

CHƯƠNG 3

TÍNH CHẤT SÓNG ÁNH SÁNG

1. GIAO THOA ÁNH SÁNG

1.1. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

1.2. Giao thoa với 2 khe Young

1.3. Giao thoa cho bởi bản mỏng

1.3.1. Bản mỏng có độ dày không đổi

1.3.2. Bản mỏng có độ dày thay đổi: nêm, hệ Newton

2. NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG

2.1. Nhiều xạ sóng cầu

2.1.1. Nhiều xạ qua lỗ tròn

2.1.2. Nhiều xạ qua đĩa tròn

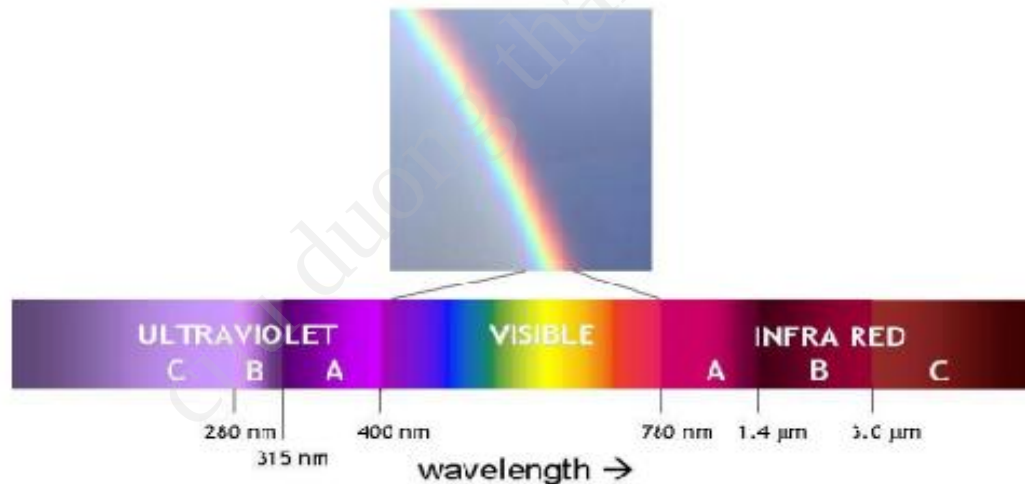
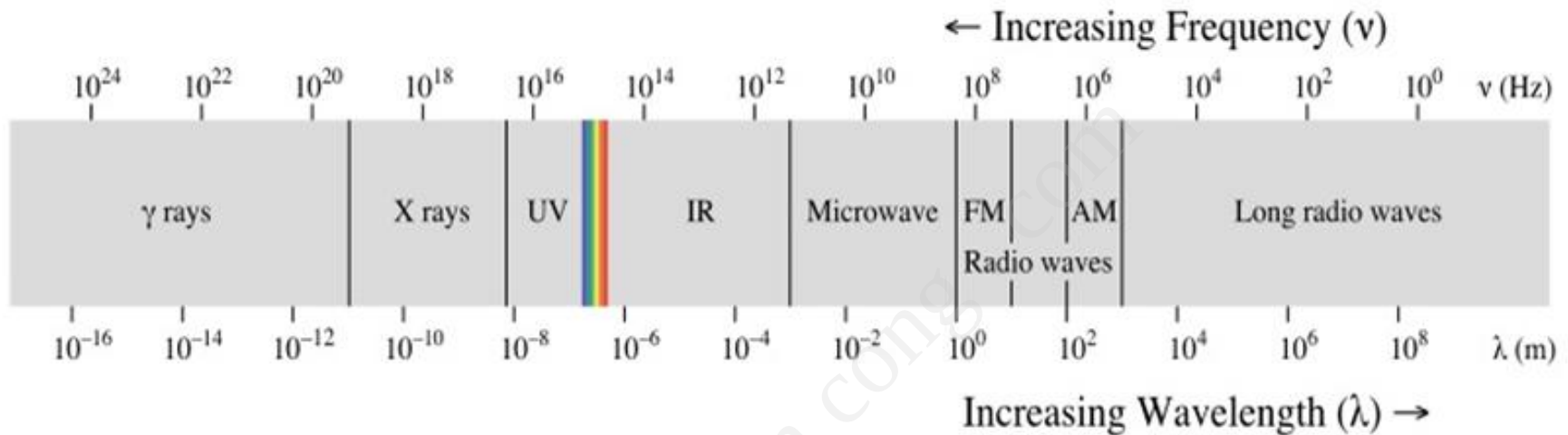
2.2. Nhiều xạ sóng phẳng

2.2.1. Nhiều xạ qua khe hẹp

2.2.2. Nhiều xạ qua cách tử

1.1. HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

THANG SÓNG ĐIỆN TỪ



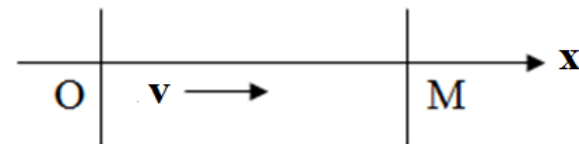
Ánh sáng là sóng điện từ. Trong vùng khả kiến ánh sáng có bước sóng thay đổi từ khoảng 400 nm đến 760 nm. Màu sắc ánh sáng do tần số ánh sáng quyết định.

PHƯƠNG TRÌNH SÓNG ÁNH SÁNG

- **Quang lộ** giữa 2 điểm O và M là đoạn đường ánh sáng truyền đi trong chân không trong khoảng thời gian t , với t là thời gian ánh sáng đi được đoạn $d=OM$ trong môi trường chiết suất n : $L=n.d$

- Phương trình dao động của sóng ánh sáng tại O:

$$u_o = A \cos \omega t$$



- Phương trình dao động của sóng ánh sáng tại M trong môi trường chiết suất n :

$$u_M = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi L}{\lambda_0} \right) \quad \left(\text{vì } x = \frac{L}{n}, \lambda = \frac{\lambda_0}{n} \right)$$

Với λ_0 , λ – bước sóng ánh sáng trong chân không và môi trường n .

- **Cường độ sáng** tỉ lệ với bình phương biên độ dao động của điện trường: $I = kA^2$

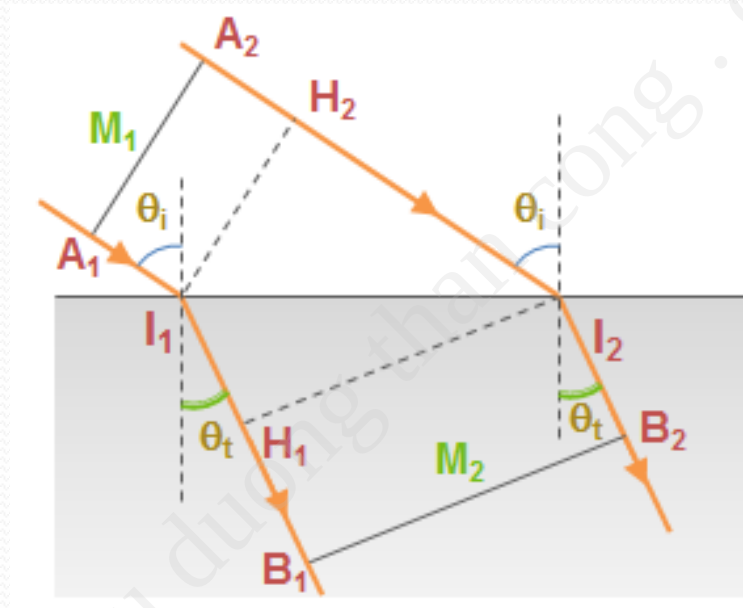
I – cường độ sáng

k – hệ số tỉ lệ

A – biên độ dao động của điện trường

ĐỊNH LÝ VỀ QUANG LỘ

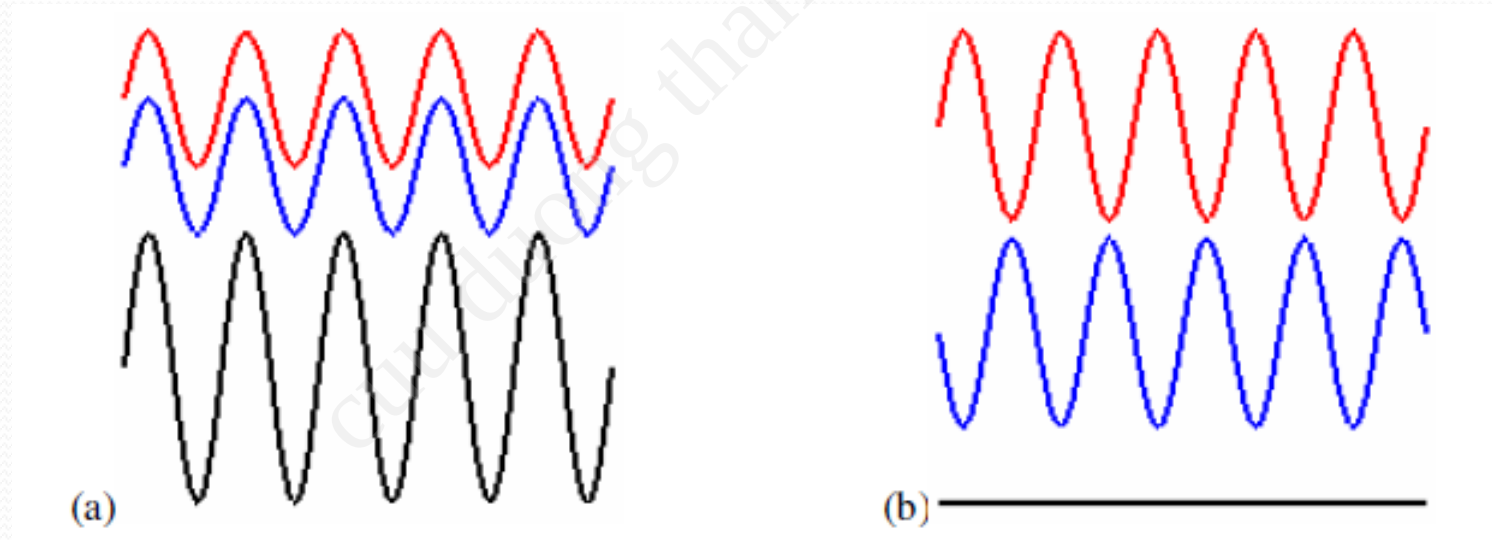
- **Định lý Malus:** quang lộ của các tia sáng giữa 2 mặt trực giao của một chùm sáng thì bằng nhau.



- Khi tia sáng bị phản xạ trên môi trường chiết quang hơn thì quang lộ của nó sẽ dài thêm nửa bước sóng.

NGUYÊN LÝ CHỒNG CHẤT

Khi hai hay nhiều sóng ánh sáng gặp nhau thì từng sóng riêng biệt không bị các sóng khác làm nhiễu loạn. Sau khi gặp nhau, các sóng ánh sáng vẫn truyền đi như cũ, còn tại những điểm gặp nhau, dao động sóng bằng tổng các dao động thành phần.



HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG

- **Giao thoa ánh sáng** là hiện tượng chồng chất của hai (hay nhiều) sóng ánh sáng kết hợp làm xuất hiện trong không gian những vân sáng và những vân tối nằm xen kẽ nhau.
 - Những vân sáng gọi là các cực đại giao thoa.
 - Những vân tối gọi là các cực tiểu giao thoa.
- **Điều kiện giao thoa:** các sóng chồng chất lên nhau phải là các sóng kết hợp.
- **Sóng kết hợp** là những sóng có cùng phương dao động và có hiệu pha không biến đổi theo thời gian (cùng tần số).



