

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HCM
TRƯỜNG ĐH KHOA HỌC TỰ NHIÊN

BÀI GIẢNG VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG 2

ĐIỆN TỪ VÀ QUANG

(PHY00002)

NGUYỄN VĂN THUẬN
Email: nvthuan@hcmus.edu.vn

HỌC ĐỂ BIẾT, HỌC ĐỂ LÀM, HỌC ĐỂ CHUNG SỐNG,
HỌC ĐỂ KHẲNG ĐỊNH BẢN THÂN



CHƯƠNG 5

GIAO THOA ÁNH SÁNG



NỘI DUNG

1. Cơ sở quang học sóng
2. Điều kiện giao thoa
3. Giao thoa qua hai khe Young
4. Sự phân bố cường độ giao thoa
5. Thay đổi pha do phản xạ
6. Giao thoa trên bản mỏng bề dày không đổi
7. Nêm -Giao thoa trên bản mỏng bề dày thay đổi
8. Vân tròn Newton

1. CƠ SỞ QUANG HỌC SÓNG

1.1. Bản chất của ánh sáng



Photo Researchers, Inc.

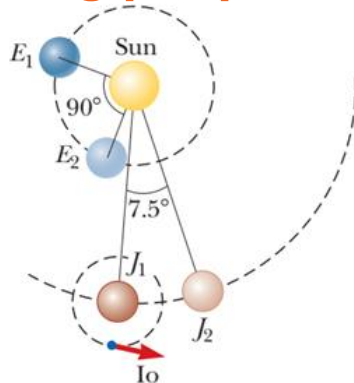
Christian Huygens
Dutch Physicist and Astronomer
(1629–1695)

❖ **Ánh sáng:** là một dạng bức xạ điện từ, truyền năng lượng từ nguồn sáng tới người quan sát.

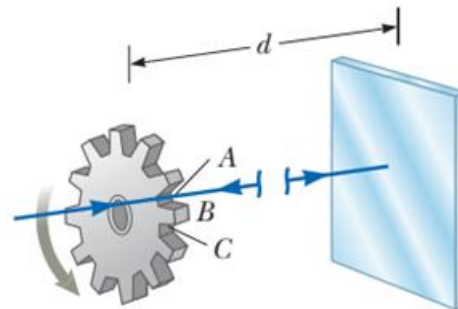
❖ **Ánh sáng có lưỡng tính sóng – hạt:** Mô hình sóng thể hiện qua giao thoa và nhiễu xạ; mô hình hạt thể hiện qua ...

❖ **Đo tốc độ ánh sáng:**

Phương pháp Roemer



Phương pháp Fizeau



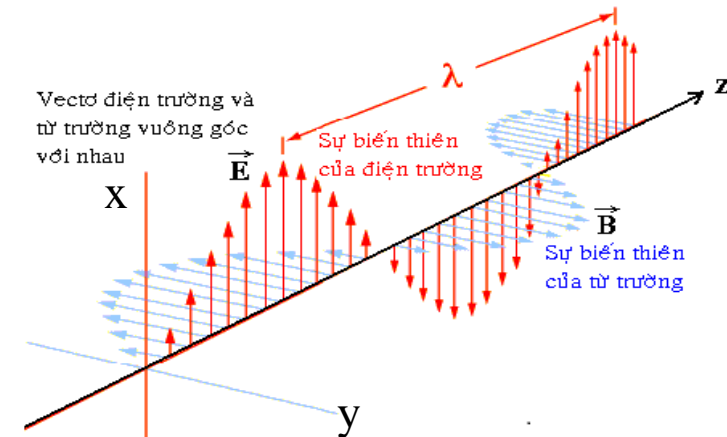
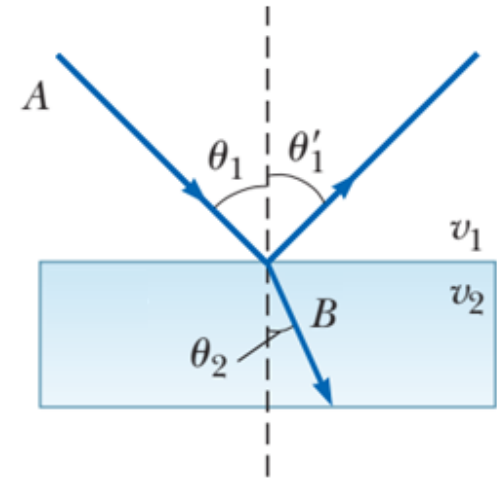
$$c = \frac{2d}{\Delta t} = 2d \frac{\omega}{\Delta \theta}$$

1. CƠ SỞ QUANG HỌC SÓNG

1.2. Quang học

❖ **Quang hình học (quang học tia):** nghiên cứu sự lan truyền của ánh sáng và biểu diễn chùm sáng bằng tia quang học (phản xạ, khúc xạ, tán xạ).

❖ **Quang học sóng:** nghiên cứu về bản chất, sự lan truyền và tương tác của ánh sáng với môi trường vật chất **dựa trên cơ sở tính chất sóng** của ánh sáng.



⇒ **Quang học sóng nghiên cứu các hiện tượng không thể giải thích đầy đủ bởi quang hình học: giao thoa, nhiễu xạ, phân cực.**

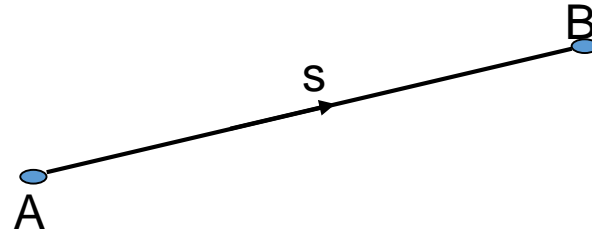


1. CƠ SỞ QUANG HỌC SÓNG

1.3. Quang lộ

- ❖ Quang lộ trong thời gian t là quãng đường ánh sáng truyền được trong chân không trong khoảng thời gian đó:

$$L = c.t$$



- ❖ Trong môi trường đồng nhất (tính) có chiết suất n , ta có:

$$c = n.v = n \frac{s}{t} \Rightarrow L = n.s = n.AB$$

Vậy, quang lộ giữa hai điểm A, B bằng tích chiết suất của môi trường với độ dài quãng đường AB.

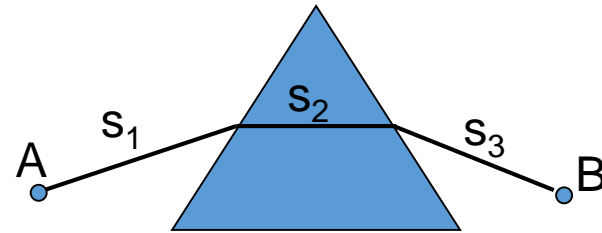


1. CƠ SỞ QUANG HỌC SÓNG

1.3. Quang lộ

- ❖ Nếu ánh sáng truyền từ A đến B qua nhiều môi trường có chiết suất n_1, n_2, \dots , với các quãng đường tương ứng là s_1, s_2, \dots , thì quang lộ:

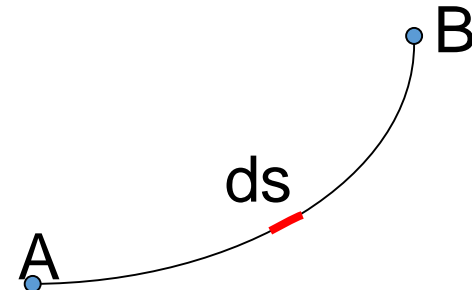
$$L = \sum n_i s_i$$



$$L_{AB} = n_1 s_1 + n_2 s_2 + n_3 s_3$$

- ❖ Nếu môi trường có chiết suất thay đổi liên tục thì quang lộ giữa hai điểm A, B sẽ là:

$$L = \int_A^B n \cdot ds = \int_A^B \frac{c}{v} ds = c \int_A^B d\tau = c\tau$$

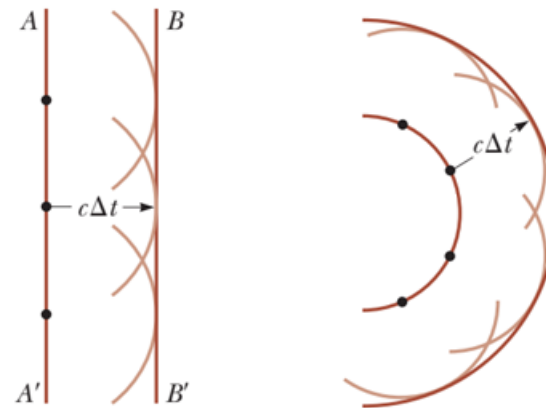
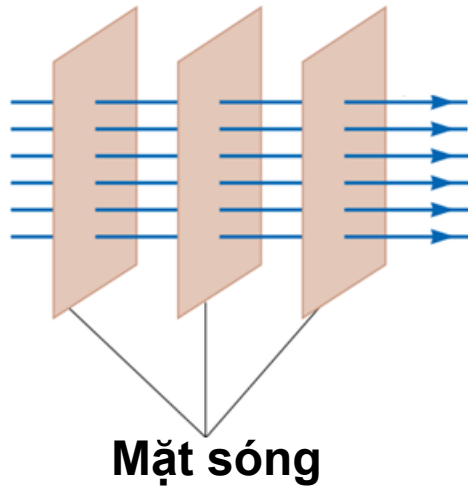




1. CƠ SỞ QUANG HỌC SÓNG

1.4. Mặt sóng – Nguyên lý Huygens

- ❖ **Mặt sóng:** là tập hợp những điểm mà ánh sáng của chùm tia đó truyền đến ở cùng một thời điểm

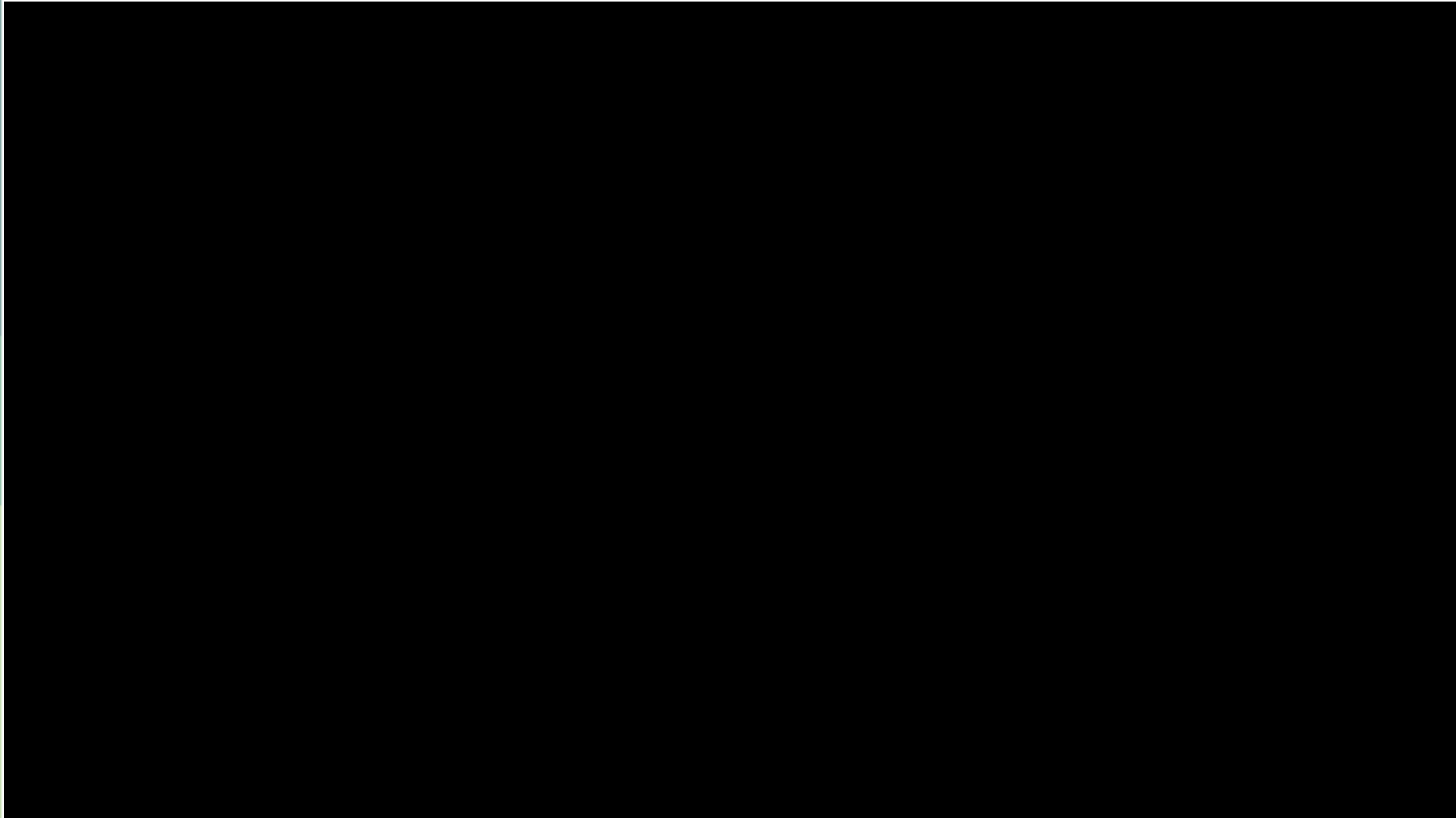


- ❖ **Nguyên lý Huygens:** Tất cả các điểm trên mặt đầu sóng được coi như là những nguồn điểm tạo ra các sóng cầu thứ cấp, truyền về phía trước nó với tốc độ đặc trưng trong môi trường đó. Sau một khoảng thời gian, vị trí mới của mặt đầu sóng là mặt tiếp xúc với tất cả các sóng thứ cấp.



