng nhỏ nếu khối lượng urani càng lớn. Khối lượng này phải đạt tới một giá trị tối thiểu, gọi là *khối lượng tới hạn* m_h thì mới có $s \geq 1$. Quả bom nguyên tử mà máy bay Mĩ ném xuống thành phố Hirôshima của Nhật năm 1945 chứa U 235 nguyên chất có $m_h \approx 50 \text{ kg}$. Lúc đầu, urani chia làm hai khối ở cách nhau, mỗi khối có khối lượng bé hơn m_h nên không nổ. Làm chập hai khối lại thì khối lượng urani vượt m_h và bom nổ.

§61. PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

Loại phản ứng hạt nhân thứ hai tỏa ra năng lượng là sự kết hợp hai hạt nhân rất nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn. Thí dụ các phản ứng kết hợp các đồng vị nặng của hiđrô là đơteri ${}^2_1\text{H}$ (hoặc D) và triti ${}^3_1\text{H}$ (hoặc T).

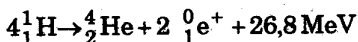


Tuy một phản ứng kết hợp tỏa năng lượng bé hơn một phản ứng phân hạch, nhưng nếu *tính theo khối lượng nhiên liệu* thì phản ứng kết hợp tỏa năng lượng nhiều hơn.

Tuy nhiên phản ứng kết hợp rất khó xảy ra vì các hạt nhân tích điện dương và đẩy nhau. Người ta đã tính ra rằng phải nâng nhiệt độ của hiđrô lên tới khoảng 50 - 100 triệu độ thì các hạt nhân mới có động năng đủ lớn để thắng lực đẩy Culông và tiến gần nhau đến mức mà lực hạt nhân tác dụng và kết hợp chúng lại. Chính vì phản ứng kết hợp chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất cao nên mới gọi là *phản ứng nhiệt hạch*.

Từ lâu người ta đã tìm hiểu nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời và các ngôi sao. Mặt Trời liên tục phát ra năng lượng rất lớn trong không gian, công suất bức xạ lên tới $3,8 \cdot 10^{26}\text{W}$. Đến nay người ta cho rằng chính các phản ứng nhiệt hạch là nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời, vì trong lòng Mặt Trời tồn tại nhiệt độ rất cao, cho phép các phản ứng ấy xảy ra.

Nhà bác học Mĩ Beto (Bethe) đã nêu lên một chuỗi phản ứng kết hợp gọi là *chu trình cacbon-nitơ* gồm 6 phản ứng tiếp nhau, với sự tham gia của cacbon và nitơ như là các chất xúc tác và trung gian, nhưng xét tổng hợp thì cả chu trình rút về sự *tạo thành hạt nhân hêli từ các hạt nhân hiđrô*.



Cả chu trình kéo dài hàng chục triệu năm nhưng từng phản ứng liên tục xảy ra, và chu trình này cung cấp một phần năng

lượng cho Mặt Trời (bên cạnh các chu trình khác). Mặt Trời mất năng lượng do bức xạ thì theo hệ thức của Anhtan, khối lượng của nó liên tục giảm. Nhưng vì khối lượng Mặt Trời rất lớn nên sự giảm này chỉ đáng kể sau hàng triệu năm.

Con người đã thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng không kiểm soát được, đó là sự nổ của bom khinh khí (khinh khí là tên cổ của hiđrô, H_2 ra phải gọi là bom nhiệt hạch). Bom này chứa một hỗn hợp đơteri và triti, và một quả bom nguyên tử để làm kíp. Mới đầu bom nguyên tử nổ, sinh ra nhiệt độ hàng trăm triệu độ, tiếp đó phản ứng nhiệt hạch xảy ra, cộng thêm năng lượng của nó vào năng lượng phân hạch, nên bom khinh khí có sức tàn phá ghê gớm (tương đương vài chục triệu tấn chất nổ thông thường TNT).

Một trong những mục tiêu quan trọng nhất của vật lý học hiện nay là thực hiện phản ứng nhiệt hạch dưới dạng kiểm soát được, nghĩa là xảy ra với những lượng nhiên liệu nhỏ, tỏa ra năng lượng hạn chế có thể sử dụng vào các mục đích hòa bình. Nếu thực hiện được thì nhân loại không còn lo thiếu nguồn năng lượng vì nhiên liệu nhiệt hạch hầu như vô tận : trong nước thường của sông ngòi, đại dương... bao giờ cũng có lẫn $0,015\%$ nước nặng D_2O từ đó có thể lấy ra đơteri. Triti thì có thể thu được từ chất liti 6_3Li . Về mặt sinh thái thì phản ứng nhiệt hạch cũng "sạch" hơn phản ứng phân hạch, vì ít có bức xạ hoặc cặn bã phóng xạ làm ô nhiễm môi trường.

Các nước tiên tiến đều tích cực nghiên cứu vấn đề khống chế phản ứng nhiệt hạch, nhưng còn nhiều khó khăn phải khắc phục.

?

1. Thế nào là phản ứng kết hợp hạt nhân ?

Tại sao còn gọi là phản ứng nhiệt hạch ?

2. Từ đâu mà Mặt Trời có năng lượng ?

3. Con người đã thực hiện được phản ứng nhiệt hạch chưa ?

▽ 4. Xét phản ứng kết hợp : $D + D \rightarrow T + p$

Biết các khối lượng hạt nhân $m_D = 2,0136u$; $m_T = 3,016 u$; $m_p = 1,0073u$.

a) Tính năng lượng mà một phản ứng tỏa ra.

b) Tính năng lượng có thể thu được từ 1 kg nước thường nếu dùng toàn bộ deuteri rút ra làm nhiên liệu hạt nhân.

Cần bao nhiêu ilet xăng để có năng lượng ấy (năng suất tỏa nhiệt của ilet xăng là 46.10^6 J/kg)

ĐS : 4) a) 3,7 MeV ; b) $2,7.10^9 \text{ J}$; 58 kg.

BÀI ĐỌC THÊM

HẠT SƠ CẤP

1. Các đặc trưng của hạt sơ cấp

Trong quá trình nghiên cứu cấu tạo của vật chất, người ta đã phát hiện ra những thành phần vật chất ngày càng nhỏ hơn : phân tử, nguyên tử, hạt nhân và êlectrôn, nuclôn... Người ta quy ước gọi các hạt nhỏ hơn hạt nhân nguyên tử là các hạt sơ cấp. Ví dụ êlectrôn, nuclôn... là các hạt sơ cấp. Hạt sơ cấp không phải là các hạt nhỏ nhất tạo nên vật chất mà chỉ là giới hạn hiện nay của sự phát hiện các hạt nhỏ bằng thiết bị thí nghiệm. Đã có những cơ sở lí thuyết (xem dưới đây) để khẳng định rằng nuclôn, chẳng hạn, có cấu tạo phức tạp.

Các hạt sơ cấp có các đặc trưng chính sau đây :

a) *Khối lượng*. Riêng hạt phôtôn không có khối lượng (nhưng vẫn có động lượng, đây là một đặc điểm lượng tử của phôtôn). Hạt nơtrônô (§ 56.3) cũng có khối lượng gần bằng không.

b) *Điện tích bằng $\pm e$* , e là điện tích nguyên tố (cá biệt, bằng $\pm 2e$). Các hạt trung hòa như nơtrôn, nơtrônô... thì không có điện tích.

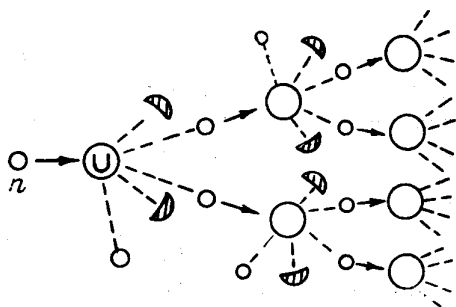
c) *Spin* là một đặc trưng lượng tử tương tự như mômen động lượng của sự tự quay của hạt.

d) *Momen từ* là một đặc trưng lượng tử về từ tính.

khác, lại gây ra s phân hạch, sinh ra s^2 nơtrôn rồi s^3 , s^4 ...nơtrôn. Số phân hạch tăng rất nhanh trong một thời gian rất ngắn : Ta có phản ứng hạt nhân dây chuyền ; s gọi là *hệ số nhân nơtrôn*.

Hình 9.6 minh họa trường hợp $s = 2$

2) Mỗi phân hạch chỉ tỏa ra năng lượng $200 \text{ MeV} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ nhưng 1 gam U 235 chứa tới $2,5 \cdot 10^{21}$ hạt nhân, nên khi phân hạch sẽ cho năng lượng rất lớn, bằng $8 \cdot 10^{10} \text{ J}$ tương đương 22000kWh. Năng lượng phân hạch này được gọi không chính xác là năng lượng nguyên tử.



Hình 9.6

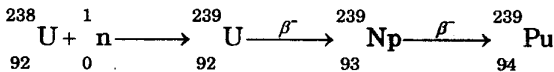
Với $s > 1$ thì hệ thống gọi là *vượt hạn* : ta không khống chế được phản ứng dây chuyền, năng lượng tỏa ra có sức tàn phá dữ dội. Trường hợp này đã được sử dụng để chế tạo bom nguyên tử.

Nếu $s = 1$ thì hệ thống gọi là *tới hạn* : phản ứng dây chuyền tiếp diễn, nhưng không tăng vọt, năng lượng tỏa ra không đổi và có thể kiểm soát được. Đó là chế độ hoạt động của các lò *phản ứng hạt nhân* trong các nhà máy điện nguyên tử.

Nếu $s < 1$ thì hệ thống gọi là *dưới hạn* ; phản ứng dây chuyền không xảy ra.

Số nơtrôn bị mất vì thoát ra ngoài (tỉ lệ với diện tích mặt ngoài khối urani), so với số nơtrôn sinh ra (tỉ lệ với thể tích của khối) càng nhỏ nếu khối lượng urani càng lớn. Khối lượng này phải đạt tới một giá trị tối thiểu, gọi là *khối lượng tới hạn* m_h thì mới có $s \geq 1$. Quả bom nguyên tử mà máy bay Mĩ ném xuống thành phố Hirôshima của Nhật năm 1945 chứa U 235 nguyên chất có $m_h \approx 50 \text{ kg}$. Lúc đầu, urani chia làm hai khối ở cách nhau, mỗi khối có khối lượng bé hơn m_h nên không nổ. Làm chập hai khối lại thì khối lượng urani vượt m_h và bom nổ.

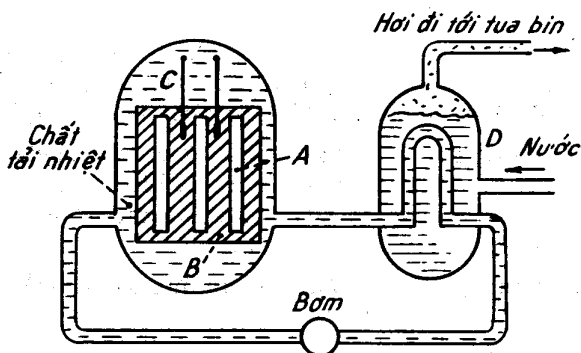
Đồng vị U 238 cũng là nhiên liệu hạt nhân vì khi bắt một notrôn, nó biến đổi thành Pu 239 là chất phân hạch.



Việc tách riêng U235 rất công phu, tốn kém, nên các lò phản ứng hạt nhân thường dùng *urani thiên nhiên đã làm giàu* tức là qua chế biến, đã tăng tỉ lệ U 235 lên vài, hoặc vài chục phần trăm. Khối lượng tới hạn từ vài tấn đến vài chục tấn tùy tỉ lệ làm giàu cao hay thấp.

2. Nhà máy điện nguyên tử

Bộ phận chính của nhà máy này là lò phản ứng hạt nhân, ở đó phản ứng phân hạch dây chuyền được khống chế ở mức tới hạn (h.9.7).



Hình 9.7

Lò có những thanh nhiên liệu hạt nhân A thường làm bằng hợp kim chứa urani đã làm giàu. Những thanh này đặt trong chất làm chậm B (nước nặng D₂O, hoặc than chì, berili); notrôn phát ra trong phân hạch là notrôn nhanh,

chúng va chạm vào các hạt nhân của chất làm chậm, mất dần động năng và trở thành notrôn chậm, dễ bị urani hấp thụ. Lò phản ứng còn có các thanh điều chỉnh C làm bằng những chất hấp thụ notrôn (mà không phân hạch) như bo, cadimi. Khi hạ thấp các thanh này thì hệ số nhân notrôn s giảm, nâng lên cao thì s tăng. Khi lò hoạt động thì các thanh điều chỉnh được tự động giữ ở độ cao sao cho s = 1. Phản ứng phân hạch tỏa ra năng lượng dưới dạng động năng của các mảnh hạt nhân và các hạt khác,

động năng này chuyển thành nhiệt năng của lò. Nhiệt này được mang đi bằng *chất tải nhiệt*, thường là một chất lỏng chạy qua lò và sau khi nóng lên thì cung cấp nhiệt cho lò sinh hơi D. Hơi nước làm chạy tua bin phát điện giống như trong nhà máy nhiệt điện thông thường. Tuy giống nhà máy nhiệt điện ở khâu sử dụng nhiệt thu được, nhà máy điện nguyên tử có thiết kế khác nhiều, vì phải có những biện pháp bảo đảm an toàn như các thành bằng thép, tường bằng bê tông, để chặn các tia phóng xạ nguy hiểm cho con người, có các thiết bị riêng để ngăn không cho lò phản ứng trở thành vượt hạn.

Nhiều nhà máy điện nguyên tử đã được xây dựng ở các nước công nghiệp và cung cấp một lượng điện năng đáng kể : trên 35% tổng điện năng sản xuất hàng năm ở Pháp, Thụy Điển, Phần Lan... 30% ở Nhật, 12% ở Mi, 7% ở Liên Xô cũ... Tuy nhiên sự cố xảy ra ở nhà máy điện nguyên tử Trécônôbun (Ucraina) đã buộc một số nước cân nhắc lại việc xây dựng các nhà máy điện nguyên tử.

Nước ta có một lò phản ứng hạt nhân nhỏ ở Đà Lạt, dùng để nghiên cứu khoa học và sản xuất đồng vị phóng xạ (công suất 500 kW, có 89 thanh nhiên liệu là hợp kim chứa urani đã làm giàu tới 36% U235).