Đĩa CD



Lông công



Vỏ sò



Ngọc mắt mèo

- Xét 2 sóng phẳng cùng phương, cùng tần số tại điểm M:

$$x_1 = A_1 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0} L_1\right)$$

$$x_2 = A_2 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda_0} L_2\right)$$

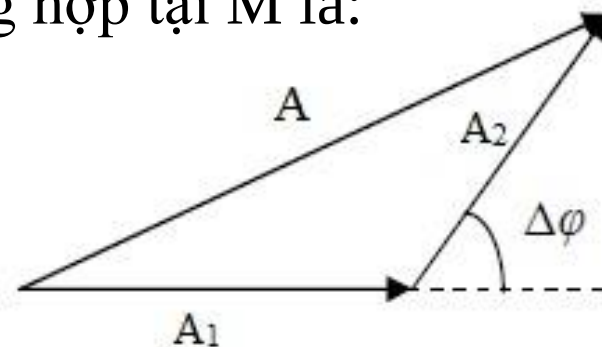
- Theo nguyên lý chồng chất, dao động tổng hợp tại M là:

$$x = x_1 + x_2$$

- Hiệu pha của 2 sóng: $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_1 - L_2)$

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1}\sqrt{I_2}\cos\Delta\varphi$$



$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1}\sqrt{I_2} \cos \Delta\varphi$$

• Nếu $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_1 - L_2) = 2k\pi \rightarrow \Delta L = L_1 - L_2 = k\lambda_0$

nghĩa là 2 dao động thành phần cùng pha với nhau, thì dao động tổng hợp có cường độ cực đại, ứng với vân sáng.

$$I_{\max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$$

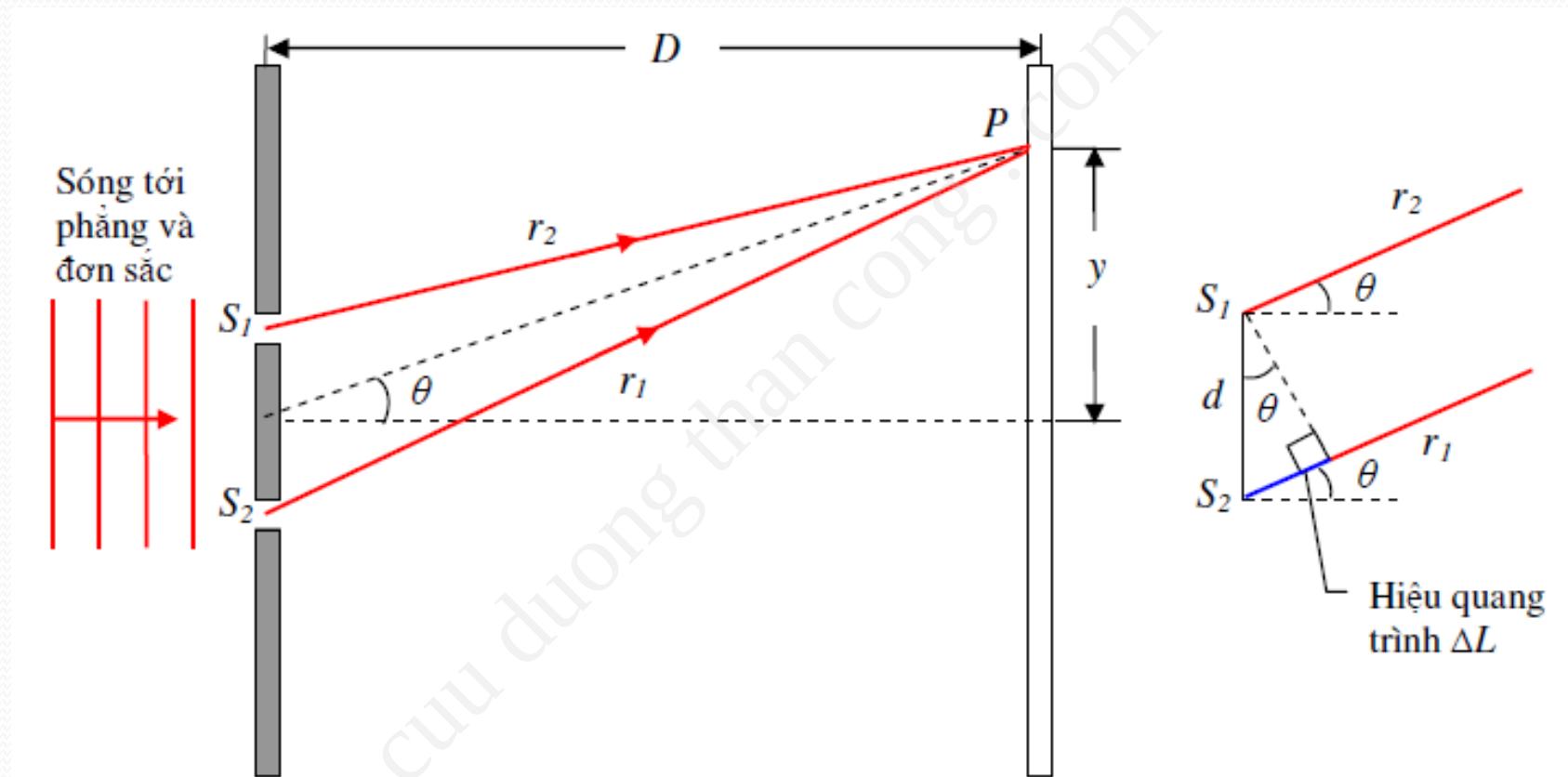
• Nếu $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_1 - L_2) = (2k + 1)\pi \rightarrow \Delta L = L_1 - L_2 = (2k + 1)\frac{\lambda_0}{2}$

nghĩa là 2 dao động thành phần ngược pha với nhau, thì dao động tổng hợp có cường độ cực tiểu, ứng với vân tối.

$$I_{\min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$$

$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

1.2. GIAO THOA VỚI 2 KHE YOUNG

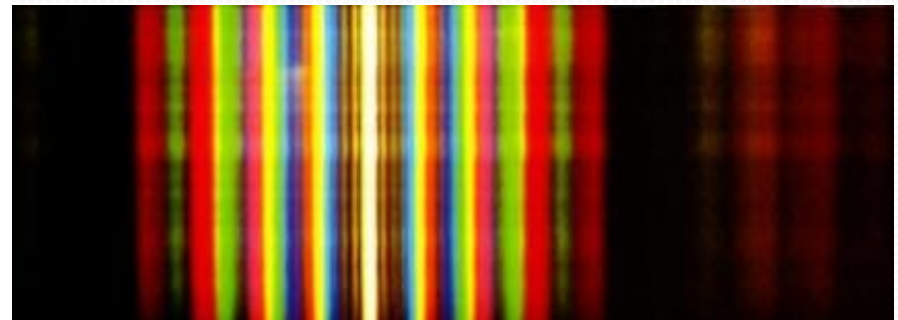
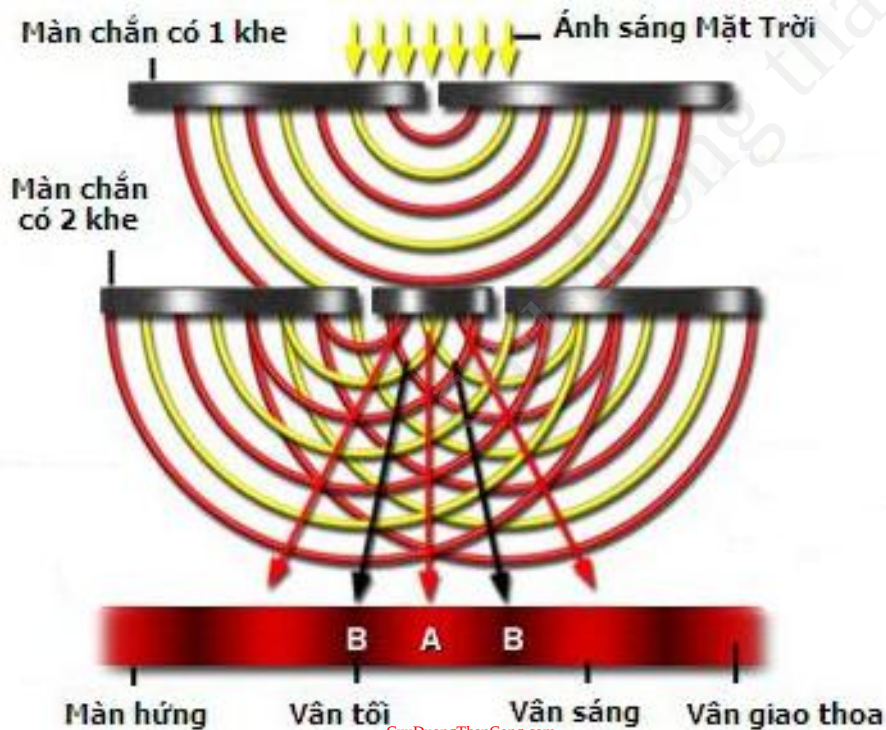


$$\Delta L = d \sin \theta$$

Phân bố vị trí vân giao thoa

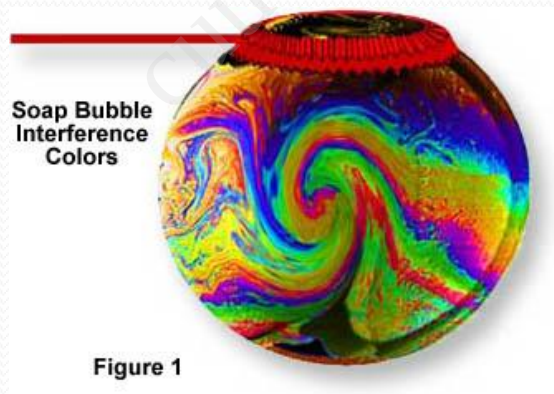
$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda}(L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta L = \frac{2\pi}{\lambda}d \sin\theta$$

$$\Delta\varphi = \begin{cases} 2k\pi \\ (2k+1)\pi \end{cases} \Rightarrow d \sin\theta = \begin{cases} k\lambda & \sim VS \\ (k + \frac{1}{2})\lambda & \sim VT \end{cases}$$



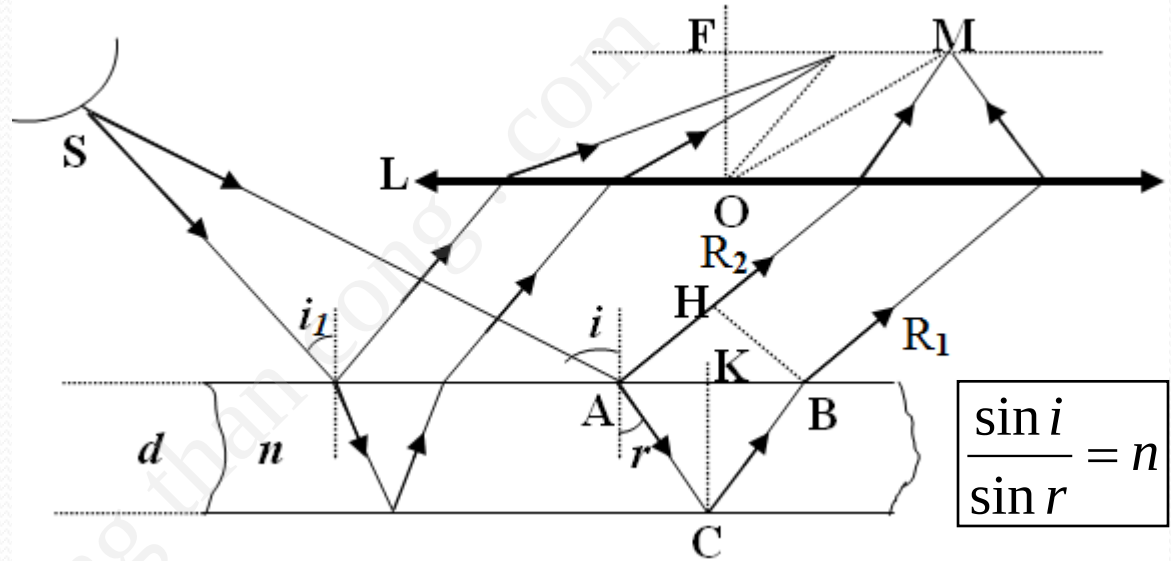
1.3. GIAO THOA ÁNH SÁNG CHO BỎI BẢN MỎNG

- **Bản mỏng** là một bản trong suốt có độ dày vào cỡ vài phần trăm mm (màng xà phòng, váng dầu, lớp không khí mỏng).
- Khi chiếu ánh sáng vào bản mỏng thì trên mặt bản mỏng thường xuất hiện các vân sọc nhiều màu – gọi là các vân bản mỏng. Nguyên nhân của hiện tượng này là do có sự giao thoa của các chùm tia sáng phản xạ ở mặt trên và mặt dưới của bản mỏng.
- Giao thoa chỉ xảy ra đối với các màng mỏng có bề dày cỡ bước sóng ánh sáng, vì nếu màng dày hơn thì hai tia phản xạ sẽ không phải là hai tia kết hợp nữa.



1.3.1. GIAO THOA BẢN MỎNG ĐỘ DÀY KHÔNG ĐỀU VÂN CÙNG ĐỘ NGHIÊNG

Hai tia SACBR₁ và SAR₂ giao thoa với nhau tại vô cực.



