

SÓNG ÁNH SÁNG

I/ Giao thoa với đồng thời hai ánh sáng đơn sắc :

Hai hệ vân màu không trùng khít lên nhau. Ở chính giữa (x = 0), hai vân sáng chồng lên nhau cho vân sáng có màu tổng hợp. Ở hai bên có những chỗ có vân sáng cùng màu với vân trung tâm.

1) Tìm các chỗ trùng nhau của hai vân sáng:

$$x_S = k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \Rightarrow k_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} . k_2 = \frac{b}{a} . k_2.$$

Trong đó tỉ số $\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ được đưa về dạng phân số tối giản $\frac{b}{a}$ (a, b là các số nguyên dương).

Do $k_1, k_2 \in Z \Rightarrow k_2 = na, k_1 = nb$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Vậy: $x_S = k_2 i_2 = na . i_2$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ (hoặc $x_S = k_1 i_1 = nb . i_1$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) (1)

2) Tìm các chỗ trùng nhau của hai vân tối:

$$x_t = (k_1 + \frac{1}{2}) i_1 = (k_2 + \frac{1}{2}) i_2 \text{ với } k_1, k_2 \in Z \Rightarrow (k_1 + \frac{1}{2}) \lambda_1 = (k_2 + \frac{1}{2}) \lambda_2$$

$$\Rightarrow k_1 + \frac{1}{2} = \frac{b}{a} (k_2 + \frac{1}{2}). (*)$$

Giả sử $\lambda_2 > \lambda_1 \Rightarrow b > a$ và $k_1 > k_2$.

$$\Rightarrow ak_1 + \frac{a}{2} = bk_2 + \frac{b}{2} \text{ hay } \boxed{ak_1 = bk_2 + \frac{b-a}{2}}$$

Chú ý rằng $\frac{b}{a} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \leq \frac{0,76}{0,38} = 2$.

• Nếu $\frac{b-a}{2} \neq$ số nguyên thì không tồn tại các vị trí 2 vân tối trùng nhau.

• Nếu $\frac{b-a}{2} =$ số nguyên (cụ thể bằng 1, 2, 3, 4 ...) thì có tồn tại các vị trí 2 vân tối trùng nhau.

❖ Vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất có tọa độ $x_0 = (k_2 + \frac{1}{2}) i_2$ với k_2 được xác định cụ thể theo kết quả từng trường hợp sau:

TH1: $\frac{b-a}{2} = 1$, tìm vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất ứng với $k_1 = k_2 + 1$, thế vào (*) tìm được k_2 nguyên.

TH2: $\frac{b-a}{2} = 2$, tìm vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất ứng với $k_1 = k_2 + 2$, thế vào (*) tìm được k_2 nguyên.

TH3: $\frac{b-a}{2} = 3$, tìm vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất ứng với $k_1 = k_2 + 3$, thế vào (*) tìm được k_2 nguyên.

TH4: $\frac{b-a}{2} = 4$, tìm vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất ứng với $k_1 = k_2 + 4$, thế vào (*) tìm được k_2 nguyên.

v.v... **Trong các bài toán thường cho rơi vào các trường hợp 1 và 2 !?**

❖ **Vậy:** Các chỗ trùng nhau của hai vân tối (nếu có) sẽ có tọa độ:

$$x_t = x_0 + an i_2$$

$$x_t = i_2 \left[(k_2 + \frac{1}{2}) + an \right] \text{ (2) (Xem phần áp dụng số).}$$

Ghi chú:

• Không có vị trí trùng nhau của 2 vân tối ứng với: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{3}{2}; \frac{4}{3}; \frac{5}{4}; \frac{6}{5}; \frac{7}{4}; \frac{7}{6}; \frac{8}{5}; \frac{8}{7}; \frac{9}{8}; \frac{10}{7}; \frac{10}{9}; \frac{11}{6}; \frac{11}{8}; \frac{11}{10} \dots$