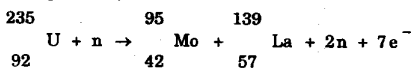
Lò phản ứng hạt nhân cũng đã được đặt trên các tàu thủy, tàu ngầm ; chỉ cần một lần nạp nhiên liệu là các tàu này có thể hoạt động liên tục vài năm. Người ta đang nghiên cứu giảm khối lượng của lò để có thể đặt trên máy bay.

?

1. Sự phân hạch là gì, có những đặc điểm gì ?
2. Phản ứng phân hạch dây chuyền là gì ? Với điều kiện nào thì nó xảy ra ?

▽

3. Một phản ứng phân hạch của urani 235 là :



Mo là kim loại molipden, La là kim loại lantan (họ đất hiếm)

Biết các khối lượng hạt nhân $m_U = 234,99 \text{ u}$; $m_{Mo} = 94,88 \text{ u}$, $m_{La} = 138,87 \text{ u}$.

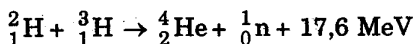
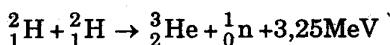
Bỏ qua khối lượng các êlectrôn

- a) Tính ra MeV năng lượng mà một phân hạch tỏa ra.
b) U235 có thể phân hạch theo nhiều cách khác nhau, nếu lấy kết quả tìm được ở câu a làm giá trị trung bình của năng lượng tỏa ra trong một phân hạch thì 1 gam U235 phân hạch hoàn toàn tỏa ra bao nhiêu năng lượng. Tính khối lượng ếchxăng tương đương, biết năng suất tỏa nhiệt của ếchxăng là 46.10^6 J/kg .

ĐS : 3) 215 MeV ; 88.10^9 . J ; 1,9 tấn.

§61. PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

Loại phản ứng hạt nhân thứ hai tỏa ra năng lượng là sự kết hợp hai hạt nhân rất nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn. Thí dụ các phản ứng kết hợp các đồng vị nặng của hiđrô là đơteri ${}^2_1\text{H}$ (hoặc D) và triti ${}^3_1\text{H}$ (hoặc T).

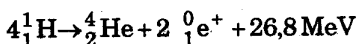


Tuy một phản ứng kết hợp tỏa năng lượng bé hơn một phản ứng phân hạch, nhưng nếu *tính theo khối lượng nhiên liệu* thì phản ứng kết hợp tỏa năng lượng nhiều hơn.

Tuy nhiên phản ứng kết hợp rất khó xảy ra vì các hạt nhân tích điện dương và đẩy nhau. Người ta đã tính ra rằng phải nâng nhiệt độ của hiđrô lên tới khoảng 50 - 100 triệu độ thì các hạt nhân mới có động năng đủ lớn để thắng lực đẩy Culông và tiến gần nhau đến mức mà lực hạt nhân tác dụng và kết hợp chúng lại. Chính vì phản ứng kết hợp chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất cao nên mới gọi là *phản ứng nhiệt hạch*.

Từ lâu người ta đã tìm hiểu nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời và các ngôi sao. Mặt Trời liên tục phát ra năng lượng rất lớn trong không gian, công suất bức xạ lên tới $3,8 \cdot 10^{26}\text{W}$. Đến nay người ta cho rằng chính các phản ứng nhiệt hạch là nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời, vì trong lòng Mặt Trời tồn tại nhiệt độ rất cao, cho phép các phản ứng ấy xảy ra.

Nhà bác học Mĩ Betơ (Bethe) đã nêu lên một chuỗi phản ứng kết hợp gọi là *chu trình cacbon-nitơ* gồm 6 phản ứng tiếp nhau, với sự tham gia của cacbon và nitơ như là các chất xúc tác và trung gian, nhưng xét tổng hợp thì cả chu trình rút về sự *tạo thành hạt nhân heli từ các hạt nhân hiđrô*.



Cả chu trình kéo dài hàng chục triệu năm nhưng từng phản ứng liên tục xảy ra, và chu trình này cung cấp một phần năng

lượng cho Mặt Trời (bên cạnh các chu trình khác). Mặt Trời mất năng lượng do bức xạ thì theo hệ thức của Anhxtanh, khối lượng của nó liên tục giảm. Nhưng vì khối lượng Mặt Trời rất lớn nên sự giảm này chỉ đáng kể sau hàng triệu năm.

Con người đã thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng không kiểm soát được, đó là sự nổ của *bom khinh khí* (khinh khí là tên cổ của hiđrô, H_2 ra phải gọi là bom nhiệt hạch). Bom này chứa một hỗn hợp đơteri và triti, và một quả bom nguyên tử để làm kíp. Mới đầu bom nguyên tử nổ, sinh ra nhiệt độ hàng trăm triệu độ, tiếp đó phản ứng nhiệt hạch xảy ra, cộng thêm năng lượng của nó vào năng lượng phản hạch, nên bom khinh khí có sức tàn phá ghê gớm (tương đương vài chục triệu tấn chất nổ thông thường TNT).

Một trong những mục tiêu quan trọng nhất của vật lí học hiện nay là thực hiện phản ứng nhiệt hạch dưới dạng kiểm soát được, nghĩa là xảy ra với những lượng nhiên liệu nhỏ, tỏa ra năng lượng hạn chế có thể sử dụng vào các mục đích hòa bình. Nếu thực hiện được thì nhân loại không còn lo thiếu nguồn năng lượng vì nhiên liệu nhiệt hạch hầu như vô tận : trong nước thường của sông ngòi, đại dương... bao giờ cũng có lẫn $0,015\%$ nước nặng D_2O từ đó có thể lấy ra đơteri. Triti thì có thể thu được từ chất liti 6_3Li . Về mặt sinh thái thì phản ứng nhiệt hạch cũng "sạch" hơn phản ứng phân hạch, vì ít có bức xạ hoặc cặn bã phóng xạ làm ô nhiễm môi trường.

Các nước tiên tiến đều tích cực nghiên cứu vấn đề khống chế phản ứng nhiệt hạch, nhưng còn nhiều khó khăn phải khắc phục.

?

1. Thế nào là phản ứng kết hợp hạt nhân ?

Tại sao còn gọi là phản ứng nhiệt hạch ?

2. Từ đâu mà Mặt Trời có năng lượng ?

3. Con người đã thực hiện được phản ứng nhiệt hạch chưa ?

▽ 4. Xét phản ứng kết hợp : $D + D \rightarrow T + p$

Biết các khối lượng hạt nhân $m_D = 2,0136u$; $m_T = 3,016 u$; $m_p = 1,0073u$.

a) Tính năng lượng mà một phản ứng tỏa ra.

b) Tính năng lượng có thể thu được từ 1 kg nước thường nếu dùng toàn bộ deuteri rút ra làm nhiên liệu hạt nhân.

Cần bao nhiêu ilet xăng để có năng lượng ấy (năng suất tỏa nhiệt của ilet xăng là $46.10^6 J/kg$)

ĐS : 4) a) 3,7 MeV ; b) $2,7.10^9 J$; 58 kg.

BÀI ĐỌC THÊM

HẠT SƠ CẤP

1. Các đặc trưng của hạt sơ cấp

Trong quá trình nghiên cứu cấu tạo của vật chất, người ta đã phát hiện ra những thành phần vật chất ngày càng nhỏ hơn : phân tử, nguyên tử, hạt nhân và electron, nuclôn... Người ta quy ước gọi các hạt nhỏ hơn hạt nhân nguyên tử là các hạt sơ cấp. Ví dụ electron, nuclôn... là các hạt sơ cấp. Hạt sơ cấp không phải là các hạt nhỏ nhất tạo nên vật chất mà chỉ là giới hạn hiện nay của sự phát hiện các hạt nhỏ bằng thiết bị thí nghiệm. Đã có những cơ sở lí thuyết (xem dưới đây) để khẳng định rằng nuclôn, chẳng hạn, có cấu tạo phức tạp.

Các hạt sơ cấp có các đặc trưng chính sau đây :

a) *Khối lượng*. Riêng hạt photon không có khối lượng (nhưng vẫn có động lượng, đây là một đặc điểm lượng tử của photon). Hạt nơtrino (§ 56.3) cũng có khối lượng gần bằng không.

b) *Điện tích bằng $\pm e$* , e là điện tích nguyên tố (cá biệt, bằng $\pm 2e$). Các hạt trung hòa như nơtrôn, nơtrino... thì không có điện tích.

c) *Spin* là một đặc trưng lượng tử tương tự như mômen động lượng của sự tự quay của hạt.

d) *Momen từ* là một đặc trưng lượng tử về từ tính.

e) Nếu hạt không bền thì chu kì bán rã T cũng là một đặc trưng. Ví dụ : notrôn ở ngoài hạt nhân là hạt không bền, có $T = 638s$.

2. Phản hạt. Phản vật chất

Mỗi hạt, trừ photon, đều có phản hạt, hạt và phản hạt có cùng khối lượng, spin và chu kì bán rã nếu là hạt không bền nhưng có điện tích và mômen từ trái dấu. Phản hạt của electron e^- là electron dương hay pozitron e^+ . Notrôn và phản notrôn đều không có điện tích nhưng có mômen từ ngược chiều nhau.

Hạt và phản hạt gặp nhau thì hủy thành photon, đó là hiện tượng *hủy cặp*. Ví dụ sự hủy cặp electron - pozitron :

$$e^- + e^+ \rightarrow \gamma$$

Trong những điều kiện nhất định, có thể có sự biến đổi của photon thành hạt và phản hạt, đó là *sự sinh cặp*. Ví dụ :

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+$$

Phản hạt có thể tạo thành phản vật chất. Ví dụ, nguyên tử phản *hiđrô* gồm có một pozitron quay quanh một phản proton. Thiên hà của chúng ta chủ yếu cấu tạo từ vật chất nên các phản hạt rất hiếm. Nhưng có thể trong vũ trụ có *phản thiên hà*, cấu tạo từ phản vật chất. Người ta đã phát hiện được trong vũ trụ những "điểm" gọi là quaza ở rất xa, phát ra năng lượng hàng chục lần lớn hơn các thiên hà mạnh nhất. Có giả thuyết cho rằng quaza là sự hủy cặp của một cặp thiên hà - phản thiên hà.

3. Các tương tác cơ bản. Phân loại các hạt sơ cấp

Các hạt sơ cấp chia thành hai loại : hạt chất và hạt trường. Nói cách khác, vật chất có hai dạng : chất và trường. *Hạt chất* là hạt thông thường, các hạt này tương tác với nhau thông qua các *trường*. Ví dụ các hạt tích điện như electron, proton, tương tác với nhau thông qua trường điện từ. Trường vừa là sóng, vừa là hạt (tính chất lượng tử của trường). Ví dụ trường điện từ vừa là sóng điện từ vừa là hạt photon. Photon là *hạt trường* của trường điện từ.

Có bốn loại tương tác cơ bản giữa các hạt, thể hiện ra bằng bốn loại trường. Ngoài *tương tác điện từ* ra, chúng ta đã nghiên

cứu *tương tác hấp dẫn* giữa các hạt có khối lượng (tuân theo định luật hấp dẫn của Niuton hay chính xác hơn theo định luật của thuyết tương đối rộng của Anhtan). Chúng ta cũng đã đề cập tới tương tác giữa các nuclôn (lực hạt nhân). Tương tác này gọi là *tương tác mạnh*.

Tương tác làm cho các hạt, trừ photon, phân rã, gọi là *tương tác yếu*.

Độ mạnh yếu của tương tác được đặc trưng bởi một hệ số α gọi là *cường độ của tương tác*. Bảng dưới đây cho cường độ của các tương tác xếp theo thứ tự yếu dần. Trong bảng cũng ghi bán kính tác dụng và hạt trường tương ứng.

Tương tác	Cường độ	Bán kính tác dụng (m)	Hạt trường
1) Mạnh	1	10^{-15}	gluôn (dự đoán)
2) Điện từ	10^{-2}	∞	photon
3) Yếu	10^{-10}	10^{-18}	$W^{\pm}, Z^0$
4) Hấp dẫn	10^{-38}	∞	graviton (dự đoán)

Dựa vào các đặc trưng của hạt, nhất là vào khối lượng, có thể chia các *hạt chất* làm hai loại :

a) *Hadrôn*, tức là hạt lớn, gồm có các *bariôn* (hạt nặng) và các *mêzôn* (hạt trung bình). Bariôn có các *nuclôn* (prôtôn và notrôn) và các *hypêrôn* (hạt rất nặng).

b) *Lepton* tức là hạt nhẹ, gồm có êlectrôn và notrinô.

4. Các quac

Nếu kể cả các phản hạt thì số các hạt sơ cấp đã biết lên tới gần 400! Các nhà vật lí học cố gắng rút bớt số này, tìm những hạt nhỏ hơn cấu tạo nên các hạt sơ cấp. Năm 1961 nhà vật lí học Mỹ Ghen-Man nêu lên giả thuyết : các hadrôn đều cấu tạo từ các hạt nhỏ hơn gọi là *quac* (tiếng Anh : quark). Có 6 hạt quac, kí hiệu là u, d, s, c, b, t, và 6 phản quac tương ứng. Ví dụ prôtôn được tạo nên từ 3 quac (u, u, d). Điều kì lạ là điện tích các quac là $\pm e/3$ hoặc $\pm 2e/3$, ngược với quan niệm lâu nay cho e là điện tích

nguyên tố, nghĩa là điện tích nhỏ nhất. Người ta đã làm một số thí nghiệm nhằm phát hiện quac nhưng đều không thành công, và đi tới kết luận rằng : quac không tồn tại ở trạng thái độc lập mà chỉ tồn tại trong các hadrôn. Tuy nhiên giả thuyết quac đã có những thành công nổi bật, như tiên đoán phải có hạt Ω^- (ômêga), hạt này được tìm thấy năm 1964 với tất cả các đặc trưng dự kiến.

Đến nay hầu hết các nhà vật lý học đã thừa nhận giả thuyết quac, và có thể nói rằng các hạt thực sự là sơ cấp chỉ gồm có 6 quac, lepton (êlectrôn và notrônô) và các hạt trường.