$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = \left[n \cdot (AC + CB) + BM \right] - \left[AH + HM + \frac{\lambda_0}{2} \right]$$

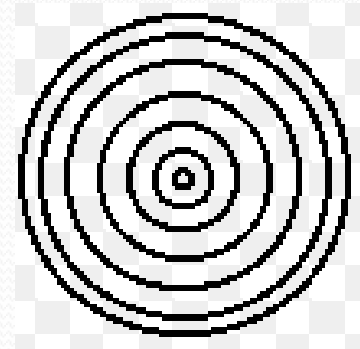
$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2n \cdot AC - AH - \frac{\lambda_0}{2}$$

$$= 2n \frac{d}{\cos r} - 2d \tan r \sin i - \frac{\lambda_0}{2}$$

$$= 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda_0}{2}$$

$$\Delta L = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda_0}{2}$$

- Nếu i thỏa mãn điều kiện $\Delta L = k\lambda_0$ thì tại M là vân sáng.
- Nếu i thỏa mãn điều kiện $\Delta L = (2k+1)\frac{\lambda_0}{2}$ thì tại M là vân tối.
- Những tia sáng có cùng góc nghiêng i cho các cực đại hoặc cực tiểu giao thoa có cùng cường độ sáng $\rightarrow$ tạo thành vân giao thoa có dạng vòng tròn với tâm trùng tiêu điểm thấu kính, gọi là vân cùng độ nghiêng
- Ứng với các góc nghiêng i khác nhau ta được hệ vân giao thoa gồm những vòng tròn sáng tối xen kẽ.
- Vân giao thoa định xứ ở vô cực.

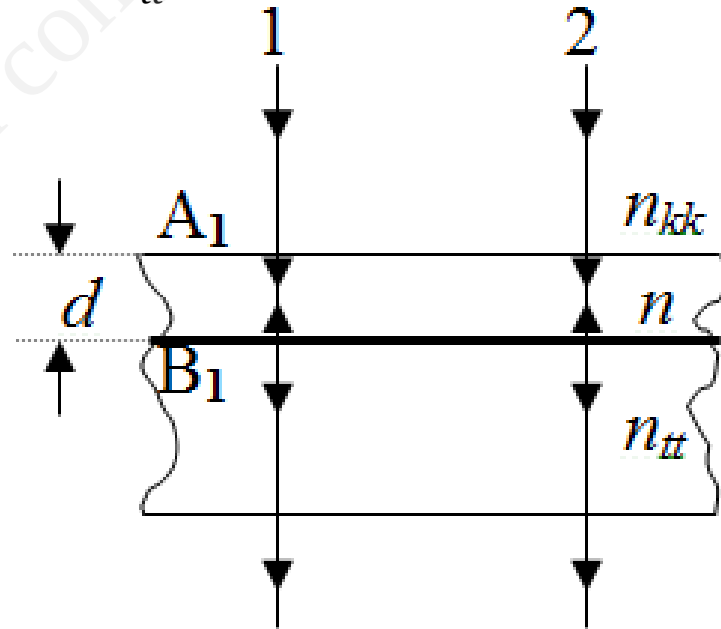


- Hiện tượng giao thoa cho bởi bản mỏng song song được ứng dụng để khử ánh sáng phản xạ trên các mặt thấu kính hoặc lăng kính thủy tinh.
- Phủ lên mặt thủy tinh một lớp màng mỏng CaF_2 hoặc MgF_2 có độ dày d và chiết suất n , sao cho $n_{kk} < n < n_{tt}$

$$\Delta L = 2nd = (2k + 1) \frac{\lambda_0}{2}$$

$$d = (2k + 1) \frac{\lambda_0}{4n}$$

$$d_{\min} = \frac{\lambda_0}{4n}$$



- Thông thường chọn d theo $\lambda_0 = 0,555 \mu\text{m}$ ứng với xanh lá cây vì đây là màu nhạy nhất đối với mắt người.

BÀI TẬP VÍ DỤ 1

Chiếu một chùm ánh sáng trắng xiên một góc 45° lên một màng nước xà phòng. Tìm bề dày nhỏ nhất của màng để những tia phản chiếu có màu vàng. Biết bước sóng ánh sáng vàng là 6.10^{-5} cm, chiết suất của bản là 1,33.

Hướng dẫn giải

- Màng nước xà phòng là bản mỏng song song.
- Để tia phản chiếu có màu vàng, thì phải có cực đại giao thoa đối với bước sóng của ánh sáng vàng:

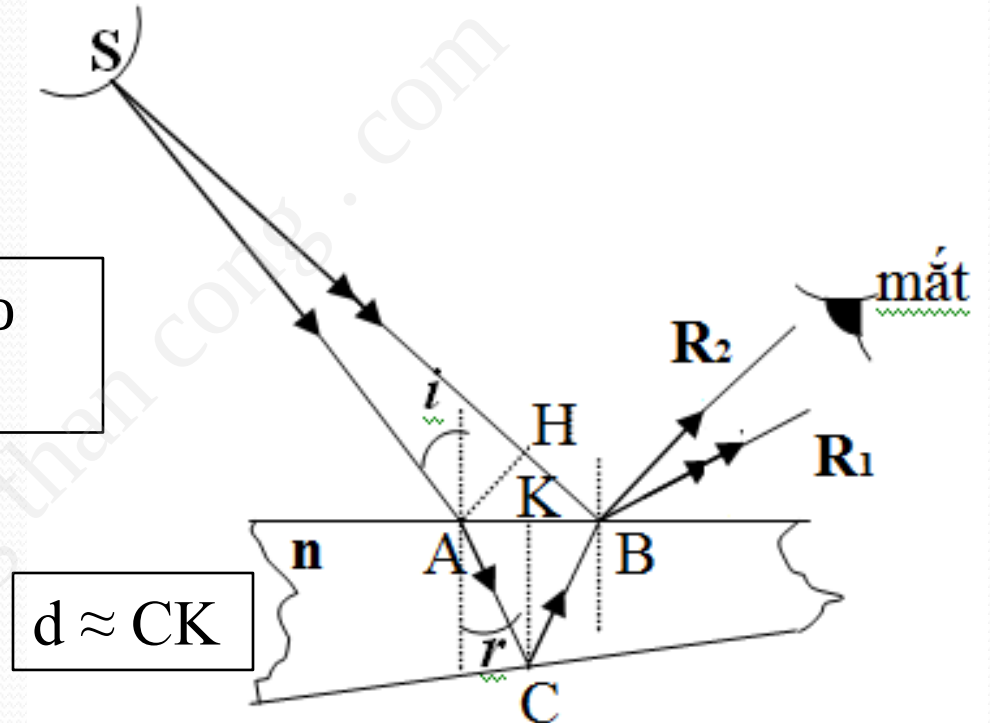
$$\Delta L = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda_v}{2} = k\lambda_v$$

- Bề dày của màng phải thỏa mãn điều kiện:

$$d = \frac{(k + \frac{1}{2})\lambda_v}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \rightarrow d_{\min} = \frac{(0 + \frac{1}{2})\lambda_v}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} = 1,33.10^{-5} \text{ cm}$$

1.3.2. GIAO THOA CHO BỎI BẢN MỎNG ĐỘ DÀY THAY ĐỔI VÂN CÙNG ĐỘ DÀY

Hai tia $SACBR_1$ và SBR_2 giao
thoa với nhau tại B.



$$d \approx CK$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = \left[SA + n \cdot (AC + CB) + BR_1 \right] - \left[SH + HB + BR_2 + \frac{\lambda_0}{2} \right]$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda_0}{2}$$

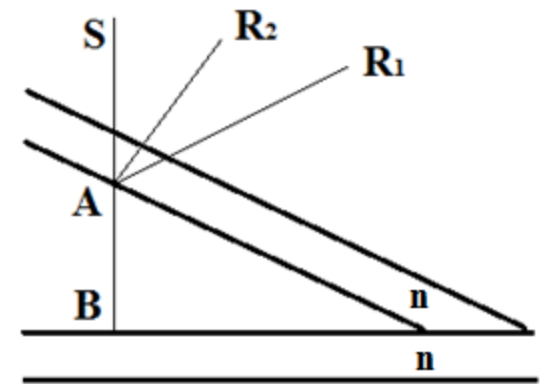
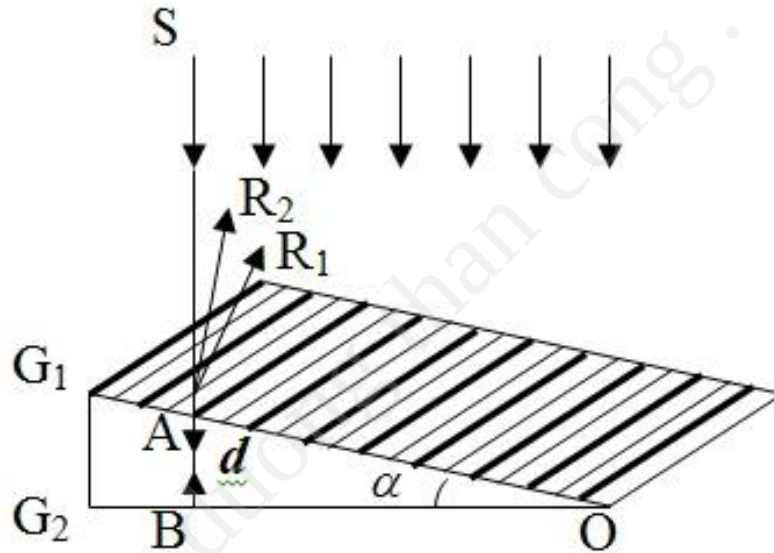
$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda_0}{2}$$

- Nếu d thỏa mãn điều kiện $\Delta L = k\lambda_0$ thì tại mặt trên bản mỏng ứng với độ dày d là vân sáng.
- Nếu d thỏa mãn điều kiện $\Delta L = (2k+1)\frac{\lambda_0}{2}$ thì tại mặt trên bản mỏng ứng với độ dày d là vân tối.
- Những vân sáng và tối ứng với cùng một độ dày d của bản mỏng gọi là vân cùng độ dày.
- Vân giao thoa định xứ ở mặt trên bản mỏng.

BẢN MỎNG HÌNH NÊM

a. Nêm không khí: một lớp không khí mỏng giới hạn giữa hai bản thủy tinh G_1 và G_2 có độ dày không đáng kể tạo thành góc α rất nhỏ khoảng vài phần nghìn radian.

Hai tia SA và SA và SAR_2 giao thoa với nhau tại A .



$$\Delta L = L_1 - L_2 = \left[SA + 2AB + AR_1 + \frac{\lambda_0}{2} \right] - [SA + AR_2]$$

$$\Delta L = 2d + \frac{\lambda_0}{2}$$

- Cực tiểu giao thoa (vân tối):

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2d + \frac{\lambda_0}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda_0}{2}$$

$$d = k \frac{\lambda_0}{2} \quad \text{với } k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

- Cực đại giao thoa (vân sáng):

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2d + \frac{\lambda_0}{2} = k\lambda_0$$

$$d = (2k - 1) \frac{\lambda_0}{4} \quad \text{với } k = 1, 2, 3, \dots$$

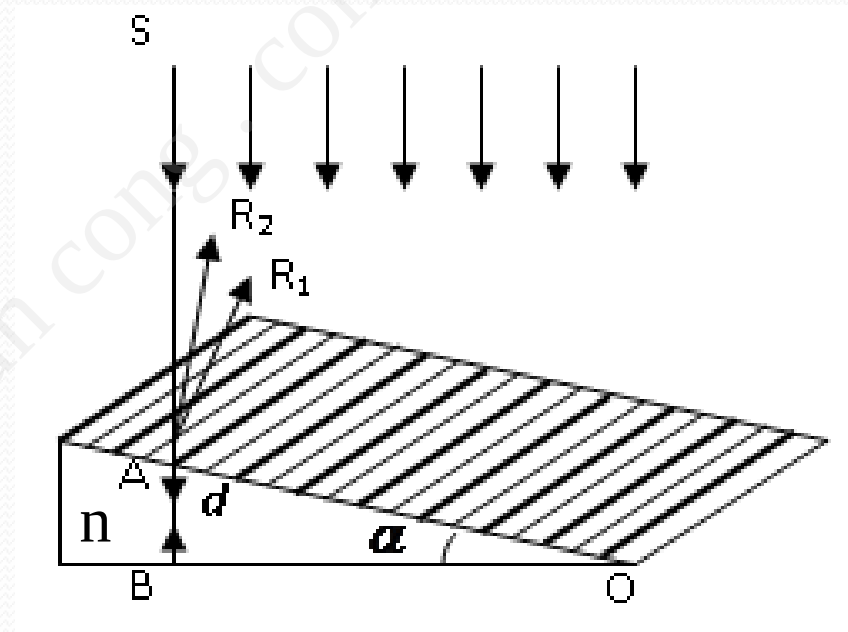
- Khoảng cách giữa hai vân tối hoặc hai vân sáng kế tiếp:

$$i = \frac{d_{k+1} - d_k}{\sin \alpha} \approx \frac{\lambda_0}{2\alpha}$$

- Các vân giao thoa là những đoạn thẳng song song cạnh nê²m.
- Cạnh nê²m luôn là vân tối.

b. Nêm thủy tinh: một khối hình hộp tam giác bằng thủy tinh chiết suất n và góc α rất nhỏ khoảng vài phần nghìn radian.