• Có vị trí trùng nhau của 2 vân tối ứng với: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{5}{3}; \frac{7}{5}; \frac{9}{5}; \frac{9}{7}; \frac{11}{7}; \frac{11}{9}; \dots; \frac{13}{7}; \frac{17}{9}; \frac{17}{11}; \dots$

ÁP DỤNG:

Bài 1) Thí nghiệm Y-âng: $a = 0,8 \text{ mm}$; $D = 1,2 \text{ m}$; $\lambda_1 = 0,45 \text{ }\mu\text{m}$; $\lambda_2 = 0,75 \text{ }\mu\text{m}$. Xác định vị trí trùng nhau của hai vân sáng và vị trí trùng nhau của hai vân tối.

ĐS: $x_S = 3,375n \text{ (mm)}$; $x_t = 1,6875(1 + 2n) \text{ (mm)}$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ (**TH1:** $\frac{b-a}{2} = 1$)

Giải:

$$i_1 = \frac{D\lambda_1}{a} = 0,675 \text{ mm} ; i_2 = \frac{D\lambda_2}{a} = 1,125 \text{ mm}.$$

+ Vị trí trùng nhau của hai vân sáng: $x_S = k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \Rightarrow k_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot k_2 = \frac{5}{3} \cdot k_2$

$\Rightarrow k_2 = 3n ; k_1 = 5n$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Vây: $x_S = k_2 i_2 = 1,125 \cdot 3n \text{ (mm)} = 3,375n \text{ (mm)}$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

+ Vị trí trùng nhau của hai vân tối:

$$k_1 + \frac{1}{2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \left(k_2 + \frac{1}{2}\right) = \frac{5}{3} \left(k_2 + \frac{1}{2}\right) (*)$$

\Rightarrow Vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất ứng với $k_2 = k_1 + 1$. Thay vào (*), ta tìm được $k_2 = 1, k_1 = 2$.

$\Rightarrow x_0 = 1,5i_2 = 2,5i_1 = 1,6875 \text{ mm}.$

Do $i_2 = \frac{5}{3} i_1$ hay $3i_2 = 5i_1 \Rightarrow x_t = x_0 + 3ni_2 = 1,5i_2 + 3ni_2 = 1,5i_2(1 + 2n) = 1,6875(1 + 2n) \text{ (mm)}$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Bài 2) (Số liệu của đề DH 2010) Thí nghiệm Y-âng: $a = 0,8 \text{ mm}$; $D = 1,2 \text{ m}$; $\lambda_1 = 0,56 \text{ }\mu\text{m}$; $\lambda_2 = 0,72 \text{ }\mu\text{m}$. Xác định vị trí trùng nhau của hai vân sáng và vị trí trùng nhau của hai vân tối.

ĐS: $x_S = 7,56n \text{ (mm)}$; $x_t = 3,78(1 + 2n) \text{ (mm)}$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ (**TH1:** $\frac{b-a}{2} = 1$)

Giải:

$$i_1 = \frac{D\lambda_1}{a} = 0,84 \text{ mm} ; i_2 = \frac{D\lambda_2}{a} = 1,08 \text{ mm}.$$

+ Vị trí trùng nhau của hai vân sáng: $x_S = k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \Rightarrow k_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot k_2 = \frac{9}{7} \cdot k_2$

$\Rightarrow k_2 = 7n ; k_1 = 9n$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Vây: $x_S = k_1 i_1 = 0,84 \cdot 9n \text{ (mm)} = 7,56n \text{ (mm)}$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

+ Vị trí trùng nhau của hai vân tối:

$$k_1 + \frac{1}{2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \left(k_2 + \frac{1}{2}\right) = \frac{9}{7} \left(k_2 + \frac{1}{2}\right) (*)$$

\Rightarrow Vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất ứng với $k_2 = k_1 + 1$. Thay vào (*), ta tìm được $k_2 = 3, k_1 = 4$.