Đó là nói hiện nay, vì con đường tìm hiểu cấu tạo vật chất còn dài vô tận, như Lênin đã viết từ năm 1908 : "Điện tử cũng vô cùng tận như nguyên tử, tự nhiên là vô tận..."⁽¹⁾

TÓM TẮT CHƯƠNG IX

1. Hạt nhân nguyên tử được cấu tạo từ các prôtôn mang một điện tích nguyên tố dương, và các notrôn trung hòa về điện, gọi chung là nuclôn, liên kết với nhau bởi lực hạt nhân rất mạnh nhưng có bán kính tác dụng rất ngắn.

Hạt nhân của nguyên tố có nguyên tử số Z thì chứa Z prôtôn và N notrôn : $A = Z + N$ gọi là số khối. Các nguyên tử mà hạt nhân có cùng số prôtôn Z nhưng khác số notrôn N gọi là các đồng vị.

Đơn vị khối lượng nguyên tử u là khối lượng bằng $\frac{1}{12}$ khối lượng của đồng vị $^{12}_6\text{C}$; u xấp xỉ bằng khối lượng của một nuclôn, nên hạt nhân có số khối A thì có khối lượng xấp xỉ bằng Au .

(1) V.Lênin. Chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa kinh nghiệm phê phán NXB Sự thật - 1960 (tr.365)

2. Hạt nhân phóng xạ tự phát phóng ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác. Tia phóng xạ gồm nhiều loại :

$\alpha, \beta^-, \beta^+, \gamma$. Hạt α là hạt nhân của hêli ${}^4_2\text{He}$.

Hạt β^- là các êlectron thường kí hiệu là e^- . Hạt β^+ là êlectron dương hay pôzitron e^+ .

Tia γ là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn.

Chu kì bán rã T của một chất phóng xạ là thời gian sau đó số hạt nhân của một lượng chất ấy chỉ còn bằng $1/2$ số ban đầu N_0 . Số hạt nhân N giảm với thời gian t theo định luật hàm số mũ :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

λ là hằng số phóng xạ, tỉ lệ ngược với chu kì bán rã :

$$\lambda = 0,693/T$$

Trong phóng xạ α , hạt nhân con lùi 2 ô trong bảng tuần hoàn so với hạt nhân mẹ ; trong phóng xạ β^- hoặc β^+ hạt nhân con tiến hoặc lùi một ô. Trong phóng xạ γ hạt nhân không biến đổi mà chỉ chuyển xuống mức năng lượng dưới.

3. Phản ứng hạt nhân là tương tác giữa các hạt nhân dẫn đến sự biến đổi hạt nhân ; nó có thể là tự nhiên (thí dụ : sự phóng xạ) hoặc là nhân tạo.

Trong một phản ứng hạt nhân, các đại lượng sau đây được bảo toàn : số nuclôn, điện tích, năng lượng và động lượng. Khối lượng không nhất thiết được bảo toàn.

4. Cơ học cổ điển chỉ đúng nếu vận tốc v của các vật rất nhỏ so với vận tốc ánh sáng trong chân không ($c \approx 300000 \text{ km/s}$)

Nếu $v > 0,4 c$ thì phải dùng thuyết tương đối hẹp, và cơ học tương đối tính nói riêng. Thuyết này dựa trên 2 tiên đề của Anhtan :

a) Các hiện tượng vật lí xảy ra như nhau trong mọi hệ quy chiếu quán tính.

b) Vận tốc ánh sáng có cùng giá trị c đối với mọi hệ quy chiếu quán tính ; c là vận tốc giới hạn của mọi vận tốc vật lí.

Một hệ quả của thuyết tương đối hẹp là sự tỉ lệ giữa khối lượng m và năng lượng E của một vật : $E = mc^2$

5. Khối lượng của một hạt nhân được tạo thành từ nhiều nuclôn thì bé hơn tổng khối lượng các nuclôn, hiệu số Δm gọi là độ hụt khối. Sự tạo thành hạt nhân tỏa năng lượng tương ứng $\Delta E = \Delta m.c^2$, gọi là năng lượng liên kết của hạt nhân, vì muốn tách hạt nhân thành các nuclôn thì cần tốn năng lượng bằng ΔE . Hạt nhân có năng lượng liên kết càng lớn thì càng bền vững.

Trong phản ứng hạt nhân, tổng khối lượng các hạt ban đầu M_0 có thể khác với tổng khối lượng các hạt sinh ra M . Nếu $M_0 > M$ thì phản ứng tỏa năng lượng.

Nếu $M_0 < M$ thì phản ứng chỉ xảy ra nếu cung cấp năng lượng cho các hạt ban đầu.

6. Có hai loại phản ứng hạt nhân tỏa ra năng lượng, gọi là năng lượng hạt nhân.

a) Một hạt nhân rất nặng như urani, plutôni, khi hấp thụ một nơtrôn sẽ vỡ thành hai hạt nhân trung bình, cùng với 2 - 3 nơtrôn (sự phân hạch). Nếu sự phân hạch có tính chất dây chuyền thì nó tỏa ra năng lượng rất lớn. Nó được khống chế trong lò phản ứng hạt nhân.

b) Hai hạt nhân rất nhẹ, như các đồng vị nặng của hiđrô là *đơteri D* và *triti T*, có thể kết hợp với nhau thành một hạt nhân nặng hơn. Phản ứng này chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất cao, nên gọi là phản ứng nhiệt hạch. Con người mới chỉ thực hiện được phản ứng này dưới dạng không kiểm soát được (bom khinh khí).



- Đồng vị $^{63}_{29}\text{Cu}$ có bán kính 4,8 fecmi. 1 fecmi = 10^{-15} m. Tính khối lượng riêng của hạt nhân đồng này và so sánh với khối lượng riêng của đồng 8,9 g/cm³. Tính mật độ điện tích của hạt nhân ấy. Lấy điện tích nguyên tố $e = 1,6.10^{-19}\text{C}$.

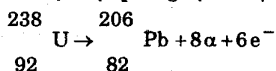
- Bán kính R của hạt nhân tăng cùng với số khối A theo quy luật gần đúng.

$$R = R_0 A^{1/3} \text{ với } R_0 = 1,2 \text{ fecmi.}$$

- a) So sánh các bán kính của các hạt nhân ^1_1H và $^{238}_{92}\text{U}$

- b) Chứng minh : khối lượng riêng của các hạt nhân xấp xỉ là hằng số.

3. Một chất phóng xạ có chu kì bán rã $T = 10s$ lúc đầu có độ phóng xạ $H_0 = 2.10^7$ Bq. Tính hằng số phóng xạ λ , số nguyên tử lúc ban đầu, số nguyên tử còn lại và độ phóng xạ sau 30s.
4. Urani 238 sau một loạt phóng xạ α và β biến thành chì :



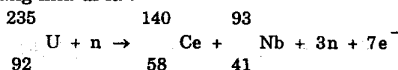
Chu kì bán rã của sự biến đổi tổng hợp này là $4,6.10^9$ năm. Giả sử ban đầu một loại đá chỉ chứa urani, không chứa chì. Nếu hiện nay tỉ lệ các khối lượng của urani và chì trong đá ấy là $\frac{m(U)}{m(Pb)} = 37$, thì tuổi của đá ấy là bao nhiêu ?

5. Năng lượng liên kết riêng là năng lượng liên kết tính cho 1 nuclôn
- a) Hãy tính năng lượng liên kết riêng của hạt α , biết các khối lượng $m_\alpha = 4,0015u$; $m_p = 1,0073u$; $m_n = 1,0087u$.
- b) Tính năng lượng tỏa ra khi tạo thành 1 gam heli.

Lấy $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $He = 4,003$

6. Urani 235 phân hạch theo nhiều cách.

Một phản ứng khả dĩ là :



Năng lượng liên kết riêng của U 235 là 7,7 MeV, của Ce 140 là 8,43 MeV, của Nb 93 là 8,7 MeV. Tính năng lượng tỏa ra trong sự phân hạch này. (Ce là kim loại xeri dùng để chế tạo đá lửa. Nb là kim loại niobi dùng để chế tạo hợp kim chịu nhiệt độ cao ; năng lượng liên kết riêng là năng lượng tính cho 1 nuclôn)

7. Mặt Trời có khối lượng 2.10^{30} kg và công suất bức xạ $3,8.10^{26}W$.

- a) Sau mỗi giây khối lượng của Mặt Trời giảm đi bao nhiêu ?
- b) Nếu công suất bức xạ không đổi thì sau một tỉ năm nữa, phần khối lượng giảm đi là bao nhiêu phần trăm của khối lượng hiện nay.
- c) Giả thiết sau mỗi giây trên Mặt Trời có 200 triệu tấn heli được tạo ra do kết quả của chu trình cacbon-nitơ. Chu trình này đóng góp bao nhiêu phần trăm vào công suất bức xạ của Mặt Trời.

ĐS : $1,2,26.10^{14} \text{ g/cm}^3$; 10^{19} C/cm^3 . 3. $\lambda = 0,0693s^{-1}$;

$N_0 = 2,9.10^8$; $N = N_0/8$;

$H = H_0/8$. 4. 2.10^8 năm . 5. 7,1 MeV ;

$68.10^{10}J$. 6. 182,6 MeV . 7. a) 4,2 triệu tấn ;

b) 0,007% ; c) $\approx 34\%$.

Phần bốn

CÁC BÀI THÍ NGHIỆM THỰC HÀNH

Bài 1

KIỂM NGHIỆM ĐỊNH LUẬT VỀ DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN, XÁC ĐỊNH GIA TỐC RƠI TỰ DO

I - Mục đích

+ Kiểm tra bằng thí nghiệm công thức xác định chu kì dao động của con lắc đơn khi dao động với biên độ nhỏ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

+ Vận dụng công thức đó để xác định gia tốc rơi tự do g tại nơi làm thí nghiệm

II - Chuẩn bị lí thuyết

1) Dùng đồng hồ có kim giây có thể xác định chu kì dao động T của con lắc đơn với sai số $\Delta T \leq 0,02s$ hay không ? Nếu có thể thì làm như thế nào ?

2) Mô tả cách làm thí nghiệm để kiểm nghiệm rằng chu kì dao động T tỉ lệ với $\sqrt{l}$.

3) Khi xác định gia tốc rơi tự do g bằng con lắc đơn dựa vào công thức $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$ ta phạm sai số tương đối :

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T}{T}.$$

Để kết quả xác định g không sai quá 5% cần lựa chọn những điều kiện thí nghiệm như thế nào ?

III - Đồ dùng cần thiết

1. Viên bi (hay vật nặng tương tự) buộc vào sợi dây dài chừng 1m để làm thành con lắc đơn ; 2) thước dài 500 mm ; 3) giá để treo con lắc ; 4) đồng hồ có kim giây (đeo tay hoặc để bàn).

IV - Thực hành

1) Kiểm nghiệm công thức xác định chu kì dao động của con lắc đơn ứng với các dao động nhỏ.

a) Treo con lắc đơn có chiều dài $l_1 = 80$ cm vào giá thí nghiệm. Đo l_1 tính từ điểm treo tới tâm của viên bi (hay êcu), với sai số khoảng 1mm. Kéo cho dây treo con lắc lệch đi một góc chừng 7° so với phương thẳng đứng (viên bi di chuyển chừng 10 cm so với vị trí cân bằng) rồi thả cho con lắc dao động tự do. Đo thời gian t_1 để con lắc đơn thực hiện được 50 dao động toàn phần (đi và về tới đúng vị trí mốc đã chọn ban đầu). Tính chu kì dao động $T_1 = \frac{t_1}{50}$.

$$\text{Tính sai số tuyệt đối } \Delta T_1 = \frac{\Delta t_1}{50}$$

Lập lại thí nghiệm trên với góc lệch nhỏ hơn 7° . Đo thời gian t'_1 để con lắc đơn thực hiện được 40 dao động toàn phần. Tính chu kì dao động

$$T'_1 = \frac{t'_1}{40} \text{ và sai số } \Delta T'_1 = \frac{\Delta t'}{40}$$

So sánh T'_1 với T_1 . Rút ra kết luận.

b) Lập lại thí nghiệm như trên với các con lắc đơn có chiều dài $l_2 = 60$ cm. $l_3 = 40$ cm và l_4 tùy chọn. Xác định chu kì dao động T_2, T_3 và T_4 ứng với từng trường hợp.

So sánh các tỉ số sau :

$$\frac{l_2}{l_1} \text{ với } \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2; \quad \frac{l_3}{l_1} \text{ với } \left(\frac{T_3}{T_1}\right)^2; \quad \frac{l_4}{l_2} \text{ với } \left(\frac{T_4}{T_2}\right)^2.$$

Rút ra kết luận.

2) Xác định gia tốc rơi tự do g tại nơi thí nghiệm :

a) Dựa vào các kết quả đo l_1 và T_1

$$\text{- Tính } g_1 = 4\pi^2 \frac{l_1}{T_1^2} \dots$$

- Tính $\frac{\Delta g_1}{g_1} = \frac{\Delta l_1}{l_1} + 2 \frac{\Delta T_1}{T_1} = \dots$

- Tính $\Delta g_1 = g_1 \frac{\Delta g_1}{g_1} = \dots$

Chú ý : lấy $\pi = 3,142$ thì $\frac{\Delta \pi}{\pi} \approx \frac{2}{3142}$ rất bé so với $\frac{\Delta l_1}{l_1}$ và

$2 \frac{\Delta T_1}{T_1}$ nên có thể bỏ qua.

Kết quả $g_1 = \dots \pm \dots$ (m/s²).

b) Dựa vào các kết quả đo l_2 và T_2 để tính g_2 , $\frac{\Delta g_2}{g_2}$ và Δg_2

Viết kết quả $g_2 = \dots \pm \dots$ (m/s²)

So sánh các kết quả tính g_1 với g_2 và $\frac{\Delta g_1}{g_1}$ với $\frac{\Delta g_2}{g_2}$

c) Nên lấy kết quả nào ? Vì sao ?

Để tăng độ chính xác của kết quả xác định g nên làm thế nào ?