Hai tia $SABAR_1$ và SAR_2 giao thoa với nhau tại A.



$$\Delta L = L_1 - L_2 = \left[SA + 2AB + AR_1 \right] - \left[SA + AR_2 + \frac{\lambda_0}{2} \right]$$

$$\Delta L = 2d - \frac{\lambda_0}{2}$$

- Cực tiểu giao thoa (vân tối):

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2d - \frac{\lambda_0}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda_0}{2}$$

$$d = (k + 1) \frac{\lambda_0}{2n} \quad \text{với } k = -1, 0, 1, 2, 3, \dots$$

- Cực đại giao thoa (vân sáng):

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 2d - \frac{\lambda_0}{2} = k\lambda_0$$

$$d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_0}{2n} \quad \text{với } k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

- Khoảng cách giữa hai vân tối hoặc hai vân sáng kế tiếp:

$$i = \frac{d_{k+1} - d_k}{\sin \alpha} \approx \frac{\lambda_0}{2n\alpha}$$

- Các vân giao thoa là những đoạn thẳng song song cạnh nê²m.
- Cạnh nê²m luôn là vân tối.

BÀI TẬP VÍ DỤ 2

Chiếu một chùm sáng song song bước sóng $\lambda=0,5\mu\text{m}$ thẳng góc với mặt dưới của nê-m thủy tinh ($n=1,5$) góc nghiêng $\alpha=10^{-4}$ rad đặt trong không khí. Tìm khoảng cách từ cạnh nê-m đến vân sáng thứ 8 ở mặt trên của nê-m.

Hướng dẫn giải

Cách 1:

- Bề dày của nê-m tại vị trí vân sáng:

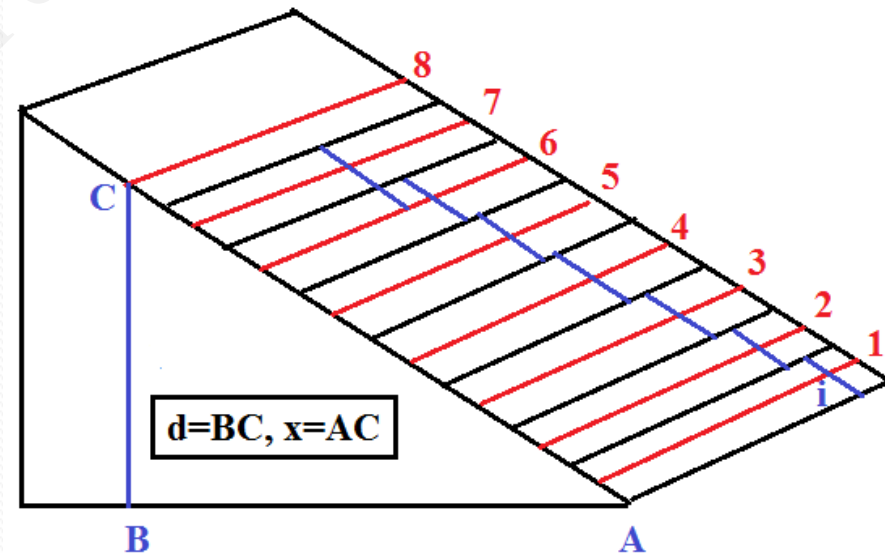
$$d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_0}{2n}$$

- Vân sáng thứ 8 ứng với $k=7$:

$$d_8 = \left(7 + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_0}{2n}$$

- Khoảng cách từ cạnh nê-m đến vân sáng thứ 8 là:

$$x = \frac{d_8}{\alpha} = 1,25\text{cm}$$



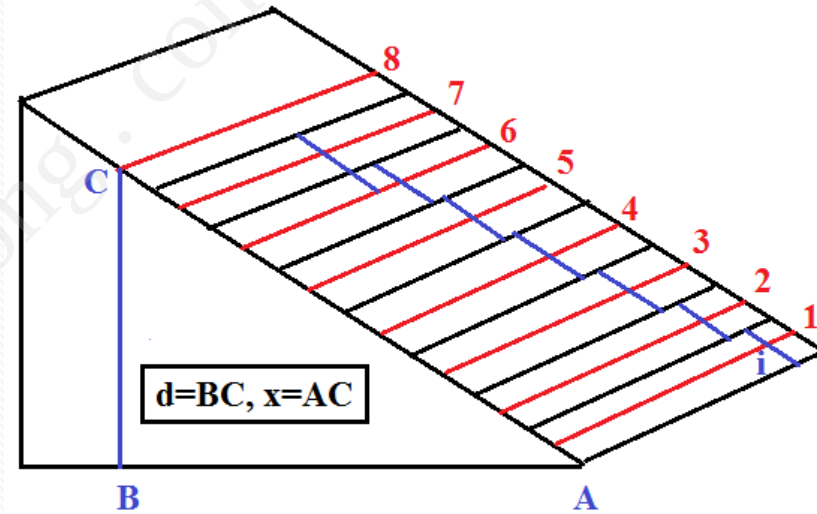
Cách 2:

- Từ cạnh nêm đến vân sáng thứ 8 có 8 vân tối và 8 vân sáng xen kẽ nhau.
- Khoảng vân (khoảng cách giữa 2 vân tối hoặc sáng liên tiếp):

$$i \approx \frac{\lambda_0}{2n\alpha}$$

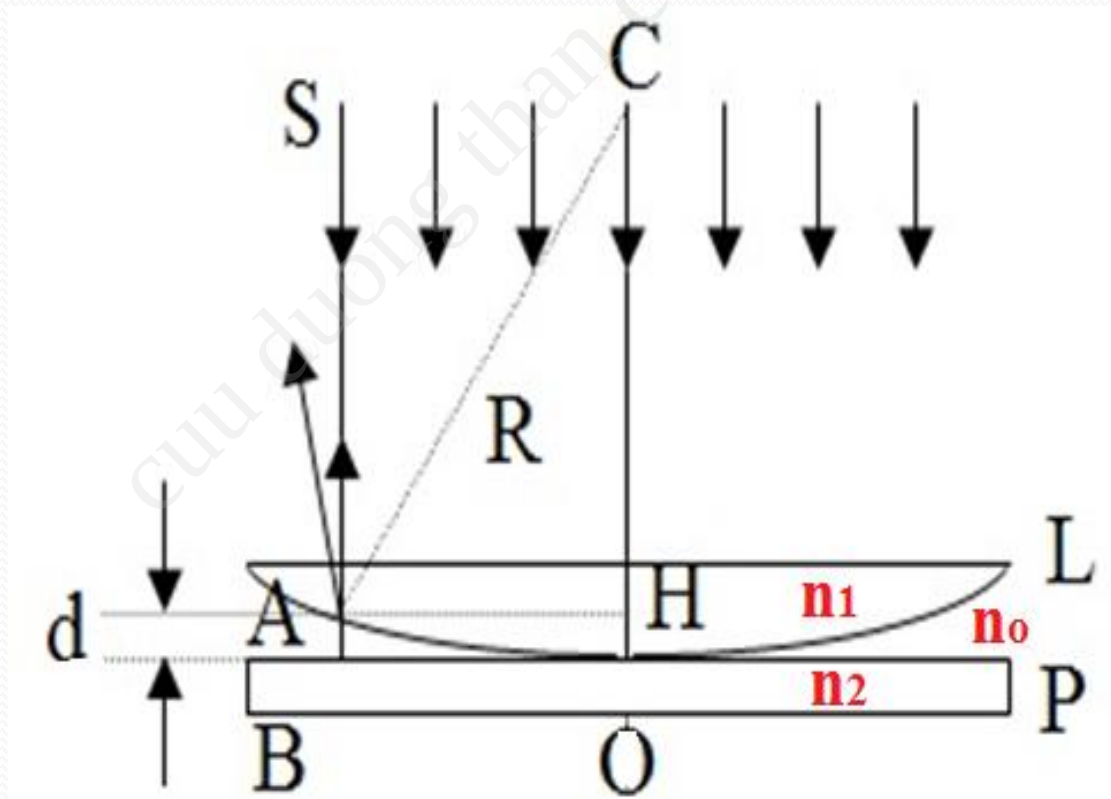
- Từ cạnh nêm đến vân sáng thứ 8 có 7,5 khoảng vân, nên khoảng cách giữa chúng là:

$$x = 7,5.i = 7,5 \frac{\lambda_0}{2n\alpha} = 1,25cm$$



BẢN MỎNG CHO VÂN TRÒN NEWTON

- Bản mỏng cho vân tròn Newton bao gồm một thấu kính phẳng – lồi (L) chiết suất n_1 đặt tiếp xúc với một bản thủy tinh phẳng (P) chiết suất n_2 đặt trong một môi trường (không khí, chất lỏng...) có chiết suất n_0 .
- Hai tia $SABAR_1$ và SAR_2 giao thoa với nhau tại A.



a. $n_0 < n_1, n_2$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = \left[SA + 2AB + \frac{\lambda_0}{2} \right] - [SA]$$

$$\Delta L = 2n_0d + \frac{\lambda_0}{2}$$

• Vân tối: $\Delta L = 2n_0d + \frac{\lambda_0}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda_0}{2}$

$$d = k \frac{\lambda_0}{2n_0} \quad (k=0, 1, 2, 3 \dots)$$

→ $k=0$ ứng với **vân tối trung tâm**

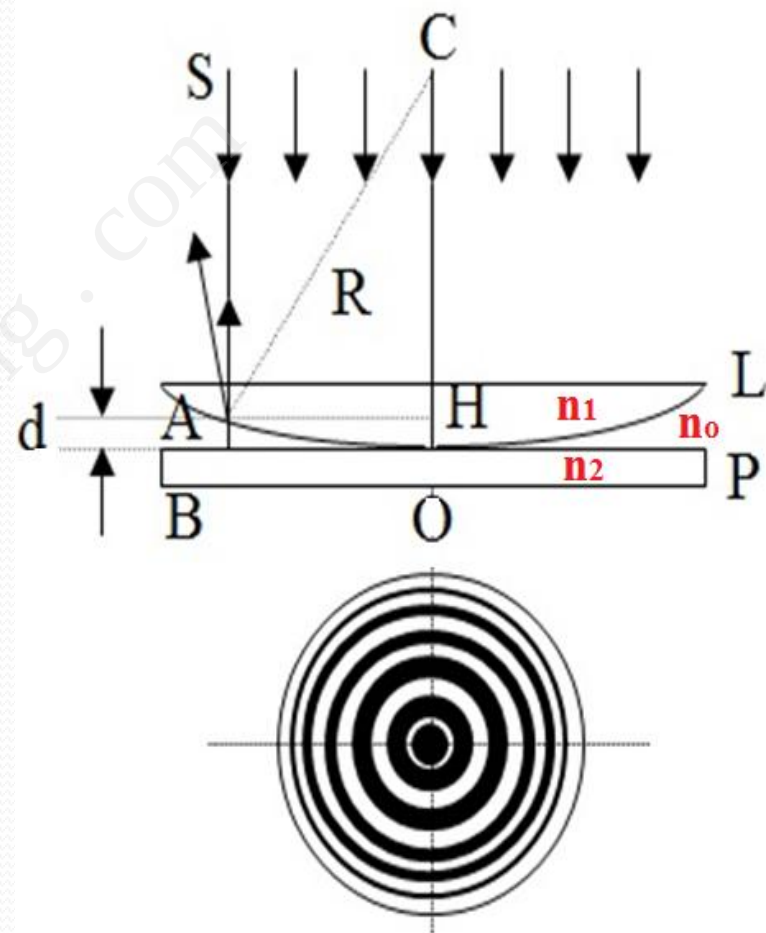
$k=1$ ứng với vân tối bậc 1...

• Vân sáng: $\Delta L = 2n_0d + \frac{\lambda_0}{2} = k\lambda_0$

$$d = \left(k - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_0}{2n_0} \quad (k=1, 2, 3 \dots)$$

→ $k=1$ ứng với vân sáng bậc 1, $k=2$ ứng với vân sáng bậc 2...

• Các vân tối và vân sáng là những vòng tròn đồng tâm xen kẽ nhau.



