

ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN TP HCM

Khoa Vật lý - Vật lý Kỹ thuật

BÀI GIẢNG VLĐC 3

chủ đề:

GIAO THOA ÁNH SÁNG

I – CƠ SỞ CỦA QH SÓNG:

1 – Quang Học Sóng:

Quang học: Là ngành vật lý học nghiên cứu về bản chất, sự lan truyền và tương tác của ánh sáng với môi trường vật chất.

Các thuyết về bản chất của ánh sáng :

- Thuyết hạt của Newton (cuối thế kỉ 17)
- Thuyết sóng của Huygens (cuối thế kỉ 17)
- Thuyết điện từ của Maxwell (1864)
- Thuyết photon của Einstein (1905)

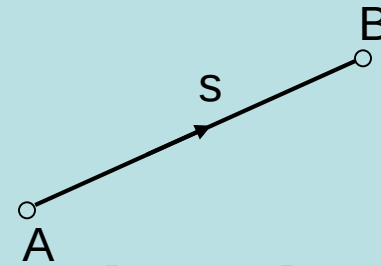
Quang học sóng: nghiên cứu về bản chất, sự lan truyền và tương tác của ánh sáng với môi trường vật chất dựa trên cơ sở tính chất sóng của á/s.

I – CƠ SỞ CỦA QH SÓNG:

2 – Quang lộ:

Quang lộ của ánh sáng 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 tính có chiết suất n , ta có:

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

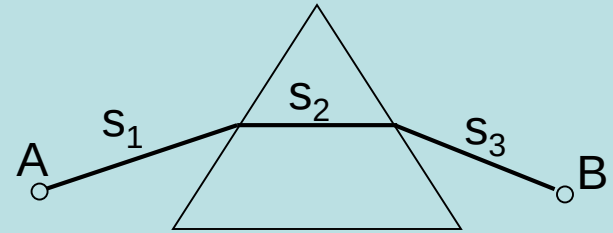
Vậy, quang lộ giữa hai điểm A, B bằng tích chiết suất của môi trường với độ dài quãng đường AB.

I – CƠ SỞ CỦA QH SÓNG:

2 – Quang lộ:

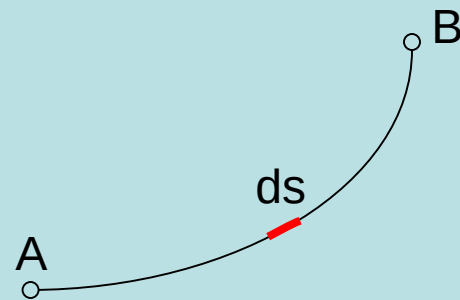
Nếu ánh sáng truyền từ A đến B qua nhiều môi trường có chiết suất $n_1, n_2, \dots$, với các quãng đường tương ứng là $s_1, s_2, \dots$, thì quang lộ:

$$L = \sum n_i s_i$$



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

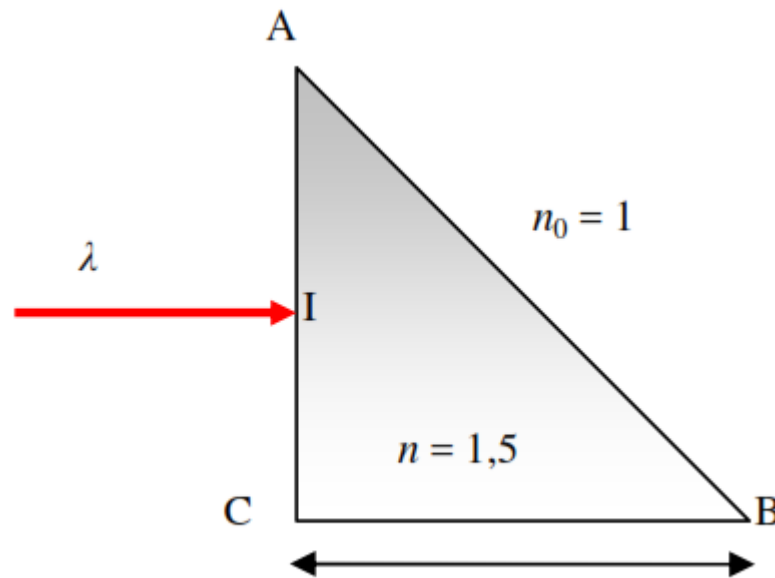
$$L = \int_A^B n \cdot ds$$



BÀI TẬP VÍ DỤ

Chiếu một tia sáng đơn sắc bước sóng λ từ không khí đến vuông góc với mặt bên của một lăng kính thủy tinh có tiết diện hình tam giác vuông cân, chiết suất $n = 1,5$ như hình vẽ, với I là trung điểm cạnh AC. Quang lộ của phần tia sáng đi trong lăng kính là :

- (a) $a.n$
- (b) $a.n / 2$
- (c) $a.n + \lambda/2$
- (d) $2a.n + \lambda/2$

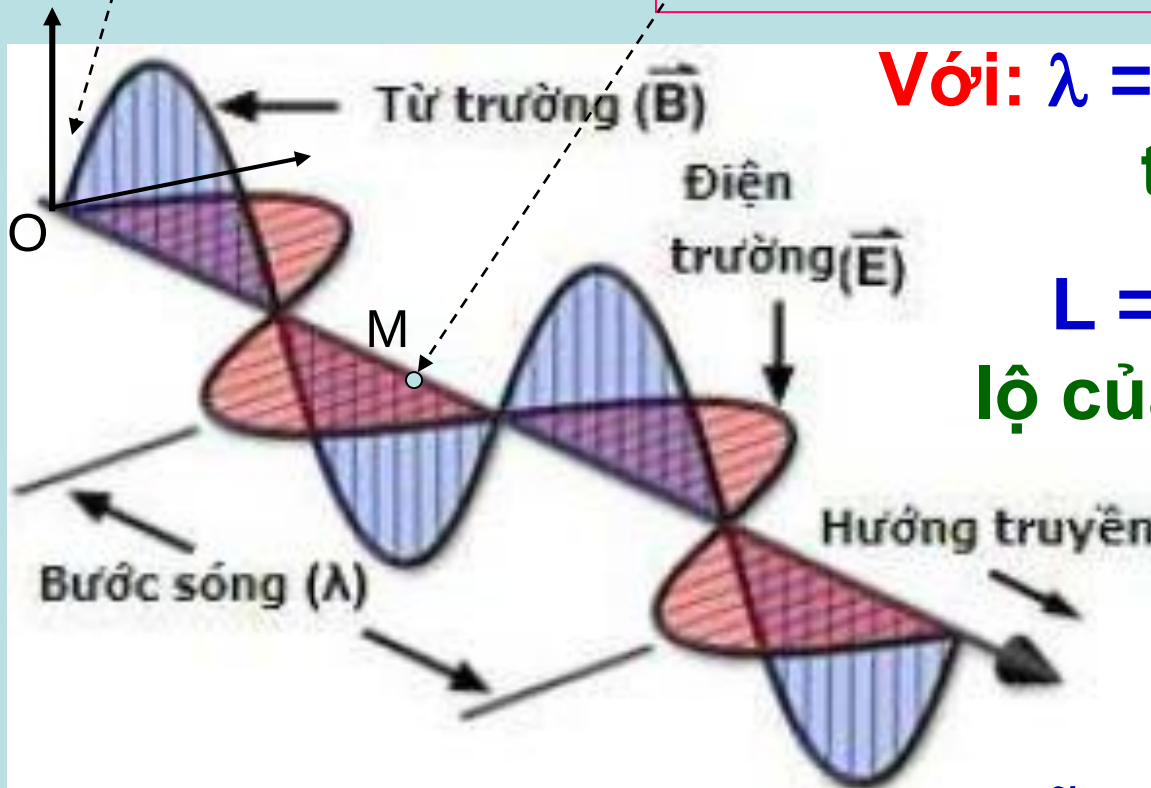


I – CƠ SỞ CỦA QH SÓNG:

3 – Hàm sóng:

$$\vec{E}(0) = \vec{a} \sin(\omega t)$$

$$\vec{E}(M) = \vec{a} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi L}{\lambda}\right)$$



Với: $\lambda = cT$: bước sóng as trong chân không;

$L = n.OM = c\tau$: quang lộ của as trên đoạn OM

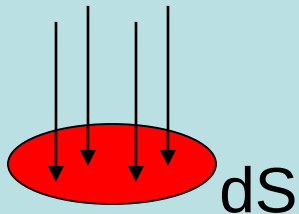
Nhận Xét: Sóng tại M luôn trễ pha hơn sóng tại nguồn một lượng:

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

I – CƠ SỞ CỦA QH SÓNG:

4 – Cường độ sáng:

Cường độ sáng tại một điểm là một đại lượng có trị số bằng năng lượng as 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).

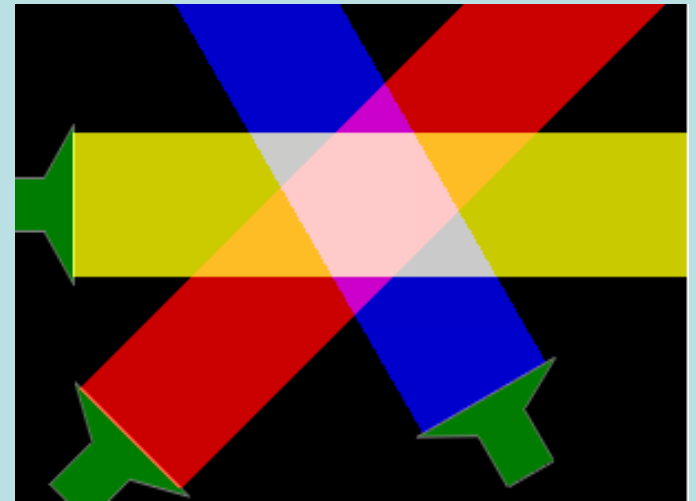


$$I = \frac{E}{S.t} = \frac{P}{S} = ka^2$$

I – CƠ SỞ CỦA QH SÓNG:

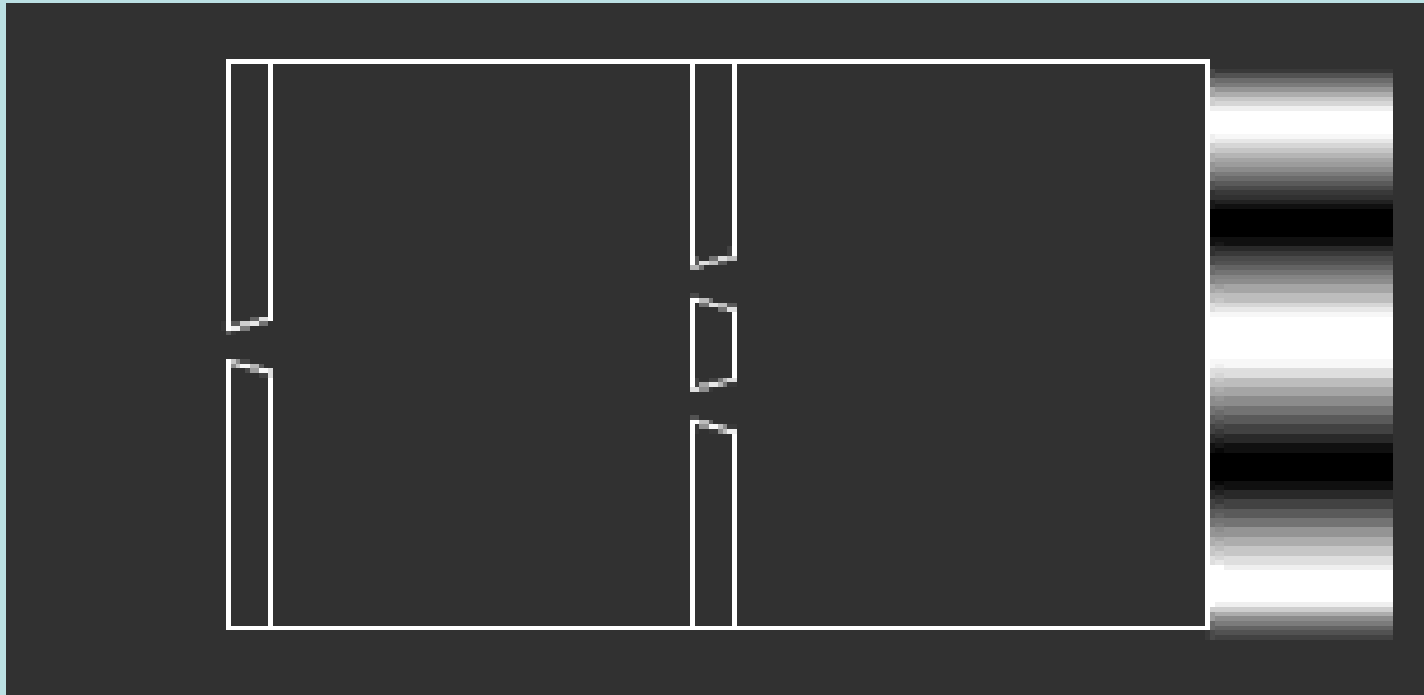
5 – Nguyên lí chồng chất ánh sáng:

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.



I – CƠ SỞ CỦA QH SÓNG:

6 – Nguyên lí Huygens:



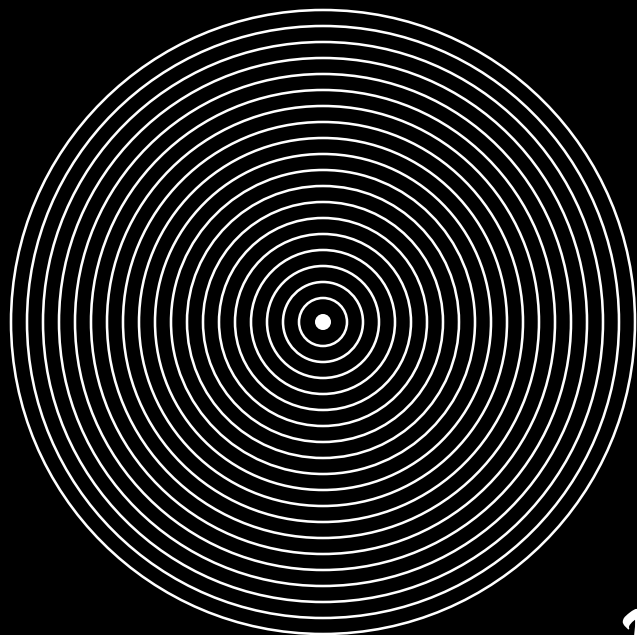
Bất kỳ một điểm nào nhận được sóng ánh sáng truyền đến đều trở thành nguồn sáng thứ cấp phát ra về phía trước nó.



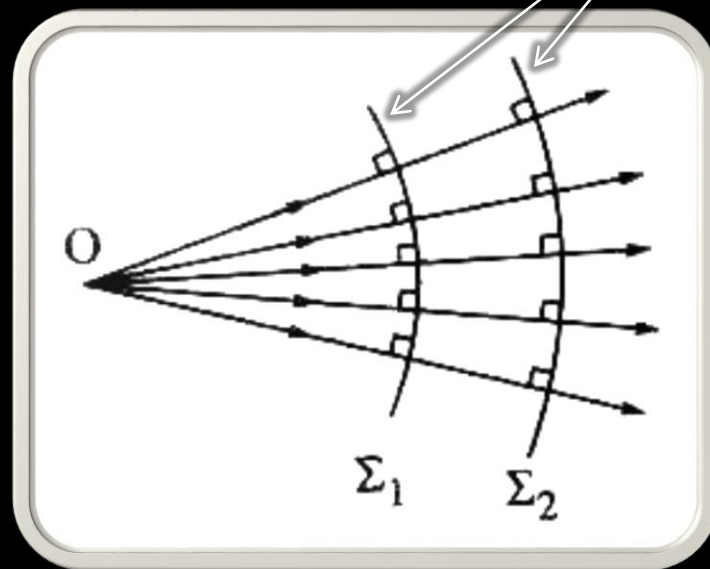
Etienne-Louis Malus
(1775 – 1812)

ĐỊNH LÝ

MALUS

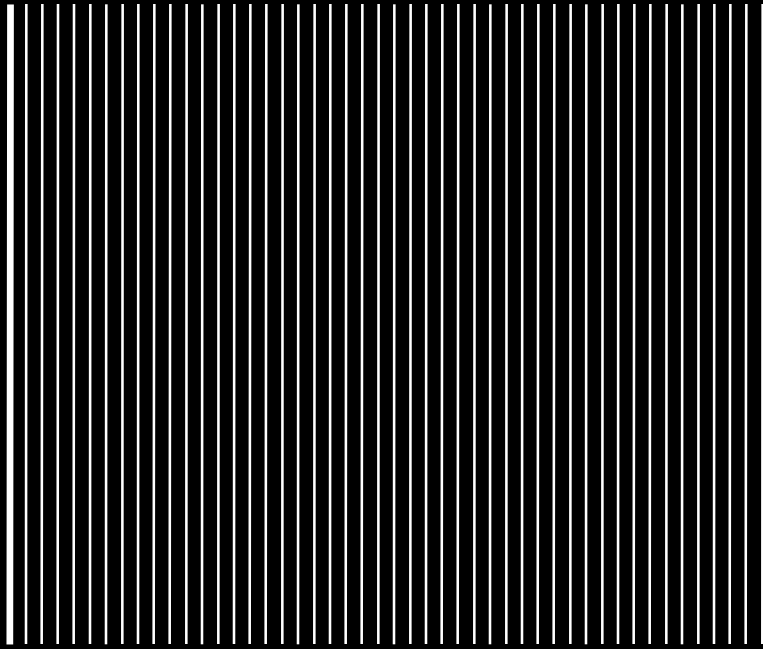


SÓNG CẦU

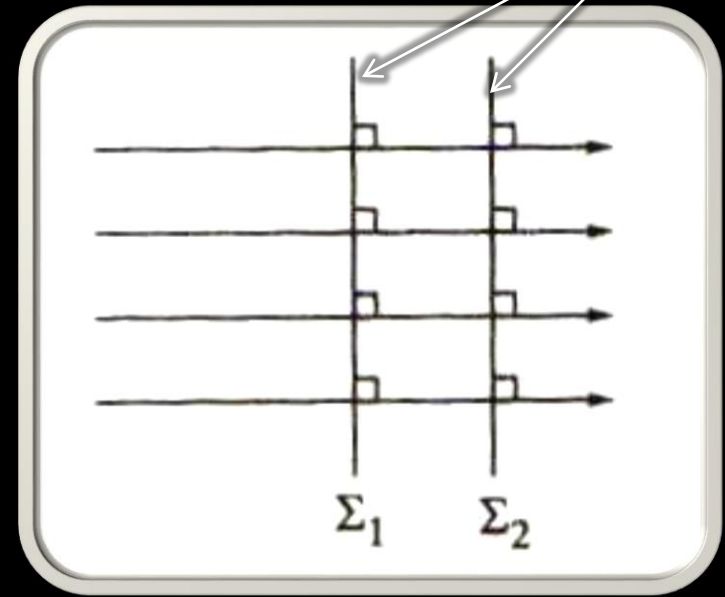


Mặt trực giao: mặt $\perp$ với các tia của 1 chùm sáng

Sóng cầu (chùm sáng đồng quy): mặt trực giao là mặt cầu đồng tâm.

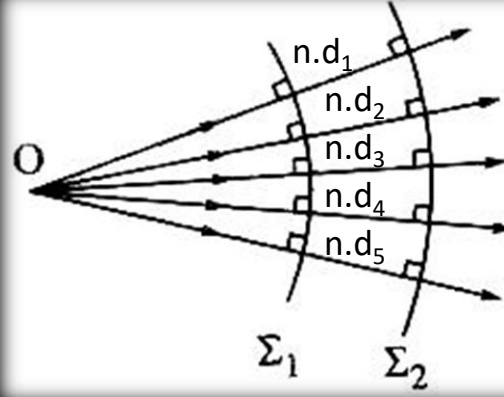
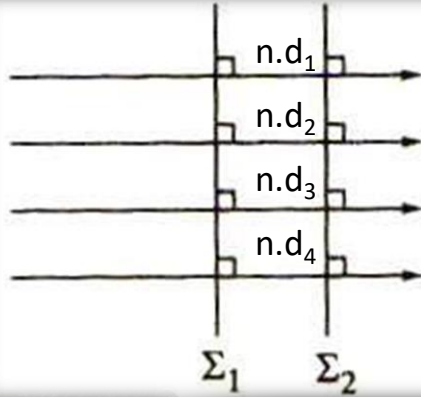


SÓNG PHẪNG



Sóng phẳng (chùm sáng //): mặt trực giao là các mặt phẳng song song.