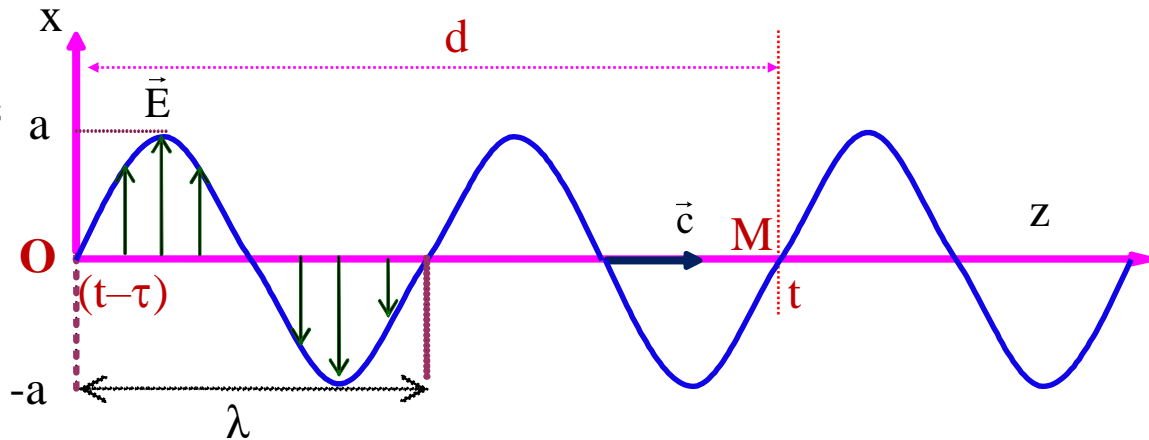
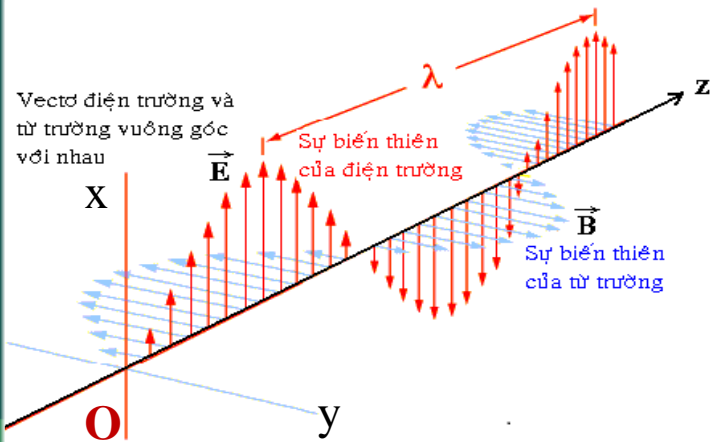
1. CƠ SỞ QUANG HỌC SÓNG

1.4. Mặt sóng – Nguyên lý Huygens



1. CƠ SỞ QUANG HỌC SÓNG

1.5. Hàm sóng



❖ Dao động sáng tại O

$$\vec{E}(0, t - \tau) = E_0 \cos \omega t \vec{k}$$

❖ Dao động sáng tại M

$$\vec{E}(M, t) = E_0 \cos \omega(t - \tau) \vec{k}$$

Vì $L = c\tau$ và $\lambda = cT$ nên:

$$\vec{E}(M, t) = E_0 \cos \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi L}{\lambda} \right) \vec{k}$$

⇒ Dao động tại M trễ pha hơn nguồn sóng O:

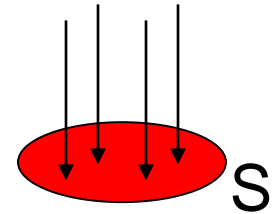
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi L}{\lambda}$$



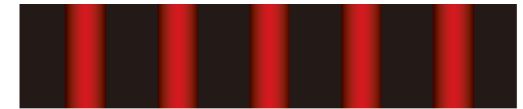
1. CƠ SỞ QUANG HỌC SÓNG

1.6. Cường độ sáng

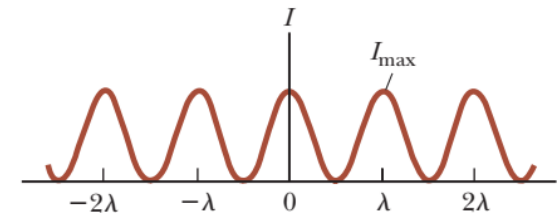
➤ Cường độ sáng tại một điểm là một đại lượng có trị số bằng năng lượng ánh sáng truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền sáng trong một đơn vị thời gian (mật độ dòng quang năng).



➤ Cường độ ánh sáng tỉ lệ với bình phương biên độ sóng.



$$I = \frac{W}{S.t} = \frac{P}{S} = ka^2 \sim |\vec{E}|^2$$

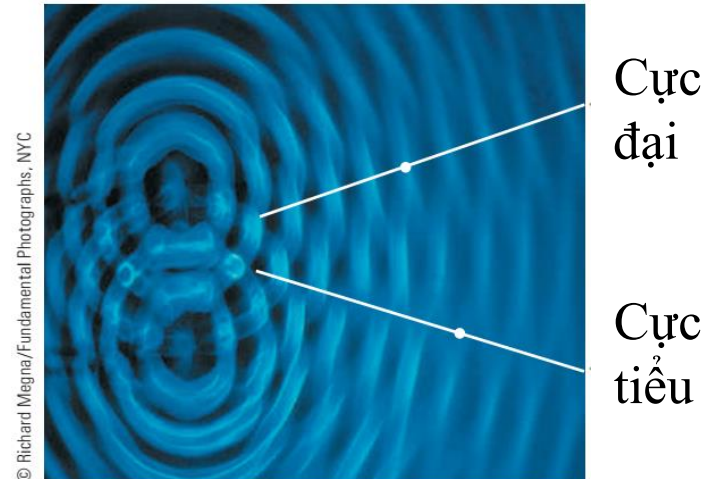
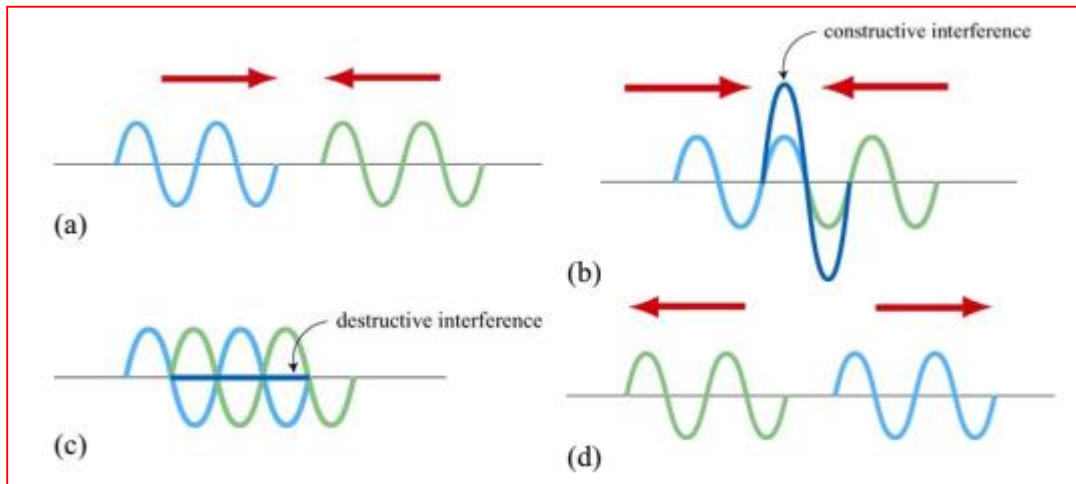




2. ĐIỀU KIỆN GIAO THOA

2.1. 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.





2. ĐIỀU KIỆN GIAO THOA

2.1. Nguyên lý chồng chất



2. ĐIỀU KIỆN GIAO THOA

2.1. Điều kiện có giao thoa

- Giả sử có hai sóng tới tại M

$$X_1 = A_1 \cos\left(\omega_1 t - \frac{2\pi L_1}{\lambda}\right) \quad \text{và} \quad X_2 = A_2 \cos\left(\omega_2 t - \frac{2\pi L_2}{\lambda}\right)$$

- Theo nguyên lý chồng chất, sóng tổng hợp tại M:

$$X = X_1 + X_2 = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Trong đó:

+ Biên độ: $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$

+ Pha: $\tan \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$

+ Hiệu pha: $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (\omega_2 - \omega_1)t + \frac{2\pi}{\lambda}(L_1 - L_2)$



2. ĐIỀU KIỆN GIAO THOA

2.1. Điều kiện có giao thoa

➤ Vì cường độ ánh sáng $I = A^2$ nên biểu thức biên độ trở thành:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1}\sqrt{I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

TH1: Hiệu pha $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ biến đổi theo thời gian

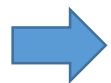
❖ Tần số góc $\omega_1 \neq \omega_2$  **Sóng không kết hợp**

❖ Cường độ ánh sáng trung bình:

$$\bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T I dt = \frac{1}{T} \int_0^T [I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1}\sqrt{I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)] dt = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + 2\sqrt{I_1}\sqrt{I_2} \frac{1}{T} \int_0^T \cos(\varphi_2 - \varphi_1) dt$$

Sau mỗi chu kỳ T thì hiệu pha $\Delta\varphi$ thay đổi một lượng 2π nên:

$$\frac{1}{T} \int_0^T \cos(\varphi_2 - \varphi_1) dt = 0 \Rightarrow \bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$



KHÔNG CÓ GIAO THOA CỰC ĐẠI – CỰC TIỂU



2. ĐIỀU KIỆN GIAO THOA

2.1. Điều kiện có giao thoa

TH2: Hiệu pha $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ không biến đổi theo thời gian

❖ Tần số góc $\omega_1 = \omega_2 = \omega \Rightarrow$ Hai sóng tới phải có cùng tần số (*sóng kết hợp*)

❖ Tại các điểm thỏa mãn điều kiện $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = +1$

$$\Rightarrow \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 2k\pi \Leftrightarrow \frac{2\pi}{\lambda}(L_1 - L_2) = 2k\pi \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

$$\Rightarrow \Delta L = L_1 - L_2 = k\lambda \quad (\text{Hiệu quang lộ là số nguyên lần bước sóng})$$

+ Cường độ sáng: $I = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + 2\sqrt{\bar{I}_1}\sqrt{\bar{I}_2} = (\sqrt{\bar{I}_1} + \sqrt{\bar{I}_2})^2 \Rightarrow$ **GIAO THOA CỰC ĐẠI**