- Bán kính của vân bậc k :

$$r_k^2 = A\bar{H}^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2$$

$$\boxed{r_k^2 \approx 2Rd} \quad (\text{Vì } d \ll R)$$

- Bán kính của vân tối bậc k :

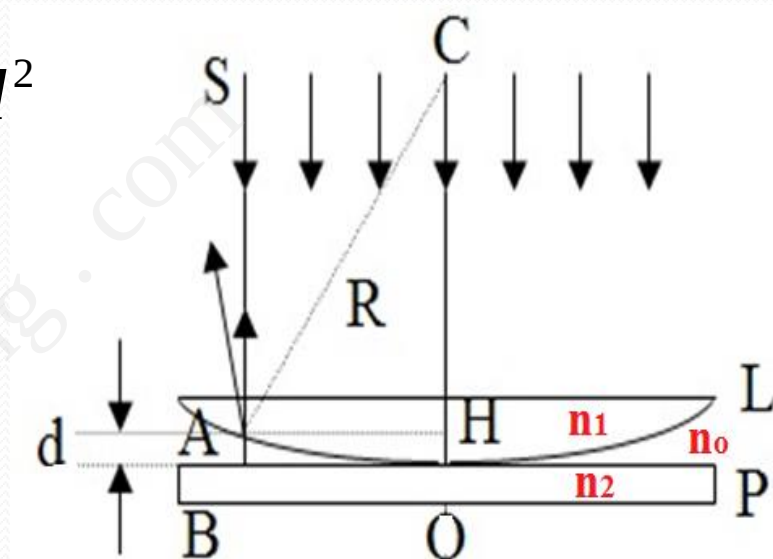
$$r_k \approx \sqrt{k} \cdot \sqrt{\frac{R \cdot \lambda_0}{n_0}}$$

- Bán kính của vân sáng bậc k :

$$r_k \approx \sqrt{k - \frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{R \cdot \lambda_0}{n_0}}$$

- Khoảng cách giữa hai vân tối liên tiếp:

$$i = r_{k+1} - r_k = \left(\sqrt{k+1} - \sqrt{k} \right) \cdot \sqrt{\frac{R \cdot \lambda_0}{n_0}}$$



$$\text{b. } n_1 < n_0 < n_2$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = \left[SA + 2AB + \frac{\lambda_0}{2} \right] - \left[SA + \frac{\lambda_0}{2} \right]$$

$$\Delta L = 2n_0 d$$

- Vân tối: $\Delta L = 2n_0 d = (2k + 1) \frac{\lambda_0}{2}$

$$d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_0}{2n_0} \quad (k=0, 1, 2, 3\dots)$$

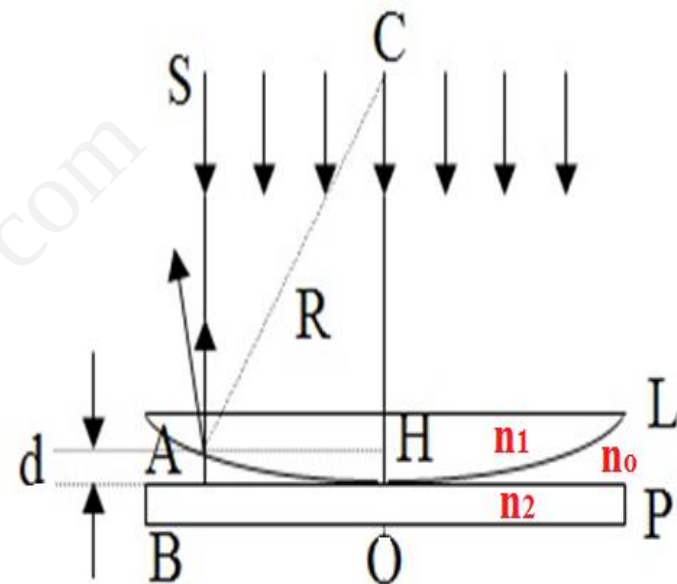
→ k=0 ứng với vân tối bậc 1

k=1 ứng với vân tối bậc 2...

- Vân sáng: $\Delta L = 2n_0 d = k\lambda_0$

$$d = k \frac{\lambda_0}{2n_0} \quad (k=0, 1, 2, 3\dots)$$

→ k=0 ứng với **vân sáng trung tâm**, k=1 vân sáng bậc 1.



$$\text{c. } n_0 > n_1, n_2$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = \left[SA + 2AB \right] - \left[SA + \frac{\lambda_0}{2} \right]$$

$$\Delta L = 2n_0d - \frac{\lambda_0}{2}$$

• Vân tối: $\Delta L = 2n_0d - \frac{\lambda_0}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda_0}{2}$

$$d = (k + 1) \frac{\lambda_0}{2n_0} \quad (k = -1, 0, 1, 2, 3.)$$

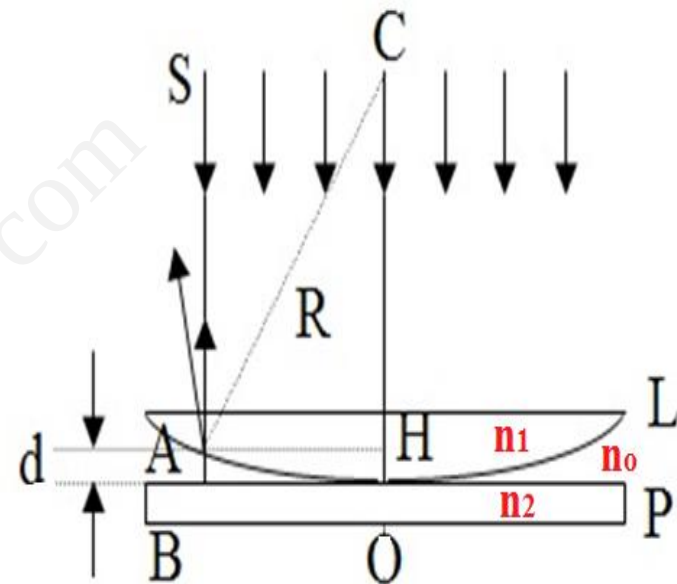
→ $k = -1$ ứng với **vân tối trung tâm**

$k=0$ ứng với vân tối bậc 1...

• Vân sáng: $\Delta L = 2n_0d - \frac{\lambda_0}{2} = k\lambda_0$

$$d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_0}{2n_0} \quad (k=0, 1, 2, 3...)$$

→ $k=0$ ứng với vân sáng bậc 1, $k=1$ vân sáng bậc 2...



BÀI TẬP VÍ DỤ 3

Chiếu một chùm sáng đơn sắc song song $\lambda=0,5 \mu\text{m}$ vuông góc với bản cho vân tròn Newton và quan sát ánh sáng phản xạ. Thấu kính có bán kính cong $R=25 \text{ m}$ và bán kính chu vi $r=5 \text{ cm}$. Tìm tổng số vân sáng quan sát được.

Hướng dẫn giải

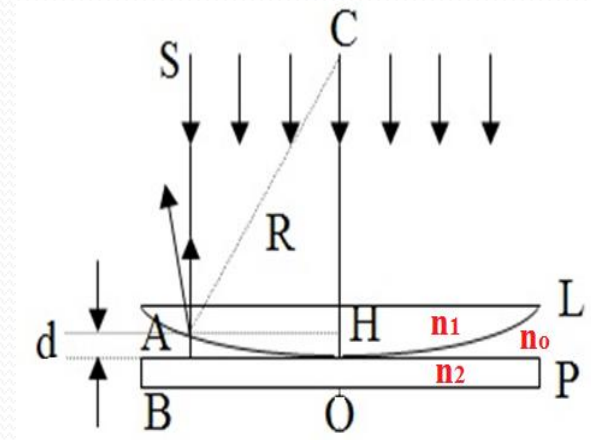
- Bán kính của vân sáng bậc k :

$$r_k \approx \sqrt{k - \frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{R \cdot \lambda_0}{n_0}} = \sqrt{\left(k - \frac{1}{2}\right) R \lambda_0}$$

- Để quan sát được vân sáng: $r_k \leq r \rightarrow k \leq 200,5$

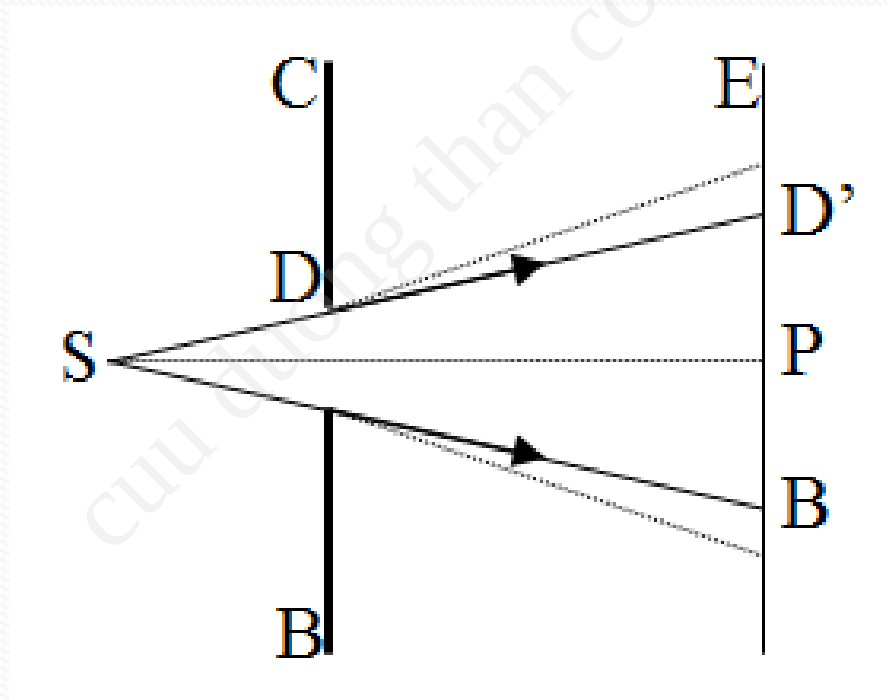
$\rightarrow k=200$

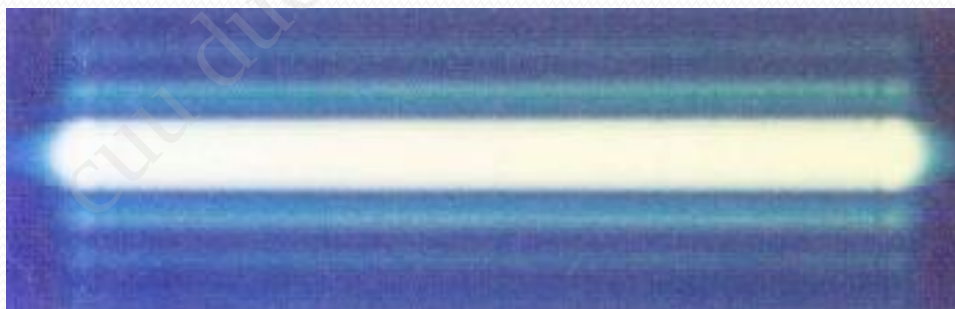
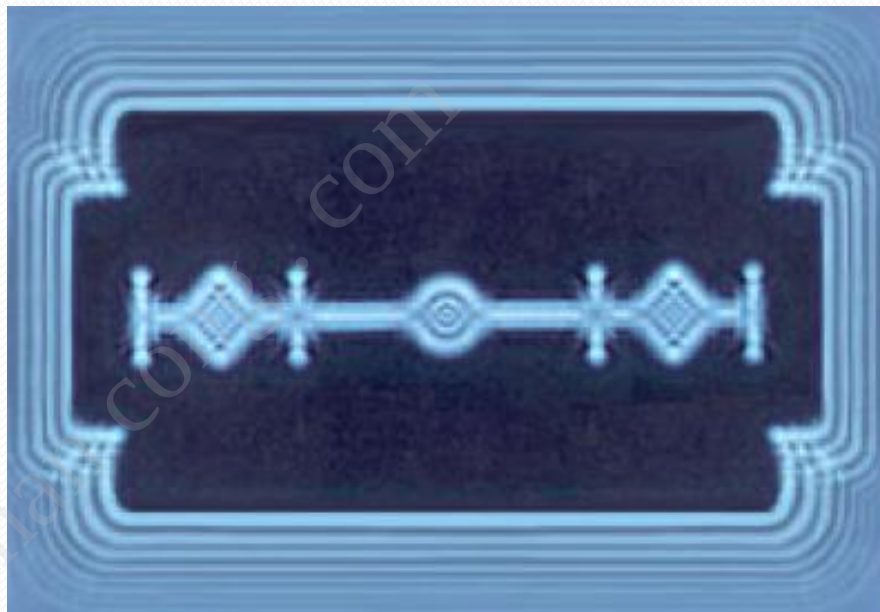
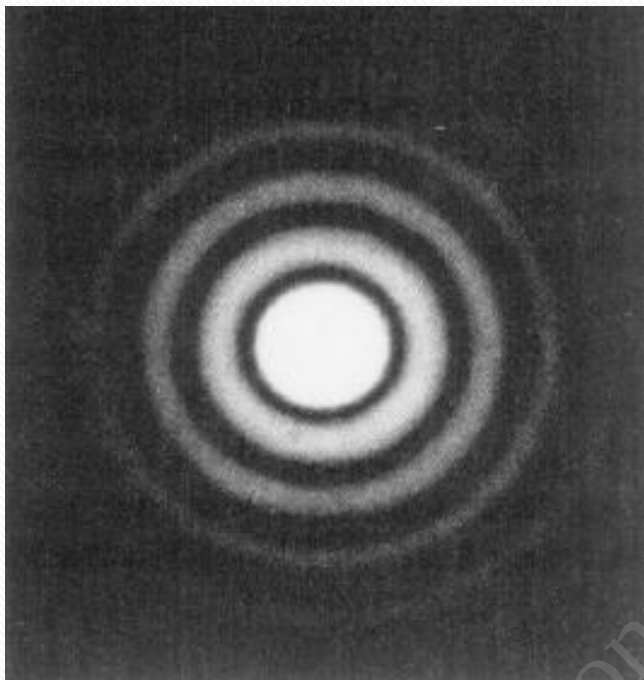
$\rightarrow$ Quan sát được 200 vân sáng.



