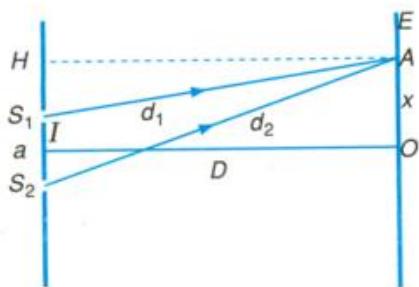


37

KHOẢNG VÂN BUỚC SÓNG VÀ MÀU SẮC ÁNH SÁNG



Hình 37.1 Xác định vị trí vân giao thoa.

Kẻ AH vuông góc với S_1S_2 , ta có :

$$S_1H = x - \frac{a}{2}; S_2H = x + \frac{a}{2}$$

và $d_1^2 = \left(x - \frac{a}{2}\right)^2 + D^2$

$$d_2^2 = \left(x + \frac{a}{2}\right)^2 + D^2$$

Từ đó :

$$d_2^2 - d_1^2 = (d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2ax \quad (37.1)$$

Với các điểm A ở gần O và $D \gg a$, ta có thể coi $d_1 + d_2 \approx 2D$. Từ (37.1), rút ra :

$$d_2 - d_1 \approx \frac{ax}{D}$$

C1 Trong trường hợp giao thoa sóng cơ, muốn cho tại điểm A có vân giao thoa, cực đại hoặc cực tiểu thì hiệu đường đi $|d_2 - d_1|$ phải thoả mãn điều kiện gì ?

1. Xác định vị trí các vân giao thoa và khoảng vân

a) Vị trí của các vân giao thoa

Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng (Bài 36), ta xét một điểm A trên màn quan sát, được xác định bởi đoạn thẳng $OA = x$ (Hình 37.1).

Đặt $S_1S_2 = a$, $IO = D$ (khoảng cách từ hai nguồn S_1S_2 đến màn quan sát E), $d_1 = S_1A$ và $d_2 = S_2A$.

Để quan sát rõ vân giao thoa, a phải rất nhỏ so với D (thường a có trị số không quá vài milimét, còn D thường có trị số vài chục, thậm chí vài trăm xentimét).

Dễ dàng chứng minh, với các điểm A gần O nếu $D \gg a$, ta có :

$$d_2 - d_1 \approx \frac{ax}{D} \quad (37.2)$$

Tại điểm A có vân sáng khi $d_2 - d_1 = k\lambda$, với k là một số nguyên ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) và λ là bước sóng ánh sáng. Từ (37.2), ta tìm được vị trí các vân sáng trên màn E :

$$x = k \frac{\lambda D}{a} \quad (37.3)$$

với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ Tại điểm O ($x = 0$) ta có vân sáng ứng với $k = 0$, gọi là *vân sáng trung tâm* (còn gọi là *vân sáng chính giữa* hay *vân số 0*). Ở hai bên vân sáng trung tâm là các *vân sáng bậc 1*, ứng với $k = \pm 1$; rồi đến *vân sáng bậc 2*, ứng với $k = \pm 2, \dots$

- Tại điểm A' có vân tối khi :

$$d_2 - d_1 = \left(k + \frac{1}{2} \right) \lambda \quad (37.4)$$

- Ta thấy ở hai bên vân sáng là các vân tối, các vân sáng và các vân tối cách đều nhau.

Cần chú ý rằng, vị trí của vân sáng là vị trí của chỗ sáng nhất của vân (từ vị trí đó, độ sáng sẽ giảm dần cho đến bằng 0 tại vân tối).

b) Khoảng vân

Ở trên, ta biết rằng *xen giữa hai vân sáng cạnh nhau là một vân tối, các vân sáng cũng như các vân tối nằm cách đều nhau*. Khoảng cách giữa hai vân sáng (hoặc hai vân tối) cạnh nhau được gọi là *khoảng vân*, kí hiệu là i . Để xác định i ta tìm khoảng cách giữa các vân sáng bậc k và bậc $k+1$:

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

$$i = \frac{\lambda D}{a} \quad (37.5)$$

2. Đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa

Theo công thức (37.5), nếu đo được chính xác D và đo được chính xác i và a (nhờ kính hiển vi và kính lúp), thì ta tính được bước sóng λ của ánh sáng đơn sắc. Đó là *nguyên tắc của phép đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa*.