V - Báo cáo thí nghiệm

1) Mục đích

2) Kết quả

A - Kết quả đo :

	$l \pm \Delta l$ (cm)	$t \pm \Delta t$ (s)	$T \pm \Delta T$ (s)
Thí nghiệm 1	$\dots \pm \dots$	$\pm$	$\pm$
Thí nghiệm 2	$\dots \pm \dots$	$\pm$	$\pm$
Thí nghiệm 3	$\dots \pm \dots$	$\pm$	$\pm$
Thí nghiệm 4	$\dots \pm \dots$	$\pm$	$\pm$

B - Kết luận

a) Từ các thí nghiệm 1 và 2 so sánh T_1 với T_2 ta rút ra kết luận :

b) Từ các thí nghiệm 1, 2, 3, 4 ta tính được

$\frac{l_2}{l_1} =$ $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 =$	$\frac{l_3}{l_1} =$ $\left(\frac{T_3}{T_1}\right)^2 =$	$\frac{l_4}{l_2} =$ $\left(\frac{T_4}{T_2}\right)^2 =$
---	---	---

Kết luận :

C - Xác định gia tốc rơi tự do

$$a) g_1 = 4\pi^2 \frac{l_1}{T_1^2} = \quad (\text{m/s}^2)$$

$$\frac{\Delta g_1}{g_1} = \frac{\Delta l_1}{l_1} + 2 \frac{\Delta T_1}{T_1} =$$

$$\Delta g_1 = g_1 \cdot \frac{\Delta g_1}{g_1} = (\text{m/s}^2)$$

Kết quả

$g_1 =$	$\pm$	(m/s^2)
---------	-------	------------------

b) Tương tự ta có.....

$g_2 =$	$\pm$	(m/s^2)
---------	-------	------------------

c) Nên chọn kết quả..... vì.....

Để tăng độ chính xác của kết quả xác định g ta có thể.....

Bài 2

XÁC ĐỊNH BƯỚC SÓNG VÀ TẦN SỐ CỦA ÂM

I - Mục đích

Tạo ra sự cộng hưởng giữa dao động của cột không khí trong một chiếc ống và dao động của âm thoa.

Căn cứ vào điều kiện cộng hưởng (sóng dừng) để xác định bước sóng của âm phát ra khi âm thoa dao động, từ đó xác định tần số của âm.

II - Chuẩn bị lí thuyết

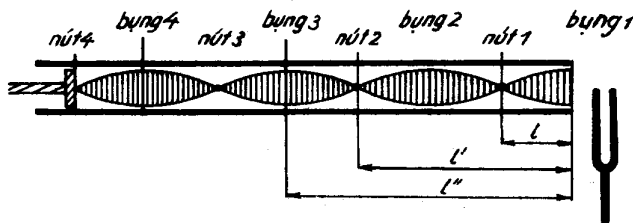
1) Viết công thức tính bước sóng λ của sóng âm có tần số f truyền trong môi trường khí với vận tốc v ở nhiệt độ t .

Chỉ dẫn : Trong không khí ở nhiệt độ t , âm truyền đi với vận tốc $v = v_0 \sqrt{1 + 0,0037t}$ (m/s). Trong bài thực hành này ta lấy các giá trị gần đúng, phù hợp với điều kiện thí nghiệm ở trường phổ thông để tính v như sau : $v = 332 \sqrt{1 + 0,004t} \pm 3$ m/s.

2) Hình 1a mô tả hiện tượng sóng dừng ở trong một ống trụ khi âm thoa đặt tại miệng ống đó dao động. Nó cho thấy hiện tượng cộng hưởng âm xảy ra khi miệng ống ứng với một bụng sóng dừng, nghĩa là khi chiều dài cột không khí trong ống lần lượt là :

$$l = \frac{\lambda}{4}, l' = \frac{3\lambda}{4}, l'' = \frac{5\lambda}{4} \dots$$

Dựa vào tính chất trên hãy nêu ra cách làm thí nghiệm để xác định bước sóng của âm và từ đó xác định tần số f của âm.



a)

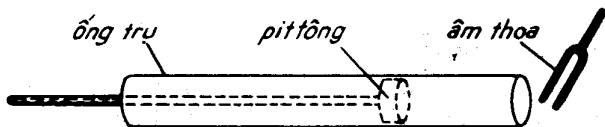
Hình 1a

III - Đồ dùng cần thiết

1) Một ống trụ dài 60 cm, đường kính 4 - 5 cm có pittông di chuyển được dễ dàng dọc theo trục ống ; 2) âm thoa la ; 3) búa cao su để gõ âm thoa ; 4) thước đo chiều dài ; 5) nhiệt kế treo tường (dùng chung cho cả lớp).

IV - Thực hành

1) Đặt pittông ở khoảng giữa của ống trụ nằm ngang trên mặt bàn. Dùng búa cao su gõ vào một nhánh của âm thoa rồi đưa âm thoa đến gần sát miệng ống trụ. Chú ý đặt âm thoa sao cho đầu của cả hai nhánh âm thoa đều nằm trên trục của ống trụ (h.1b)



b)

Hình 1b

Di chuyển dần pittông từ miệng ống về phía giữa ống và lắng nghe âm phát ra để xác định vị trí của pittông khi nghe thấy âm mạnh nhất (khi có cộng hưởng)

Dùng thước đo chiều dài l từ miệng ống đến pittông.

Lặp lại thí nghiệm trên 5 lần, tính giá trị trung bình cộng của các kết quả để xác định chiều dài l và sai số Δl

2) Di chuyển pittông về phía xa miệng ống, tìm vị trí của pittông để nghe thấy âm phát ra mạnh nhất. Xác định chiều dài l' của cột không khí trong ống khi lại thấy hiện tượng cộng hưởng với âm thoa trên, tương tự như ở mục I.

3) Hiệu của l' và l bằng khoảng cách giữa hai bụng kế tiếp nhau của sóng dừng, nghĩa là bằng nửa bước sóng âm λ

$$l' - l = \frac{\lambda}{2}$$

Tính giá trị trung bình của bước sóng λ

Xác định sai số tuyệt đối $\Delta \lambda$ và sai số tương đối $\frac{\Delta \lambda}{\lambda}$.

4) Đo nhiệt độ không khí trong phòng bằng nhiệt kế treo tường. Tính vận tốc truyền âm trong không khí theo công thức

$$v = 332 \sqrt{1 + 0,004t} \quad (\text{m/s})$$

5) Xác định tần số của âm phát ra bởi dao động của âm thoa

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

Khi v tính theo mét trên giây, λ theo mét thì f tính theo héc (Hz).

$$\text{Xác định } \frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \quad (\text{lấy } \frac{\Delta v}{v} = \frac{1}{100}).$$

Xác định Δf và viết kết quả $f = \dots \pm \dots$ (Hz)

V - Báo cáo thí nghiệm

1) Mục đích

2) Kết quả

a) Xác định chiều dài cột không khí có cộng hưởng lần đầu

$l_1(\text{cm})$	$l_2(\text{cm})$	$l_3(\text{cm})$	$l_4(\text{cm})$	$l_5(\text{cm})$

$$\bar{l} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_5}{5} = \dots (\text{cm})$$

$$\Delta \bar{l} = \frac{(\bar{l}_{\max} - l) + (\bar{l} - l_{\min})}{2} = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{2} = \dots (\text{cm})$$

$l_{\max}$ và $l_{\min}$ là giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất đã đo được của l)

b) Xác định chiều dài cột không khí khi có cộng hưởng lần thứ hai

$l'_1(\text{cm})$	$l'_2(\text{cm})$	$l'_3(\text{cm})$	$l'_4(\text{cm})$	$l'_5(\text{cm})$

$$\bar{l}' = \frac{l'_1 + \dots + l'_5}{5} = \dots (\text{cm})$$

$$\Delta \bar{l}' = \frac{l'_{\max} - l'_{\min}}{2} = \dots (\text{cm})$$

c) Xác định bước sóng λ của âm

$$\lambda = 2(l' - l) = \dots ; \quad \Delta \lambda = \Delta l' + \Delta l = \dots$$

$$\text{Vậy } \lambda = \dots \pm \dots (\text{m}) ; \quad \text{và } = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \dots$$

d) Ở nhiệt độ phòng ($t = ^\circ\text{C}$) vận tốc truyền âm trong không khí là

$$v = 332 \sqrt{1 + 0,004 t} = \dots \text{ (m/s)}$$

Tần số âm phát ra bởi âm thoa là

$$f = \frac{v}{\lambda} = \dots \text{ (Hz)}$$

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{3}{332} + \dots =$$

$$\Delta f = f \frac{\Delta f}{f} = \dots \text{ (Hz)}$$

$$\text{vậy } f = \dots \pm \dots \text{ (Hz)}$$

Bài 3

MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CÓ R, L, C

I - Mục đích

- Khảo sát định tính các tác dụng của vật dẫn có điện trở thuần R, tụ điện có điện dung C, cuộn dây có độ tự cảm L khi mắc trong mạch điện xoay chiều.
- Quan sát hiện tượng cộng hưởng trong mạch điện xoay chiều có R, L, C mắc nối tiếp.

II - Chuẩn bị lí thuyết

Viết các công thức tính

- a) trở kháng của đoạn mạch chỉ chứa một điện trở thuần R
- b) dung kháng của đoạn mạch chỉ chứa một tụ điện có điện dung C
- c) cảm kháng của đoạn mạch chỉ chứa một cuộn dây có độ tự cảm L
- d) tổng trở của đoạn mạch mắc nối tiếp R, L, C.

Hãy chứng minh rằng khi có $L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$ hoặc $C =$

$\frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$ thì cường độ dòng điện trong đoạn mạch chứa R, L, C

mắc nối tiếp có giá trị lớn nhất là $I = \frac{U}{R}$ (với f là tần số của dòng điện xoay chiều).

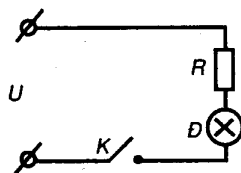
III - Đồ dùng cần thiết

1) Nguồn điện $6V =$ và $6V \sim$; 2) điện trở $R \approx 15 \Omega \div 20 \Omega$

3) cuộn dây (750 vòng $\div$ 1000 vòng) có lõi sắt ; 4) tụ điện $C = 20\mu F$; 5) tụ điện $C' = 50 \mu F$; 6) bóng đèn pin ($6V - 0,1A$) ; 7) khóa điện ; 8) bộ dây dẫn (6 sợi)

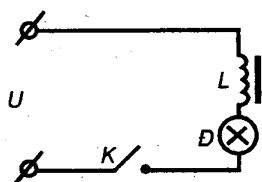
IV - Thực hành

1) a) Mắc điện trở R nối tiếp với đèn D và khóa điện K vào hai cực nguồn điện một chiều $U = 6V$ (h.2). Quan sát độ sáng của đèn khi đóng khóa K



Hình 2

b) Lắp lại thí nghiệm trên với nguồn điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng $U = 6V$. So sánh độ sáng của đèn trong hai trường hợp (giữ nguyên điện trở R như trên)



Hình 3

c) Rút ra kết luận.

2) a) Mắc cuộn dây có lõi sắt L nối tiếp với đèn D và khóa điện K vào hai cực nguồn điện một chiều $U = 6V$ (h.3). Đóng khóa K quan sát độ sáng của đèn.

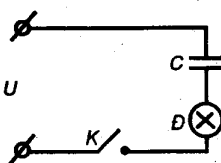
b) Rút từ từ lõi sắt ra ngoài cuộn dây, nhận xét về sự thay đổi độ sáng của đèn.

c) Lắp lại thí nghiệm 2a với nguồn điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng $U = 6V$. So sánh độ sáng của đèn trong hai thí nghiệm 2a và 2c.

d) Rút từ từ lõi sắt ra ngoài cuộn dây trong thí nghiệm 2c. Nhận xét về sự thay đổi độ sáng của đèn.

e) Rút ra kết luận về tính chất của cuộn dây mắc trong mạch điện xoay chiều.

3) a) Mắc tụ điện C nối tiếp với đèn D và khóa điện K vào hai cực nguồn điện một chiều có hiệu điện thế $U = 6V$ (h.4). Đóng khóa K , quan sát độ sáng của đèn. Rút ra kết luận.



Hình 4

Bài 5

QUAN SÁT CÁC HIỆN TƯỢNG TÁN SẮC VÀ GIAO THOA ÁNH SÁNG

I- Mục đích

Tạo ra và quan sát :

- a) Hiện tượng tán sắc của ánh sáng trắng nhờ lăng kính.
- b) Hiện tượng giao thoa của ánh sáng đơn sắc nhờ khe lưỡng.

II - Chuẩn bị lí thuyết

1) Làm thế nào để có thể tạo ra hiện tượng tán sắc của ánh sáng trắng ? Vì sao để tạo ra quang phổ với các màu sắc rực rỡ cần dùng nguồn sáng trắng (ánh sáng đèn sợi đốt, ánh sáng mặt trời) có kích thước hẹp (khe hẹp, vết sáng phản xạ trên mặt trụ hay mép của vật được chiếu sáng).

2) Vẽ sơ đồ thí nghiệm để quan sát thấy hiện tượng giao thoa ánh sáng bằng cách dùng khe lưỡng. Nêu các điều kiện cần thiết để có thể thấy rõ các vân sáng xen kẽ với các vân tối.

III - Đồ dùng cần thiết

1) Khe hẹp, tự làm bằng mảnh bìa (50×50 mm) ở giữa có lỗ thủng (5×20 mm) được che bằng 2 nửa lưỡi dao cạo để tạo thành khe hở hẹp cỡ 0,5mm đến 1mm (h.8a)

2) Khe kép lưỡng, làm tương tự như trên nhưng ở chính giữa khe của hai mảnh lưỡi dao cạo có căng thêm 1 sợi dây đồng rất nhỏ (lấy từ lõi của dây dẫn điện gồm nhiều sợi) để tạo ra hai khe hở song song rất hẹp (h.8b).

3) Nắp bút mạ kền hay trục sắt mạ kền nhẵn bóng của giá thí nghiệm ; 4) kính lọc sắc hay mảnh giấy bóng kính nhuộm màu ; 5) đĩa đường kính chừng 20cm đựng nước và gương bỏ túi ; 6) lăng kính thủy tinh.

IV - Thực hành

1) *Quan sát hiện tượng tán sắc*

a) Đặt chiếc gương bỏ túi nằm hơi nghiêng trong một đĩa đựng nước để tạo ra một "lăng kính nước" có góc chiết quang nhỏ.