Định lý Malus: Quang lộ của các tia sáng nằm giữa 2 mặt trực giao thì bằng nhau



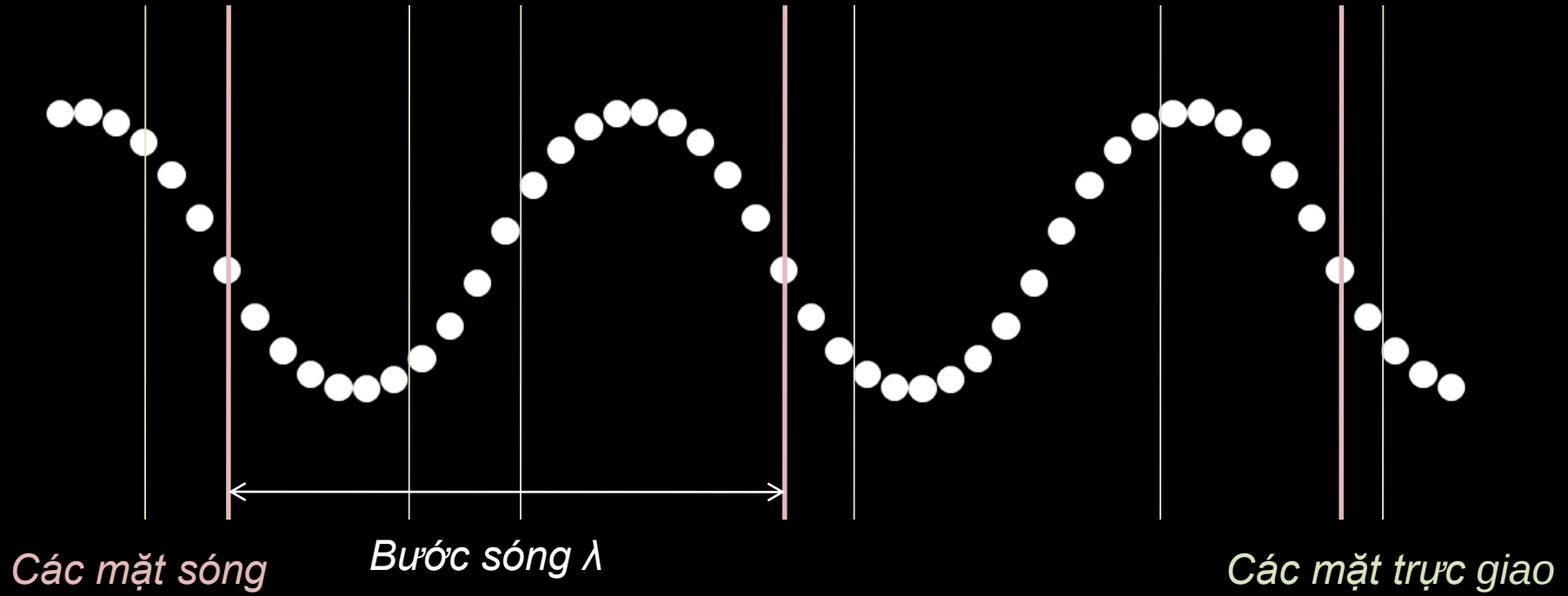
$$n.d_1 = n.d_2 = n.d_3 = n.d_4$$

NGUYÊN LÝ HUYGENS



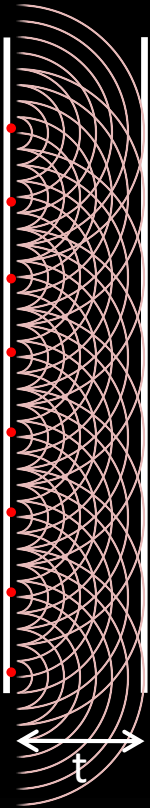
Christiaan Huygens
(1629 – 1695)

Mặt sóng: quỹ tích (hay tập hợp) của những điểm sóng cùng pha



Mặt sóng
ban đầu Σ_1
 Σ_2

Nguồn sóng cầu thứ cấp



SÓNG PHẪNG

Nguyên lý Huygens:

Mọi điểm trên mặt sóng đều dùng làm nguồn điểm của các sóng cầu thứ cấp. Sau 1 thời gian t , vị trí mới của mặt sóng sẽ là bao hình của tất cả các sóng thứ cấp trên.

II – KHÁI NIỆM VỀ GTAS, ĐK CÓ GT:

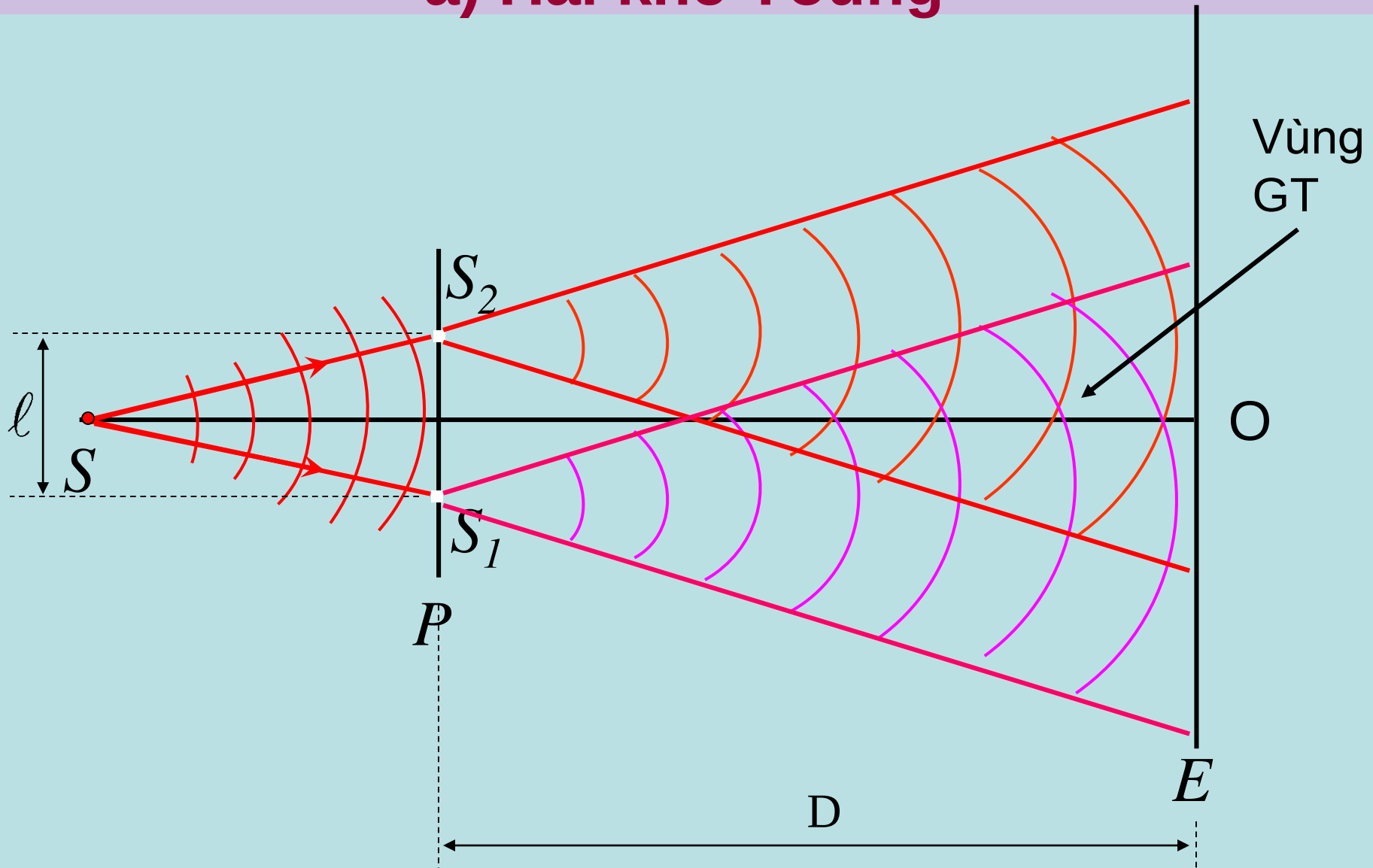
1 - Giao thoa là sự tổng hợp của hai hay nhiều **as kết hợp** mà kết quả có những điểm cường độ sáng được tăng cường, có những điểm cường độ sáng bị giảm bớt.

2 - Điều kiện có giao thoa là: các sóng tới phải là **sóng kết hợp** (cùng tần số, hiệu số pha không đổi theo thời gian).

3 – Nguyên tắc 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).

CÁCH TẠO RA HAI NGUỒN KẾT HỢP:

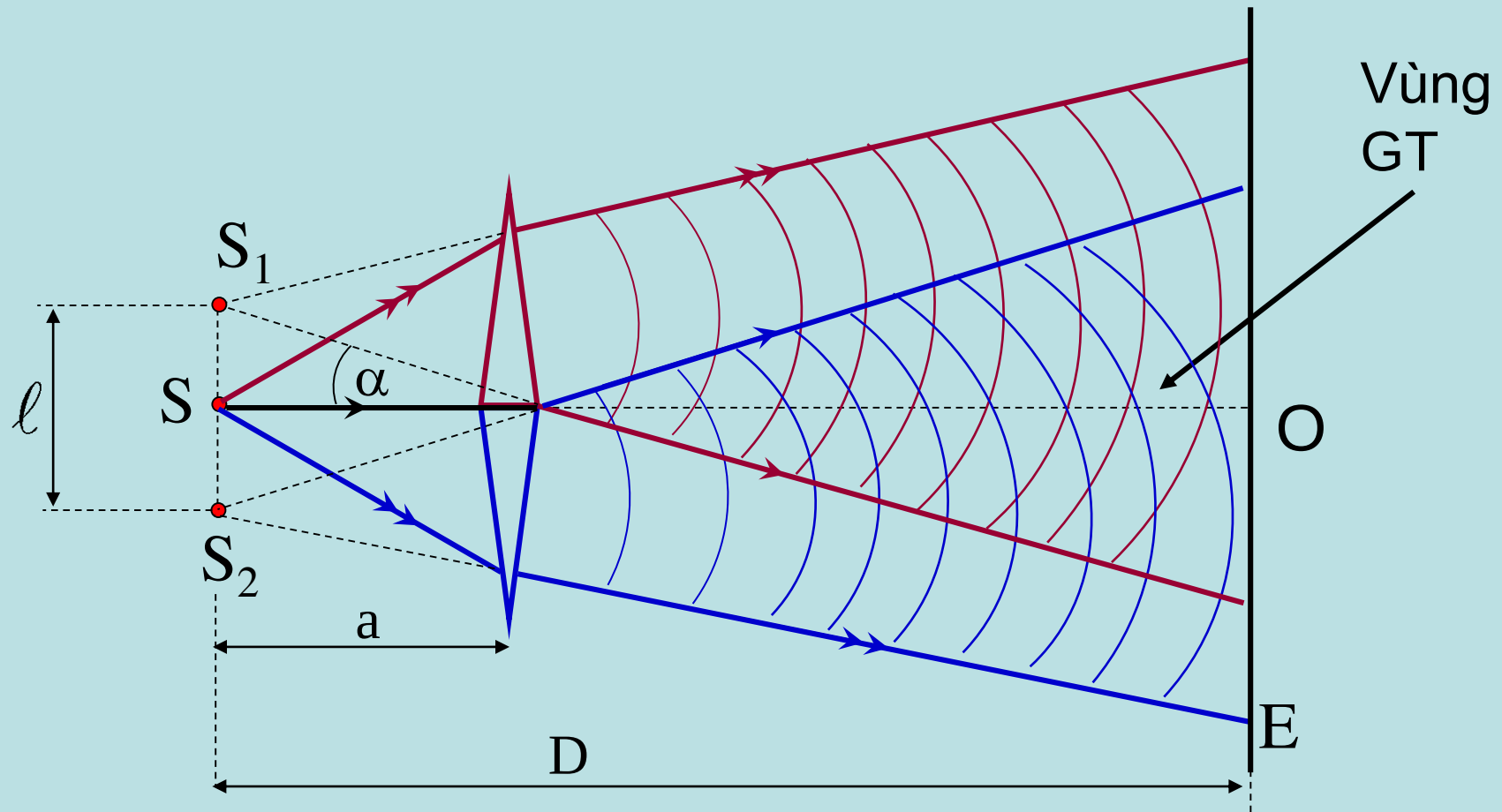
a) Hai khe Young



CÁCH TẠO RA HAI NGUỒN KẾT HỢP:

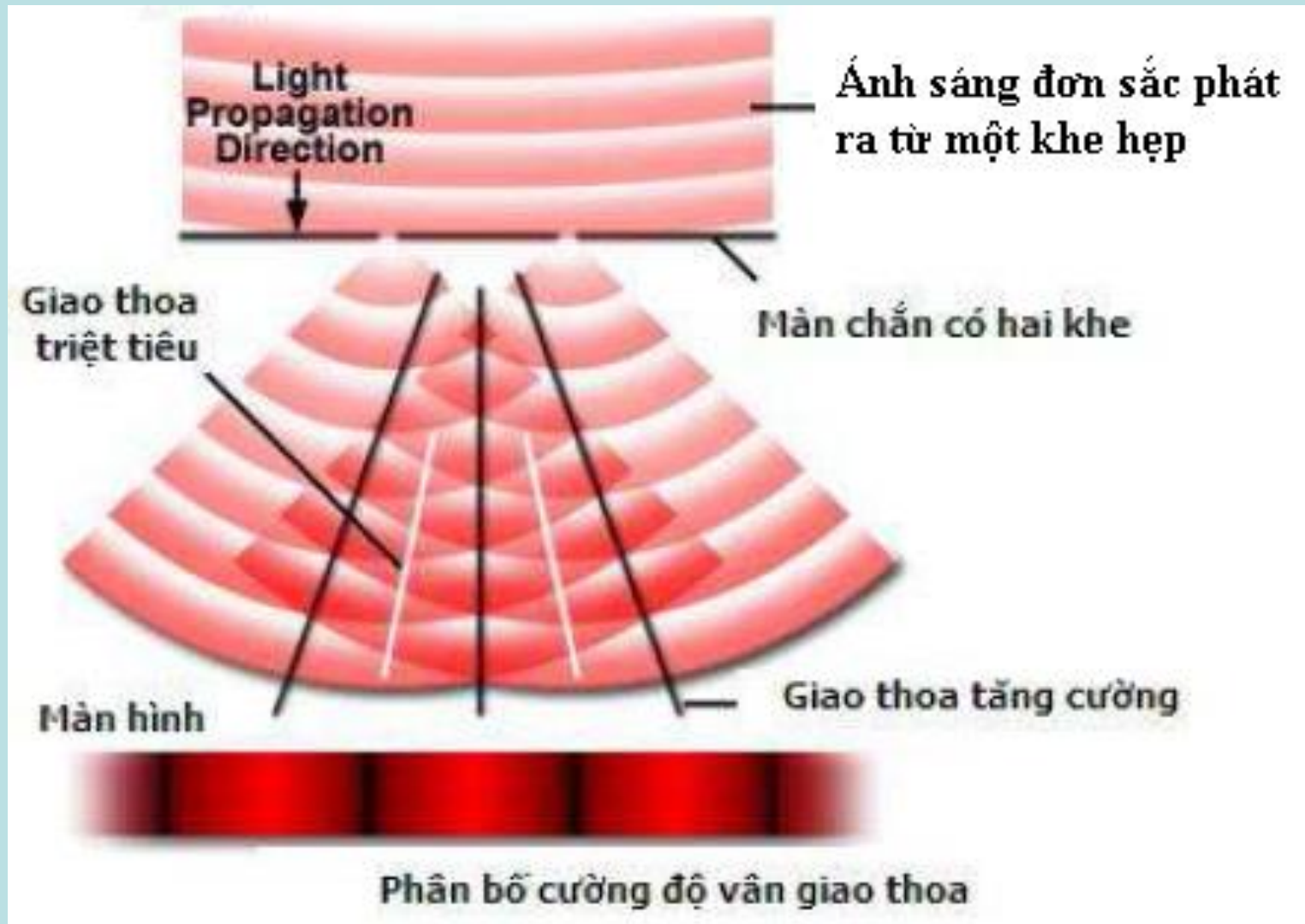
c) Lưỡng lăng kính Fresnel

$$\ell = 2a \cdot \tan \alpha \approx 2a\alpha = 2a(n-1)A$$



III – GIAO THOA BỞI 2 NGUỒN ĐIỂM

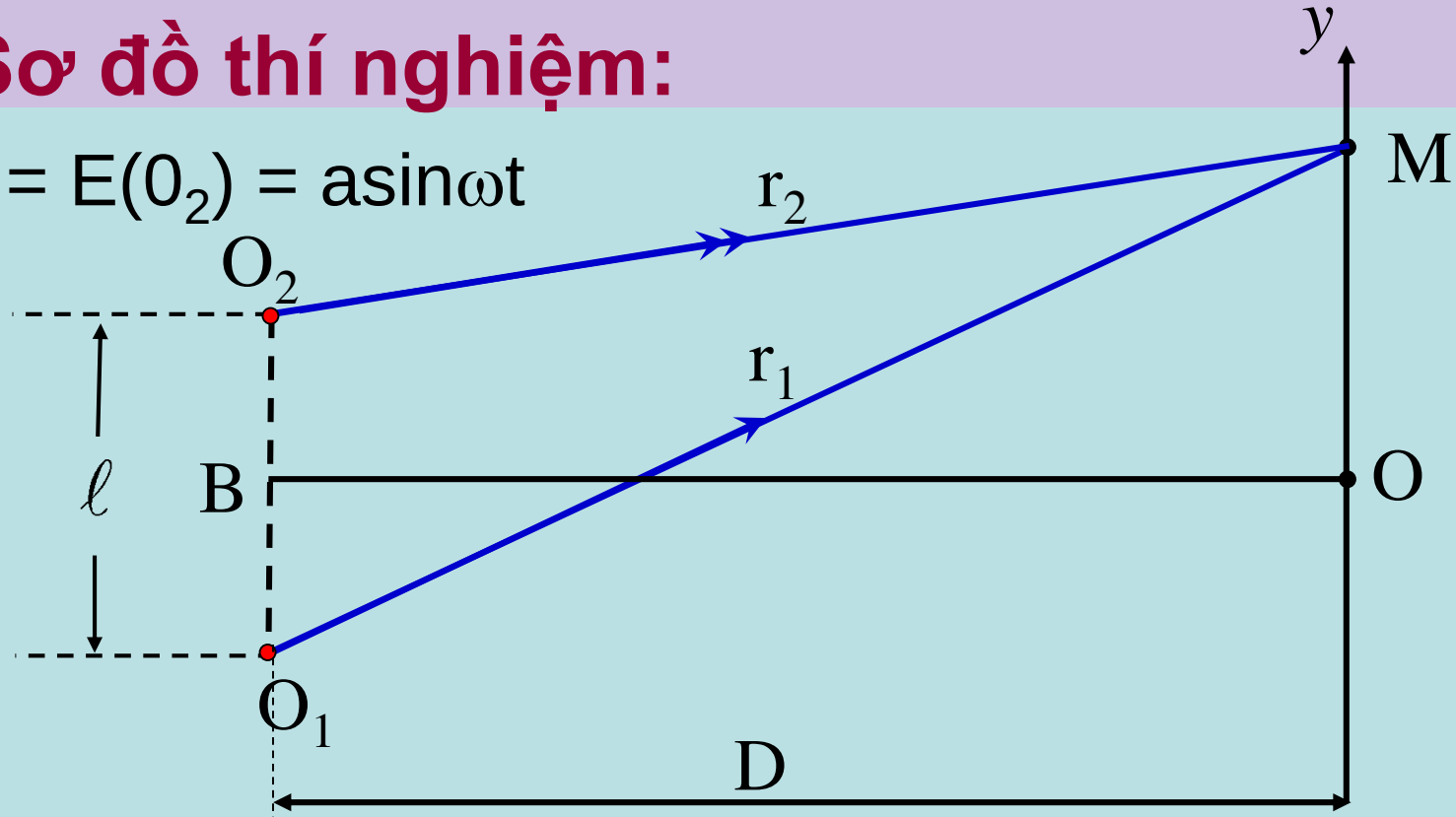
1 – Sơ đồ thí nghiệm:



III – GIAO THOA BỞI 2 NGUỒN ĐIỀM

1 – Sơ đồ thí nghiệm:

$$E(O_1) = E(O_2) = a \sin \omega t$$

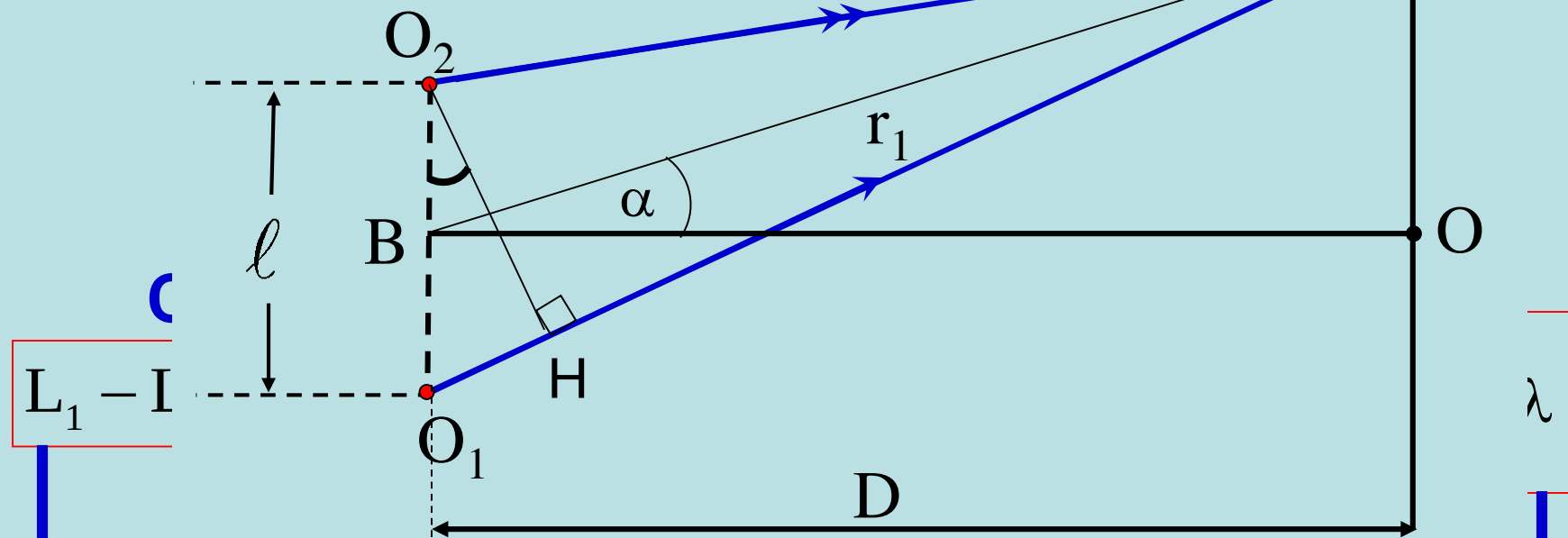


$$E_1(M) = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi L_1}{\lambda}\right)$$

$$E_2(M) = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi L_2}{\lambda}\right)$$

$$\Rightarrow E(M) = E_1 + E_2 = 2a \cos \frac{\pi(L_1 - L_2)}{\lambda} \sin\left(\omega t - \frac{\pi(L_1 + L_2)}{\lambda}\right)$$