Các phép đo cho ta trị số λ của bước sóng ánh sáng trong không khí. Đó cũng là trị số của bước sóng ánh sáng trong chân không (với sai lệch

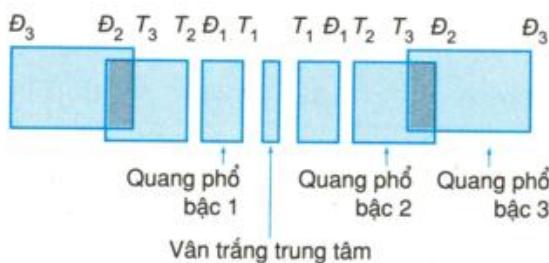
Vị trí các vân tối có thể xác định được bằng công thức : $x = \left(k + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda D}{a}$

với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Chú ý rằng, đối với các vân tối không có khái niệm bậc giao thoa.

C2 Tính khoảng vân và vị trí các vân sáng bậc 1, bậc 2 đối với ánh sáng tím và đối với ánh sáng đỏ. Nhận xét.

C3 Trong thí nghiệm giao thoa với khe Y-âng, khi bỏ kính lọc sắc (tức là dùng ánh sáng trắng), ta thấy có một vạch sáng trắng ở chính giữa, hai bên có những dải màu như cầu vồng, tím ở trong, đỏ ở ngoài (xem Hình 37.2). Hãy giải thích.



Hình 37.2 Hình ảnh giao thoa thu được với ánh sáng trắng.

không đáng kể). Từ đó suy ra bước sóng λ' của ánh sáng trong môi trường có chiết suất n (Bài 36) :

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n}$$

3. Bước sóng và màu sắc ánh sáng

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

– Mọi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng (tần số) xác định.

– Mọi ánh sáng đơn sắc mà ta nhìn thấy đều có bước sóng trong chân không (hoặc không khí) trong khoảng từ chừng $0,38\text{ }\mu\text{m}$ (ánh sáng tím) đến $0,76\text{ }\mu\text{m}$ (ánh sáng đỏ).

Trong thực tế, mắt ta không phân biệt được màu của các ánh sáng có bước sóng rất gần nhau, nên ta chỉ phân biệt được vài trăm màu. Dựa vào màu của các bức xạ, ta chỉ có thể ước lượng phỏng chừng bước sóng của chúng. Vì vậy, trong miền ánh sáng nhìn thấy (gọi là *quang phổ khả kiến*), người ta đã phân định phỏng chừng khoảng bước sóng của bảy màu chính trên quang phổ Mặt Trời (bảy màu cầu vồng) như ở Bảng 37.1.

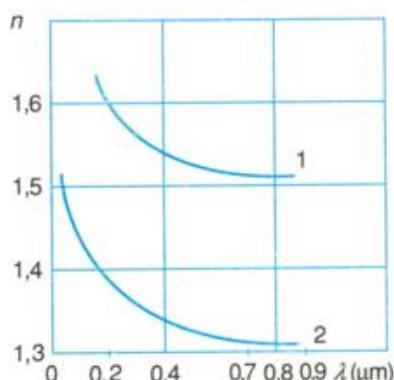
4. Chiết suất của môi trường và bước sóng ánh sáng

Chiết suất của môi trường trong suốt (chẳng hạn thuỷ tinh, thạch anh, nước) có giá trị phụ thuộc vào tần số và bước sóng của ánh sáng. Hơn nữa, thực nghiệm đã chứng tỏ rằng, đối với một môi trường trong suốt nhất định, chiết suất ứng với ánh sáng có bước sóng càng dài thì có giá trị càng nhỏ hơn so với chiết suất ứng với ánh sáng có bước sóng ngắn. Chẳng hạn, đối với nước, chiết suất ứng với tia đỏ ($\lambda = 0,759\text{ }\mu\text{m}$) là 1,329, với tia tím ($\lambda = 0,405\text{ }\mu\text{m}$) là 1,343.