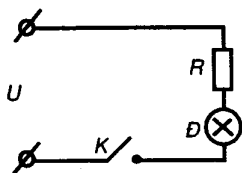
III - Đồ dùng cần thiết

1) Nguồn điện $6V =$ và $6V \sim$; 2) điện trở $R \approx 15 \Omega \div 20 \Omega$

3) cuộn dây (750 vòng $\div$ 1000 vòng) có lõi sắt ; 4) tụ điện $C = 20 \mu F$; 5) tụ điện $C' = 50 \mu F$; 6) bóng đèn pin ($6V - 0,1A$) ; 7) khóa điện ; 8) bộ dây dẫn (6 sợi)

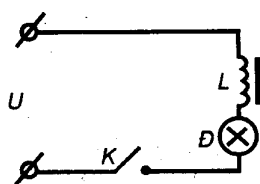
IV - Thực hành

1) a) Mắc điện trở R nối tiếp với đèn D và khóa điện K vào hai cực nguồn điện một chiều $U = 6V$ (h.2). Quan sát độ sáng của đèn khi đóng khóa K



Hình 2

b) Lắp lại thí nghiệm trên với nguồn điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng $U = 6V$. So sánh độ sáng của đèn trong hai trường hợp (giữ nguyên điện trở R như trên)



Hình 3

c) Rút ra kết luận.

2) a) Mắc cuộn dây có lõi sắt L nối tiếp với đèn D và khóa điện K vào hai cực nguồn điện một chiều $U = 6V$ (h.3). Đóng khóa K quan sát độ sáng của đèn.

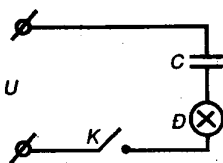
b) Rút từ từ lõi sắt ra ngoài cuộn dây, nhận xét về sự thay đổi độ sáng của đèn.

c) Lắp lại thí nghiệm 2a với nguồn điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng $U = 6V$. So sánh độ sáng của đèn trong hai thí nghiệm 2a và 2c.

d) Rút từ từ lõi sắt ra ngoài cuộn dây trong thí nghiệm 2c. Nhận xét về sự thay đổi độ sáng của đèn.

e) Rút ra kết luận về tính chất của cuộn dây mắc trong mạch điện xoay chiều.

3) a) Mắc tụ điện C nối tiếp với đèn D và khóa điện K vào hai cực nguồn điện một chiều có hiệu điện thế $U = 6V$ (h.4). Đóng khóa K , quan sát độ sáng của đèn. Rút ra kết luận.



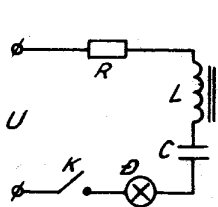
Hình 4

b) Lắp lại thí nghiệm 3a với nguồn điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng $U = 6V$. Quan sát độ sáng của đèn Đ.

Kết luận.

c) Mắc thêm tụ điện C' song song với tụ điện C ở thí nghiệm 3b. Quan sát độ sáng của đèn Đ.

d) Rút ra kết luận về tính chất của tụ điện trong mạch điện xoay chiều.



Hình 5

4) a) Mắc nối tiếp điện trở thuần R , cuộn dây L , tụ điện C , đèn Đ và khóa điện K vào hai cực nguồn điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng $U = 6V$ (h.5). Đóng khóa K di chuyển từ từ lõi sắt của cuộn dây L , quan sát sự thay đổi độ sáng của đèn.

b) Tìm vị trí của lõi sắt để đèn sáng nhất. Giải thích hiện tượng xảy ra.

c) Xác định độ tự cảm của cuộn dây khi lõi sắt ở vị trí mà đèn sáng nhất khi dùng tụ điện $C = 20\mu F$ và nguồn điện xoay chiều có tần số $f = 50Hz$.

d) Lắp lại thí nghiệm 4a với tụ điện C' (thay cho C). Tìm vị trí của lõi sắt để có sự cộng hưởng dòng điện trong mạch điện. Xác định độ tự cảm L' của cuộn dây với lõi sắt ở vị trí xảy ra cộng hưởng dòng điện.

V - Báo cáo thí nghiệm

1) Mục đích

2) Kết quả

a) Đèn trong thí nghiệm 1a sáng (hơn), (kém), (bằng) đèn trong thí nghiệm 1b. Điều này chứng tỏ rằng...

b) Khi di chuyển lõi sắt của cuộn dây trong thí nghiệm 2a thì độ sáng của đèn (tăng) (giảm) (không đổi). Điều này chứng tỏ rằng...

- Khi di chuyển lõi sắt của cuộn dây trong thí nghiệm 2c thì độ sáng của đèn (tăng) (giảm) (không đổi). Điều này chứng tỏ rằng...

c) Đèn trong thí nghiệm 3a (sáng) (không sáng) chứng tỏ rằng...

.....

Đèn trong thí nghiệm 3b (sáng) (không sáng) chứng tỏ rằng...

Đèn trong thí nghiệm 3c sáng (hơn) (kém) (bằng) đèn trong thí nghiệm 3b chứng tỏ rằng...

d) Khi di chuyển lõi sắt của cuộn dây thì độ sáng của đèn (tăng) (giảm) (không đổi). Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng thì đèn...

Lúc này độ tự cảm L_0 của cuộn dây được tính bằng công thức

$L_0 = \dots\dots\dots$

Với $f = 50\text{Hz}$ và $C = \dots \mu\text{F}$ thì $L_0 \dots$

Với $f = 50\text{Hz}$ và $C' = \dots \mu\text{F}$ thì $L'_0 = \dots$

Bài 4

XÁC ĐỊNH CHIẾT SUẤT CỦA THỦY TINH

I - Mục đích

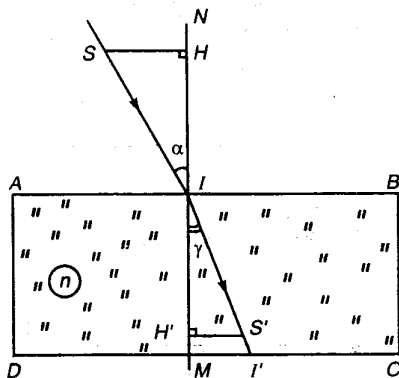
Xác định chiết suất của thủy tinh

II - Chuẩn bị lí thuyết

1) Phát biểu định luật khúc xạ và viết công thức xác định chiết suất của một chất (đối với không khí).

2) Sai số của phép đo các góc tới α và góc khúc xạ γ thường rất lớn vì vậy để xác định chính xác giá trị của chiết suất n người ta thường xác định tỉ số $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$ bằng cách xác định tỉ số

hai độ dài $\frac{SH}{S'H'}$ như ở hình 6.



Hình 6

Trong đó lấy $SI = IS'$ với S là một điểm tùy chọn trên tia tới.

$$\text{Khi đó } n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{SH/SI}{S'H'/IS'} = \frac{SH}{S'H'}$$

Theo phương pháp này vì sao khi thí nghiệm nên chọn $SI \geq 60\text{mm}$ và chọn góc $\alpha \geq 30^\circ$?

3) Cho 3 chiếc kim và một khối thủy tinh, làm cách nào để xác định được tia khúc xạ trong thủy tinh của một tia tới đã chọn ở trong không khí ?

III - Đồ dùng cần thiết

1) Khối lăng trụ đứng bằng thủy tinh có tiết diện hình chữ nhật, (hình thang, tam giác hay bán nguyệt ; 2) đinh ghim (3 chiếc) ; 3) thước chia đến milimét ; 4) bút chì và compa.

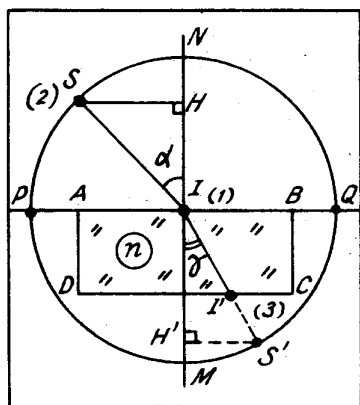
IV - Thực hành

Xác định chiết suất của thủy tinh

a) Vẽ lên tờ giấy trắng một đường tròn tâm I có đường kính nằm ngang PQ = 120mm và đường kính MN vuông góc với PQ. Ghim tờ giấy này lên trên quyển vở (hay sách) đặt trên mặt bàn nằm ngang.

Đặt khối thủy tinh lên tờ giấy sao cho một mặt phẳng thẳng đứng của nó nhận MN làm pháp tuyến tại điểm I. Dùng bút chì vẽ đường viền ABCD của khối thủy tinh trên mặt tờ giấy (h.7)

b) Cắm đinh ghim số 1 theo phương vuông góc với tờ giấy sát với mặt phẳng của khối thủy tinh tại điểm I. Cắm đinh ghim số 2 song song với đinh ghim số 1 tại điểm S ở trên đường tròn và cách đường MN một khoảng SH = 40 mm (h.7).



Hình 7

c) Đặt mắt ngắm hai đinh ghim kể trên qua khối thủy tinh từ phía mặt CD. Tìm vị trí để cắm đinh ghim số 3 ở sát mặt CD của khối thủy tinh sao cho đinh ghim này che khuất không cho mắt nhìn thấy ảnh của hai đinh ghim cắm ở phía sau khối thủy tinh. Đánh dấu vị trí cắm đinh ghim số 3 này tại điểm I' (h.7).

d) Bỏ khối thủy tinh đi, kẻ các đoạn thẳng SI (tia tới) và I'I' (tia khúc xạ). Kéo dài I'I' để

nó cắt đường tròn tại S'. Kẻ đoạn S'H' vuông góc với MN và dùng thước đo độ dài đoạn S'H' (h.7).

e) Tính chiết suất n của thủy tinh bằng công thức sau :

$$n = \frac{SH}{S'H'} = \dots$$

f) Lập lại thí nghiệm tương tự với đinh ghim số 2 cắm ở những điểm S khác nhau (3 lần) trên đường tròn và tìm các điểm tương ứng S' như ở mục b, c, d để xác định chiết suất của thủy tinh.

g) Tính giá trị trung bình cộng của các kết quả đã tìm được và tính sai số tuyệt đối trung bình của phép xác định chiết suất của thủy tinh kể trên.

V - Báo cáo thí nghiệm

Báo cáo này viết vào tờ giấy đã dùng trong khi thí nghiệm.

1) Mục đích

2) Kết quả

a) Xác định chiết suất của thủy tinh

Căn cứ vào hình vẽ dựa trên các kết quả thí nghiệm ta có

Thí nghiệm	SH (mm)	S'H' (mm)	$n = \frac{SH}{S'H'}$
1			$n_1 =$
2			$n_2 =$
3			$n_3 =$

$$\bar{n} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} = \dots$$

$$\Delta n = \frac{(n_{\max} - \bar{n}) + (\bar{n} - n_{\min})}{2} = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{2}$$

Vậy $n = \dots \pm$

b) Câu hỏi

Anh, chị còn biết những cách nào khác để xác định chiết suất của thủy tinh hay không?

Hãy mô tả cách mà anh, chị cho là tốt hơn cả.

2006.02

Bài 5

QUAN SÁT CÁC HIỆN TƯỢNG TÁN SẮC VÀ GIAO THOA ÁNH SÁNG

I- Mục đích

Tạo ra và quan sát :

- Hiện tượng tán sắc của ánh sáng trắng nhờ lăng kính.
- Hiện tượng giao thoa của ánh sáng đơn sắc nhờ khe Iâng.

II - Chuẩn bị lí thuyết

1) Làm thế nào để có thể tạo ra hiện tượng tán sắc của ánh sáng trắng ? Vì sao để tạo ra quang phổ với các màu sắc rực rỡ cần dùng nguồn sáng trắng (ánh sáng đèn sợi đốt, ánh sáng mặt trời) có kích thước hẹp (khe hẹp, vết sáng phản xạ trên mặt trụ hay mép của vật được chiếu sáng).

2) Vẽ sơ đồ thí nghiệm để quan sát thấy hiện tượng giao thoa ánh sáng bằng cách dùng khe Iâng. Nêu các điều kiện cần thiết để có thể thấy rõ các vân sáng xen kẽ với các vân tối.

III - Đồ dùng cần thiết

1) Khe hẹp, tự làm bằng mảnh bìa (50×50 mm) ở giữa có lỗ thủng (5×20 mm) được che bằng 2 nửa lưỡi dao cạo để tạo thành khe hở hẹp cỡ 0,5mm đến 1mm (h.8a)

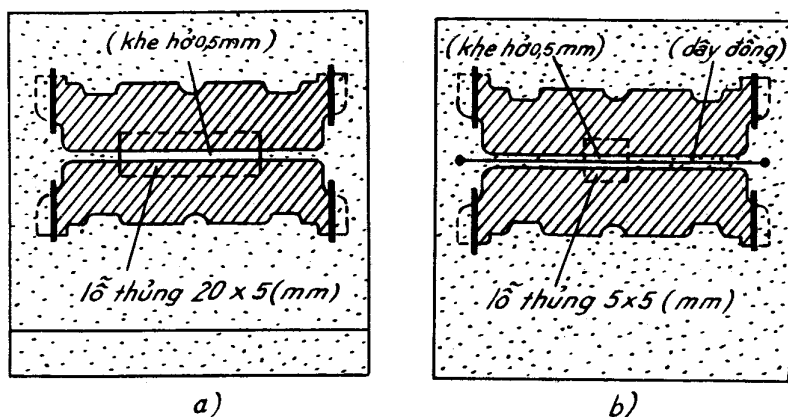
2) Khe kép Iâng, làm tương tự như trên nhưng ở chính giữa khe của hai mảnh lưỡi dao cạo có căng thêm 1 sợi dây đồng rất nhỏ (lấy từ lõi của dây dẫn điện gồm nhiều sợi) để tạo ra hai khe hở song song rất hẹp (h.8b).

3) Nắp bút mạ kền hay trục sắt mạ kền nhẵn bóng của giá thí nghiệm ; 4) kính lọc sắc hay mảnh giấy bóng kính nhuộm màu ; 5) đĩa đường kính chừng 20cm đựng nước và gương bỏ túi ; 6) lăng kính thủy tinh.

IV - Thực hành

1) *Quan sát hiện tượng tán sắc*

a) Đặt chiếc gương bỏ túi nằm hơi nghiêng trong một đĩa đựng nước để tạo ra một "lăng kính nước" có góc chiết quang nhỏ.



Hình 8

Hướng mặt gương về phía cửa sổ và tìm vị trí thích hợp đặt mắt để quan sát thấy hình ảnh của mép khung cửa sổ nằm ngang. Mô tả và giải thích hiện tượng quan sát thấy trong gương.

