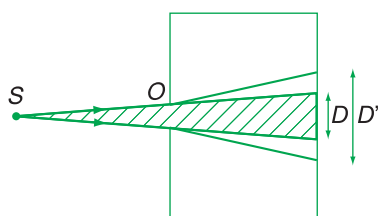


Giữa âm và ánh sáng có nhiều điểm tương đồng : chúng cùng truyền theo đường thẳng, cùng tuân theo định luật phản xạ... Âm lại có tính chất sóng. Liệu ánh sáng cũng có tính chất ấy không ? Bài này sẽ cho ta câu trả lời.



Hình 25.1

Do có sự nhiễu xạ ánh sáng, chùm sáng khi qua lỗ  $O$  bị loe ra thêm một chút.

## I - HIỆN TƯỢNG NHIỄU XẠ ÁNH SÁNG

Đặt một nguồn sáng điểm  $S$  trước một lỗ tròn nhỏ  $O$ , khoét trên thành của một hộp kín hình hộp chữ nhật (H.25.1). Nếu ánh sáng truyền thẳng thì trên thành đối diện của lỗ  $O$  ta sẽ thấy một vết sáng tròn đường kính  $D$ . Vết sáng đó là đáy của một hình nón đỉnh  $S$ , mặt bên tựa lên chu vi của lỗ.

Thực tế thì ta lại thấy một vết tròn sáng có đường kính  $D'$  lớn hơn  $D$ . Lỗ  $O$  càng nhỏ thì  $D'$  càng lớn so với  $D$ .

Như vậy, khi gặp mép lỗ, ánh sáng đã có sự truyền sai lệch với sự truyền thẳng. *Hiện tượng truyền sai lệch so với sự truyền thẳng khi ánh sáng gặp vật cản gọi là hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng.*

Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng chỉ có thể giải thích được nếu thừa nhận ánh sáng có tính chất sóng, tương tự như hiện tượng nhiễu xạ của sóng trên mặt nước khi gặp vật cản. *Mỗi chùm sáng đơn sắc coi như một sóng có bước sóng xác định.*

## II - HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

### 1. Thí nghiệm Y-âng về giao thoa ánh sáng

Một bóng đèn  $\mathcal{D}$  chiếu sáng một khe hẹp  $F$  (H.25.2). Khe  $F$  nhiễu xạ ánh sáng qua nó và trở thành một nguồn sáng mới, nguồn này lại chiếu sáng hai khe hẹp  $F_1, F_2$  giống nhau, đặt cách đều  $F$  chừng vài chục xentimét. Ánh sáng nhiễu xạ qua  $F_1, F_2$  cùng rơi vào một tấm kính mỏng trong suốt  $M$  đóng vai trò như một màn ảnh, đặt cách  $F_1, F_2$  chừng vài chục xentimét. Quan sát  $M$  qua một kính lúp  $L$ , ta trông thấy một hệ vân có nhiều màu. Đặt một tấm kính màu  $K$ , màu đỏ chẳng hạn, giữa đèn  $\mathcal{D}$  và khe  $F$  thì trên màn  $M$  chỉ có những vạch sáng đỏ và tối xen kẽ, song song và cách đều nhau.

Hiện tượng trong vùng hai chùm sáng gặp nhau lại có những vạch tối đã buộc ta phải thừa nhận ánh sáng có tính chất sóng. Những vạch tối là chỗ hai sóng ánh sáng triệt tiêu lẫn nhau. Những vạch sáng là chỗ hai sóng ánh sáng tăng cường lẫn nhau. Những vạch sáng và tối xen kẽ nhau chính là hệ vân giao thoa của hai sóng ánh sáng. **C1**

### 2. Vị trí các vân sáng

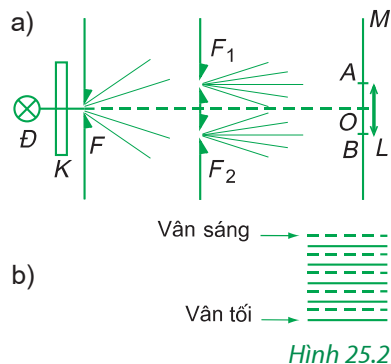
Hình 25.3 là sơ đồ rút gọn của thí nghiệm Y-âng trên.

Ta đặt :

$a = F_1F_2$  ;  $I$  là trung điểm của  $F_1F_2$  ;  $A$  là một điểm trên màn  $M$  ;

$d_1 = F_1A$  và  $d_2 = F_2A$  ;  $O$  là giao điểm của đường trung trực của  $F_1F_2$  với màn  $M$  ;

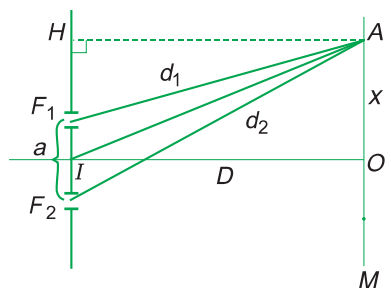
$x = OA$  ;  $D = IO$  là khoảng cách từ hai nguồn đó tới màn  $M$  ;  $\lambda$  là bước sóng ánh sáng.