2 -



$L_1 - L_2$

Trong
Không khí:

$$L_1 - L_2 = r_1 - r_2 \approx O_1H = \ell \cdot \tan \alpha = \ell \frac{y_M}{D}$$

$$y_M = k \frac{\lambda D}{\ell}$$

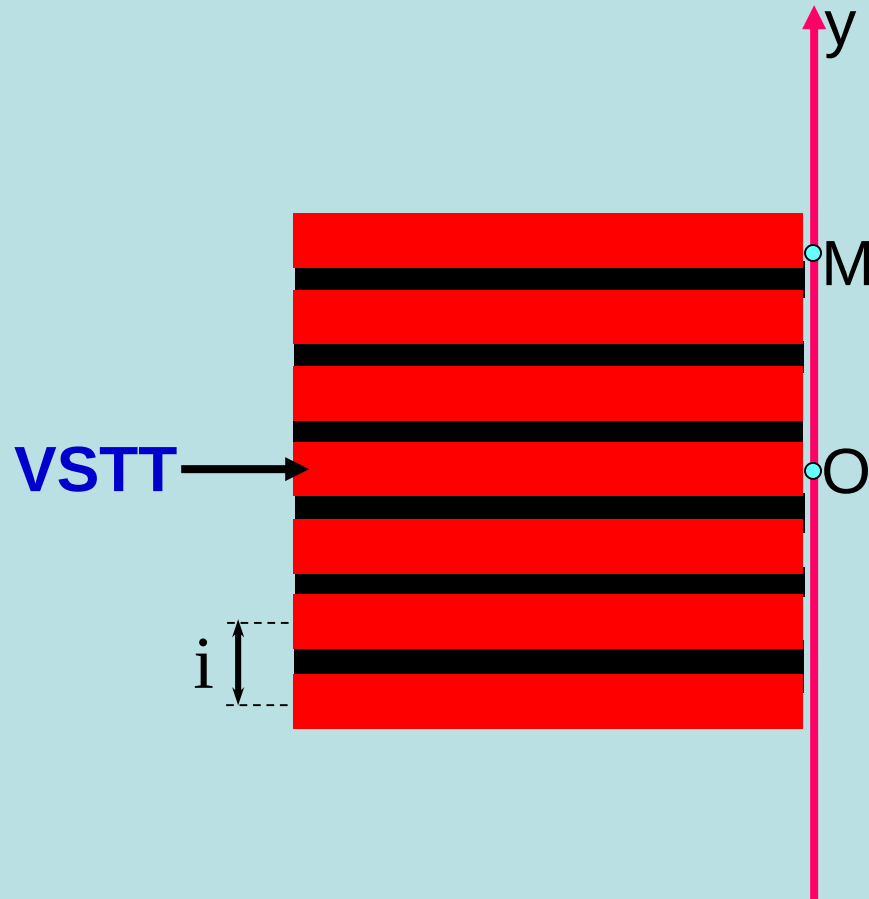
Khoảng
vân

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

$$y_M = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{\ell}$$

III – GIAO THOA BỞI 2 NGUỒN ĐIỂM

3 – Hình ảnh vân giao thoa:



Điểm M trùng với vị trí **vân sáng** khi và chỉ khi:

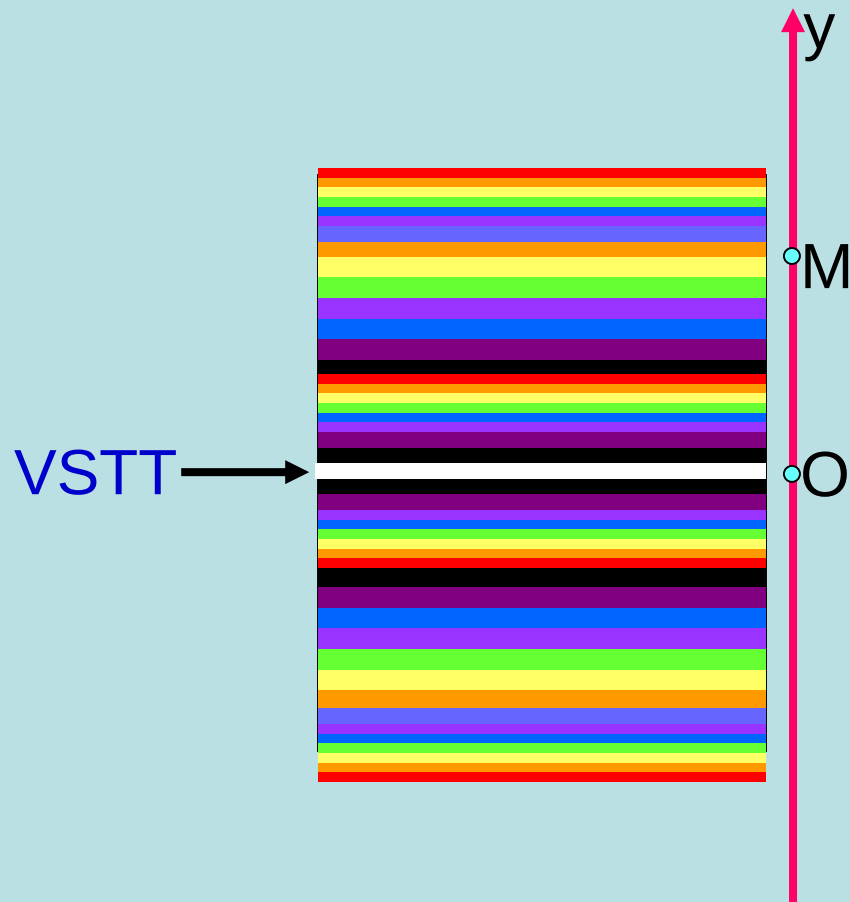
$$y_M = ki$$

Điểm M trùng với vị trí **vân tối** khi và chỉ khi:

$$y_M = (k + 0,5)i$$

III – GIAO THOA BỞI 2 NGUỒN ĐIỂM

4 – Giao thoa với ánh sáng trắng:



- Vân trung tâm có màu trắng

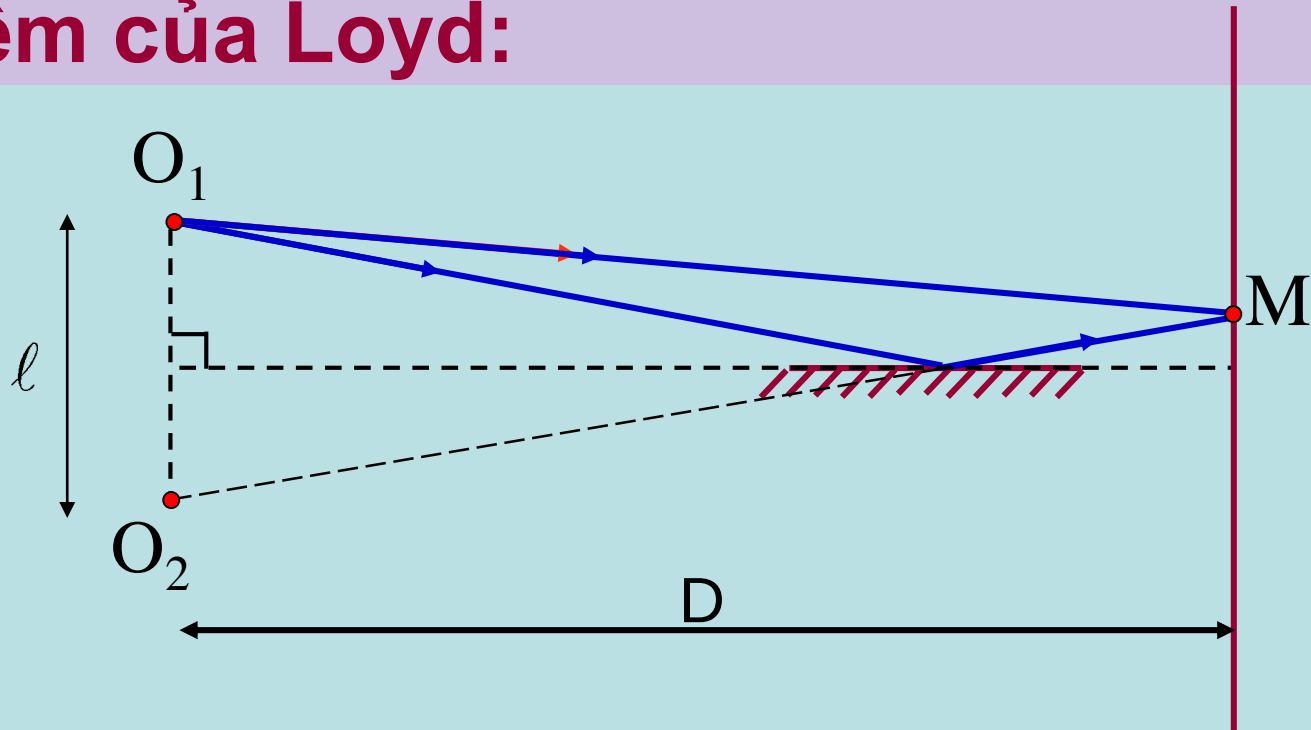
- Hai bên có các dải màu biến đổi liên tục, viền tím bên trong, đỏ bên ngoài.

- Vùng tím của quang phổ bậc 3 có thể phủ lên vùng đỏ của quang phổ bậc 2.