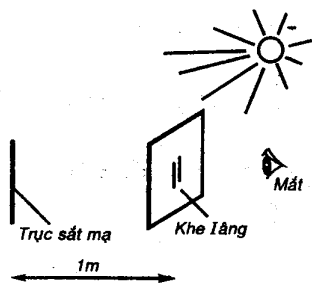
b) Cầm lăng kính thủy tinh (chỉ được cầm bằng hai cạnh đáy mà không được chạm các ngón tay vào bề mặt của lăng kính) hướng về phía cửa sổ. Đặt mắt phía sau lăng kính và điều chỉnh độ nghiêng của đáy lăng kính cho tới khi quan sát rõ hình ảnh của các chấn song hoặc mép khung cửa sổ. Mô tả và giải thích hiện tượng quan sát thấy.

2) Quan sát giao thoa ánh sáng

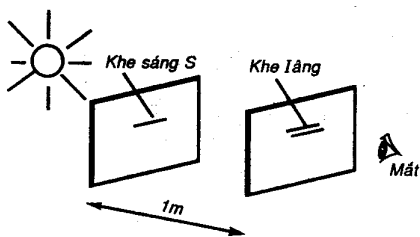
a) Đặt nắp bút mạ kẽm (hoặc trục sắt mạ kẽm) đứng thẳng trên mặt bàn để nó được chiếu sáng bằng ánh sáng mặt trời (hoặc ánh sáng đèn). Quan sát ánh sáng phản chiếu thành một vết sáng dài và hẹp tại nắp bút qua hai khe lăng đặt song song với vết sáng và cách nó chừng 1m (h.9). Mô tả hình ảnh quan sát được.

Hình ảnh giao thoa thay đổi như thế nào khi :

- tăng khoảng cách từ nắp bút đến khe lăng ;
- tăng khoảng cách từ mắt đến khe lăng ;
- đặt thêm kính lọc sắc (giấy bóng kính màu) ở trước (hay sau) khe lăng.



Hình 9



Hình 10

b) Đặt mảnh bìa có khe hẹp nằm ngang ở cửa sổ để khe này được chiếu sáng bởi ánh sáng ngoài trời. Quan sát khe sáng đó qua hai khe Iăng nằm ngang ở cách nó chừng 1m (h.10)

Làm thí nghiệm và trả lời các câu hỏi tương tự như ở mục 2a

Ghi chú : Nếu có điều kiện nên quan sát khe hẹp được chiếu sáng bởi đèn sợi đốt, đèn ống huỳnh quang hoặc ngọn lửa nến.

V - Báo cáo thí nghiệm

1) Mục đích

2) Kết quả

A- Quan sát hiện tượng tán sắc

a) Mô tả và giải thích hiện tượng quan sát được qua lăng kính nước và gương phẳng.

b) Mô tả và giải thích hiện tượng quan sát được qua lăng kính thủy tinh.

B - Quan sát hiện tượng giao thoa ánh sáng

Căn cứ vào các kết quả thí nghiệm :

a) Trả lời các câu hỏi ở mục 2a ;

b) Trả lời các câu hỏi ở mục 2b

CÁC BÀI THÍ NGHIỆM THỰC HÀNH TỔNG HỢP

Bài A

XÁC ĐỊNH ĐIỆN DUNG C CỦA TỤ ĐIỆN VÀ ĐỘ TỰ CẢM L CỦA CUỘN DÂY (2 tiết)

I- Mục đích

Vận dụng tổng hợp các kiến thức và kĩ năng thực nghiệm để xác định bằng một trong nhiều phương pháp

1) điện dung C của một tụ điện ; 2) độ tự cảm L của một cuộn dây có lõi sắt.

II- Chuẩn bị lí thuyết

A) Các phương pháp để xác định điện dung C của tụ điện

1) Mắc tụ điện vào nguồn điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng U. Khi cường độ hiệu dụng của dòng xoay chiều qua tụ điện có giá trị I thì dung kháng của tụ điện là $Z_C = \frac{U}{I} = \frac{1}{2\pi fC}$

Do U, I và biết tần số dòng xoay chiều f ta xác định được

$$C = \frac{I}{2\pi fU}$$

2) Mắc nối tiếp tụ điện C với một điện trở thuần R vào mạch điện xoay chiều. Dùng vôn kế xoay chiều ($R_v \gg R$) lần lượt đo hiệu điện thế hiệu dụng giữa hai đầu tụ điện (U_C) và giữa hai đầu điện trở (U_R)

Ta có
$$\frac{U_C}{U_R} = \frac{Z_C I}{RI} = \frac{Z_C}{R} = \frac{1}{2\pi fCR}$$

Chọn điện trở đã biết giá trị R và biết $f = 50\text{Hz}$ ta xác định được

$$C = \frac{U_R}{U_C} \cdot \frac{1}{2\pi fR}$$

B- Các phương pháp để xác định độ tự cảm L của cuộn dây

1) Trong cuộn dây được mắc vào hiệu điện thế hiệu dụng U có dòng điện xoay chiều với cường độ hiệu dụng I. Do có điện trở thuần r và có cảm kháng

$$Z_L = 2\pi fL \text{ nên tổng trở } Z = \frac{U}{I} = \sqrt{r^2 + 4\pi^2 f^2 L^2}$$

$$Z^2 = r^2 + 4\pi^2 f^2 L^2 = \frac{U^2}{I^2}$$

$$\text{Suy ra } L = \frac{1}{2\pi f} \cdot \sqrt{\frac{U^2}{I^2} - r^2}$$

$$\text{Nếu } r \ll \frac{U}{I} \text{ thì ta có } L = \frac{U}{2\pi f I}$$

2) Mắc nối tiếp cuộn dây L với tụ điện C vào hiệu điện thế hiệu dụng U không đổi. Thay đổi tụ điện thì cường độ hiệu dụng trong mạch LC thay đổi.

$$\text{Khi } \omega L = \frac{1}{C\omega} \text{ thì } Z = \sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = r$$

Cường độ hiệu dụng trong mạch đạt giá trị cực đại (cộng hưởng).

$$\text{Khi đó } L = \frac{1}{C\omega^2} = \frac{1}{C4\pi^2 f^2}$$

III- Đồ dùng cần thiết

1) Tụ điện $5\mu F$ (2 cái) ; 2) tụ điện $50\mu F$ (2 cái) ; 3) tụ điện cần xác định C_x ; 4) cuộn dây (từ 750 vòng đến 1000 vòng có lõi sắt khép kín cố định) ; 5) bộ nguồn điện xoay chiều và một chiều (có thể dùng các hiệu điện thế từ 4V đến 10V) ; 6) Máy đo điện nhiều công dụng POLYTEST (hoặc 1 vôn kế xoay chiều 10V, 1 vôn kế một chiều 3V, 1 ampe kế một chiều 100mA và 1 ampe kế xoay chiều 100mA) ; 7) điện trở than 100Ω ; 8) điện trở than 50Ω ; 9) khóa điện ; 10) bộ dây dẫn ; 11) biến trở.

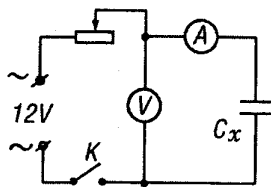
IV - Thực hành

A - Xác định điện dung C của tụ điện

1) *Cách I* : a) Mắc tụ điện C_x vào mạch điện xoay chiều tần số $f = 50\text{Hz}$ theo sơ đồ ở hình 11.

b) Điều chỉnh biến trở, đo hiệu điện thế hiệu dụng U bằng vôn kế xoay chiều và đo cường độ hiệu dụng I ứng với mỗi U bằng ampe kế xoay chiều

c) Lập bảng kết quả và tính C_x .



Hình 11

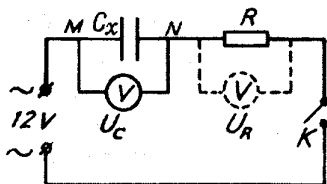
Thí nghiệm	U(V)	I(A)	$Z_c = \frac{U}{I} (\Omega)$	$C_x = \frac{1}{2\pi f U} (F)$
1	6			
2	8			
3	9			
4	10			

Tính giá trị trung bình $\bar{C}_x = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots (F)$

$$\overline{\Delta C_x} = \frac{C_{x \max} - C_{x \min}}{2} = \dots\dots\dots (F)$$

2) *Cách II* :

a) Mắc tụ điện C_x nối tiếp với điện trở than $R_1 = 50\Omega$ vào mạch điện xoay chiều tần số $f = 50\text{Hz}$ theo sơ đồ ở hình 12. Dùng vôn kế xoay chiều lần lượt đo hiệu điện thế hiệu dụng giữa hai đầu tụ điện (U_C) và giữa hai đầu điện trở (U_R). Theo tính toán ở trên.



Hình 12

$$C_x = \frac{U_R}{U} \frac{1}{2\pi f R}$$

b) Lập lại thí nghiệm tương tự với $R_2 = 100\Omega$; $R_3 = 150\Omega$

(mắc nối tiếp R_1 với R_2) để xác định C_x trong từng trường hợp.

c) Ghi các kết quả đo và tính C_x thành bảng :

Thí nghiệm	$R(\Omega)$	$U_R(V)$	$U_C(V)$	$C_x = \frac{U_R}{U_C 2\pi f R} (F)$
1	50			
2	100			
3	150			

Tính giá trị trung bình $\bar{C}_x = \dots\dots\dots (F)$

$$\overline{\Delta C_x} = \frac{C_{x \max} - C_{x \min}}{2} = \dots\dots\dots (F)$$

(Sai số $\frac{\Delta C_x}{C_x}$ phụ thuộc chủ yếu vào $\frac{\Delta R}{R}$, khoảng 10%

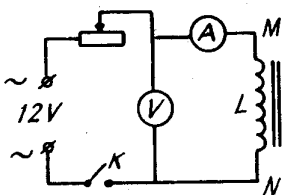
Nếu có các điện trở mẫu với độ chính xác cao thì sẽ có $\frac{\Delta C}{C}$ nhỏ)

B - Xác định độ tự cảm L của cuộn dây có lõi sắt

1) Cách 1

a) Dùng nguồn một chiều (cỡ 3V), vôn kế một chiều (thang đo 3V), ampe kế một chiều (thang đo 100 mA), để xác định điện trở thuần r của cuộn dây.

b) Mắc cuộn dây có lõi sắt cố định khép kín vào mạch điện xoay chiều với tần số $f = 50\text{Hz}$ theo sơ đồ hình 13. Đo hiệu điện thế U bằng vôn kế xoay chiều (thang đo 10V) và cường độ hiệu dụng I bằng ampe kế xoay chiều (thang đo 100mA) ứng với mỗi vị trí của con chạy biến trở.



Hình 13

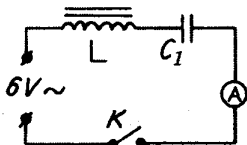
c) Ghi các kết quả đo và tính độ tự cảm L vào bảng sau :

Thí nghiệm	U(V)	I(A)	$Z = \frac{U}{I} (\Omega)$	$L = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{Z^2 - r^2} (H)$
1	6			
2	8			
3	9			
4	10			

* Tính giá trị trung bình $\bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{4} = \dots\dots (H)$

$$\overline{\Delta L} = \frac{(L_{\max} - \bar{L}) + (\bar{L} - L_{\min})}{2} = \dots\dots (H)$$

Cách II



Hình 14

a) Mắc cuộn dây có lõi sắt khép kín cố định nối tiếp với tụ điện $C_1 = 10\mu F$ và ampe kế xoay chiều (thang đo 100mA) vào nguồn điện xoay chiều $U = 6V$ có tần số $f = 50Hz$ theo sơ đồ ở hình 14. Ghi giá trị cường độ dòng điện I trong mạch điện này.

b) Lần lượt thay tụ điện C_1 bằng các bộ tụ điện có điện dung

$C_2 = 25\mu F$ (gồm 2 tụ $50\mu F$ mắc nối tiếp)

$C_3 = 30\mu F$ (thêm 1 tụ $5\mu F$ song song với C_2)

$C_4 = 35\mu F$ (thêm 2 tụ $5\mu F$ song song với C_3)

$C_5 = 50\mu F$

$C_6 = 55\mu F$ (thêm 1 tụ $5\mu F$ song song với C_5)

$C_7 = 60\mu F$ (thêm 2 tụ $5\mu F$ song song với C_5)

$C_8 = 100\mu F$ (gồm 2 tụ $50\mu F$ song song)

Ghi giá trị cường độ hiệu dụng I ứng với mỗi trường hợp vào bảng sau :

Điện dung C(μF)	10	25	30	35	50	55	60	100
Cường độ I(mA)								

c) Dựa vào bảng trên xác định giá trị điện dung C cần có để gây ra cộng hưởng dòng điện trong mạch LC mắc nối tiếp. Từ đó tính ra độ tự cảm L của ống dây.

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

Xác định $\frac{\Delta C}{C}$ từ đó tính $\frac{\Delta L}{L}$ và ΔL .

V - Báo cáo thí nghiệm

1. Mục đích

2. Kết quả

A - Xác định C_x

1) Vẽ sơ đồ mạch điện (h.11) và bảng các kết quả đã tìm được ở mục 1.c.

Kết quả $C_x = \dots \pm \dots$ (F)

2) Vẽ sơ đồ mạch điện (h.12) và bảng kết quả ở mục 2.c.

Kết quả $C_x = \dots \pm \dots$ (F)

B - Xác định L

1) Vẽ sơ đồ thí nghiệm (h.13), ghi bảng kết quả ở mục 1.c.

Kết quả $L = \dots \pm \dots$ (H)

2) Vẽ sơ đồ thí nghiệm (h.14), ghi bảng kết quả ở mục 2.b.

Kết quả $L = \dots \pm \dots$ (H)

C - Câu hỏi

*1) Anh, chị còn biết những cách nào khác để xác định C hoặc L. Hãy trình bày cách mà anh, chị coi là đáng tin cậy nhất.

*2) Hãy xác định hệ số công suất $\cos\varphi$ của đoạn mạch điện MN trong thí nghiệm A.2 và đoạn mạch điện MN trong thí nghiệm B.1.