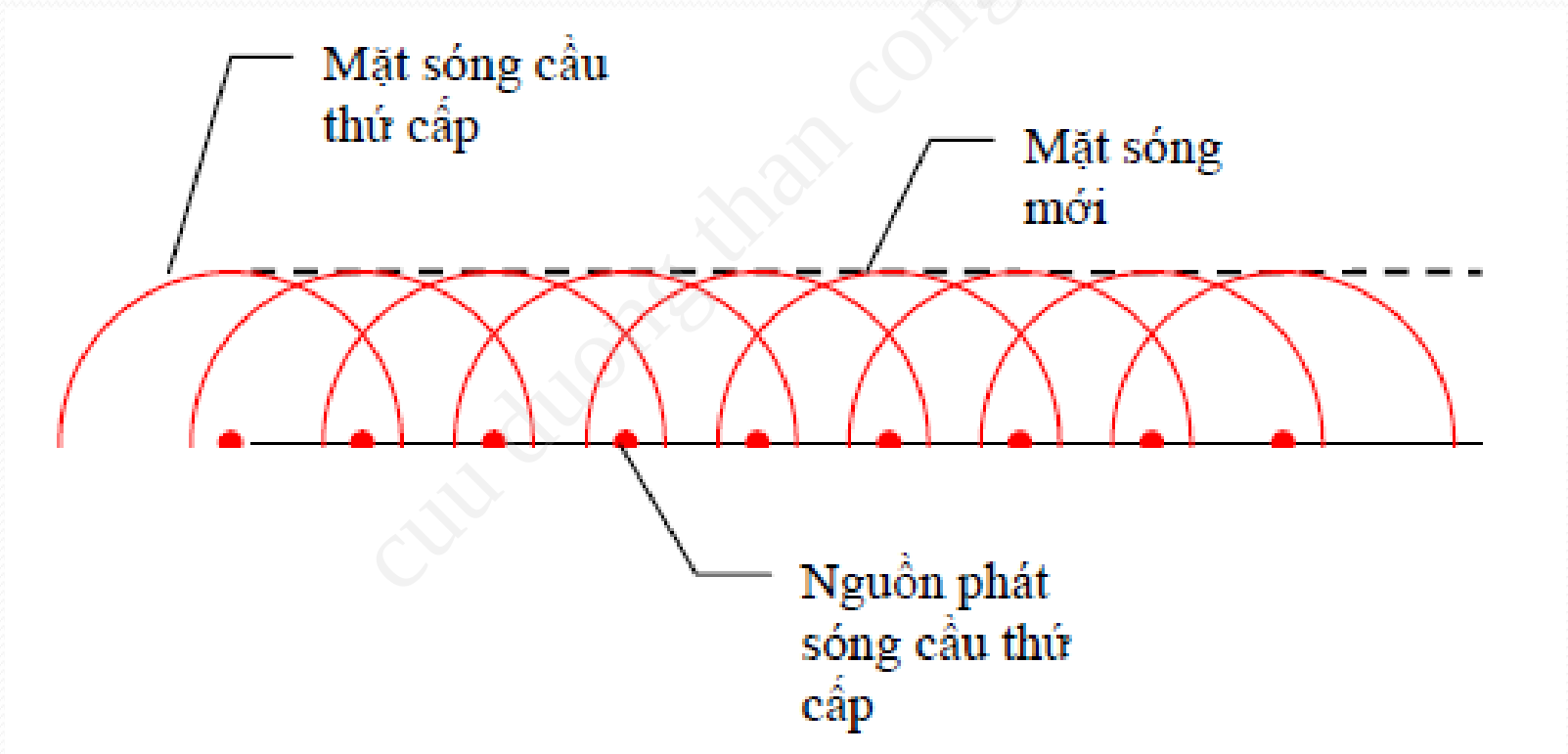
2. NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG

- Hiện tượng các tia sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng khi truyền qua các vật chắn sáng có kích thước nhỏ được gọi là hiện tượng **nhiều xạ ánh sáng**.
- Nhiều xạ được chia thành 2 loại: nhiễu xạ Fresnel (sóng cầu) và nhiễu xạ Fraunhofer (sóng phẳng).





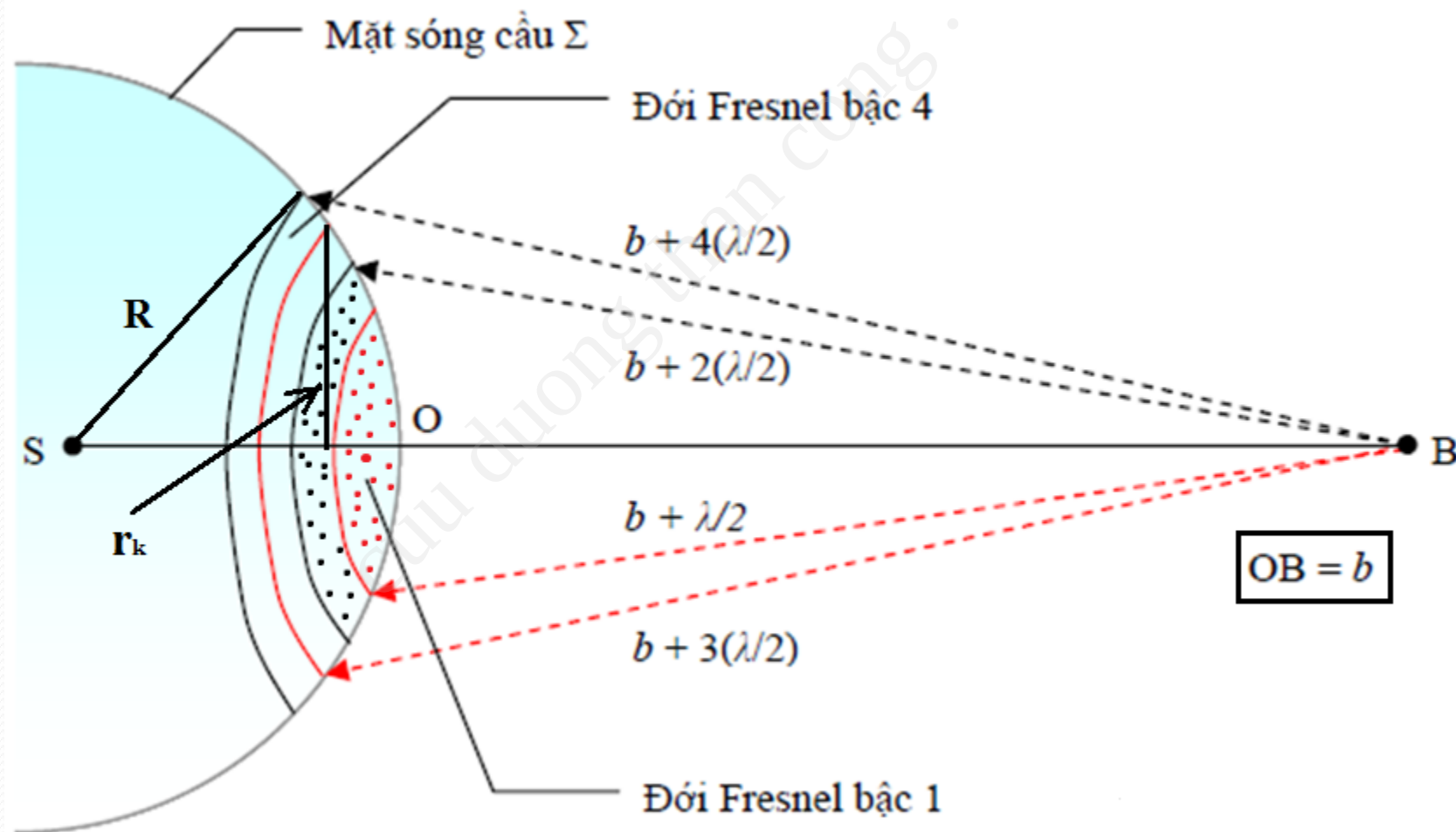
Nguyên lý Huyghens – Fresnel: mỗi điểm mà một mặt sóng đạt tới đều có thể xem là một nguồn phát sóng cầu thứ cấp. Biên độ và pha của nguồn thứ cấp là biên độ và pha do nguồn thực gây ra tại nguồn thứ cấp.



2.1. NHIỀU XẠ SÓNG CẦU

PHƯƠNG PHÁP ĐỐI CẦU FRESNEL

Nguồn sáng S chiếu đến điểm O (vật chắn kích thước nhỏ). Sử dụng phương pháp đối cầu Fresnel để tìm biên độ dao động sáng tại B.



Đặc điểm của các đới cầu Fresnel

- Bán kính đới cầu bậc k: $r_k = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R+b}} \sqrt{k}$ với $k = 1, 2, 3, \dots$

- Diện tích đới cầu: $\Delta S = \frac{\pi Rb\lambda}{R+b}$

→ Các đới cầu có diện tích bằng nhau, không phụ thuộc k.

- Mỗi đới cầu đóng vai trò là một nguồn sáng thứ cấp. Các nguồn sáng thứ cấp từ các đới cầu truyền tới điểm B là các nguồn sáng kết hợp vì đều tách ra từ nguồn S. Tại B sẽ xảy ra hiện tượng giao thoa.

Biên độ sóng tổng hợp tại B

- Các đơi cầu phát ra ánh sáng cùng tần số, cùng pha vì chúng đều cách đều nguồn S một đoạn R.
- Vì ánh sáng từ các đơi cầu kế tiếp truyền tới điểm B có hiệu quang lộ bằng $\lambda/2$ nên tại B chúng ngược pha nhau.
- Biên độ sóng tổng hợp tại B:

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + A_5 \dots \pm A_k$$

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2} \right) + \left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2} \right) + \dots \pm \frac{A_k}{2}$$

$$A \approx \frac{A_1}{2} \pm \frac{A_k}{2}$$

Dấu (+) nếu đơi thứ k là lẻ, (−) nếu đơi thứ k là chẵn.

1. Giữa S và B không có màn chắn: $A_k \approx 0 \rightarrow A \approx \frac{A_1}{2}$

→ Cường độ ánh sáng tại B: $I_0 = A^2 \approx \left(\frac{A_1}{2}\right)^2 = \frac{A_1^2}{4} = \frac{I_1}{4}$

với I_1 là cường độ ánh sáng do đới cầu thứ nhất gây ra.

2. Giữa S và B có màn chắn với lỗ tròn nhỏ:

a. Nếu lỗ tròn chứa một số lẻ đới cầu Fresnel: $A = \frac{A_1}{2} + \frac{A_k}{2} > \frac{A_1}{2}$

→ Cường độ ánh sáng tại B: $I = A^2 > \frac{A_1^2}{4} = I_0$

- Màn chắn làm điểm B sáng hơn so với không có màn chắn.
- Điểm B sáng nhất nếu lỗ tròn chỉ chứa một đới cầu đầu tiên. Khi đó cường độ sáng tại B là: $I = A_1^2 = I_1 = 4I_0$

b. Nếu lỗ tròn chứa một số chẵn đôi cầu Fresnel: $A = \frac{A_1}{2} - \frac{A_k}{2} < \frac{A_1}{2}$

→ Cường độ ánh sáng tại B: $I = A^2 < \frac{A_1^2}{4} = \frac{I_1}{4} = I_0$

- Màn chắn làm điểm B sáng yếu hơn so với không có màn chắn.
- Điểm B tối nhất nếu lỗ tròn chỉ chứa 2 đôi cầu đầu tiên: $I \approx 0$

3. Giữa S và B có màn chắn dạng đĩa tròn nhỏ chắn n đôi cầu đầu tiên:

$$A = \frac{A_{n+1}}{2} + \left(\frac{A_{n+1}}{2} - A_{n+2} + \frac{A_{n+3}}{2} \right) + \dots \pm \frac{A_k}{2} \approx \frac{A_{n+1}}{2}$$

a. Nếu đĩa tròn chỉ che khuất một số ít đôi cầu Fresnel đầu tiên: vì

A_{n+1} khác A_1 rất ít nên: $I = A^2 \approx \left(\frac{A_1}{2} \right)^2 = \frac{I_1}{4} = I_0$

→ Cường độ sáng tại B gần giống như khi không có màn chắn.

b. Nếu đĩa tròn BD che khuất nhiều đôi cầu: $A_{n+1} \approx 0$

→ Tại B sẽ là một điểm tối: $I \approx 0$.