❖ Tại các điểm thỏa mãn điều kiện $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1$

$$\Rightarrow \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (2k + 1)\pi \Leftrightarrow \frac{2\pi}{\lambda}(L_1 - L_2) = (2k + 1)\pi$$

$$\Rightarrow \Delta L = L_1 - L_2 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \quad (\text{Hiệu quang lộ là số lẻ nửa lần bước sóng})$$

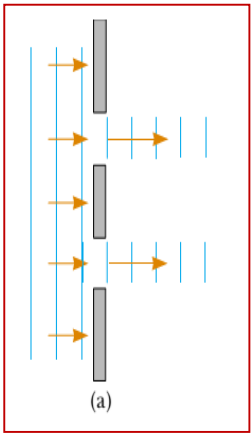
+ Cường độ sáng: $I = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 - 2\sqrt{\bar{I}_1}\sqrt{\bar{I}_2} = (\sqrt{\bar{I}_1} - \sqrt{\bar{I}_2})^2 \Rightarrow$ **GIAO THOA CỰC TIỂU**



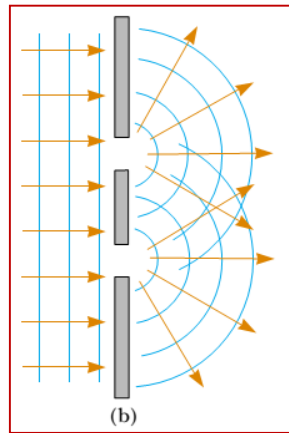
2. ĐIỀU KIỆN GIAO THOA

2.2. Nguyên tắc tạo ra giao thoa

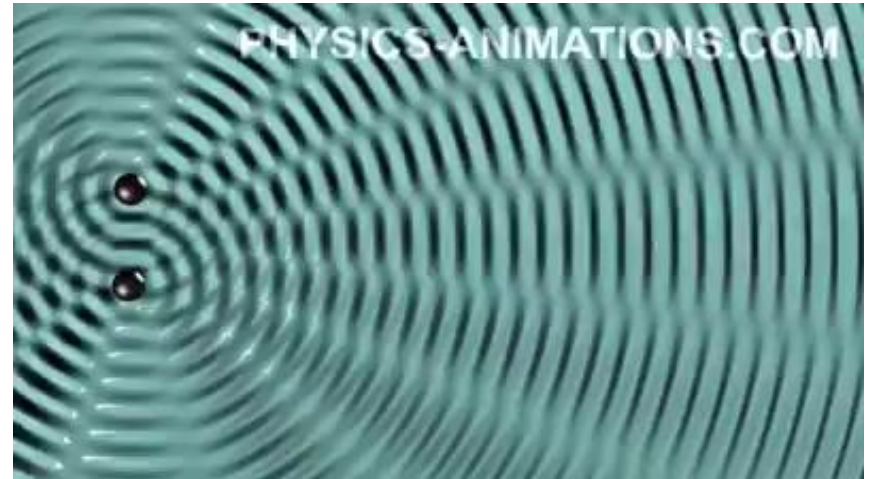
- Tạo ra 2 sóng kết hợp: Tách sóng phát ra từ một nguồn duy nhất thành 2 sóng, sau đó lại cho chúng gặp nhau (Hai nguồn riêng biệt thông thường không có tính kết hợp).
- Dao động của 2 sóng phải thực hiện cùng phương.