**C1** Trong thí nghiệm này, có thể bỏ màn  $M$  đi được không ?

Thí nghiệm Y-âng được giải thích như sau :

Hai khe  $F_1, F_2$  được chiếu sáng bởi cùng một khe  $F$  đã trở thành hai nguồn kết hợp. Hai sóng kết hợp phát đi từ  $F_1, F_2$  khi gặp nhau trên màn  $M$  đã giao thoa với nhau.



Tính hiệu đường đi :

Hai tam giác vuông  $AHF_1$  và  $AHF_2$  cho ta :

$$\overline{AF_1}^2 - \overline{HF_1}^2 = \overline{AH}^2 = \overline{AF_2}^2 - \overline{HF_2}^2$$

Do đó :

$$\overline{AF_2}^2 - \overline{AF_1}^2 = \overline{HF_2}^2 - \overline{HF_1}^2$$

$$d_2^2 - d_1^2 =$$

$$= (HF_2 - HF_1)(HF_2 + HF_1)$$

$$(d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = a.2x$$

$$d_2 - d_1 = \frac{2ax}{d_2 + d_1}$$

Hiệu đường đi  $d_2 - d_1$  :

$$d_2 - d_1 = \frac{2ax}{d_2 + d_1}$$

$a$  và  $x$  thường không quá một, hai milimét, còn  $D$  thường là vài chục, thậm chí một, hai trăm centimét. Do đó có thể lấy gần đúng  $d_2 + d_1 \approx 2D$  và đẳng thức trên thành :

$$d_2 - d_1 \approx \frac{2ax}{2D} = \frac{ax}{D} \Rightarrow x = \frac{D}{a} (d_2 - d_1)$$

Để tại  $A$  có một vân sáng thì hai sóng gặp nhau tại  $A$  phải tăng cường lẫn nhau, tức là ta phải có :

$$d_2 - d_1 = k\lambda \quad \text{với } k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$$

và khoảng cách từ  $O$  đến vân sáng thứ  $k$  là :

$$x_k = k \frac{\lambda D}{a} \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots) \quad (25.1)$$

$k$  gọi là *bậc giao thoa*.

Vì xen chính giữa hai vân sáng là một vân tối nên ta có thể chứng minh dễ dàng công thức xác định vị trí các vân tối :

$$x_{k'} = (k' + \frac{1}{2}) \frac{\lambda D}{a} \quad (k' = 0, \pm 1, \pm 2 \dots) \quad (25.1')$$

Đối với các vân tối, không có khái niệm bậc giao thoa.


### 3. Khoảng vân


a) Định nghĩa : *Khoảng vân  $i$  là khoảng cách giữa hai vân sáng, hoặc hai vân tối liên tiếp.*

b) Công thức tính khoảng vân :

$$i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a} [(k+1) - k]$$

$$i = \frac{\lambda D}{a} \quad (25.2)$$

 Quan sát các vân giao thoa, có thể nhận biết vân nào là vân chính giữa không ?

c) Tại điểm  $O$ , ta có  $x = 0$ ,  $k = 0$  và  $d_2 - d_1 = 0$  không phụ thuộc  $\lambda$ . Vậy ở  $O$  có vân sáng bậc 0 của mọi ánh sáng đơn sắc. Ta gọi nó là vân chính giữa, hay vân trung tâm. 

## 4. Ứng dụng : Đo bước sóng của ánh sáng

Từ công thức (25.2), ta suy ra :

$$\lambda = \frac{ia}{D} \quad (25.3)$$

Công thức này cho thấy rằng, nếu đo ba đại lượng  $i$ ,  $a$  và  $D$  thì suy ra được  $\lambda$ . Chính bằng cách này mà Y-âng, lần đầu tiên, đã đo được bước sóng của một số ánh sáng đơn sắc khác nhau.

## III - BƯỚC SÓNG ÁNH SÁNG VÀ MÀU SẮC

Kết quả đo bước sóng của các ánh sáng đơn sắc khác nhau cho thấy rằng :

**1.** Mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng trong chân không xác định.

Ví dụ :

Ánh sáng vàng của đèn natri có  $\lambda \approx 589 \text{ nm}$  ;

Ánh sáng lục của đèn thủy ngân có :

$$\lambda = 546 \text{ nm}.$$

**2.** Các ánh sáng đơn sắc có bước sóng trong khoảng từ 380 nm<sup>(1)</sup> (ứng với màu tím trên quang phổ) đến chừng 760 nm (ứng với màu đỏ) mới gây ra cảm giác sáng. Đó là các *ánh sáng nhìn thấy được* (khả kiến).