Bài B

CÁC ĐẶC TÍNH VÀ ỨNG DỤNG CỦA TRANDITO (2 tiết)

I - Mục đích

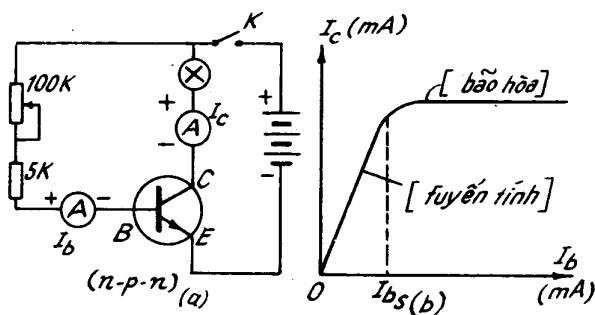
- Khảo sát thực nghiệm các đặc tính của trandito
- Lắp một số mạch đơn giản dùng trandito.

II - Chuẩn bị lí thuyết

1) Mỗi trandito có 3 cực : E, B, C khi dùng trandito cần xác định cẩn thận các cực để mắc đúng quy định vào mạch điện.

Mắc trandito trong mạch điện như ở hình 15 a, điều chỉnh biến trở để thay đổi dòng bazơ I_b thì thấy I_c thay đổi theo quy luật mô tả bởi đường đặc trưng $I_c = f(I_b)$ như ở hình 15b. Căn cứ vào đường đặc trưng này ta thấy :

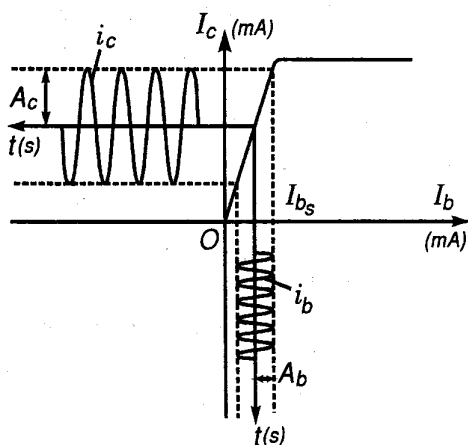
a) Khi I_b có giá trị trong khoảng từ 0 đến I_{bs} thì I_c tỉ lệ (tuyến tính) với I_b . Hệ số tỉ lệ không đổi $\beta = \frac{I_c}{I_b}$ gọi là hệ số khuếch đại dòng điện.



Hình 15

b) Khi I_b lớn hơn giá trị I_{bs} thì I_c đạt giá trị cực đại, không đổi (bão hòa) với mọi $I_b > I_{bs}$.

2) Một số ứng dụng của trandito



Hình 16

a) Chọn điện trở mắc ở mạch có dòng bazơ sao cho có $I_b > I_{bs}$. Khi mạch cực bazơ hở thì $I_b = 0$ và $I_c = 0$. Khi mạch cực bazơ kín thì I_c đạt giá trị bão hòa, có cường độ đủ lớn để làm cho đèn, chuông hay rơle điện từ mắc tại mạch có dòng côlectơ hoạt động. Tại chế độ này trandito làm việc như một khóa điện điều khiển bằng điện - như một cái "chuyển mạch điện tử". Nó được dùng trong thiết bị báo hiệu chấp mạch, báo độ cao chất lỏng, máy đếm quang điện...

b) Chọn điện trở mắc ở mạch có dòng bazơ sao cho có $0 < I_b < I_{bs}$ thì trandito sẽ làm việc ở chế độ khuếch đại tuyến tính, có thể cho I_c lớn gấp từ 30 đến 300 lần I_b để đạt cường độ cần thiết tùy theo yêu cầu của bộ phận sử dụng mắc tại cực côlectơ.

c) Chọn điện trở ở mạch cực bazơ sao cho $I_b \approx \frac{I_{bs}}{2}$ và mắc thêm tụ điện C để đưa vào cực bazơ một dòng bazơ biến thiên tuần hoàn (i_b) có biên độ $A_b < \frac{I_{bs}}{2}$ thì sẽ có dòng côlectơ biến thiên tuần hoàn (i_c) có biên độ $A_c = \beta \cdot A_b$ (h.16).

Tác dụng này của trandito thường được sử dụng để khuếch đại những dòng điện có tần số cao như ở các máy nghe cho người nặng tai, máy tăng âm, máy ghi phát âm, máy thu - phát VTĐ...

d) Trandito còn được dùng trong máy phát dao động điều hòa (xem §27. Vật lí 12).

III- Đồ dùng cần thiết

1) Trandito (3 cái : 1 cái loại npn và 2 cái loại pnp) ; 2) biến trở than $100k\Omega$; 3) các điện trở than 50Ω , $2k\Omega$, $5k\Omega$, $5k\Omega$, $50k\Omega$, $270k\Omega$; 4) các tụ điện $0,1\mu F$, $0,1\mu F$; 5) 2 cuộn dây có lõi sắt ; 6) ống nghe (2 cái) ; 7) đèn 4V - 0,05A ; 8) bộ pin 4,5V ; 9) bộ dây dẫn ; 10) cốc nước muối ; 11) ampe kế một chiều (2 cái) ; 12) khóa điện.

IV - Thực hành

1) Khảo sát các đặc tính của trandito :

a) Mắc mạch điện theo sơ đồ ở hình 15a. Chú ý mắc đúng các cực trandito và các máy đo điện theo quy định. Trước khi đóng khóa K cần đặt con chạy của biến trở về phía gần cực bazơ nhất.

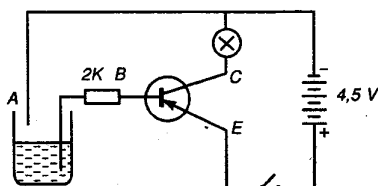
b) Đóng khóa K và điều chỉnh biến trở để tăng dần cường độ dòng bazơ I_b từ 0 tới khoảng 3mA. Ghi các giá trị cường độ dòng côlectơ I_c tương ứng với mỗi giá trị của I_b vào bảng các kết quả sau đây :

$I_b(\text{mA})$	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$I_c(\text{mA})$										

c) Căn cứ vào các kết quả đo hãy xác định khoảng các giá trị của I_b để trandito này hoạt động ở chế độ bão hòa và ở chế độ khuếch đại tuyến tính.

d) Xác định hệ số khuếch đại dòng điện

$$\beta = \frac{I_c}{I_b} \text{ của trandito này.}$$



Hình 17

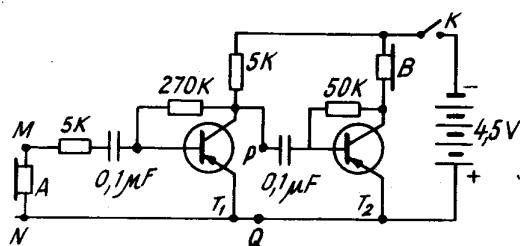
2) Lắp thiết bị báo hiệu chập mạch để xác định mức chất lỏng trong bình chứa. Mắc mạch điện theo sơ đồ ở hình 17.

Đổ nước muối vào bình cho tới khi mức nước chạm vào đầu dây dẫn A. Quan sát và giải thích hiện tượng.

Hiện tượng sẽ xảy ra như thế nào khi chất lỏng là dầu hỏa ? Vì sao ?

3) Lắp mẫu máy nghe cho người điếc

a) Mặc mạch điện theo sơ đồ ở hình 18.



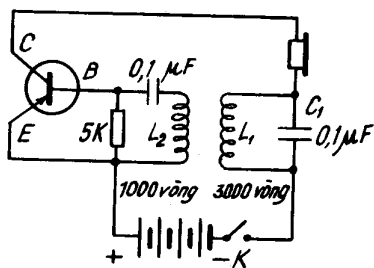
Hình 18

Đặt ống nghe B vào tai, đóng khóa K rồi nói vào "ống nghe A" (dùng làm micrô) để nghe thấy tiếng nói.

Giải thích hoạt động của mạch điện, vai trò của điện trở 270kΩ, và 50kΩ, vai trò của các tụ điện 0,1μF.

b) Tháo micrô A khỏi M và N để mắc vào giữa P và Q. Nói vào ống nghe A thì tiếng nói phát ra tại ống nghe B sẽ thay đổi thế nào ? Giải thích vì sao ?

4) Lắp máy phát dao động điều hòa đơn giản.



Hình 19

a) Mặc mạch điện như ở hình 19. Đóng khóa K, điều chỉnh lõi sắt của hai cuộn dây, so sánh sự thay đổi của âm phát ra ở ống nghe.

Giải thích hoạt động của mạch điện.

b) Giảm số vòng dây của cuộn L1 hoặc thay tụ C1 bằng tụ 0,2μF (mắc song song 2 tụ 0,1μF). Âm thanh phát ra thay đổi thế nào ? Vì sao ?

Ghi chú : Nếu không nghe thấy âm phát ra thì thử đảo hai đầu của một trong hai cuộn dây L1 hoặc L2.

V- Báo cáo thí nghiệm

1) Mục đích

2) Kết quả

a) Ghi lại bảng các kết quả thí nghiệm ở mục 1b.

Trandito hoạt động ở chế độ bão hòa khi.....

Trandito hoạt động ở chế độ khuếch đại tuyến tính khi.....

Hệ số khuếch đại dòng điện là $\beta =$

b) Khi mức chất lỏng (nước muối) chạm vào đầu dây dẫn A thì thấy đèn..... vì.....

Nếu chất lỏng là dầu hỏa thì..... vì.....

c) Ống nối B phát ra tiếng nói vì.....

Điện trở 270k Ω có tác dụng.....

Điện trở 50k Ω có tác dụng.....

Tụ điện 0,1 μ F có tác dụng.....

Micro mắc vào P và Q thì tiếng nói phát ra từ ống nghe B sẽ..... vì.....

d) Máy phát dao động điều hòa hoạt động được vì.....

Khi giảm số vòng của cuộn dây L_1 thì âm phát ra sẽ..... vì.....

Khi tăng điện dung của tụ điện C_1 thì âm phát ra sẽ..... vì.....

Bài C

XÁC ĐỊNH TIÊU CỰ CỦA THẤU KÍNH (2 tiết)

I- Mục đích

Xác định tiêu cự của thấu kính hội tụ và thấu kính phân kì bằng nhiều cách và đánh giá độ chính xác của kết quả thí nghiệm.

II- Chuẩn bị lí thuyết

Gọi khoảng cách từ vật đến thấu kính là d , từ thấu kính đến ảnh là d' , ta có thể xác định tiêu cự f của thấu kính bằng công

$$\text{thức } \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$$

Người ta thường xác định f bằng thực nghiệm theo các cách sau :

1) Với mỗi thấu kính hội tụ - có f xác định - khi d tăng thì d' giảm. Khi d rất lớn thì d' rất nhỏ có thể bỏ qua so với d và ta có thể coi như $f = d'$. Như vậy để xác định f ta chỉ cần đo khoảng cách d' từ thấu kính đến nơi đặt màn ảnh hứng được ảnh rõ nét nhất của vật sáng đặt ở rất xa, phía bên kia thấu kính đó.

2) Nếu đặt một vật sáng ở cách thấu kính hội tụ một khoảng d sao cho khi di chuyển màn ảnh ở phía bên kia thấu kính đó đến một vị trí có thể hứng được ảnh rõ nét của vật sáng thì sau khi đo khoảng cách vật d và khoảng cách d' ta tính được tiêu cự

$$\text{là } f = \frac{dd'}{d + d'}$$

Chú ý : Từ công thức tính sai số tương đối

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta d'}{d'} - \frac{\Delta(d + d')}{d + d'}$$

ta nhận thấy khi chọn d khá lớn để

$\frac{\Delta d}{d}$ nhỏ thì d' sẽ nhỏ và $\frac{\Delta d'}{d'}$ sẽ lớn. Kết quả là $\frac{\Delta f}{f}$ sẽ lớn. Do đó

để giảm $\frac{\Delta f}{f}$, nhằm tăng độ chính xác của phép xác định f ta cần chọn qua thực nghiệm sao cho d và d' không chênh lệch nhau nhiều.

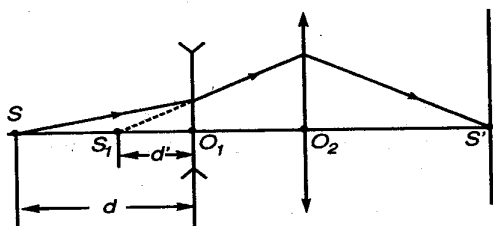
3) Đặc biệt khi điều chỉnh để tìm được qua thí nghiệm sao cho có $d_o = d'_o$ thì sẽ có $\frac{1}{f} = \frac{2}{d_o} = \frac{2}{d'_o}$. Suy ra $f = \frac{d_o}{2} = \frac{d'_o}{2}$ và

$$\Delta f = \frac{\Delta d_o}{2} = \frac{\Delta d'_o}{2}$$

Kết quả xác định f theo cách này phạm sai số Δf nhỏ nên đạt độ chính xác cao.

4) Thấu kính phân kì chỉ cho ảnh ảo của vật thật. Vì khó xác định chính xác vị trí ảnh ảo một cách trực tiếp bằng thí nghiệm nên người ta thường xác định tiêu cự của thấu kính phân kì bằng cách ghép thấu kính phân kì đồng trục với một thấu kính hội tụ để thu được ảnh thật của vật sáng đặt tại S , ảnh thu được trên màn ảnh đặt tại S' như ở hình 20. Sau đó bỏ thấu kính phân kì đi và dịch vật sáng từ S đến vị trí S_1 sao cho ảnh của vật sáng qua thấu kính hội tụ hiện rõ nhất trên màn ảnh đặt tại S' . Khi

đó S_1 chính là vị trí ảnh ảo tạo bởi thấu kính phân kì của vật sáng đặt tại S. Như vậy $SO_1 = d$ và $O_1S_1 = d'$ và tiêu cự f' của thấu kính phân kì được tính bởi $f' = \frac{dd'}{d + d'}$



Hình 20

Vì ảnh của S qua thấu kính phân kì ở S_1 là ảnh ảo nên d' mang dấu âm (-) và vì $|d| > |d'|$ nên f' mang dấu âm (-).

III - Đồ dùng cần thiết

- 1) Thấu kính hội tụ (loại +5 đến +10 điốp) ; 2) Thấu kính phân kì (loại -10 đến -12 điốp) ; 3) bóng đèn pin 2,5V gắn trên đế ; 4) màn ảnh ; 5) thanh gỗ thẳng dài 1m ; 6) thước dài 500mm ; 7) nguồn điện 3V ; 8) khóa điện ; 9) các dây dẫn.