**Không giao thoa
giữa hai sóng**



**Có giao thoa
giữa hai sóng**

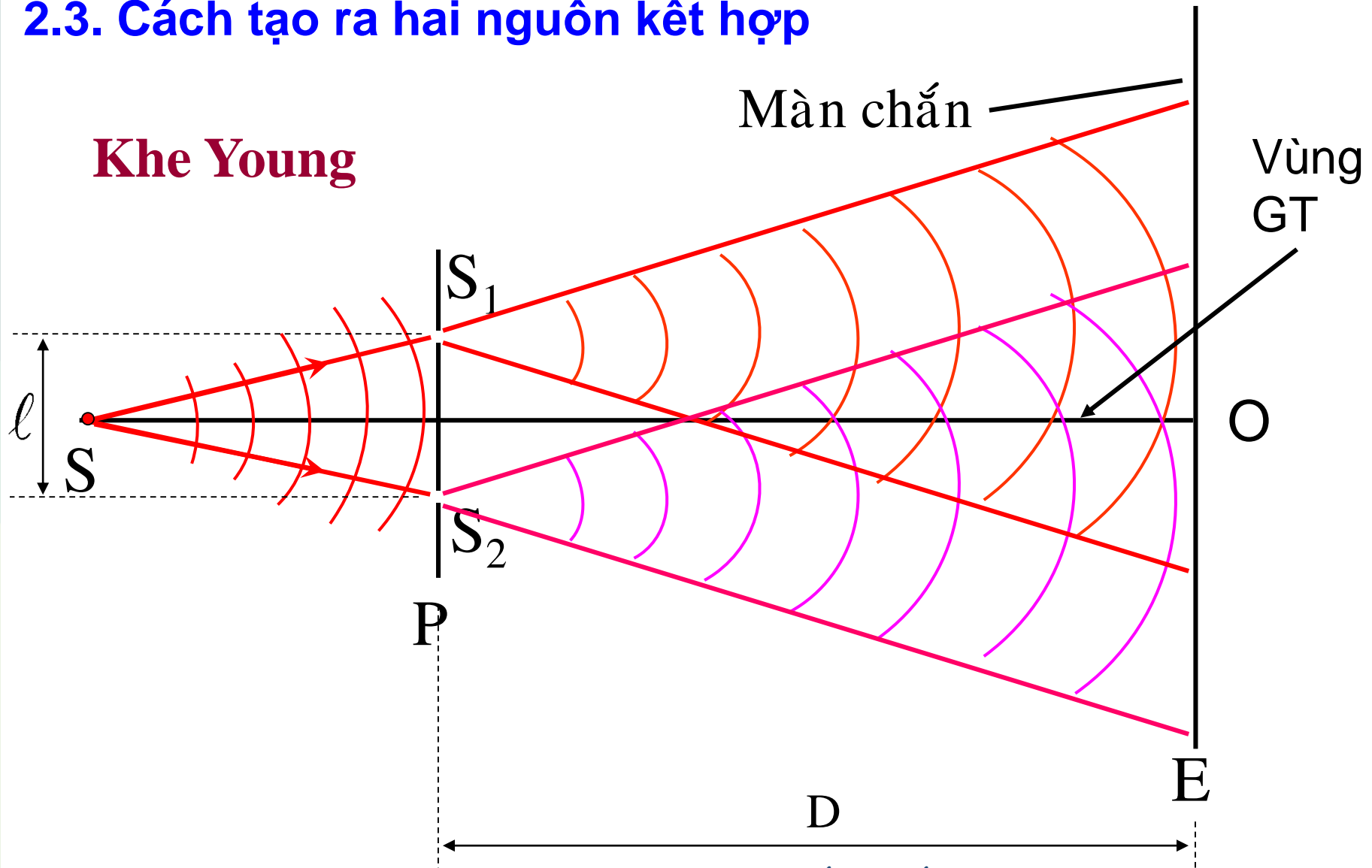




2. ĐIỀU KIỆN GIAO THOA

2.3. Cách tạo ra hai nguồn kết hợp

Khe Young





Gương Fresnel

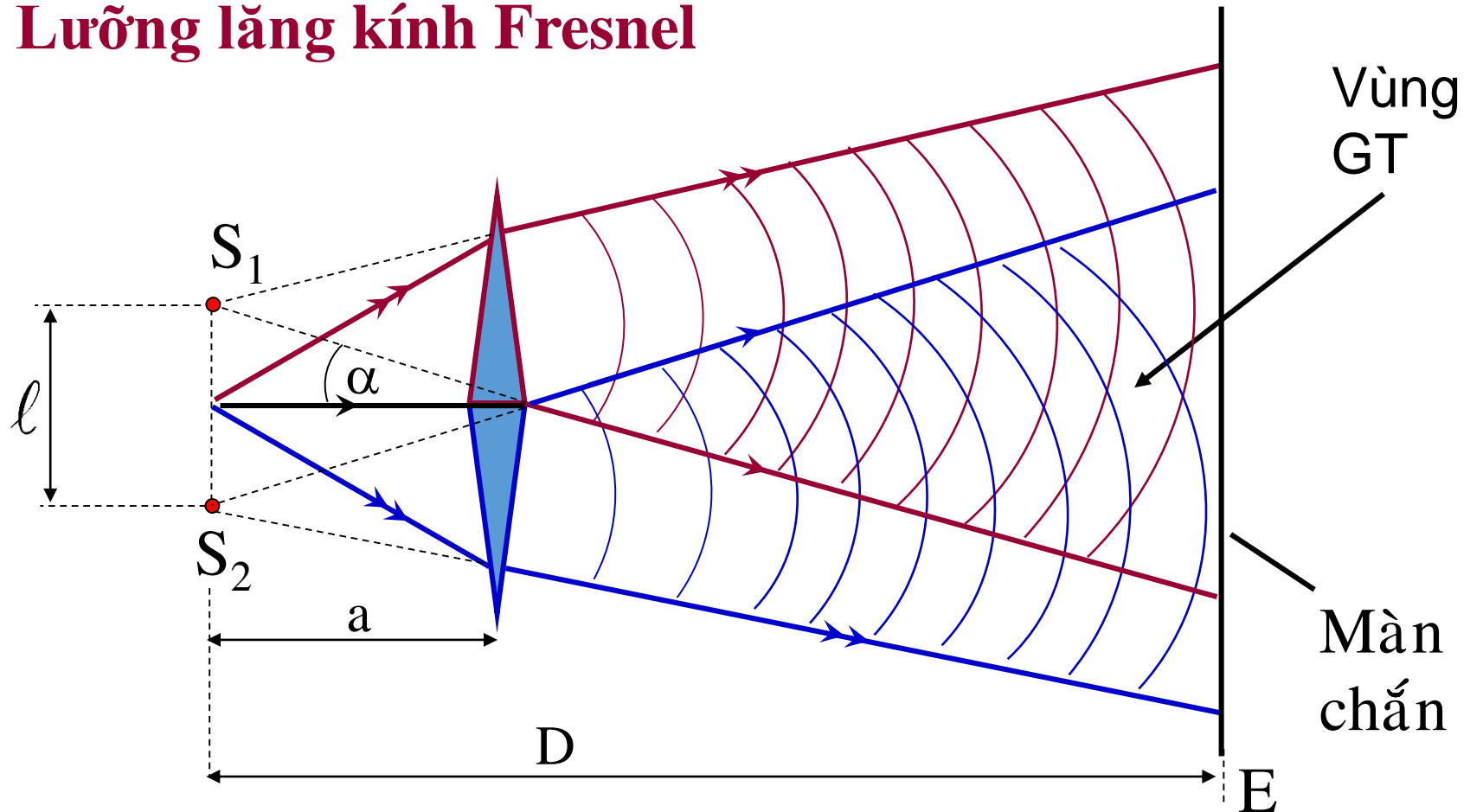




2. ĐIỀU KIỆN GIAO THOA

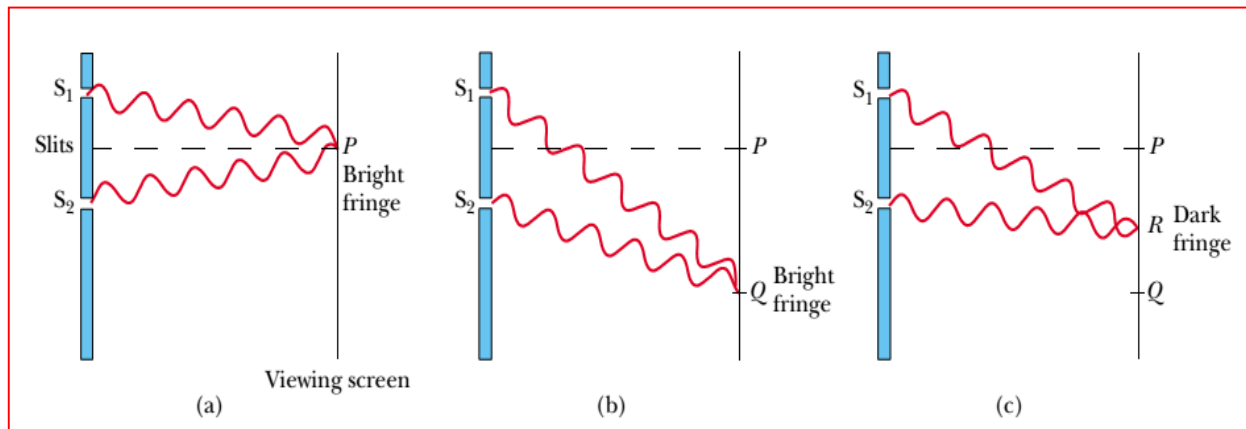
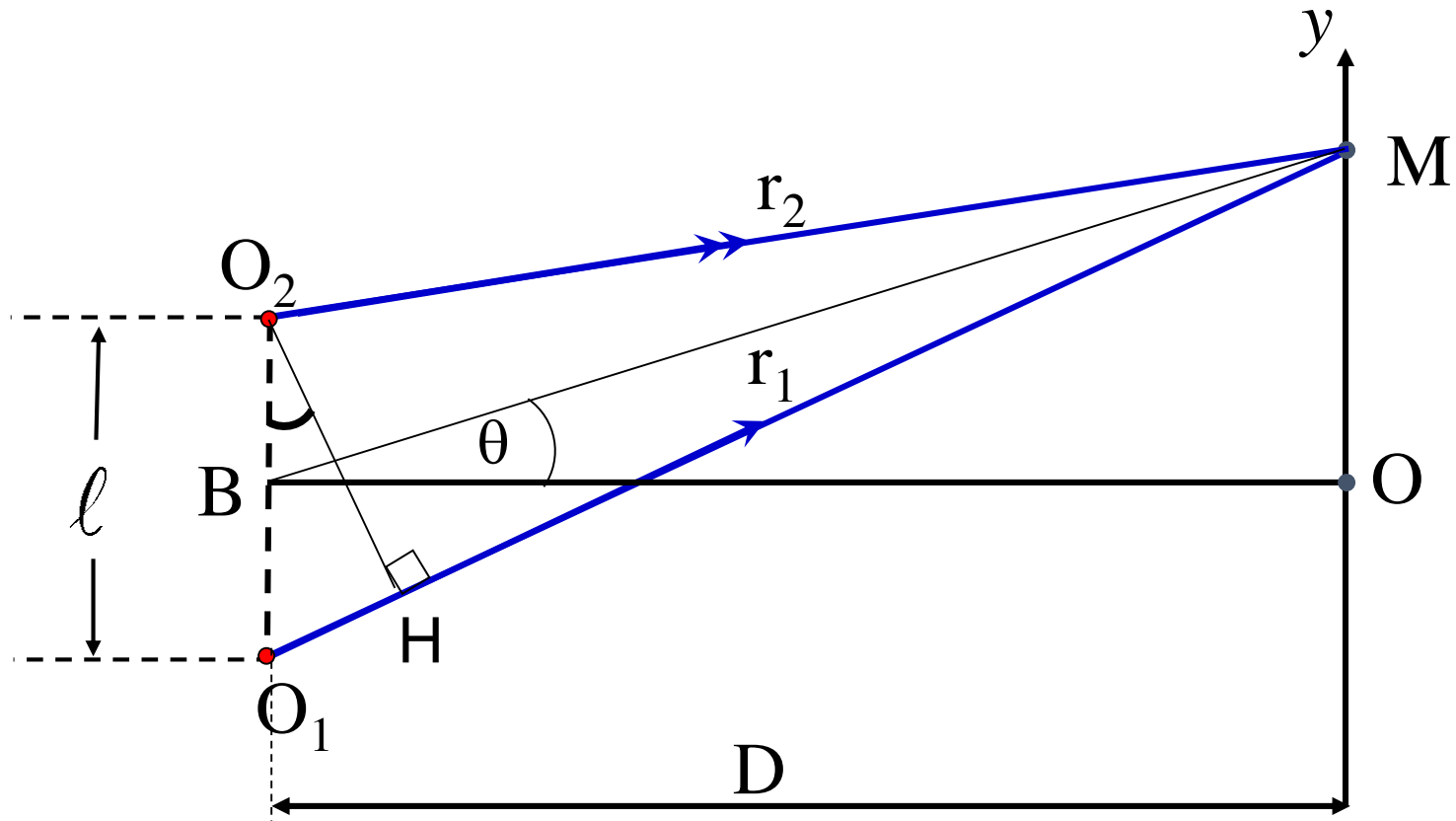
2.3. Cách tạo ra hai nguồn kết hợp

Lưỡng lăng kính Fresnel





3. GIAO THOA QUA HAI KHE YOUNG





3. GIAO THOA QUA HAI KHE YOUNG

- Hiệu quang lộ giữa hai tia sáng

$$\Delta L = r_2 - r_1 = \ell \sin \theta \approx \ell \tan \theta = \ell \frac{y}{D}$$

- Điều kiện có giao thoa cực đại tại M

$$\Delta L = \ell \sin \theta = k\lambda \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

- ⇒ Vị trí vân sáng tại M

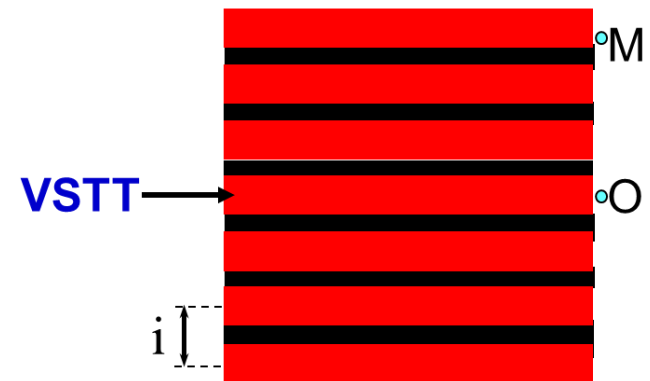
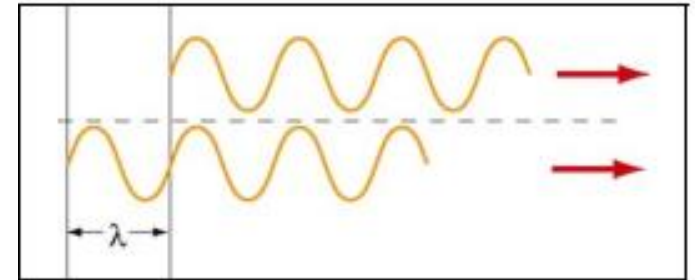
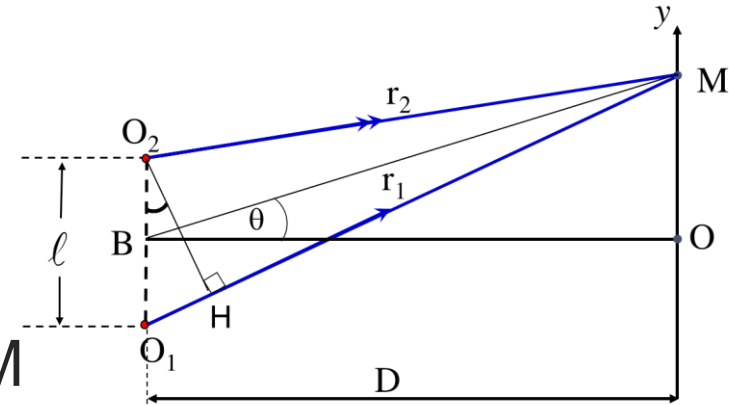
$$y_s = k \frac{\lambda D}{\ell} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

- ⇒ Khoảng vân

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



$$y_s = k.i$$





3. GIAO THOA QUA HAI KHE YOUNG

- Hiệu quang lộ giữa hai tia sáng

$$\Delta L = r_2 - r_1 = \ell \sin \theta \approx \ell \tan \theta = \ell \frac{y}{D}$$

- Điều kiện có giao thoa cực tiểu tại M

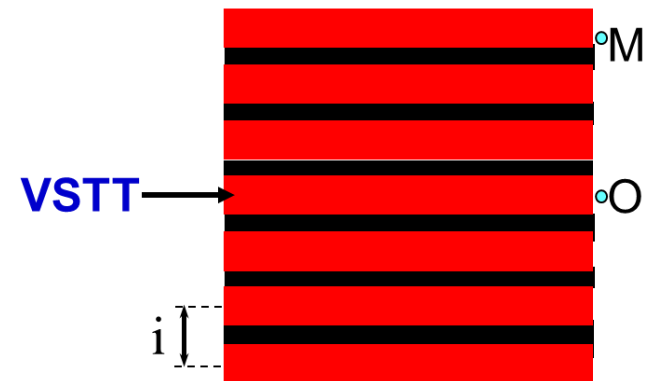
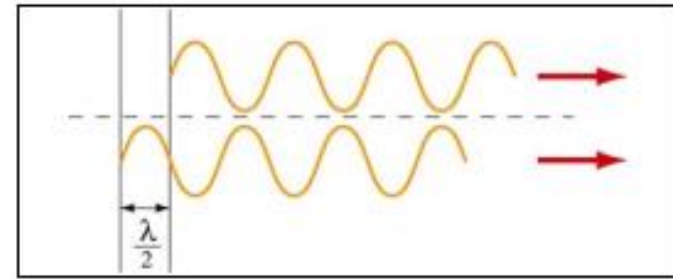
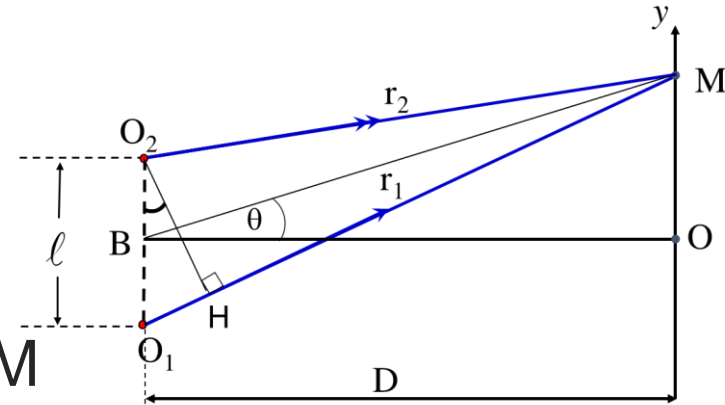
$$\Delta L = \ell \sin \theta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

⇒ Vị trí vân tối tại M

$$y_t = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{\ell} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

⇒ Khoảng vân

$$i = \frac{\lambda D}{\ell} \quad \longrightarrow \quad y_t = \left(k + \frac{1}{2}\right) i$$





3. GIAO THOA QUA HAI KHE YOUNG

Ví dụ 4.1: Trong thực nghiệm giao thoa qua 2 khe Young, ta sắp xếp để có: $\ell = 0,150 \text{ mm}$; $D = 120 \text{ cm}$; $\lambda = 833 \text{ nm}$; $y = 2,00 \text{ cm}$

- a) Tính hiệu quang lộ giữa các tia từ 2 khe đến điểm P trên màn.
- b) Biểu diễn hiệu quang lộ theo λ
- c) Tại điểm P là vân sáng hay vân tối?

Đáp số: a) $\Delta L = 2,50 \text{ } \mu\text{m}$; b) $\Delta L = 3 \lambda$; c) Vân sáng

Bài giải

a)
$$\Delta L = \ell \sin \theta = \ell \tan \theta = \ell \frac{y}{D} = 2,5(\mu\text{m})$$

b)
$$\Delta L = m\lambda = 2,5(\mu\text{m}) \Rightarrow m = 3 \quad \text{Vậy} \quad \Delta L = 3\lambda$$

c) Tại P
$$y = m \frac{\lambda D}{\ell} \Rightarrow m = \frac{y\ell}{\lambda D} = 3 \quad \Rightarrow \quad \text{Tại P là vân sáng bậc 3}$$



3. GIAO THOA QUA HAI KHE YOUNG

Ví dụ 4.2: Trong thực nghiệm giao thoa qua 2 khe Young, khoảng cách giữa 2 khe $\ell = 0,320 \text{ mm}$. Một chùm ánh sáng tới có bước sóng 500 nm cho nền giao thoa quan sát được trên màn. Hỏi, kể cả vân sáng trung tâm, ta quan sát có bao nhiêu vân sáng trong khoảng góc $-45^\circ < \theta < +45^\circ$?