BÀI TẬP VÍ DỤ 4

Giữa nguồn sáng điểm đơn sắc và điểm quan sát M đặt một màn chắn có khoét lỗ tròn và quan sát cường độ sáng tại M. Ban đầu M sáng nhất, sau đó tối rồi sáng trở lại. Hỏi bán kính lỗ tròn thay đổi như thế nào?

Hướng dẫn giải

- Ban đầu M sáng nhất $\rightarrow$ chỉ có 1 đới cầu lợt qua lỗ tròn: $k=1$
- Sau đó M tối nhất $\rightarrow$ có 2 đới cầu lợt qua lỗ: $k=2$
- Sau cùng M sáng trở lại $\rightarrow$ có 3 đới cầu lợt qua lỗ: $k=3$
- Bán kính lỗ tròn = bán kính đới cầu bậc k:

$$r_k = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R+b}} \sqrt{k}$$

$\rightarrow$ k tăng 3 lần thì bán kính lỗ tròn tăng $\sqrt{3}$ lần.

2.2. NHIỀU XẠ SÓNG PHẪNG

2.2.1. NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG QUA MỘT KHE HẸP (NHIỀU XẠ FRAUNHOFER)

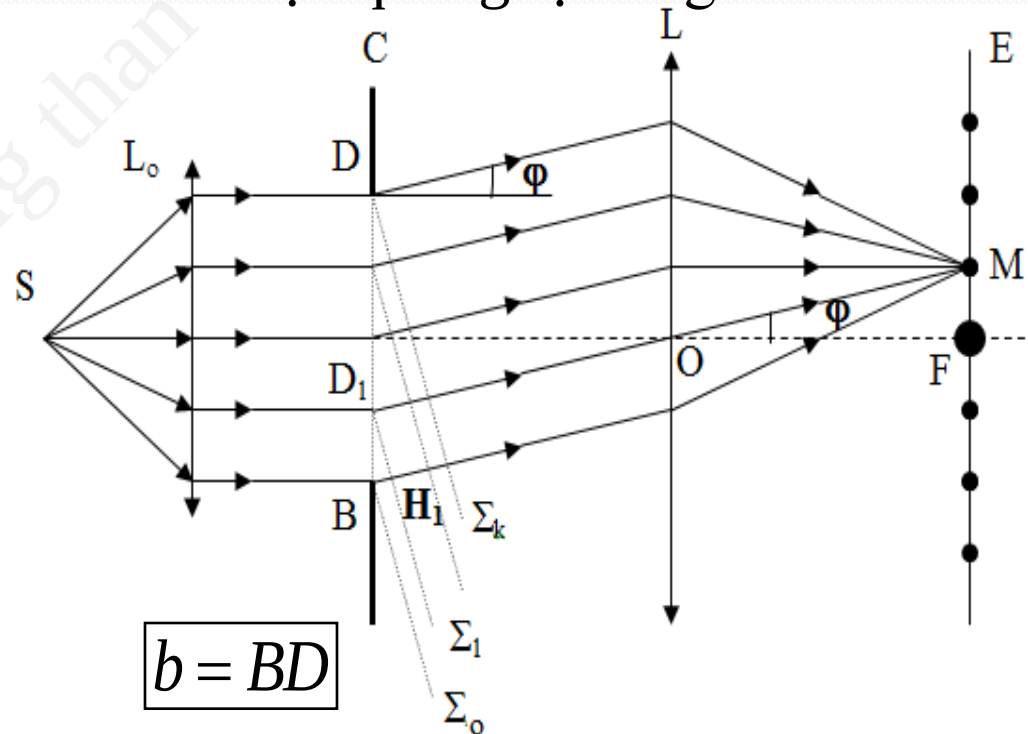
- Vẽ các mặt phẳng Σ cách đều nhau $\lambda_0/2$ và vuông góc tia nhiễu xạ.
- Chùm sáng song song tại khe hẹp BD được chia thành các dải sáng, mỗi dải sáng là một nguồn thứ cấp sẽ giao thoa tại màn E.
- Hai dải sáng kề nhau truyền tới M có hiệu quang lộ bằng $BH_1 = \lambda_0/2$.

- Mỗi dải sáng có độ rộng:

$$b_0 = BD_1 = \frac{BH_1}{\sin \varphi} = \frac{\lambda_0}{2 \sin \varphi}$$

- Số dải sáng qua khe BD:

$$n = \frac{b}{b_0} = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda_0}$$



- **Nếu khe hẹp chứa một số chẵn các dải sáng:** điểm M sẽ tối và là cực tiểu nhiễu xạ.

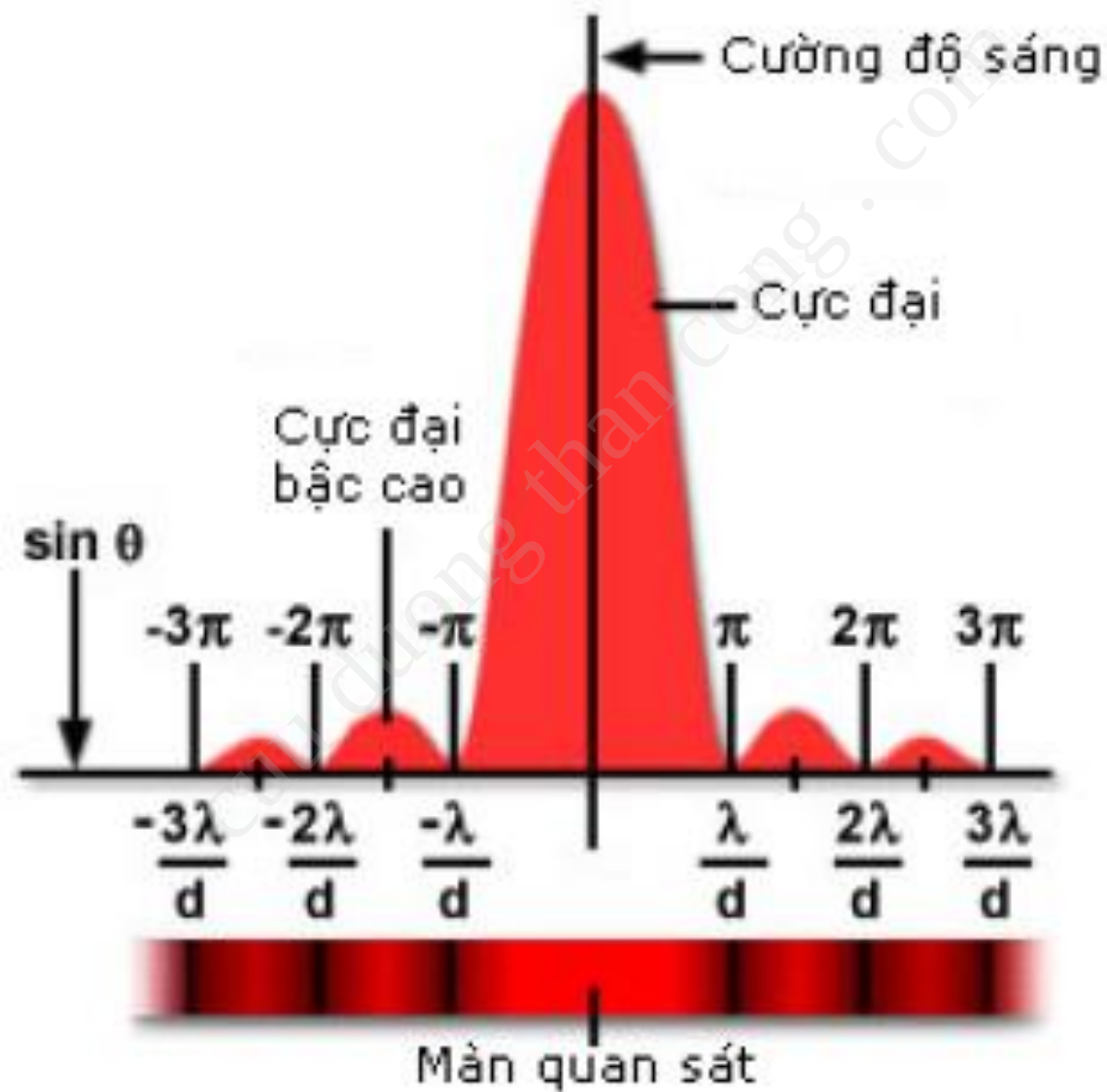
$$n = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda_0} = \pm 2k \rightarrow \sin \varphi = \pm k \frac{\lambda_0}{b} \quad (k = 1, 2, 3...)$$

Đặc biệt nếu $k = 0$ thì $\varphi = 0 \rightarrow$ điểm F sẽ rất sáng và gọi là **cực đại nhiễu xạ trung tâm**.

- **Nếu khe hẹp chứa một số lẻ các dải sáng:** điểm M là điểm sáng, nhưng có cường độ sáng nhỏ hơn nhiều so với cực đại nhiễu xạ trung tâm, gọi là cực đại nhiễu xạ bậc k.

$$n = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda_0} = \pm (2k + 1) \rightarrow \sin \varphi = \pm \left(k + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda_0}{b} \quad (k = 1, 2, 3...)$$

- CĐNXTT rộng gấp đôi cực đại nhiễu xạ bậc k: $l = 2\lambda f / b$
- Nếu ánh sáng chiếu đến khe hẹp dưới góc φ_0 thì vị trí cực đại và cực tiểu xác định như sau: $\sin \varphi' = \sin \varphi + \sin \varphi_0$



BÀI TẬP VÍ DỤ 5

Chiếu chùm sáng song song gồm 2 bước sóng $\lambda_1 = 0,45 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,75 \mu\text{m}$ vuông góc với một khe hẹp có bề rộng $b = 5 \mu\text{m}$. Xác định số cực đại trùng nhau của 2 hệ thống vân nhiễu xạ trừ cực đại trung tâm.

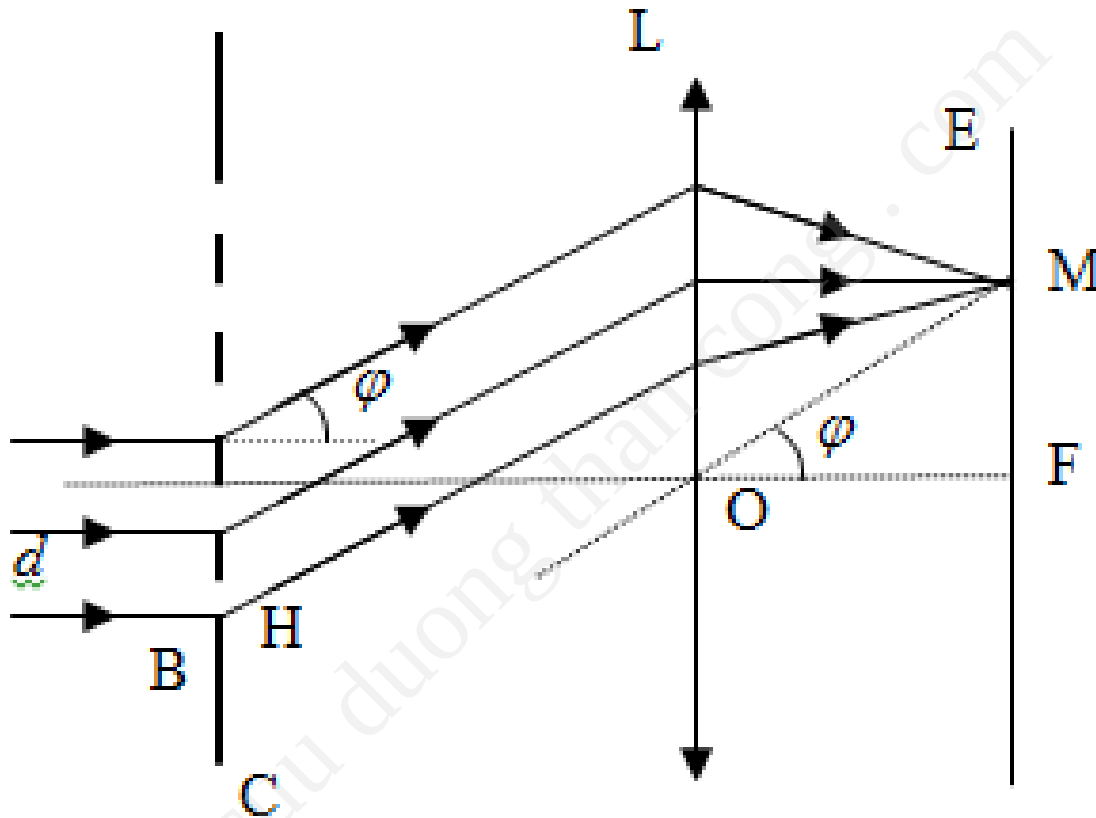
Hướng dẫn giải

- Vị trí cực đại bậc k: $\sin \varphi = \pm \left(k + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda_0}{b}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)
- Cực đại của 2 hệ thống vân trùng nhau khi: $\sin \varphi_1 = \sin \varphi_2$
$$\left(k_1 + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda_1}{b} = \left(k_2 + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda_2}{b} \rightarrow \frac{2k_1 + 1}{2k_2 + 1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{5}{3}$$
- Mặt khác: $|\sin \varphi_1| < 1 \rightarrow 0 < k_1 < 10,6$ (xét một bên CĐTT).