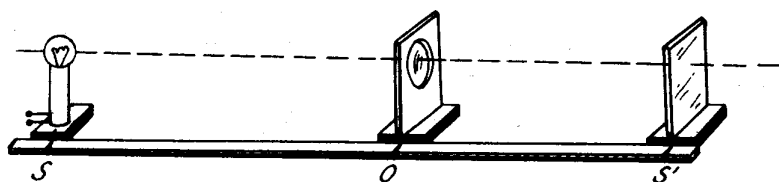
IV - Thực hành

A - Xác định tiêu cự f của thấu kính hội tụ

1) Đặt thấu kính hội tụ hướng về phía cửa sổ mở nhìn ra cảnh vật bên ngoài (cách xa trên 30 - 40m). Di chuyển màn ảnh ở phía sau thấu kính để tìm vị trí quan sát thấy ảnh rõ nét của vật ở rất xa bên ngoài cửa sổ (nóc ngôi nhà, ngọn cây cao, đỉnh tháp hoặc cột cờ). Đo khoảng cách d' từ thấu kính tới màn ảnh, khi đó ta có $f = d'$.

Lặp lại thí nghiệm trên nhiều lần với những vật khác nhau ở rất xa. Tính giá trị trung bình của tiêu cự f và sai số Δf .

2) Bố trí bóng đèn, thấu kính hội tụ và màn ảnh thẳng hàng dọc theo thanh gỗ thẳng như ở hình 21.



Hình 21

Thoạt tiên đặt đèn cách thấu kính một khoảng $d = 450\text{mm} \pm 1\text{mm}$, tắt sáng đèn rồi di chuyển màn ảnh tới vị trí thấy có ảnh rõ nét của sợi tóc đèn trên màn ảnh. Đo khoảng cách từ thấu kính tới màn ảnh ta được $d' = \dots$

Thí nghiệm nhiều lần với d không đổi ta thấy khoảng cách ảnh d' nằm trong khoảng hai giá trị giới hạn $d'_{\max}$ và $d'_{\min}$. Từ đó có thể tính được các giá trị giới hạn của tiêu cự thấu kính là

$$f_{\max} = \frac{d_{\max} \cdot d'_{\max}}{d_{\min} + d'_{\min}} \quad \text{và} \quad f_{\min} = \frac{d_{\min} \cdot d'_{\min}}{d_{\max} + d'_{\max}}$$

$$\text{Suy ra } \bar{f} = \frac{f_{\max} + f_{\min}}{2} \quad \text{và} \quad \overline{\Delta f} = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{2}$$

Ghi kết quả $f = \dots \pm \dots (\text{mm})$

3) Đặt thấu kính hội tụ ở chính giữa thanh gỗ dài. Di chuyển đồng thời đèn và màn ảnh đặt đối xứng nhau qua thấu kính cho tới vị trí thu được ảnh rõ nét của sợi tóc đèn sáng ở trên màn ảnh. Đo khoảng cách vật d_0 và khoảng cách ảnh d'_0 và điều chỉnh để có $d_0 = d'_0$ mà ảnh rõ nhất.

$$\text{Từ đó suy ra tiêu cự } f = \frac{d_0}{2} \quad (\text{hoặc } f = \frac{d'_0}{2})$$

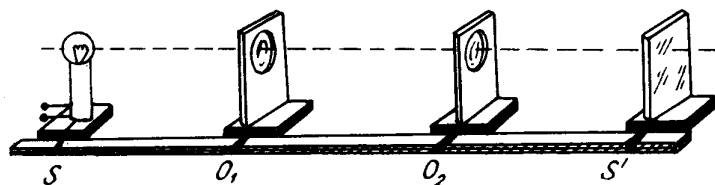
Xác định sai số tuyệt đối Δd_0 và suy ra Δf .

Ghi kết quả $f = \dots \pm \dots (\text{mm})$

4) So sánh những kết quả tìm được bằng 3 cách kể trên. Kết quả nào đáng tin cậy nhất ? Vì sao.

B- Xác định tiêu cự của thấu kính phân kì

1) Bố trí đèn, thấu kính phân kì, thấu kính hội tụ và màn ảnh thành hàng dọc theo thanh gỗ thẳng như ở hình 22. Thắp sáng đèn, di chuyển thấu kính hội tụ cho đến khi hứng được ảnh rõ nhất của sợi tóc đèn sáng ở trên màn ảnh.



Hình 22

2) Đo khoảng cách từ đèn đến thấu kính phân kì, ứng với đoạn $SO_1 = d$ trong hình vẽ 20. Giữ nguyên vị trí của thấu kính hội tụ và màn ảnh. Đánh dấu trên thanh gỗ thẳng vị trí của điểm đặt thấu kính phân kì O_1 . Bỏ thấu kính phân kì ra rồi dịch chuyển đèn lại gần thấu kính hội tụ cho đến vị trí mà ảnh của sợi tóc đèn lại hiện rõ nhất trên màn ảnh. Lúc này đèn ở đúng vị trí S_1 của ảnh ảo tạo thành bởi thấu kính phân kì trong thí nghiệm ở hình 22.

Khoảng cách O_1S_1 chính là khoảng cách ảnh d' tạo thành bởi thấu kính phân kì khi vật là sợi tóc đèn đặt tại điểm S cách O_1 một khoảng $SO_1 = d$. Đo khoảng $O_1S_1 = d'$.

3) Tính tiêu cự f' của thấu kính phân kì bằng công thức

$$f' = \frac{dd'}{d + d'} \text{ trong đó } d' \text{ mang dấu trừ vì ảnh tại } S_1 \text{ là ảnh ảo.}$$

4) Lập lại thí nghiệm với những giá trị gần bằng nhau của $d = SO_1$. Xác định f' trong từng trường hợp rồi tính giá trị trung bình của $\bar{f'}$ và sai số tuyệt đối trung bình $\Delta \bar{f'}$

C- Câu hỏi bổ sung

Anh, chị còn biết những cách nào khác để xác định tiêu cự của thấu kính hay không? Hãy mô tả và nếu có thể thì thực hiện cách mà anh, chị cho là tốt nhất.

V - Báo cáo thí nghiệm

1) Mục đích

2) Kết quả

A- Xác định tiêu cự của thấu kính hội tụ

Khi vật ở rất xa thì $\bar{d}' = \frac{d'_1 + d'_2 + d'_3 + d'_4}{4} = \dots$

$$\overline{\Delta d'} = \frac{d'_{\max} - d'_{\min}}{2}$$

Vậy $f = \dots \pm \dots (\text{mm})$

2) Kết quả thí nghiệm A.2 cho

$d_{\max} = \dots$; $d_{\min} = \dots$

$d'_{\max} = \dots$; $d'_{\min} = \dots$

Do đó $f_{\max} = \dots$; $f_{\min} = \dots$ và $\Delta f = \dots$

Vậy $f = \dots \pm \dots (\text{mm})$

3) Kết quả thí nghiệm A.3 cho

$d_o = \dots \pm \dots$; $d'_o = \dots \pm \dots$

Từ đó có $f = \dots \pm \dots (\text{mm})$

4) Kết quả xác định f theo cách.....đáng tin cậy nhất vì.....

B - Xác định tiêu cự của thấu kính phân kì

Lần	Khoảng cách vật $d(\text{mm})$	Khoảng cách ảnh $d'(\text{mm})$	Tiêu cự $f(\text{mm})$
1	$d_1 =$	$d'_1 =$	$f_1 =$
2	$d_2 =$	$d'_2 =$	$f_2 =$
3	$d_3 =$	$d'_3 =$	$f_3 =$

$$\bar{f}' = \frac{f'_1 + f'_2 + f'_3}{3} = \dots (\text{mm})$$

$$\overline{\Delta f'} = \frac{f'_{\max} - f'_{\min}}{2} = \dots (\text{mm})$$

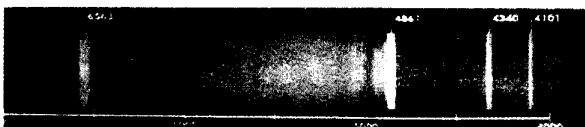
Vậy $f' = \dots \pm \dots (\text{mm})$

C - Xác định tiêu cự thấu kính bằng các cách khác

QUANG PHỔ PHÁT XẠ VÀ HẤP THỤ

1. Quang phổ phát xạ của :

a) Hidrô



b) Thủy ngân



c) Natri



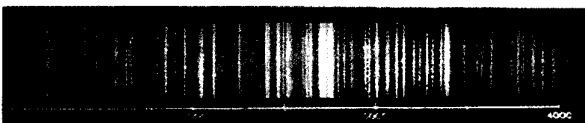
d) Hêli



e) Sắt



f) Urani 238



2. Quang phổ hấp thụ của :

a) Hêli



b) Natri



c) Chất diệt lục



MỤC LỤC

Trang

Phần một DAO ĐỘNG VÀ SÓNG

Chương I - DAO ĐỘNG CƠ HỌC

§1. Dao động tuần hoàn và dao động điều hòa. Con lắc lò xo	3
§2. Khảo sát dao động điều hòa	7
§3. Năng lượng trong dao động điều hòa	12
§4-§5. Sự tổng hợp dao động	15
§6-§7. Dao động tắt dần và dao động cưỡng bức	20
Tóm tắt chương I	26

Chương II - SÓNG CƠ HỌC. ÂM HỌC

§8. Hiện tượng sóng trong cơ học	28
§9. §10. Sóng âm	32
§11. Giao thoa sóng	38
Tóm tắt chương II	43

Chương III - DAO ĐỘNG ĐIỆN, DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

§12. Hiệu điện thế dao động điều hòa. Dòng điện xoay chiều	45
§13-§14. Dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch chỉ có điện trở thuần, cuộn cảm hoặc tụ điện.	49
§15. Dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch không phân nhánh (đoạn mạch RLC)	56
§16. Công suất của dòng điện xoay chiều	59
§17. Một số bài toán về mạch điện xoay chiều	62
§18. Máy phát điện xoay chiều một pha	64
§19. Dòng điện xoay chiều ba pha	67

273

§20. Động cơ không đồng bộ ba pha	71
§21. Máy biến thế. Sự truyền tải điện năng	74
§22. Cách tạo ra dòng điện một chiều	78
Tóm tắt chương III	81

Chương IV - DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ. SÓNG ĐIỆN TỬ

§23. Mạch dao động. Dao động điện từ	84
§24. Dòng điện xoay chiều, dao động điện từ cao tần và dao động cơ học	88
§25. Điện từ trường	92
§26. Sóng điện từ	94
§27. Sự phát và thu sóng điện từ	98
§28 - §29. Sơ lược về máy phát và máy thu vô tuyến điện	101
Tóm tắt chương IV	106

Phần II

QUANG HỌC

Chương V - SỰ PHẢN XẠ VÀ SỰ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

§30. Sự truyền ánh sáng. Sự phản xạ ánh sáng. Gương phẳng	108
§31. Gương cầu lõm	112
§32. Gương cầu lồi. Công thức gương cầu. Những ứng dụng của gương cầu.	117
§33. Sự khúc xạ ánh sáng	122
§34. Hiện tượng phản xạ toàn phần	126
§35. Lăng kính	129
§36. Thấu kính mỏng	132
§37. Ảnh của một vật qua một thấu kính. Công thức thấu kính	136
Tóm tắt chương V	141

Chương VI - MẮT VÀ CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

§38. Máy ảnh và mắt	143
§39. Các tật của mắt và cách sửa	149
§40. Kính lúp	152
§41. Kính hiển vi và kính thiên văn	155
Tóm tắt chương VI	161

Chương VII - TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG 162

§42. Hiện tượng tán sắc ánh sáng	163
§43. Hiện tượng giao thoa ánh sáng	166
§44. Đo bước sóng ánh sáng. Bước sóng và màu sắc ánh sáng	169
§45. Máy quang phổ. Quang phổ liên tục	173
§46. Quang phổ vạch	176
§47. Tia hồng ngoại và tia tử ngoại	179
§48. Tia Rơnghen	182
Tóm tắt chương VII	186

Chương VIII - LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

§49. Hiện tượng quang điện	187
§50. Thuyết lượng tử và các định luật quang điện	190
§51. Quang trở và pin quang điện	196
§52. Một vài hiện tượng quang học liên quan đến tính chất lượng tử của ánh sáng	199
§53. Ứng dụng của thuyết lượng tử trong nguyên tử hiđrô	201
Tóm tắt chương VIII	205

Phần ba

VẬT LÝ HẠT NHÂN

Chương IX - NHỮNG KIẾN THỨC SƠ BỘ VỀ HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

§54. Cấu tạo của hạt nhân nguyên tử. Đơn vị khối lượng nguyên tử	208
§55. Sự phóng xạ	211
§56. Phản ứng hạt nhân	215
§57. Phản ứng hạt nhân nhân tạo. Ứng dụng của các đồng vị phóng xạ	218
§58. Hệ thức Anhxtanh giữa năng lượng và khối lượng	222
§59. Độ hụt khối. Năng lượng hạt nhân	225
§60. Sự phân hạch. Nhà máy điện nguyên tử	228
§61. Phản ứng nhiệt hạch	232
Bài đọc thêm	234
Tóm tắt chương IX	237

09

Phần bốn
CÁC BÀI THÍ NGHIỆM THỰC HÀNH

<i>Bài 1</i> : Kiểm nghiệm định luật về dao động của con lắc đơn. Xác định gia tốc rơi tự do.	241
<i>Bài 2</i> : Xác định bước sóng và tần số của âm	244
<i>Bài 3</i> : Mạch điện xoay chiều có R,L,C	248
<i>Bài 4</i> : Xác định chiết suất của thủy tinh	251
<i>Bài 5</i> : Quan sát các hiện tượng tán sắc và giao thoa ánh sáng	254

CÁC BÀI THÍ NGHIỆM THỰC HÀNH TỔNG HỢP

<i>Bài A</i> : Xác định điện dung C của tụ điện và độ tự cảm L của cuộn dây (2 tiết)	257
<i>Bài B</i> : Các đặc tính và ứng dụng của tranzito (2 tiết)	263
<i>Bài C</i> : Xác định tiêu cự của thấu kính (2 tiết)	267