Đáp số: $N = 905$ vân

Bài giải

$$-45^\circ < \theta < +45^\circ \Rightarrow -\frac{\sqrt{2}}{2} < \sin \theta < +\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\Delta L = \ell \sin \theta = k\lambda \Rightarrow \sin \theta = \frac{k\lambda}{\ell}$$

$$-\frac{\sqrt{2}}{2} < \frac{k\lambda}{\ell} < +\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow -\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\ell}{\lambda} < k < +\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\ell}{\lambda}$$

$$-452,5 < k < +452,5 \quad \Rightarrow \quad k = -452, \dots, 0, \dots, +452$$

$$\text{Số vân sáng: } N = 2k_{\max} + 1 = 905$$



3. GIAO THOA QUA HAI KHE YOUNG

Ví dụ 4.3: Nguồn sáng phát ra 2 bước sóng $\lambda = 430 \text{ nm}$ và $\lambda' = 510 \text{ nm}$.

a) Tính khoảng cách giữa 2 vân sáng bậc 3 của 2 sóng.

b) Xác định vị trí trùng nhau của 2 sóng.

Cho: $D = 1,2 \text{ m}$ và $\ell = 20 \mu\text{m}$

Đáp số: a) $\Delta y = 1,44 \text{ cm}$; b) $y = 1,32 \text{ m}$

Bài giải

a) Với sóng λ $y_{s3} = 3 \frac{\lambda D}{\ell}$

Với sóng λ' $y'_{s3} = 3 \frac{\lambda' D}{\ell}$

$\Rightarrow \Delta y = y'_{s,3} - y_{s,3} = 3(\lambda' - \lambda) \frac{D}{\ell}$

b) $y_1 = m_1 \frac{\lambda D}{\ell}$

$y_2 = m_2 \frac{\lambda' D}{\ell}$

Vị trí trùng nhau: $y_1 = y_2$

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{51}{43} \Rightarrow \begin{cases} m_1 = 51 \\ m_2 = 43 \end{cases} \Rightarrow y_1 = y_2 = m_1 \frac{\lambda D}{\ell} = 1,32 \text{ (m)}$



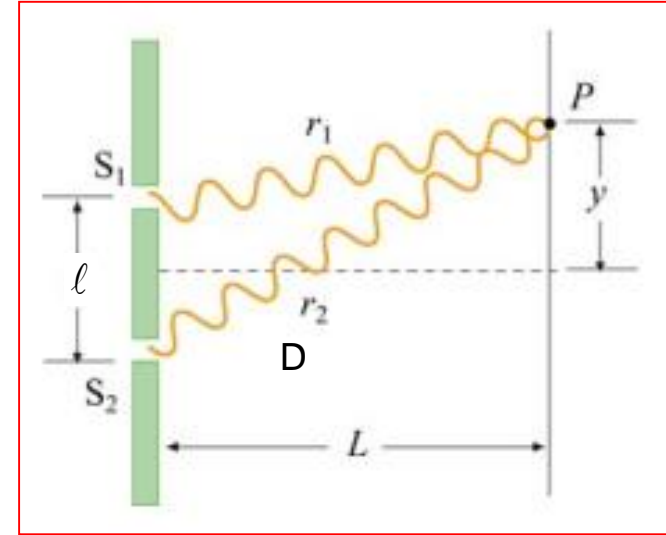
4. SỰ PHÂN BỐ CƯỜNG ĐỘ SÁNG

- Vector cường độ điện trường tại P:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

- Do cường độ ánh sáng tỉ lệ với bình phương vector cường độ điện trường nên:

$$I \propto E^2 = (\vec{E}_1 + \vec{E}_2)^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2(\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2)$$



Hay, cường độ as trung bình tại P:

$$\bar{I} = \overline{E_1^2} + \overline{E_2^2} + 2\overline{(\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2)}$$

Mô tả mối liên hệ
pha của 2 tia sáng

- ❑ Nếu nguồn sáng là **nguồn không kết hợp** thì:

$$\overline{(\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2)} = 0$$



$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$



4. SỰ PHÂN BỐ CƯỜNG ĐỘ SÁNG

□ Nếu nguồn sáng là **nguồn kết hợp** thì:

○ Tại P là **cực đại giao thoa** khi $\vec{E}_1 = \vec{E}_2$

Hay: $\bar{I} = 4\bar{I}_1$

○ Tại P là **cực tiểu giao thoa** khi $\vec{E}_1 = -\vec{E}_2$

Hay: $\bar{I} = \bar{I}_1 - 2\bar{I}_1 + \bar{I}_1 = 0$

Đúng như mong đợi

➤ Bây giờ, ta giả sử:

$$E_1 = E_0 \sin \omega t$$

$$E_2 = E_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

□ Đối với giao thoa cực đại, $\Delta L = \lambda$, ứng với độ lệch pha $\varphi = 2\pi$. Khi đó:

$$\frac{\Delta L}{\lambda} = \frac{\varphi}{2\pi}$$



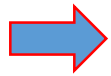
$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L = \frac{2\pi}{\lambda} \ell \sin \theta$$



4. SỰ PHÂN BỐ CƯỜNG ĐỘ SÁNG

➤ Giả sử tại P, E_1 và E_2 cùng chiều, thì:

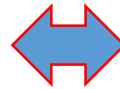
$$E = E_1 + E_2 = E_0 [\sin \omega t + \sin(\omega t + \varphi)] = 2E_0 \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) \sin\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right)$$



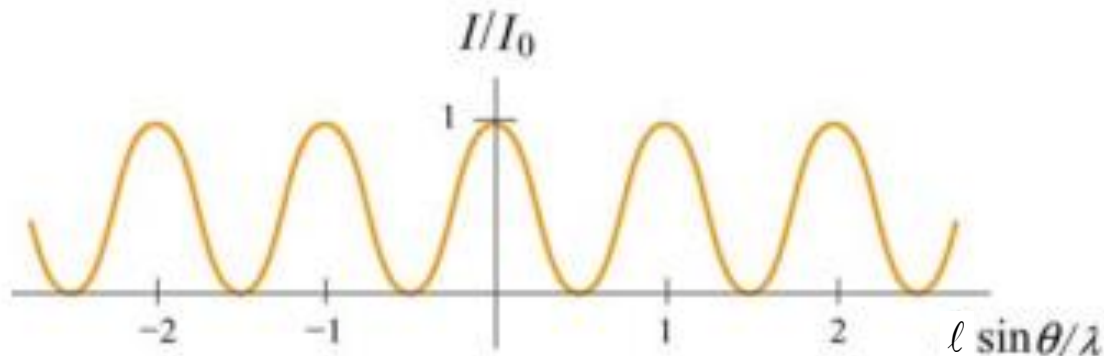
$$I \propto \overline{E^2} = 4E_0^2 \cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) \overline{\sin^2\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right)} = 2E_0^2 \cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

Hay:

$$I = I_0 \cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$



$$I = I_0 \cos^2\left(\frac{\pi \ell \sin \theta}{\lambda}\right)$$





4. SỰ PHÂN BỐ CƯỜNG ĐỘ SÁNG

Ví dụ 4.4: Biết cường độ sáng tại điểm P trên màn trong nền giao thoa qua 2 khe Young bằng 60% cường độ cực đại.

a) Tính độ lệch pha nhỏ nhất giữa 2 tia sáng.

b) Với kết quả câu a), tính hiệu quang lộ giữa 2 tia sáng. Biết bước sóng ánh sáng $\lambda = 500 \text{ nm}$.

Đáp số: a) $\varphi = 1,37 \text{ rad}$; b) $\Delta L = 109,98 \text{ nm}$

Bài giải

Từ biểu thức cường độ sáng:

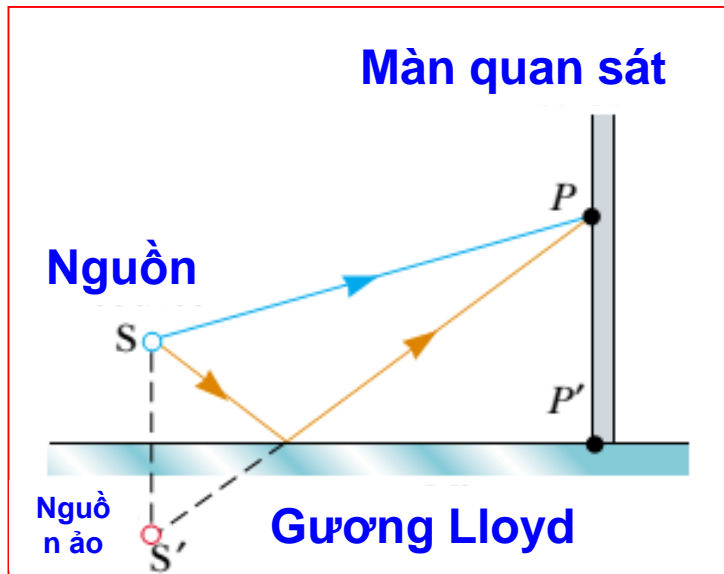
$$I = I_0 \cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) \Rightarrow \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \sqrt{\frac{I}{I_0}} \Rightarrow \varphi = 1,37 \text{ rad}$$

Mặt khác:

$$\frac{\Delta L}{\lambda} = \frac{\varphi}{2\pi} \Rightarrow \Delta L = \frac{\varphi}{2\pi} \lambda = 108,98 \text{ nm}$$



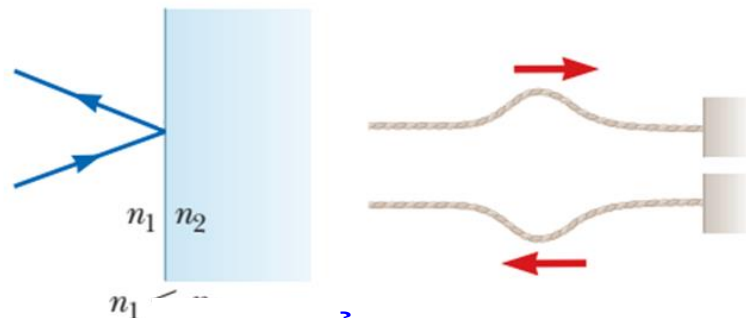
5. THAY ĐỔI PHA DO PHẢN XẠ



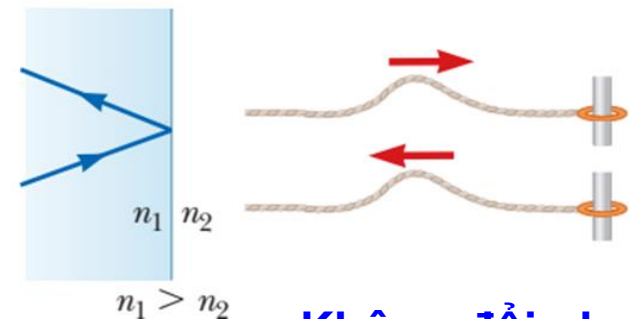
Những điểm M mà lí thuyết dự đoán là sáng thì lại tối và ngược lại.

⇒ Điều này chứng tỏ: khi phản xạ tại gương, pha của sóng ánh sáng đã thay đổi một lượng π (quang lộ tăng thêm $\lambda/2$).

Vậy, chỉ khi ánh sáng phản xạ trên bề mặt môi trường có chiết suất lớn hơn môi trường tới thì tia phản xạ mới ngược pha với tia tới.



Đổi pha



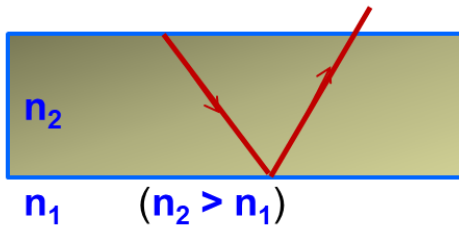
Không đổi pha



5. THAY ĐỔI PHA DO PHẢN XẠ

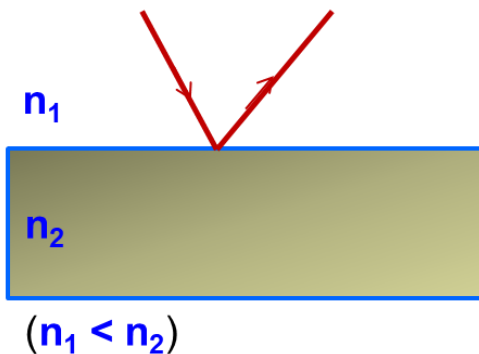
Khi tia sáng phản xạ trên mặt phân cách từ môi trường có chiết suất nhỏ sang môi trường có chiết suất lớn hơn thì quang lộ tăng thêm $\lambda/2$ (sự tăng nửa sóng), ngược lại quang lộ không tăng.