**3.** Ánh sáng trắng của Mặt Trời là hỗn hợp của vô số ánh sáng đơn sắc có bước sóng biến thiên liên tục từ 0 đến  $\infty$ . Nhưng chỉ các bức xạ có bước sóng trong khoảng từ 380 nm đến 760 nm là giúp được cho mắt nhìn mọi vật và phân biệt màu sắc.

**4.** Bảng 25.1 cho biết khoảng bước sóng trong chân không của bảy vùng màu trên quang phổ, hay bảy màu cầu vồng.

Chú ý rằng, bước sóng ánh sáng mà ta nói ở đây là bước sóng ánh sáng trong chân không. Khi truyền trong các môi trường trong suốt thì tốc độ của ánh sáng giảm đi, nhưng chu kì, hay tần số của sóng ánh sáng vẫn không đổi, nên bước sóng sẽ giảm.

**Bảng 25.1**

Bước sóng của ánh sáng nhìn thấy trong chân không

Màu	$\lambda$ (nm)
Đỏ	640 ÷ 760
Da cam	590 ÷ 650
Vàng	570 ÷ 600
Lục	500 ÷ 575
Lam	450 ÷ 510
Chàm	430 ÷ 460
Tím	380 ÷ 440

(1) 1 nm (nanômét) =  $1.10^{-9} \text{ m}$

**5.** Điều kiện về nguồn kết hợp trong hiện tượng giao thoa ánh sáng có thể phát biểu như sau :

- Hai nguồn phải phát ra hai sóng ánh sáng có cùng bước sóng.
- Hiệu số pha dao động của hai nguồn phải không đổi theo thời gian.

**Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng truyền sai lệch với sự truyền thẳng khi ánh sáng gặp vật cản. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng chứng tỏ ánh sáng có tính chất sóng.**

**Mỗi ánh sáng đơn sắc có bước sóng hoặc tần số trong chân không hoàn toàn xác định.**

**Thí nghiệm Y-âng chứng tỏ rằng hai chùm ánh sáng cũng có thể giao thoa được với nhau, nghĩa là ánh sáng có tính chất sóng.**

**Hai nguồn sáng kết hợp là hai nguồn phát ra hai sóng ánh sáng có cùng bước sóng và hiệu số pha dao động giữa hai nguồn không thay đổi theo thời gian.**

**Công thức xác định vị trí vân sáng :**

$$x_k = k \frac{\lambda D}{a} \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

**Công thức tính khoảng vân  $i$  :**

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

**( $\lambda$  : bước sóng ;  $a = F_1 F_2$  là khoảng cách giữa hai nguồn kết hợp,  $D = OI$  là khoảng cách từ hai nguồn kết hợp đến màn quan sát).**

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Kết luận quan trọng nhất rút ra từ thí nghiệm Y-âng là gì ?
2. Viết công thức xác định vị trí các vân sáng.
3. Viết công thức tính khoảng vân.
4. Ánh sáng nhìn thấy được có bước sóng nằm trong khoảng nào ?
5. Nêu những đặc điểm của ánh sáng đơn sắc.



6. Chỉ ra công thức đúng để tính khoảng vân.

A.  $i = \frac{\lambda D}{a}$  ;    B.  $i = \frac{\lambda a}{D}$  ;

C.  $i = \frac{aD}{\lambda}$  ;    D.  $i = \frac{a}{\lambda D}$ .

7. Chọn câu đúng.  
Ánh sáng màu vàng của natri có bước sóng  $\lambda$  bằng  
A. 0,589 mm.                      B. 0,589 nm.  
C. 0,589  $\mu\text{m}$ .                      D. 0,589 pm.
8. Trong một thí nghiệm Y-âng với  $a = 2 \text{ mm}$ ,  $D = 1,2 \text{ m}$ , người ta đo được  $i = 0,36 \text{ mm}$ . Tính bước sóng  $\lambda$  và tần số  $f$  của bức xạ.
9. Một khe hẹp  $F$  phát ánh sáng đơn sắc, bước sóng  $\lambda = 600 \text{ nm}$  chiếu sáng hai khe  $F_1, F_2$  song song với  $F$  và cách nhau  $1,2 \text{ mm}$ . Vân giao thoa được quan sát trên một màn  $M$  song song với mặt phẳng chứa  $F_1, F_2$  và cách nó  $0,5 \text{ m}$ .
- a) Tính khoảng vân.  
b) Xác định khoảng cách từ vân sáng chính giữa đến vân sáng bậc 4.
10. Trong một thí nghiệm Y-âng, khoảng cách giữa hai khe  $F_1, F_2$  là  $a = 1,56 \text{ mm}$ , khoảng cách từ  $F_1, F_2$  đến màn quan sát là  $D = 1,24 \text{ m}$ . Khoảng cách giữa 12 vân sáng liên tiếp là  $5,21 \text{ mm}$ . Tính bước sóng ánh sáng.