

1. Giao thoa ánh sáng bởi hai nguồn kết hợp
2. Cường độ giao thoa bởi 2 nguồn kết hợp
3. Giao thoa bởi bản mỏng
4. Ứng dụng giao thoa bởi bản mỏng

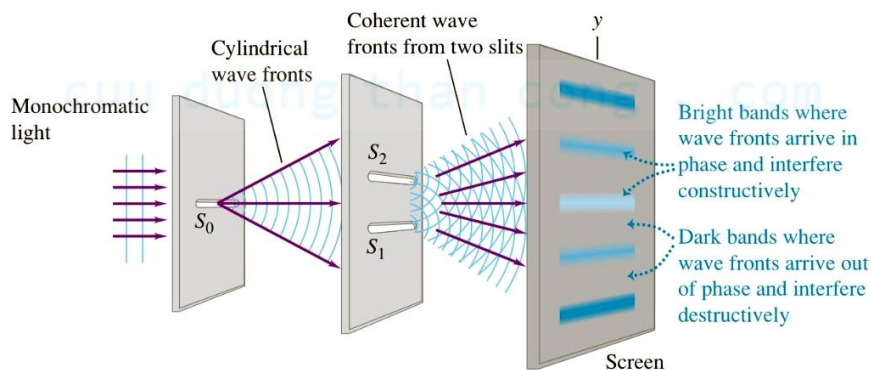
1

cuu duong than cong . com

1. Giao thoa ánh sáng bởi hai nguồn kết hợp

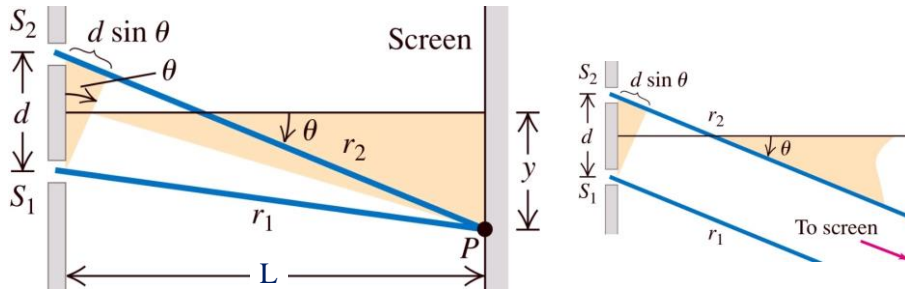
Hai nguồn sáng kết hợp S_1 và S_2 có dao động (cùng phương) cùng tần số và hiệu pha không đổi theo thời gian.

Sóng kết hợp gặp nhau gây ra giao thoa. Nơi hai sóng cùng pha, biên độ dao động tổng hợp đạt cực đại (vân sáng), ngược lại 2 sóng ngược pha thì biên độ dao động tổng hợp đạt cực tiểu (vân tối).



2

1. Giao thoa ánh sáng bởi hai nguồn kết hợp



Hiệu quang lộ của 2 tia sóng từ S_1, S_2 đến điểm P: (với $d \ll L, \theta$ nhỏ)

$$r_2 - r_1 \approx d \cdot \sin\theta \approx d \cdot \tan\theta = d \frac{y}{L}$$

Vị trí vân sáng: $r_2 - r_1 = d \frac{y}{L} = k\lambda, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \Rightarrow y_s = k \frac{\lambda L}{d}$

Vị trí vân tối: $y_t = (2k + 1) \frac{\lambda L}{2d}$

3

cuuduongthancong.com

2. Cường độ giao thoa bởi hai nguồn kết hợp

Hai sóng kết hợp dao động cùng phương, hiệu pha ϕ chùng chất tại P:

$$E_1(t) = E \cos(\omega t + \phi)$$

$$E_2(t) = E \cos \omega t$$

Biên độ dao động tổng hợp tại P:

$$E_p^2 = E^2 + E^2 - 2E^2 \cos(\pi - \phi) \\ = E^2 + E^2 + 2E^2 \cos \phi$$

$$\Rightarrow E_p^2 = 2E^2(1 + \cos \phi) = 4E^2 \cos^2(\phi/2)$$

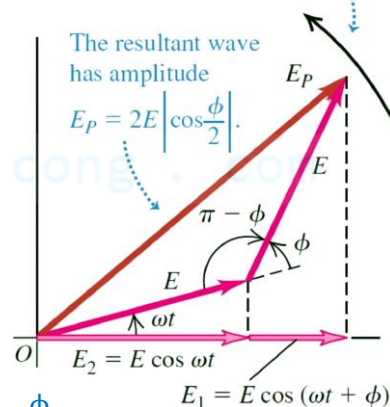
$$\text{Với } 1 + \cos \phi = 2\cos^2(\phi/2)$$

$$\Rightarrow E_p = 2E |\cos(\phi/2)|$$

Cường độ dao động tổng hợp tại P:

$$I = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_p^2 = 2\epsilon_0 c E^2 \cos^2 \frac{\phi}{2} = I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2}$$

All phasors rotate counterclockwise with angular speed ω .