Không đổi pha

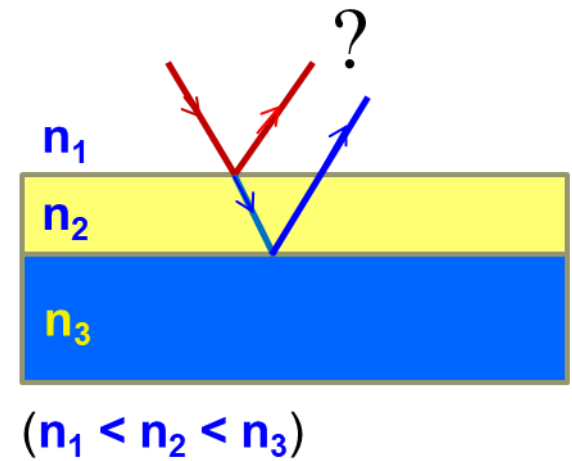


$L_1 = \text{SM}$
(Không đổi pha $n_2 > n_1$)

Đổi pha 180°



$L_2 = \text{SI} + \text{IM} + \lambda/2$
(Đổi pha $n_2 > n_1$)





6. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY KHÔNG ĐỔI

6.1. Trường hợp 1: $n_1 < n_2 > n_3$

Hiệu quang lộ:

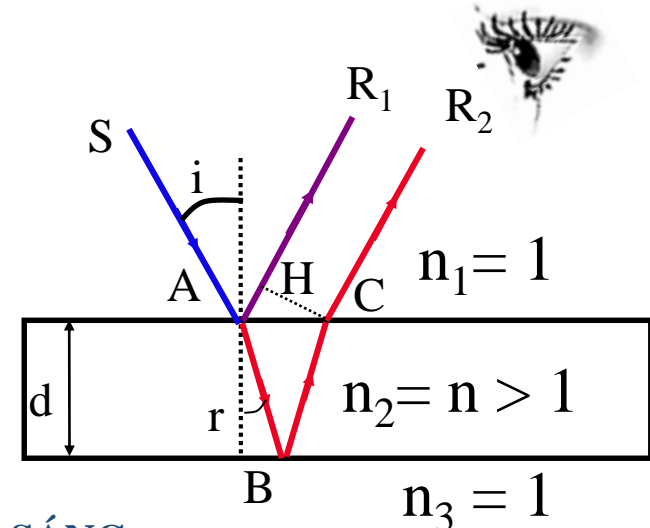
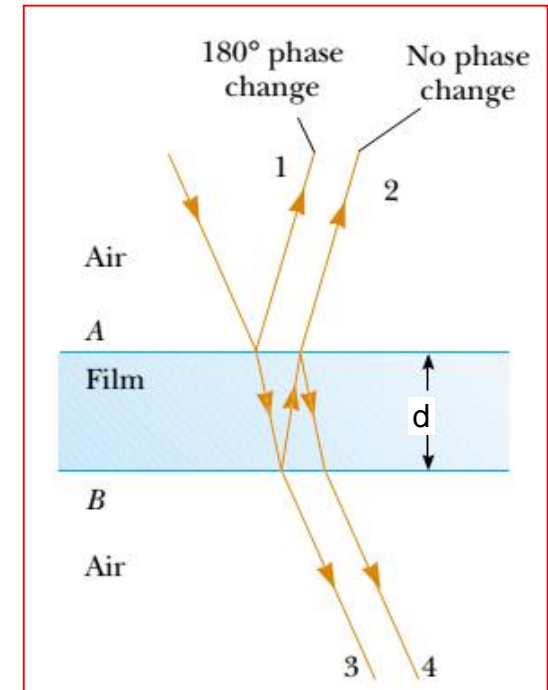
$$\begin{aligned}\Delta L &= [SABCR_2] - [SAR_1 + \frac{\lambda}{2}] \\ &= (AB + BC)n - [AH + \frac{\lambda}{2}]\end{aligned}$$

Mà: $AH = 2d \cdot \tan r \cdot \sin i$

$$AB = BC = \frac{d}{\cos r}$$

$$n \cdot \sin r = \sin i$$

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





6. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY KHÔNG ĐỀU

6.2. Trường hợp 2: $n_1 > n_2 > n_3$ (hoặc $n_1 < n_2 < n_3$)

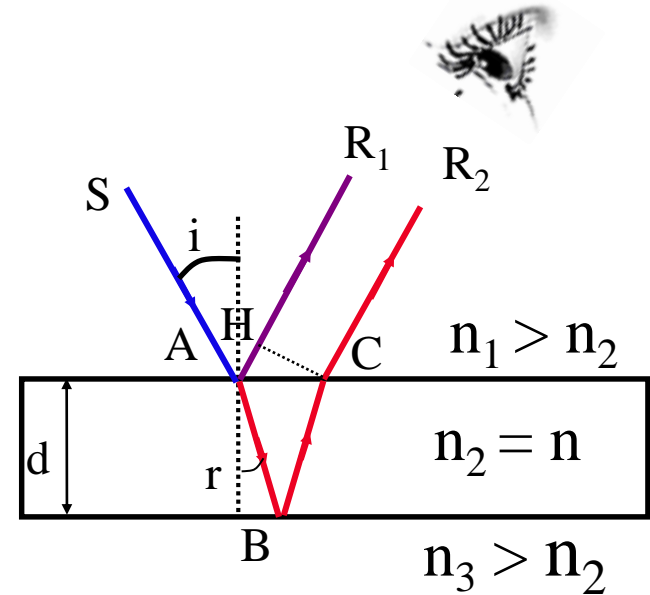
Hiệu quang lộ:

$$\begin{aligned}\Delta L &= [SABCR_2] - [SAR_1] \\ &= (AB + BC)n - [AH]\end{aligned}$$

Mà: $AH = 2d \cdot \tan r \cdot \sin i$

$$AB = BC = \frac{d}{\cos r}$$

$$n \cdot \sin r = \sin i$$



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



6. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY KHÔNG ĐỀU

6.2. Trường hợp 2: $n_1 > n_2 < n_3$

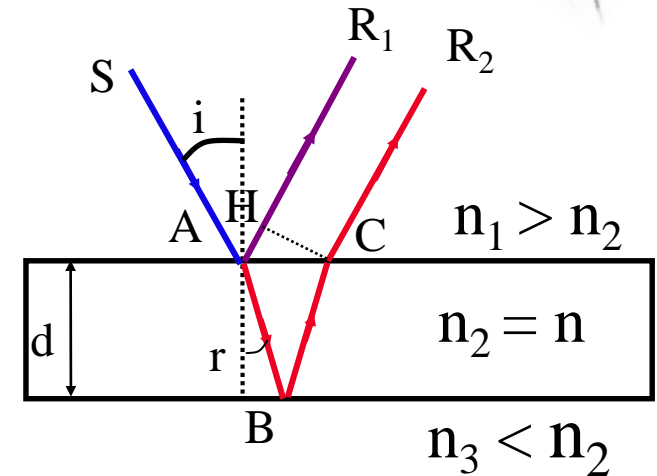
Hiệu quang lộ:

$$\begin{aligned}\Delta L &= [SABCR_2] - [SAR_1] \\ &= (AB + BC)n - [AH] + \frac{\lambda}{2}\end{aligned}$$

Mà: $AH = 2d \cdot \tan r \cdot \sin i$

$$AB = BC = \frac{d}{\cos r}$$

$$n \cdot \sin r = \sin i$$



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



6. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY KHÔNG ĐỀU

Ví dụ 4.5: Một bong bóng xà phòng (chiết suất $n = 1,33$) nổi trên không khí. Tính bước sóng của ánh sáng nhìn thấy để có phản xạ mạnh nhất. Biết bề dày của lớp bong bóng là 115 nm.

Đáp số: $\lambda = 611,8 \text{ nm}$

Bài giải

Quang lộ tia 1: $L_1 = L_0 + \lambda/2$

Quang lộ tia 2: $L_2 = L_0 + 2nd$

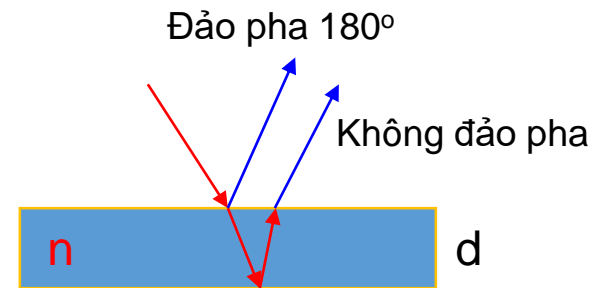
→ Hiệu quang lộ: $\Delta L = L_2 - L_1 = 2nd - \lambda/2 \Rightarrow \Delta L = 2nd - \lambda / 2$

Ánh sáng phản xạ mạnh nhất thoả điều kiện GTCD

$$\Delta L = k\lambda \Leftrightarrow 2nd = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2nt}{k + 0,5} = \frac{305,9}{k + 0,5}$$

Với $k = 0$ thì: $\lambda = 611,8 \text{ (nm)}$ (NHẬN)

$k = 1$ thì: $\lambda = 203,9 \text{ (nm)}$ (LOẠI)





6. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY KHÔNG ĐỔI

Ví dụ 5: Một lớp mỏng có chiết suất $n = 1,5$ bao quanh bởi không khí. Chiếu chùm sáng thẳng góc lên bề mặt lớp mỏng này. Phân tích các tia phản xạ cho thấy rằng các bước sóng 360 nm, 450 nm và 602 nm là các bước sóng còn thiếu trong phổ ánh sáng nhìn thấy.

a) Tính bề dày của lớp mỏng.

b) Tính các bước sóng ánh sáng nhìn thấy sáng nhất trong nền giao thoa do phản xạ.

c) Nếu lớp mỏng này nằm trên bản thủy tinh có chiết suất 1,6, hãy tính các bước sóng trong phổ ánh sáng nhìn thấy mà còn thiếu trong các ánh sáng phản xạ.