$\Rightarrow x_0 = 3,5i_2 = 4,5i_1 = 3,78 \text{ mm}.$

Do $i_2 = \frac{9}{7} i_1$ hay $7i_2 = 9i_1 \Rightarrow x_t = x_0 + 9ni_2 = 4,5i_1 + 9ni_2 = 4,5i_1(1 + 2n) = 3,78(1 + 2n) \text{ (mm)}$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Bài 3) Thí nghiệm Y-âng: $a = 0,8 \text{ mm}$; $D = 1,2 \text{ m}$; $\lambda_1 = 0,40 \text{ }\mu\text{m}$; $\lambda_2 = 0,72 \text{ }\mu\text{m}$. Xác định vị trí trùng nhau của hai vân sáng và vị trí trùng nhau của hai vân tối.

ĐS: $x_S = 5,4n \text{ (mm)}$; $x_t = 2,7(1 + 2n) \text{ (mm)}$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ (**TH2:** $\frac{b-a}{2} = 2$)

Giải:

$$i_1 = \frac{D\lambda_1}{a} = 0,6 \text{ mm} ; i_2 = \frac{D\lambda_2}{a} = 1,08 \text{ mm}.$$

+ Vị trí trùng nhau của hai vân sáng: $x_S = k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \Rightarrow k_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot k_2 = \frac{9}{5} \cdot k_2$

$\Rightarrow k_2 = 5n ; k_1 = 9n$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Vây: $x_S = k_1 i_1 = 0,6 \cdot 9n \text{ (mm)} = 5,4n \text{ (mm)}$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

+ Vị trí trùng nhau của hai vân tối:

$$k_1 + \frac{1}{2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \left(k_2 + \frac{1}{2}\right) = \frac{9}{5} \left(k_2 + \frac{1}{2}\right) (*)$$

\Rightarrow Vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất ứng với $k_2 = k_1 + 2$. Thay vào (*), ta tìm được $k_2 = 2, k_1 = 4$.

$\Rightarrow x_0 = 2,5i_2 = 4,5i_1 = 2,7 \text{ mm}.$

Do $i_2 = \frac{9}{5} i_1$ hay $5i_2 = 9i_1 \Rightarrow x_t = x_0 + 9ni_1 = 4,5i_1 + 9ni_1 = 4,5i_1(1 + 2n) = 2,7(1 + 2n)$ (mm) với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Bài 4) Thí nghiệm Y-âng: $a = 0,8$ mm ; $D = 1,2$ m ; $\lambda_1 = 0,44$ μm ; $\lambda_2 = 0,68$ μm . Xác định vị trí trùng nhau của hai vân sáng và vị trí trùng nhau của hai vân tối.

ĐS: $x_S = 11,22n$ (mm) ; $x_t = 5,61(1 + 2n)$ (mm) với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ (**TH3:** $\frac{b-a}{2} = 3$)

Giải:

$$i_1 = \frac{D\lambda_1}{a} = 0,66 \text{ mm} ; i_2 = \frac{D\lambda_2}{a} = 1,02 \text{ mm}.$$

+ Vị trí trùng nhau của hai vân sáng: $x_S = k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \Rightarrow k_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} . k_2 = \frac{17}{11} . k_2$

$\Rightarrow k_2 = 11n ; k_1 = 17n$ với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Vậy: $x_S = k_1 i_1 = 0,66.17n$ (mm) = $11,22n$ (mm) với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

+ Vị trí trùng nhau của hai vân tối:

$$k_1 + \frac{1}{2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} (k_2 + \frac{1}{2}) = \frac{17}{11} (k_2 + \frac{1}{2}) (*)$$

\Rightarrow Vị trí 2 vân tối trùng nhau gần vân trung tâm nhất ứng với $k_2 = k_1 + 3$. Thay vào (*), ta tìm được $k_2 = 5, k_1 = 8$.

$\Rightarrow x_0 = 5,5i_2 = 8,5i_1 = 5,61$ mm.