k_1	2	7
k_2	1	4

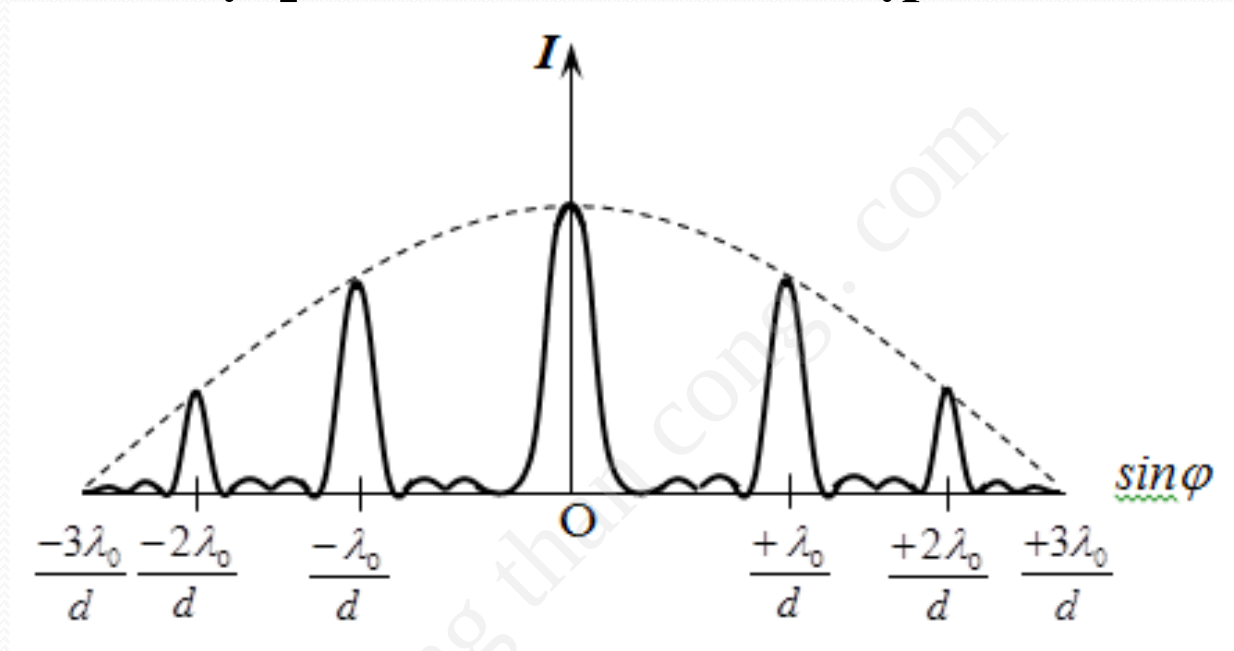
$\rightarrow$ Số cực đại trùng nhau = $2 \times 2 = 4$

2.2.2. NHIỀU XẠ ÁNH SÁNG QUA CÁCH TỬ N KHE HẸP



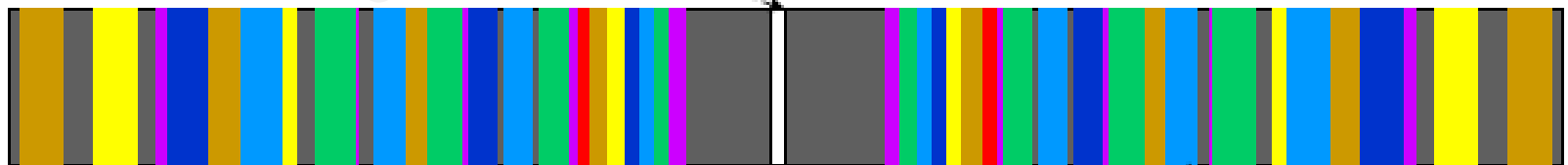
Khoảng cách d giữa hai khe kế tiếp gọi là **chu kỳ** của cách tử phẳng. Độ rộng khe là $b < d$.

Nhiều xạ qua cách tử có 4 khe hẹp, $d/b=3$



Nhiều xạ ánh sáng trắng qua cách tử

Vân trắng trung tâm Khoảng tối



- Các cực tiểu chính:

$$\sin \varphi = \pm k \frac{\lambda_0}{b} \quad (k=1,2,\dots)$$

- Các cực đại chính:

$$\sin \varphi = \pm m \frac{\lambda_0}{d} \quad (m=0, 1, 2,\dots)$$

→ m=0 ứng với cực đại trung tâm.

- Giữa 2 cực đại chính liên tiếp còn có (N-1) cực tiểu phụ và (N-2) cực đại phụ.
- Số cực đại chính tối đa cho bởi cách tử (xét một bên của CĐTT):

$$|\sin \varphi| = \left| \pm m \frac{\lambda_0}{d} \right| < 1 \rightarrow m < \frac{d}{\lambda_0}$$

- → Tổng cộng có (2m+1) CĐC (tính cả CĐTT).
- Số CĐC giữa 2 CTC bậc k (xét một bên của CĐTT):

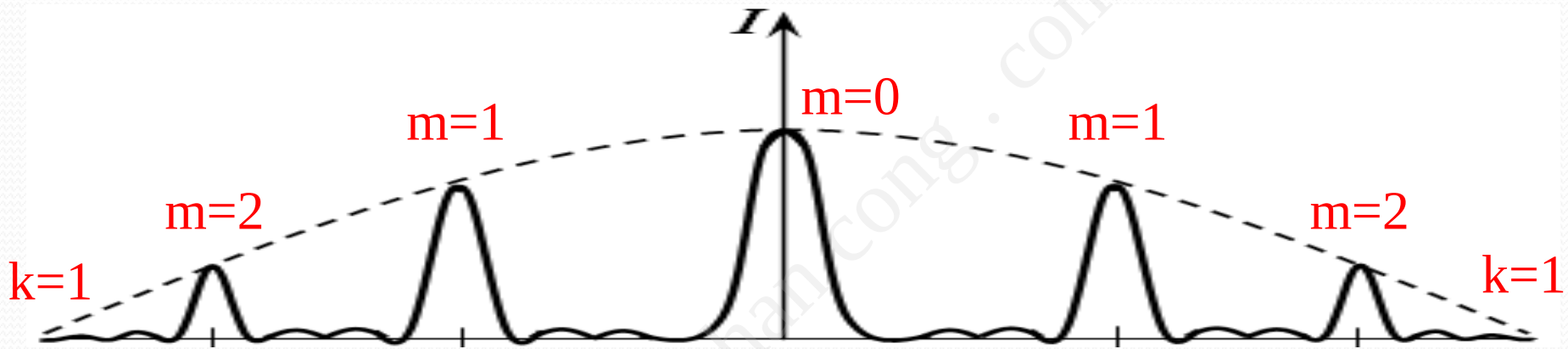
$$m \frac{\lambda_0}{d} < k \frac{\lambda_0}{b} \rightarrow m < k \frac{d}{b}$$

Ứng dụng của cách tử phẳng

- Đo bước sóng của ánh sáng đơn sắc: từ công thức $d \sin \varphi = m \lambda_0$ có thể xác định được bước sóng λ_0 của sóng sáng đơn sắc truyền tới cách tử phẳng có chu kỳ d cho biết trước bằng cách đo góc lệch φ ứng với chính bậc m trong ảnh nhiễu xạ của sóng sáng đơn sắc đó.
- Phân tích quang phổ nhiễu xạ: căn cứ vào vị trí, màu sắc và cường độ sáng của các vạch quang phổ, có thể xác định được thành phần cấu tạo cũng như tỷ lệ của các nguyên tố có trong chất cần phân tích.

BÀI TẬP VÍ DỤ 6

Một cách tử có N khe cho ảnh nhiễu xạ như trên hình. Biết bề rộng mỗi khe của cách tử $b=0,3 \text{ mm}$. Tìm số khe N và chu kỳ cách tử d.



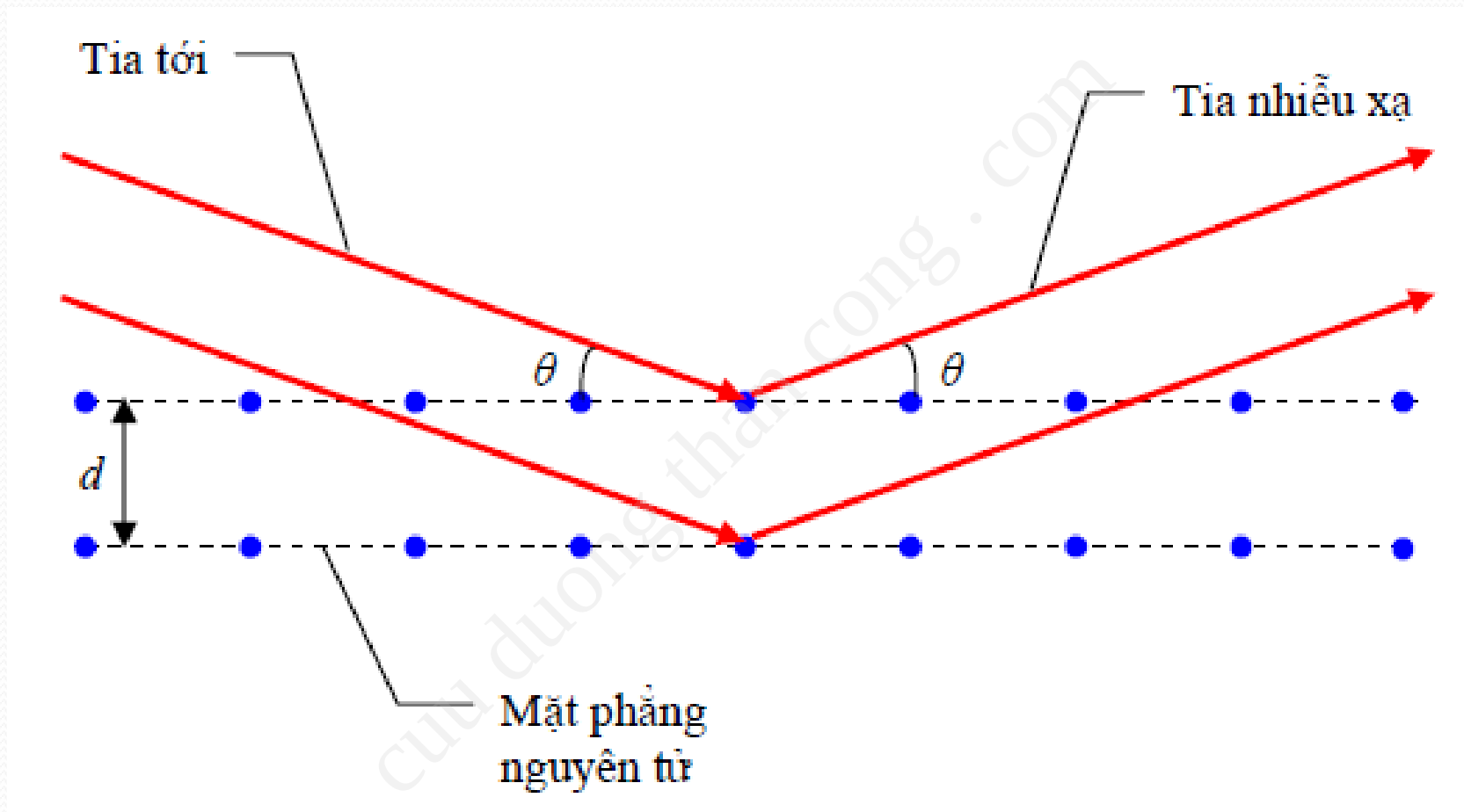
Hướng dẫn giải

- Giữa 2 CĐC liên tiếp có 2 CĐP và 3 CTP $\rightarrow N=4$
- Giữa 2 CTC bậc 1 ($k=1$) có 5 CĐC kể cả CĐTT $\rightarrow m=2$

$$m < k \frac{d}{b} \rightarrow \frac{d}{b} > \frac{m}{k} = 2$$

- Mặt khác $\frac{d}{b} \leq 3$, vì nếu $\frac{d}{b} > 3$ thì $m=3$ là mâu thuẫn với hình.
 $\rightarrow 2 < \frac{d}{b} \leq 3 \rightarrow 0,6\text{mm} < d \leq 0,9\text{mm}$

NHIỄU XẠ CỦA TIA RƠNGHEN TRÊN TÍNH THỂ



Điều kiện cực đại nhiễu xạ: $2d\sin\theta = \pm m\lambda$
($m = 1, 2, 3, \dots$)