ĐS: a) $t = 600 \text{ nm}$; b) $\lambda = 720 \text{ nm}, 514,3 \text{ nm}, 400 \text{ nm}$; c) $\lambda = 720 \text{ nm}, 514,3 \text{ nm}, 400 \text{ nm}$

Hiệu quang lộ: $\Delta L = L_2 - L_1 = 2nt - \lambda/2$

a. Các bước sóng còn thiếu thỏa điều kiện GTCT: $\Delta L = 2nd - \lambda/2 = (k + 1/2)\lambda$
 $\Rightarrow 2nd = (k + 1)\lambda = m\lambda \quad (m = 0, 1, \dots) \quad (1)$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Với } \lambda_1 = 360 \text{ nm thì: } 2nd = m_1\lambda_1 \\ \text{Với } \lambda_2 = 450 \text{ nm thì: } 2nd = m_2\lambda_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{5}{4}$$

Chọn $m_1 = 5, m_2 = 4$ thay vào (1), bề dày lớp mỏng là:

$$d = \frac{m_1\lambda_1}{2n} = 600(\text{nm})$$



6. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY KHÔNG ĐỔI

b. Bước sóng sáng nhất thỏa điều kiện GTCT:

$$\Delta L = 2nd - \lambda / 2 = k\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2nd}{k + 0,5}$$

Với $k = 1$ thì: $\lambda = 1200\text{nm}$ (L)

Với $k = 4$ thì: $\lambda = 400\text{nm}$ (N)

Với $k = 2$ thì: $\lambda = 720\text{nm}$ (N)

Với $k = 5$ thì: $\lambda = 327,3\text{nm}$ (L)

Với $k = 3$ thì: $\lambda = 514,28\text{nm}$ (N)

c. Hiệu quang lộ: $\Delta L = L_2 - L_1 = 2nd$

Ánh sáng còn thiếu thỏa điều kiện GTCT:

$$\Delta L = 2nd = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2nd}{k + 0,5} \quad (1)$$

Mà bước sóng ánh sáng nhìn thấy nằm trong khoảng: $380\text{nm} \leq \lambda \leq 760\text{nm}$

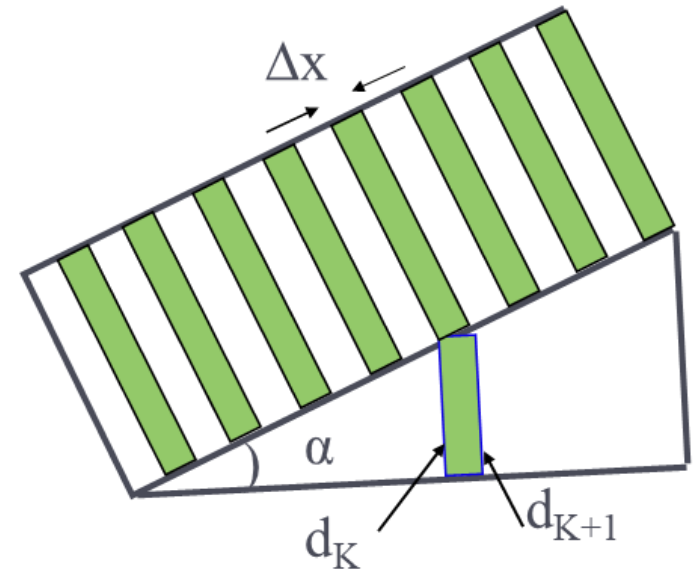
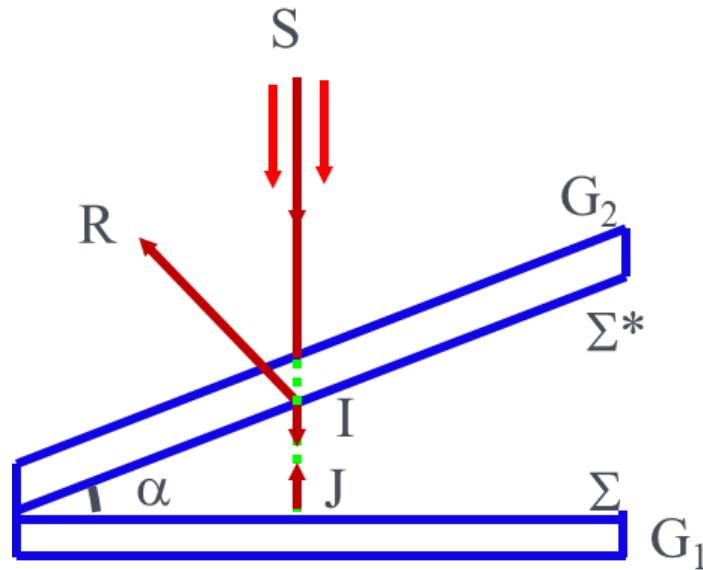
$$380\text{nm} \leq \lambda = \frac{2nd}{k + 0,5} \leq 760\text{nm} \Rightarrow 1,8 \leq k \leq 4,2 \quad \text{Vậy: } k = 2, 3, 4$$

Thay k vào (1): $\lambda = 720\text{ nm}, 514,3\text{ nm}, 400\text{ nm}$



7. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY THAY ĐỔI

7.1. Nêm không khí



Hiệu quang lộ

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

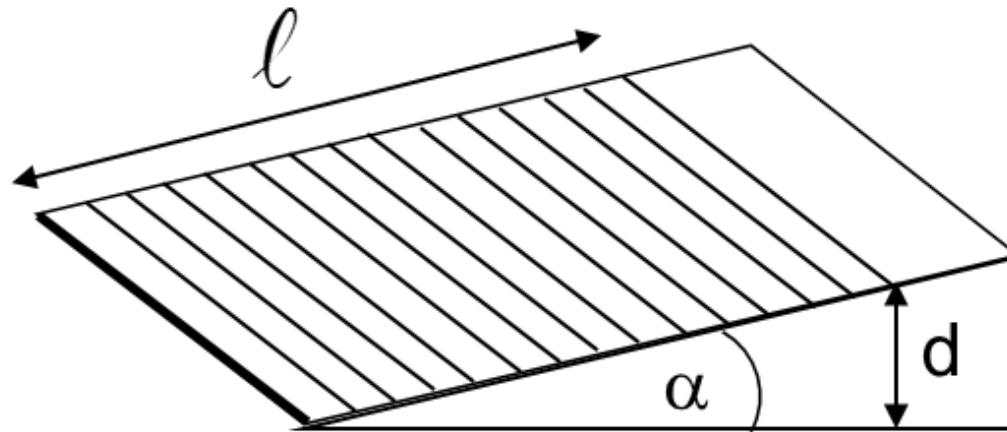
Góc nghiêng:

$$\sin \alpha = \frac{d_{k+1} - d_k}{\Delta x}$$



7. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY THAY ĐỔI

7.2. Nêm thủy tinh



Hiệu quang lộ

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

Góc nghiêng:

$$\sin \alpha = \frac{d_{k+1} - d_k}{\Delta x}$$



7. GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG BỀ DÀY THAY ĐỔI

Ví dụ 6: Một nêm không khí mỏng được tạo ra bằng việc đặt một miếng giấy nhỏ chêm giữa các mép của hai bản thủy tinh phẳng. Chiếu ánh sáng có bước sóng 700 nm thẳng góc với bản thủy tinh, các vân giao thoa quan sát được bởi các tia phản xạ.

a) Tính góc của nêm. Biết trên mỗi cm quan sát được 5 vân tối liên tiếp (không kể vân tối tại mép).

b) Tính khoảng cách giữa bề dày cho vân sáng bậc 5 và vân tối bậc 3.

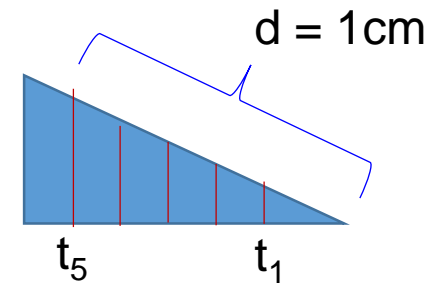
c) Tại vị trí cách mép nêm có bề dày $t = 2625$ nm, ta quan sát thấy vân sáng hay vân tối? Bậc mấy?

Bài giải

$$a) \quad \sin \alpha = \frac{t_5}{d} = 5 \frac{\lambda}{2d} = 1,75 \cdot 10^{-4}$$

$$b) \quad \Delta t = t_{s5} - t_{t3} = \left(4 + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} - 3 \frac{\lambda}{2} = 1,5 \frac{\lambda}{2} = 525 \text{ (nm)}$$

$$c) \quad t = m \frac{\lambda}{2} \Rightarrow m = \frac{2t}{\lambda} = 7,5 \quad \text{là vân sáng, bậc 8}$$





8. VÂN TRÒN NEWTON

Hiệu quang lộ:

$$L_2 - L_1 = 2d_k + \frac{\lambda}{2}$$

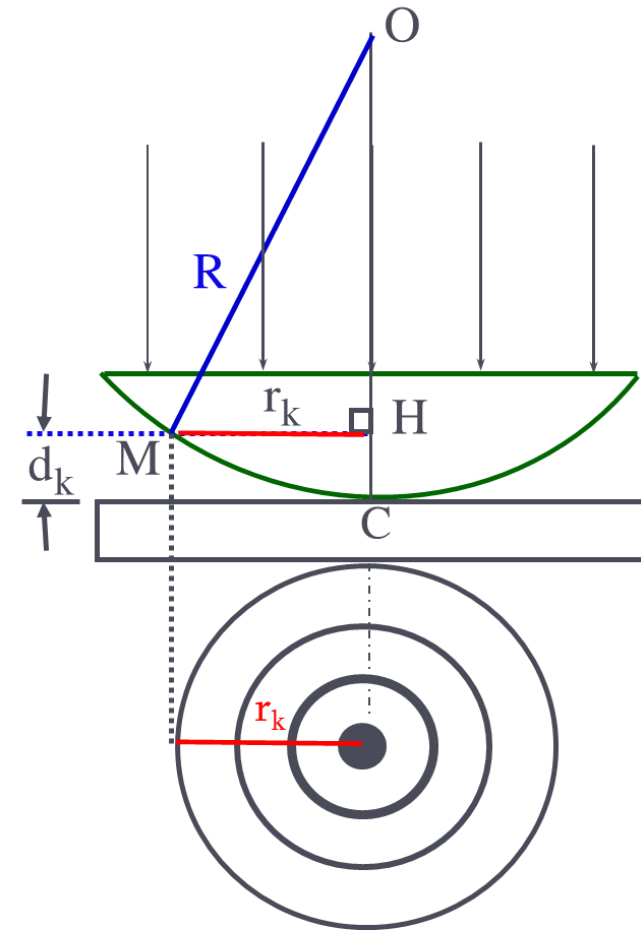


Trong tam giác vuông OMH:

$$\left. \begin{aligned} R^2 &= (R - d_k)^2 + r_k^2 \\ r_k^2 &= d_k(2R - d_k) \end{aligned} \right\} \Rightarrow d_k \approx \frac{r_k^2}{2R}$$

Các vân tối thứ k thoả mãn:

$$\Delta L = 2d_k + \frac{\lambda}{2} = (k + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow r_k \approx \sqrt{k\lambda R} \quad \text{với } k = 1, 2, 3, \dots$$





8. VÂN TRÒN NEWTON

Ví dụ 7: Một thấu kính thủy tinh phẳng – lồi có bán kính cong 2 m nằm trên bản thủy tinh phẳng sao cho mặt lồi tiếp xúc với bản phẳng. Chiếu ánh sáng có bước sóng 520 nm lên thẳng góc với thấu kính. Chiết suất của thấu kính và bản phẳng là 1,60. Tính bán kính vân sáng thứ nhất và thứ hai trong nền giao thoa từ các tia phản xạ.

Đáp số: $r_1 = 0,72 \text{ mm}$; $r_2 = 1,25 \text{ mm}$

Bài giải

Bán kính vân sáng thứ k : $r_k = \sqrt{(k + 1/2)R\lambda}$ $k = 0, 1, 2, \dots$

❖ Vân sáng thứ nhất: $k = 0$ $r_1 = \sqrt{R\lambda/2} = 0,72(\text{mm})$

❖ Vân sáng thứ hai: $k = 1$ $r_2 = \sqrt{3R\lambda/2} = 1,25(\text{mm})$



8. VÂN TRÒN NEWTON

Ví dụ 8: Một thí nghiệm vân tròn Newton gồm một thấu kính thủy tinh phẳng – lồi (chiết suất $n = 1,5$), bán kính $r = 5 \text{ cm}$, đặt trên một bản thủy tinh phẳng như hình 2.2. Khi chiếu ánh sáng có bước sóng 650 nm thẳng góc với thấu kính, ta quan sát thấy có 55 vân sáng, trong đó có một vân nằm tại mép của thấu kính. Tính bán kính cong R của thấu kính.