Bảng 37.1

Màu ánh sáng	Bước sóng λ (μm) (trong chân không)
Đỏ	$0,640 \div 0,760$
Cam	$0,590 \div 0,650$
Vàng	$0,570 \div 0,600$
Lục	$0,500 \div 0,575$
Lam	$0,450 \div 0,510$
Chàm	$0,430 \div 0,460$
Tím	$0,380 \div 0,440$

Chú ý rằng, tần số của một ánh sáng đơn sắc có giá trị như nhau trong mọi môi trường, nhưng bước sóng thì thay đổi theo môi trường.



Hình 37.3. Đường cong tán sắc của thuỷ tinh (1) và nước (2).

Căn cứ vào kết quả thí nghiệm, người ta đã vẽ được những đường cong, gọi là *đường cong tán sắc*, biểu diễn sự phụ thuộc của chiết suất của các môi trường trong suốt vào bước sóng ánh sáng trong chân không λ . Các đường cong tán sắc có dạng gần đúng với hyperbol bậc hai (Hình 37.3) ứng với biểu thức của chiết suất n phụ thuộc bước sóng λ có dạng :

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} \quad (37.6)$$

với A và B là hằng số phụ thuộc vào bản chất của môi trường. Từ đó ta thấy rằng, đối với thuỷ tinh và nước cũng như phần lớn các chất khác, chiết suất giảm khi bước sóng tăng.

Biết đường cong tán sắc, thì từ phép đo chiết suất, ta có thể suy ra được bước sóng ánh sáng.

CÂU HỎI

1. Thiết lập công thức tính khoảng vân.
2. Trình bày phương pháp giao thoa để đo bước sóng ánh sáng.
3. Nêu mối quan hệ giữa bước sóng ánh sáng và màu sắc ánh sáng.

BÀI TẬP

1. Để hai sóng sáng kết hợp, có bước sóng λ , tăng cường lẫn nhau khi giao thoa với nhau, thì hiệu đường đi của chúng phải
 - A. bằng 0.
 - B. bằng $k\lambda$ (với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$).
 - C. bằng $\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda$ (với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$).
 - D. bằng $\left(k\lambda + \frac{\lambda}{4}\right)$ (với $k = 0, 1, 2, \dots$).
2. Khoảng cách i giữa hai vân sáng, hoặc hai vân tối liên tiếp trong hệ vân giao thoa, ở thí nghiệm khe Y-âng, được tính theo công thức nào sau đây ?
 - A. $i = \frac{\lambda a}{D}$.
 - B. $i = \frac{\lambda D}{a}$.
 - C. $i = \frac{a D}{\lambda}$.
 - D. $i = \frac{\lambda}{a D}$.
3. Sự phụ thuộc của chiết suất vào bước sóng
 - A. xảy ra với mọi chất rắn, lỏng, hoặc khí.
 - B. chỉ xảy ra với chất rắn, và chất lỏng.
 - C. chỉ xảy ra với chất rắn.
 - D. là hiện tượng đặc trưng của thuỷ tinh.
4. Trong thí nghiệm về giao thoa ánh sáng, trên màn ảnh người ta đo được khoảng cách từ vân sáng thứ tư đến vân sáng thứ mười ở cùng một bên của vân sáng trung tâm là 2,4 mm. Cho biết khoảng cách giữa hai khe là 1 mm, và màn ảnh cách hai khe 1 m.
 - a) Tính bước sóng ánh sáng. Ánh sáng đó có màu gì ?
 - b) Nếu dùng ánh sáng đỏ có bước sóng $0,70 \mu\text{m}$ thì khoảng cách từ vân sáng thứ 4 đến vân sáng thứ 10 ở cùng một bên vân sáng trung tâm là bao nhiêu ?
5. Hai khe trong thí nghiệm Y-âng cách nhau 3 mm được chiếu sáng bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $0,60 \mu\text{m}$. Các vân giao thoa được hứng trên màn cách hai khe 2 m. Hãy xác định tính chất của vân giao thoa tại điểm M cách vân sáng trung tâm 1,2 mm và tại điểm N cách vân sáng trung tâm 1,8 mm.