IV – GIAO THOA DO PHẢN XẠ:

1 – Thí nghiệm của Loyd:

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

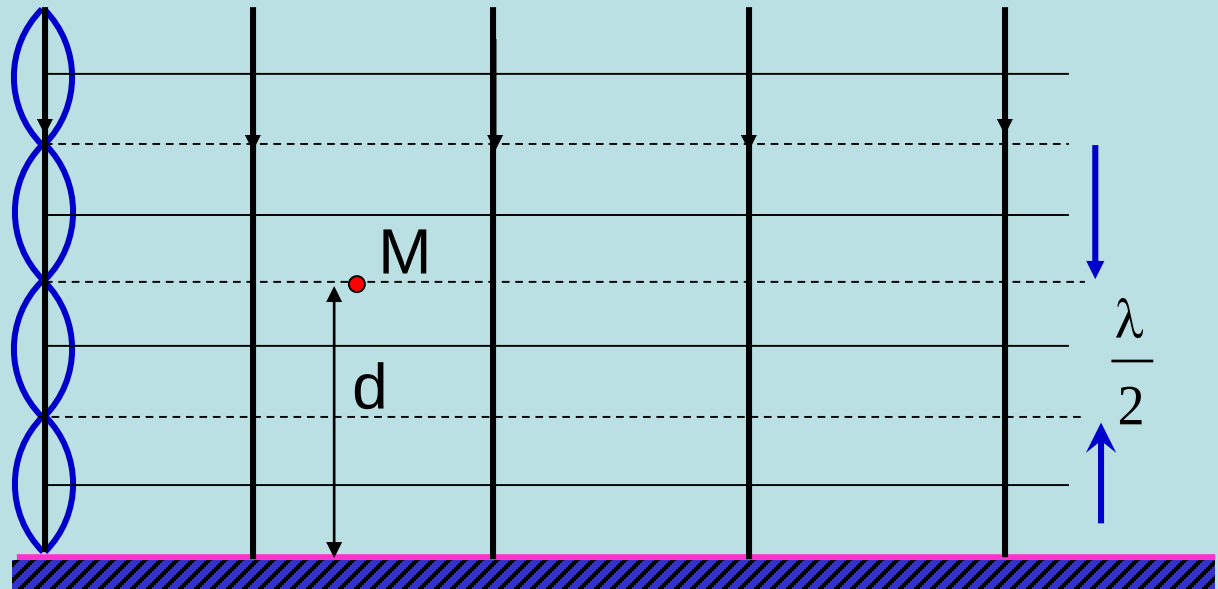


Điều này chứng tỏ: khi phản xạ tại gương, pha của sóng ánh sáng đã thay đổi một lượng π .

Lí thuyết chứng tỏ, 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.

IV – GIAO THOA DO PHẢN XẠ:

2 – Sóng đứng ánh sáng:

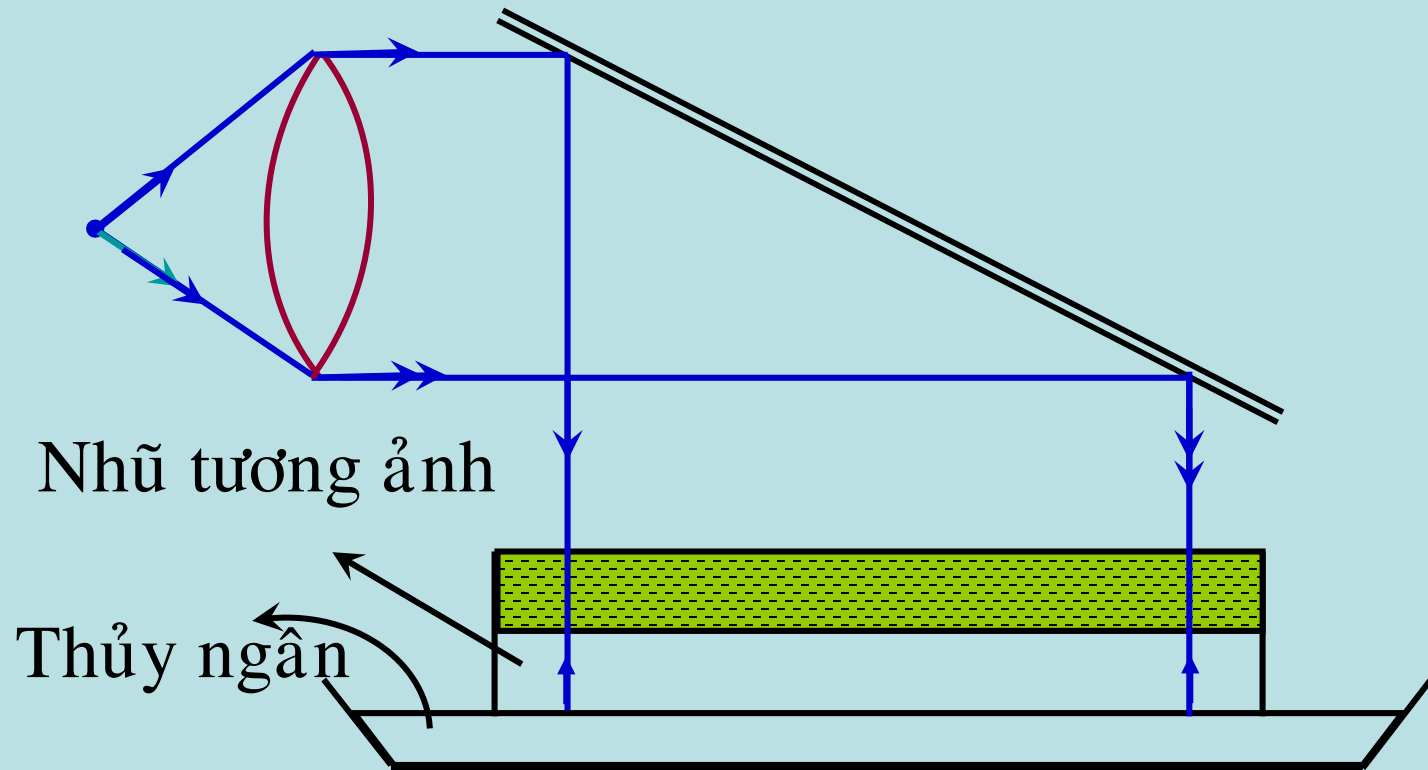


Vị trí các điểm tối: $d = k \frac{\lambda}{2}$ $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Vị trí các điểm sáng: $d = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}$

IV – GIAO THOA DO PHẢN XẠ:

3 – Ứng dụng trong PP chụp ảnh màu của Lipman (1891):



V – GIAO THOA BỞI BẢN MỎNG:

1 – Bản mỏng có bề dày thay đổi:

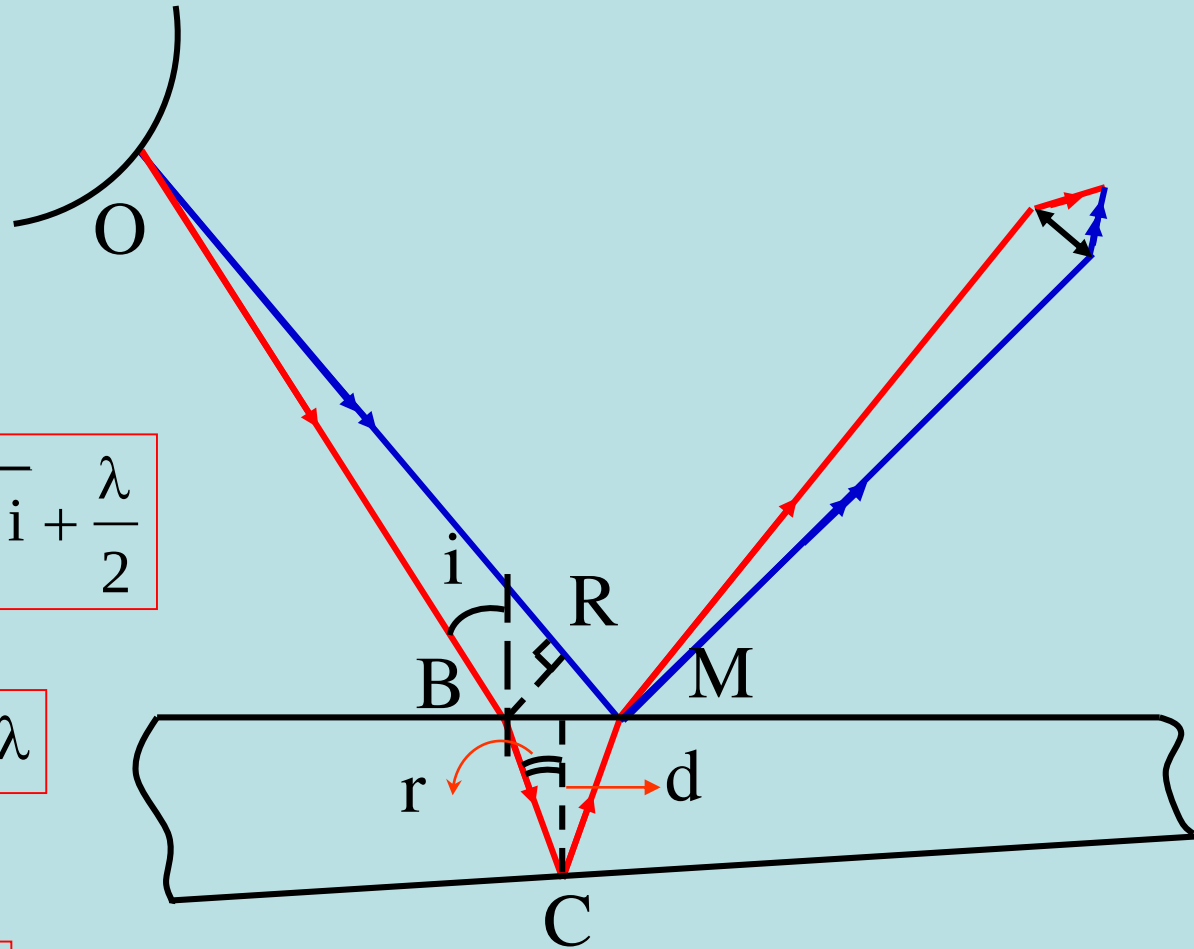
Hiệu quang lộ:

$$L_1 - L_2 = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

Cực đại: $L_1 - L_2 = k\lambda$

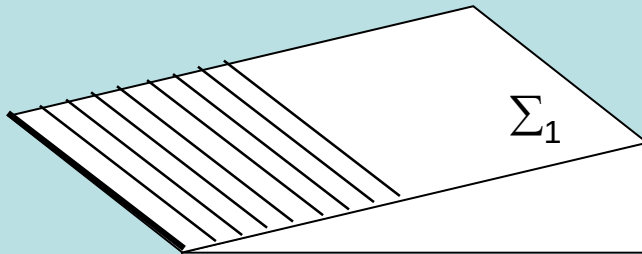
Cực tiểu:

$$L_1 - L_2 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

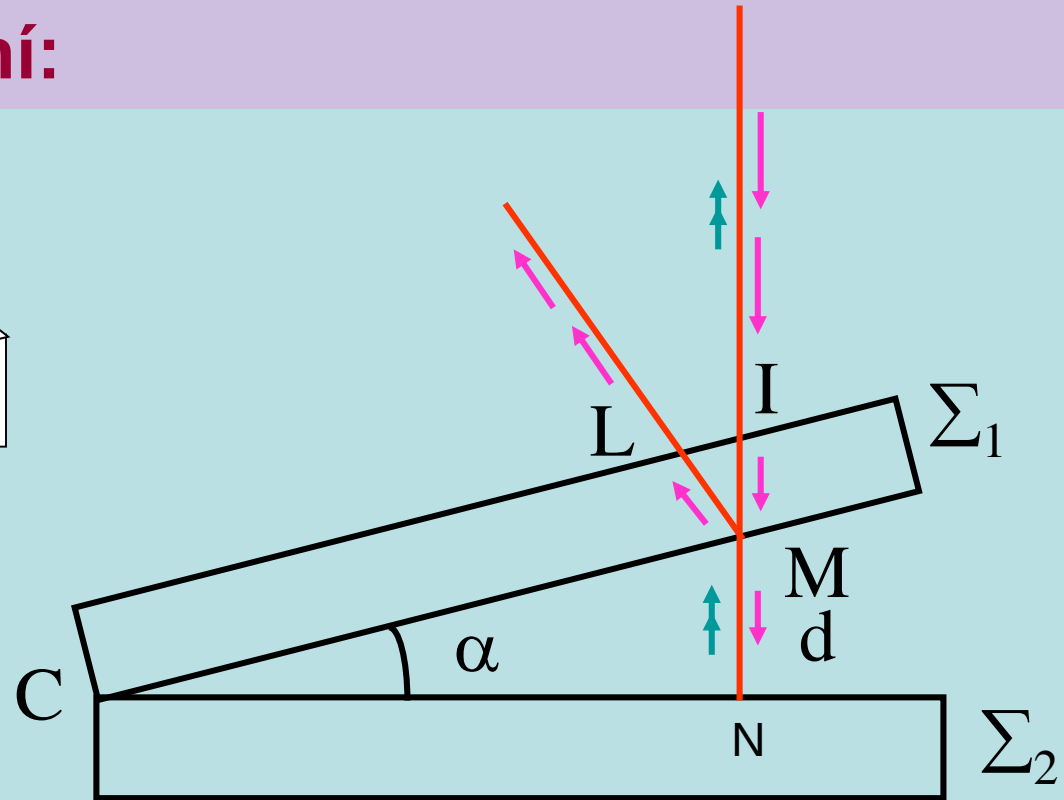


V – GIAO THOA BỞI BẢN MỎNG:

1 – a) Nêm không khí:



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



Vị trí vân tối:

$$d = k \frac{\lambda}{2}$$

$k = 0, 1, 2, \dots \Rightarrow$ cạnh nêm là vân tối ($k = 0$)

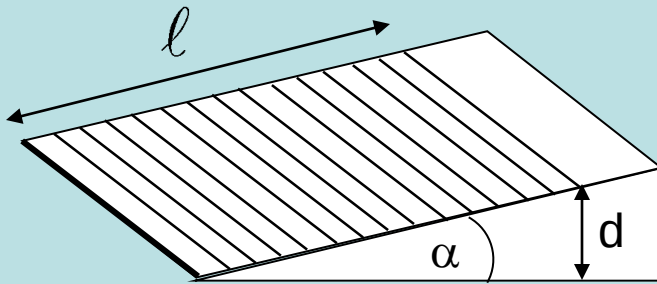
Vị trí vân sáng:

$$d = k \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{4}$$

$k = 1, 2, 3, \dots$

V – GIAO THOA BỞI BẢN MỎNG:

1 – a) Nêm không khí:



Chiếu chùm ánh sáng đơn sắc có bước sóng $0,6\mu\text{m}$ vuông góc với mặt dưới của nêm không khí. Khoảng cách giữa 4 vân sáng kế nhau là $1,8\text{mm}$. Tính góc nghiêng α của nêm.

Giải:

Vị trí vân sáng thứ k:

$$d = k \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{4} = \ell \cdot \sin \alpha = \ell \cdot \alpha$$

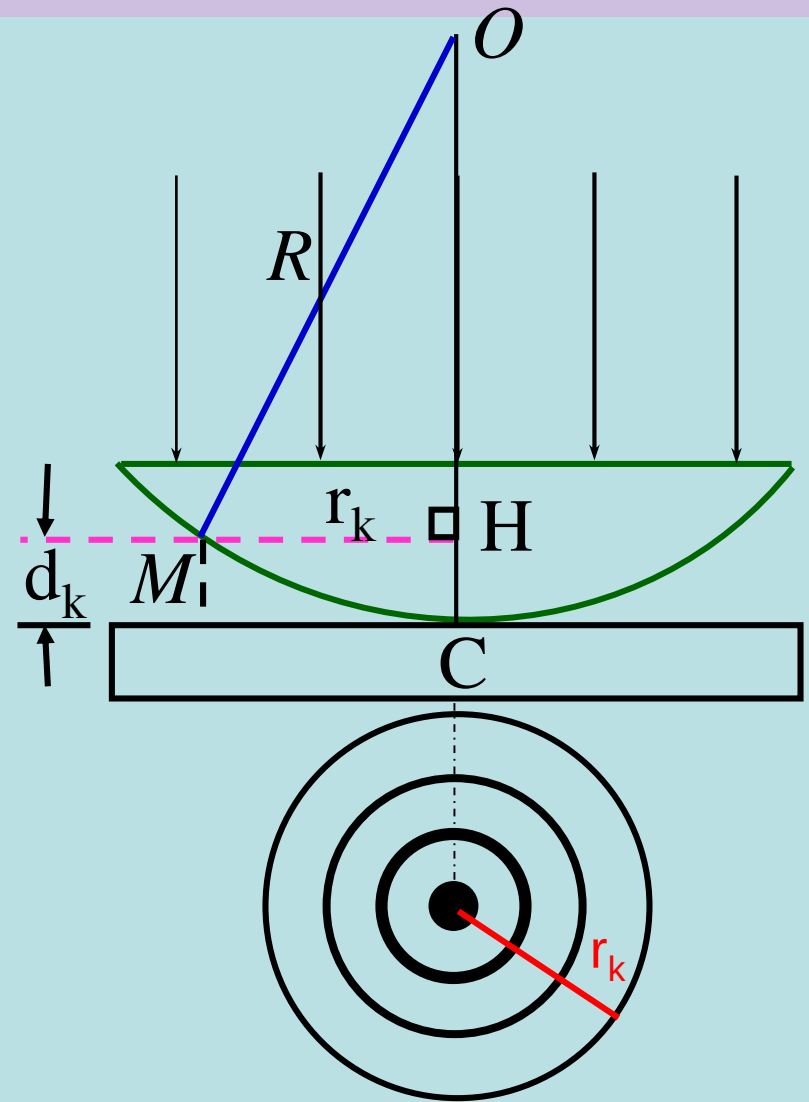
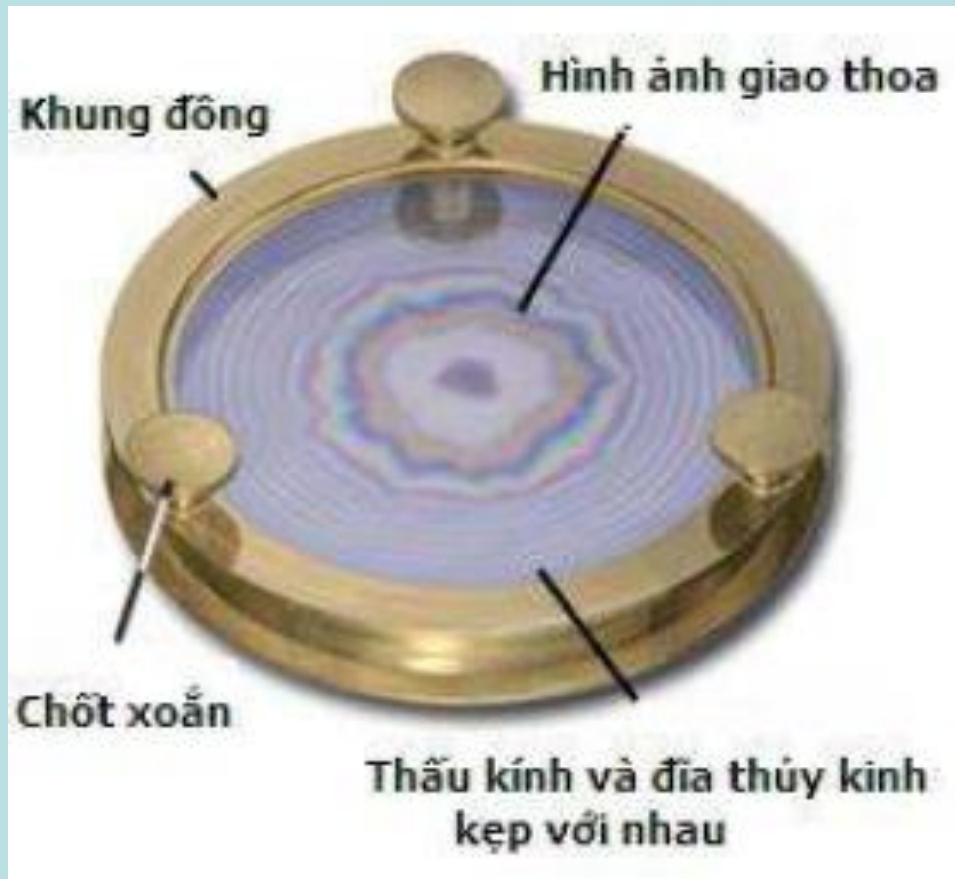
Vị trí vân sáng thứ k':

$$d' = k' \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{4} = \ell' \cdot \alpha$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta \ell \cdot \alpha &= (k' - k) \frac{\lambda}{2} = \Delta k \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta k \cdot \lambda}{2 \Delta \ell} = \frac{3 \cdot 0,6}{2 \cdot 1,8 \cdot 10^3} \\ &= 5 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \end{aligned}$$

V – GIAO THOA BỞI BẢN MỎNG:

1 – b) Vân tròn Newton:



V – GIAO THOA BỞI BẢN MỎNG:

1 – b) Vân tròn Newton:

Vị trí vân tối:

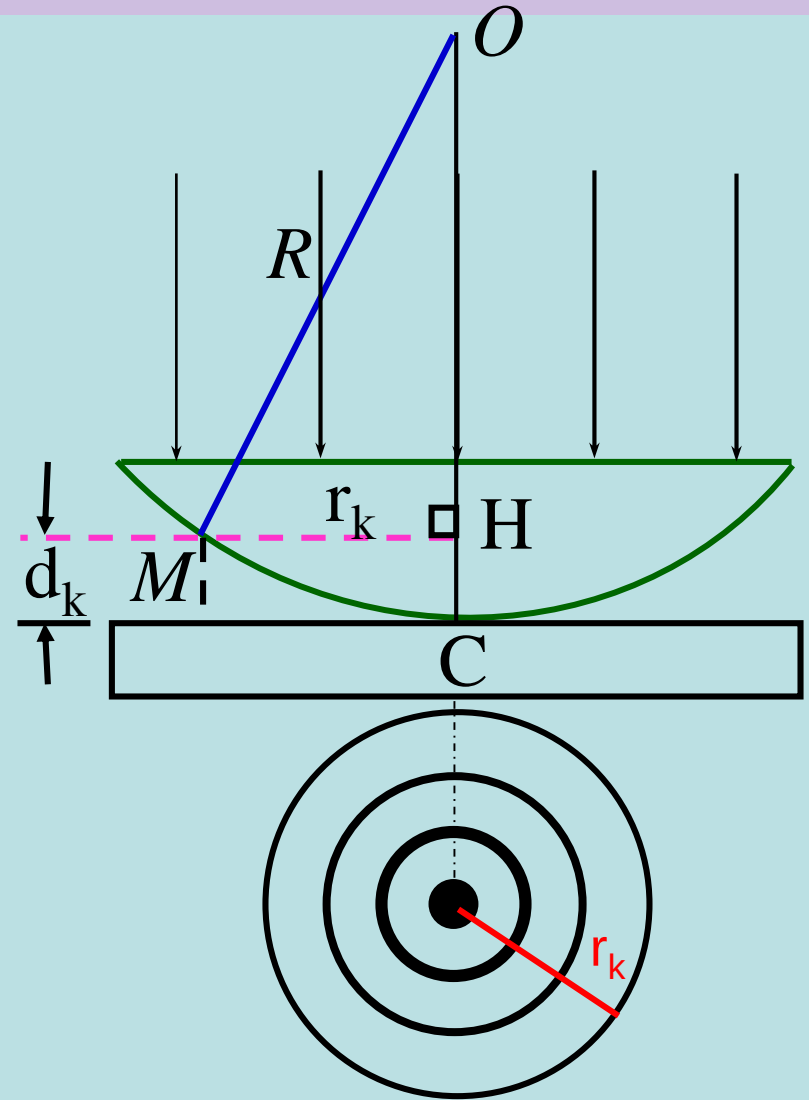
$$d_k = k \frac{\lambda}{2}$$

Bán kính vân tối thứ k:

$$r_k^2 = R^2 - (R - d_k)^2 \approx 2Rd_k$$

$$r_k = \sqrt{k \cdot R \lambda}$$

$$k = 1, 2, 3, \dots$$

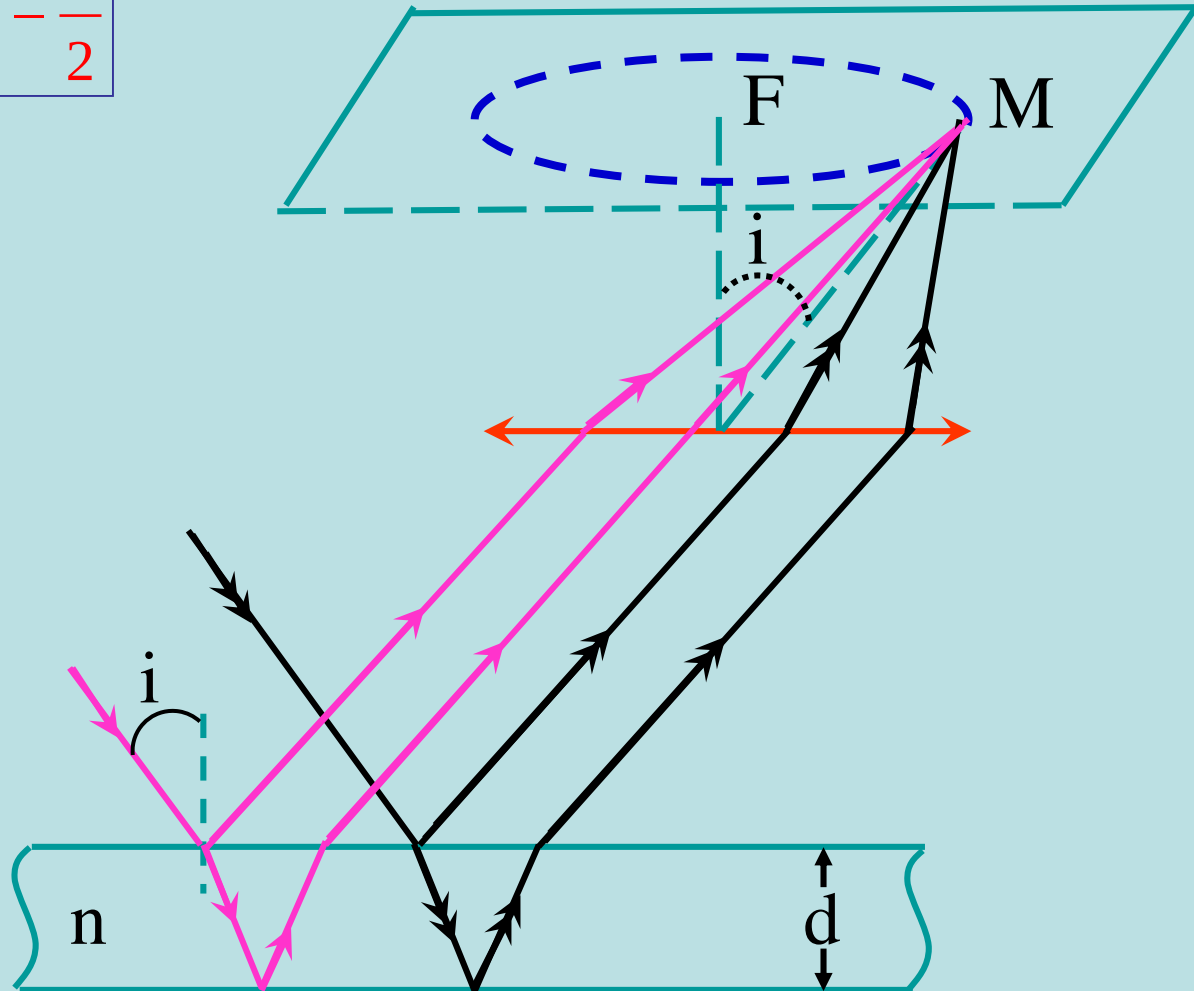


V – GIAO THOA BỞI BẢN MỎNG:

2 – Bản mỏng có bề dày không đổi:

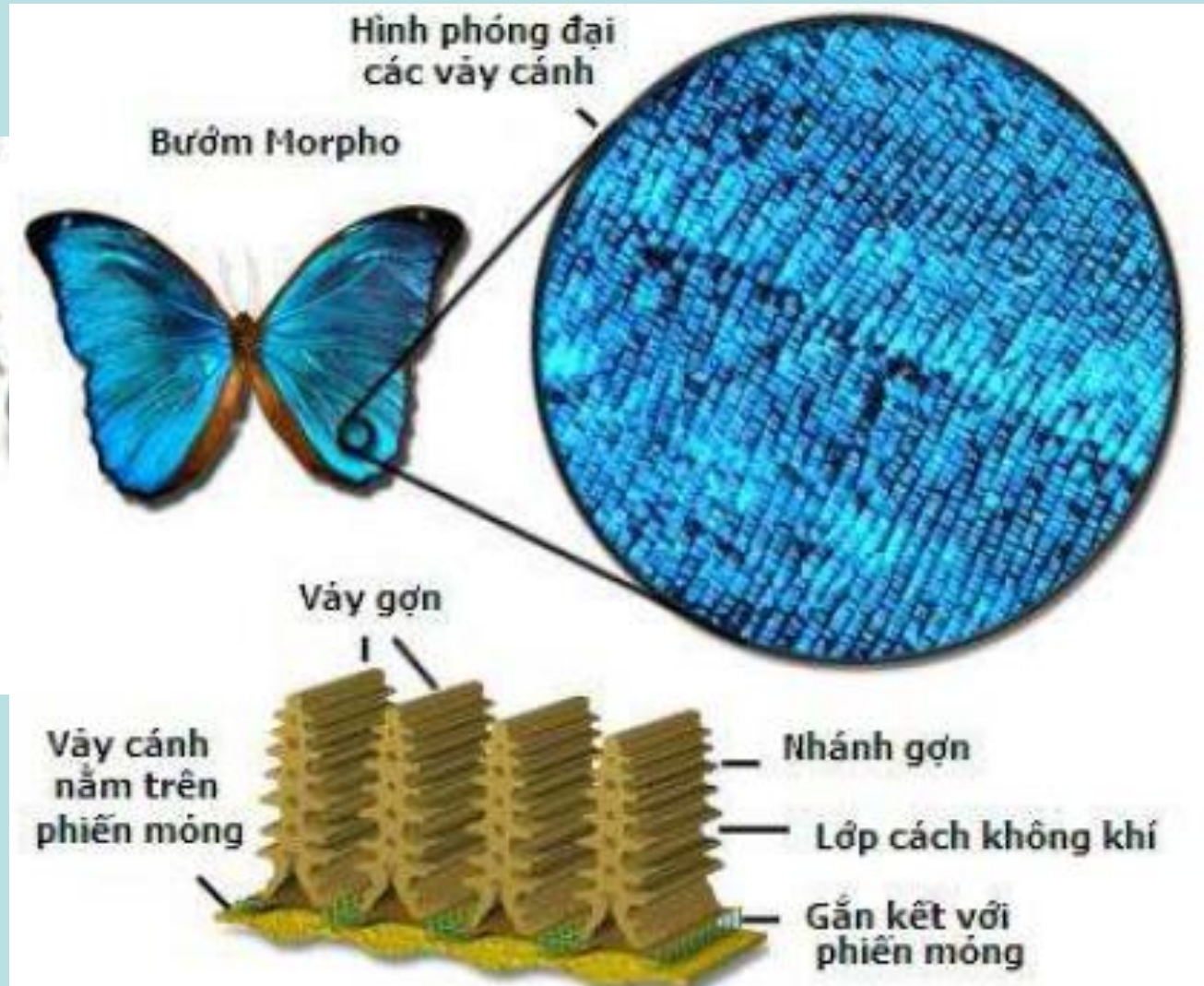
$$L_1 - L_2 = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}$$

Các chùm sáng có cùng góc tới i thỏa đk $L_1 - L_2 = k\lambda$ sẽ cho vân sáng và $L_1 - L_2 = (2k+1)\lambda/2$ sẽ cho vân tối. Vân giao thoa là những vòng tròn sáng, tối xen kẽ trên tiêu diện của TK, có tâm F (vân cùng độ nghiêng)



V – GIAO THOA BỜ BẰNG MỎNG:

3 – Hình ảnh giao thoa trong tự nhiên:



VI – ỨNG DỤNG HIỆN TƯỢNG GIAO THOA AS:

Khử phản xạ các mặt kính

Kiểm tra phẩm chất các mặt quang học

**Đo chiết suất của chất lỏng, khí – giao thoa
kế Rayleigh**

Đo khoảng cách – giao thoa kế Michelson

Toàn kí.