Đáp số: $R = 70,6 \text{ m}$

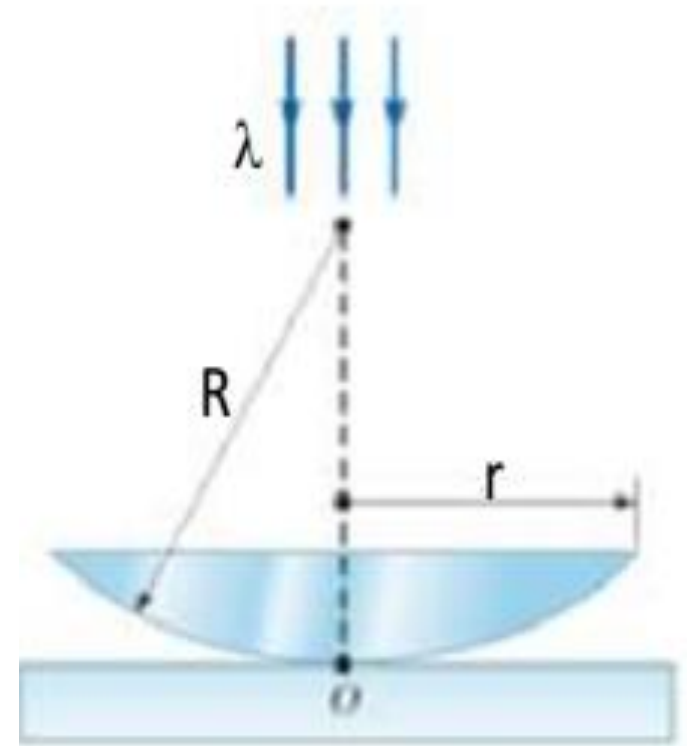
Bài giải

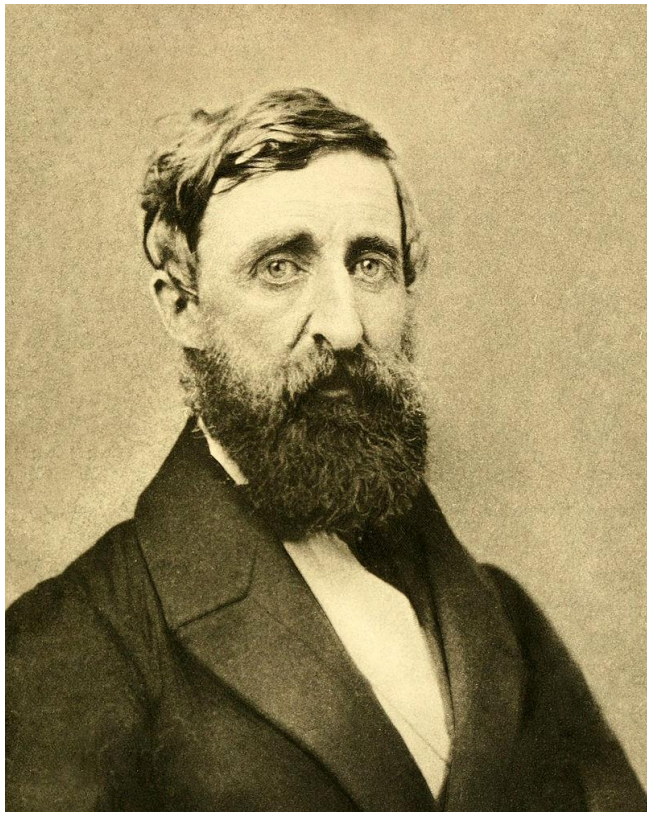
Tại mép là vân sáng thứ 55: $k = 54$

$$r_{54} = r = \sqrt{(54 + 1/2)R\lambda}$$



$$R = \frac{r^2}{54,5\lambda} = 70,6(\text{m})$$





Henry David Thoreau

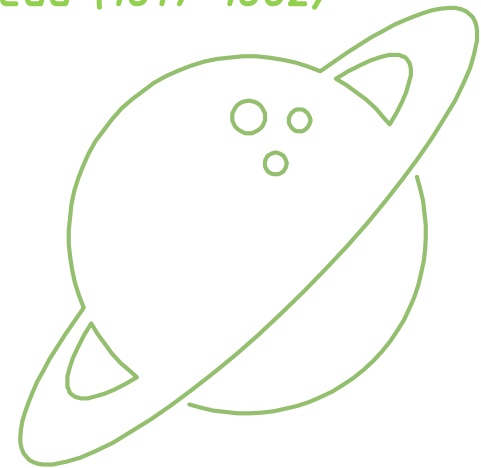
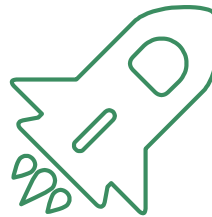
★ Thanks!



"Books are the treasured wealth of the world and the fit inheritance of generations and nations."



"Sách là nguồn của cải quý báu của thế giới và là di sản xứng đáng của các thế hệ và các quốc gia" Henry David Thoreau (1817-1862)



Any questions?



BÀI TẬP ÔN TẬP

1. Một nguồn sáng phát ra ánh sáng nhìn thấy có 2 bước sóng $\lambda_1 = 430 \text{ nm}$ và $\lambda_2 = 510 \text{ nm}$. Nguồn sáng này được chiếu qua 2 khe Young cách nhau $l = 0,025 \text{ mm}$. Nền giao thoa quan sát được trên màn, đặt cách 2 khe $D = 1,5 \text{ m}$.

a) Tính khoảng cách giữa vân sáng bậc 3 của hai bước sóng trên.

b) Xác định vị trí mà vân sáng của 2 sóng trùng nhau gần vân trung tâm nhất.

Đáp số: a) $\Delta y = 1,44 \text{ cm}$; b) $y = 1,32 \text{ m}$

Bài giải

$$\left. \begin{array}{l} \text{a) Với bước sóng } \lambda_1 \quad y_{s3}(\lambda_1) = 3 \frac{\lambda_1 D}{l} \\ \text{Với bước sóng } \lambda_2 \quad y_{s3}(\lambda_2) = 3 \frac{\lambda_2 D}{l} \end{array} \right\} \Delta y = y_{s3}(\lambda_2) - y_{s3}(\lambda_1) = 3(\lambda_2 - \lambda_1) \frac{D}{l}$$

$$\text{b) } y_1 = k_1 \frac{\lambda_1 D}{l} \quad (1)$$

$$y_2 = k_2 \frac{\lambda_2 D}{l}$$

$$\text{Vị trí trùng nhau: } \frac{k_1}{k_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{51}{43} \Rightarrow \begin{cases} k_1 = 51 \\ k_2 = 43 \end{cases}$$

Thay k_1 vào (1) ta tính được $y_1 = y_2$

SV tự thế số!



BÀI TẬP ÔN TẬP

2. Một lớp rượu mỏng (chiết suất $n_a = 1,36$) nằm trên bản thủy tinh phẳng (chiết suất $n = 1,52$). Chiếu ánh sáng đơn sắc có bước sóng thay đổi được lên thẳng góc với lớp rượu thì ánh sáng phản xạ là một cực tiểu đối với ánh sáng có bước sóng $\lambda_1 = 512 \text{ nm}$, và là cực đại đối với ánh sáng có bước sóng $\lambda_2 = 640 \text{ nm}$. Tính bề dày của lớp rượu.

Đáp số: $t = 471 \text{ nm}$

Bài giải

Quang lộ tia 1: $L_1 = L_0 + \lambda/2$

Quang lộ tia 2: $L_2 = L_0 + 2n_a t + \lambda/2$

Hiệu quang lộ: $\Delta L = L_2 - L_1 = 2n_a t$

Với λ_1 : GTCT $\Delta L = 2n_a t = (k_1 + 1/2)\lambda_1$

Với λ_2 : GTCĐ $\Delta L = 2n_a t = k_2 \lambda_2 \quad (2)$

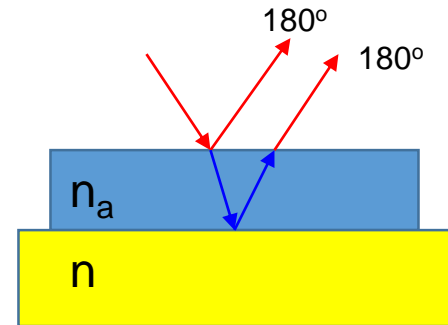


$$\frac{k_1 + 1/2}{k_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \Leftrightarrow \frac{2k_1 + 1}{2k_2} = \frac{5}{4}$$



$$k_1 = k_2 = 2$$

Thay vào (2) tìm được t





BÀI TẬP ÔN TẬP

3. Chiếu ánh sáng có bước sóng 600 nm vào hai bản thủy tinh theo phương thẳng đứng. Mỗi bản thủy tinh có chiều dài 22 cm, hai đầu chạm vào nhau, đầu còn lại của hai bản được chêm bằng một sợi dây có bán kính 0,025 mm. Có bao nhiêu vân sáng xuất hiện dọc theo chiều dài của hai bản?

Đáp số: $N = 167$

Bài giải

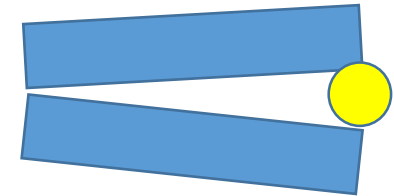
Vị trí vân sáng thoả điều kiện

$$t = (k + 1/2) \frac{\lambda}{2}$$

Theo đề bài: $0 < t = (k + 1/2) \frac{\lambda}{2} \leq 2r$

$$\Rightarrow -0,5 < k \leq \frac{4r}{\lambda} - 0,5 = 166,16$$

$$k = 0, 1, \dots, 166 \quad \Rightarrow \quad \text{Số vân sáng: } N = 167$$





BÀI TẬP ÔN TẬP

4. Trong giờ thực hành về giao thoa ánh sáng trên bản mỏng, Lan phủ một lớp mỏng vật liệu polymer, dày $t = 500 \text{ nm}$, chiết suất $n = 1,47$ lên bản thủy tinh có chiết suất $n_{tt} = 1,52$. Khi chiếu ánh sáng trắng thẳng góc lên lớp vật liệu polymer, các bạn sinh viên đoán xem:

a) Lan nhìn thấy ánh sáng màu gì?

b) Lan không nhìn thấy ánh sáng màu gì?

Biết: Ánh sáng nhìn thấy có $380 \text{ nm} \leq \lambda \leq 760 \text{ nm}$

Bài giải

a) Quang lộ tia 1: $L_1 = L_0 + \lambda/2$

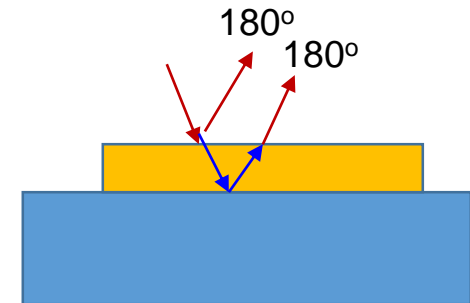
Quang lộ tia 2: $L_2 = L_0 + 2nt + \lambda/2$

Hiệu quang lộ: $\Delta L = L_2 - L_1 = 2nt$

Ánh sáng Lan nhìn thấy thoả ĐK GTCD

$$\Delta L = 2nt = k\lambda \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{2nt}{k} = \frac{1470}{k} (\text{nm}) \quad (1)$$

Màu	Bước sóng
Đỏ	640 nm - 760 nm
Đa cam	590 nm - 650 nm
Vàng	570 nm - 600 nm
Lục	500 nm - 575 nm
Lam	450 nm - 510 nm
Chàm	430 nm - 460 nm
Tím	380 nm - 440 nm





BÀI TẬP ÔN TẬP

Do $380\text{nm} \leq \lambda \leq 760\text{nm}$ nên $1,92 \leq k \leq 3,86$

→ $k = 2, 3$

Với $k = 2$: $\lambda = \frac{1470}{2} = 735(\text{nm})$ **MÀU ĐỎ**

Với $k = 3$: $\lambda = \frac{1470}{3} = 490(\text{nm})$ **MÀU LAM**

Vậy Lan nhìn thấy màu **đỏ** và màu **lam**

Màu	Bước sóng
Đỏ	640 nm - 760 nm
Đa cam	590 nm - 650 nm
Vàng	570 nm - 600 nm
Lục	500 nm - 575 nm
Lam	450 nm - 510 nm
Chàm	430 nm - 460 nm
Tím	380 nm - 440 nm

b) Ánh sáng Lan không nhìn thấy thoả ĐK GTCT $\Delta L = 2nt = (k + 1/2)\lambda$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2nt}{k + 1/2} = \frac{1470}{k + 1/2} (\text{nm})_{(1)}$$

Do $380\text{nm} \leq \lambda \leq 760\text{nm}$ nên $1,43 \leq k \leq 3,36$ → $k = 2, 3$

Với $k = 2$: $\lambda = \frac{1470}{2,5} = 588(\text{nm})$ **MÀU VÀNG**

Với $k = 3$: $\lambda = \frac{1470}{3,5} = 420(\text{nm})$ **MÀU TÍM**

Vậy Lan KHÔNG nhìn thấy màu **VÀNG** và màu **TÍM**