Do $i_2 = \frac{17}{11} i_1$ hay $11i_2 = 17i_1 \Rightarrow x_t = x_0 + 11ni_2 = 5,5i_2 + 11ni_2 = 5,5i_2(1 + 2n) = 5,61(1 + 2n)$ (mm) với $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Ghi chú:

1) HS tự xét thêm $\lambda_1 = 0,406$ μm ; $\lambda_2 = 0,754$ μm .

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{0,754}{0,406} = \frac{377}{203} = \frac{13}{7} \text{ (chia hết từ, mẫu cho 29)} \Rightarrow \text{TH3: } \frac{b-a}{2} = 3.$$

2) HS tự xét thêm trường hợp 4: $\frac{b-a}{2} = 4$, ví dụ ứng với $\lambda_1 = 0,387$ μm ; $\lambda_2 = 0,731$ μm .

Ta có: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{0,731}{0,387} = \frac{731}{387} = \frac{17}{9}$ (chia hết từ, mẫu cho 43).

Hoặc ứng với $\lambda_1 = 0,396$ μm ; $\lambda_2 = 0,748$ μm . Ta có: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{0,748}{0,396} = \frac{187}{99} = \frac{17}{9}$ (chia hết từ, mẫu cho 11).

II/ Giao thoa với đồng thời ba ánh sáng đơn sắc:

***1) (Thi thử số 09, 2010)** Chiếu đồng thời ba bức xạ đơn sắc có bước sóng 0,4 μm ; 0,48 μm và 0,6 μm vào hai khe của thí nghiệm Y-âng. Biết khoảng cách giữa hai khe là 1,2 mm, khoảng cách từ hai khe tới màn là 3 m. Khoảng cách ngắn nhất giữa hai vị trí có màu cùng màu với vân sáng trung tâm là:

- A. 12 mm B. 18 mm C. 24 mm **D. 6 mm**

***2) (ĐH 2011)** Trong thí nghiệm Y-âng về giao thoa ánh sáng, khe hẹp S phát ra đồng thời ba bức xạ đơn sắc có bước sóng là $\lambda_1 = 0,42$ μm , $\lambda_2 = 0,56$ μm và $\lambda_3 = 0,63$ μm . Trên màn, trong khoảng giữa hai vân sáng liên tiếp có màu giống màu vân trung tâm, nếu hai vân sáng của hai bức xạ trùng nhau ta chỉ tính là một vân sáng thì số vân sáng quan sát được là: **A.** 21. B. 23. C. 26. D. 27.

***3) (Thi thử ĐH KHTN lần 04 – 2012)** Trong thí nghiệm Y-âng về giao thoa ánh sáng, khe hẹp S phát ra đồng thời ba bức xạ đơn sắc có bước sóng là $\lambda_1 = 0,48$ μm , $\lambda_2 = 0,64$ μm và $\lambda_3 = 0,72$ μm . Trong khoảng giữa hai vân sáng liên tiếp cùng màu với vân trung tâm, có bao nhiêu vân sáng có màu đỏ (ứng với bước sóng λ_3) ?
A. 8. **B.** 4. C. 5. D. 7.

***4) (Thi thử PTNK TPHCM lần 02 – 2012)** Trong thí nghiệm Iâng về giao thoa ánh sáng. Lần thứ nhất, ánh sáng dùng trong thí nghiệm có 2 loại bức xạ $\lambda_1 = 0,56$ μm và λ_2 với $0,67$ $\mu\text{m} < \lambda_2 < 0,74$ μm thì trong khoảng giữa hai vạch sáng gần nhau nhất cùng màu với vạch sáng trung tâm có 6 vân sáng màu đỏ λ_2 . Lần thứ 2, ánh sáng dùng trong thí nghiệm có 3 loại bức xạ λ_1, λ_2 và λ_3 , với $\lambda_3 = \frac{7}{12} \lambda_2$, khi đó trong khoảng giữa 2 vạch sáng gần nhau nhất và cùng màu với vạch sáng trung tâm còn có bao nhiêu vạch sáng đơn sắc khác ?
A. 25 B. 23 **C.** 21 D. 19.

.....