4

2. Cường độ giao thoa bởi hai nguồn kết hợp

Hiệu pha và hiệu quang lộ

Hiệu pha ϕ của 2 sóng tỉ lệ với hiệu quang lộ từ 2 nguồn S_1, S_2 đến điểm P. Khi hiệu quang lộ $r_2 - r_1 = m\lambda$ thì hiệu pha $\phi = m2\pi$. Ta có tỉ số:

$$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{r_2 - r_1}{\lambda} \Rightarrow \phi = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1), \lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

- Với $r_2 - r_1 = d \cdot \sin\theta$,

$$\Rightarrow \phi = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda} d \cdot \sin\theta$$

Cường độ dao động sáng tại P: $I = I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2} = I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin\theta \right)$

- Cường độ sáng tại P cực đại khi:

$$\frac{\pi d}{\lambda} \sin\theta = k\pi \Rightarrow \sin\theta = k \frac{\lambda}{d}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

- Cường độ sáng tại P cực tiểu khi: $\sin\theta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2d}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

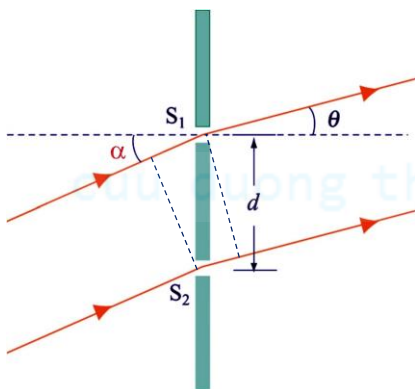
5

cuuduongthancong.com

2. Cường độ giao thoa bởi hai nguồn kết hợp

Hiệu pha và hiệu quang lộ

Nếu sóng đến lệch góc α so với phương vuông góc của mặt phẳng khe



Hiệu quang lộ giữa 2 tia sóng:

$$\Delta L = d \cdot \sin\alpha - d \cdot \sin\theta$$

Điều kiện giao thoa cực đại:

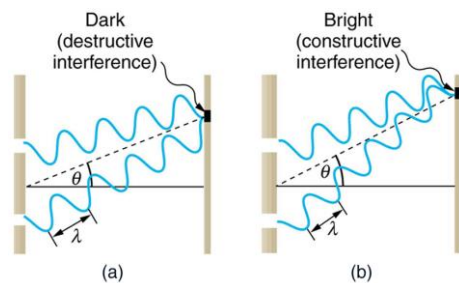
$$\Delta L = k\lambda, k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

$$\Rightarrow d(\sin\alpha - \sin\theta) = k\lambda$$

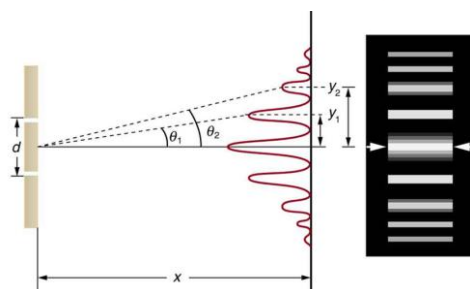
$$\Rightarrow \sin\theta = \sin\alpha + k\lambda/d, k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

6

2. Cường độ giao thoa bởi hai nguồn kết hợp



- a) *Giao thoa cực tiểu (Destructive)* - hiệu quang lộ của 2 sóng bằng $\frac{1}{2} \lambda$.
- b) *Giao thoa cực đại (Constructive)* - hiệu quang lộ của 2 sóng bằng λ .



Ảnh giao thoa của 2 khe hẹp – cường độ sáng giảm theo góc lệch. Các vân sáng, tối tạo bởi ánh sáng qua 2 khe hẹp.

7

cuuduongthancong.com

2. Cường độ giao thoa bởi hai nguồn kết hợp – Thí dụ 1

Giao thoa Young - Khoảng cách 2 khe hẹp đến màn quan sát là 4,8m, khoảng cách giữa 2 khe là 0,03 mm. Dùng ánh sáng đơn sắc chiếu thẳng góc mặt phẳng 2 khe. Đo vân tối đầu tiên cách tâm hệ vân giao thoa là 4,5 cm. Tính bước sóng ánh sáng, khoảng cách 2 vân sáng kế tiếp.

$$\text{Vị trí vân tối: } y_t = (2k + 1) \frac{\lambda L}{2d}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\text{Vị trí vân tối đầu tiên ứng với } k=0: y_t = \frac{\lambda L}{2d} \Rightarrow \lambda = \frac{2y_t d}{L}$$

Bước sóng ánh sáng thí nghiệm:

$$\lambda = \frac{2(4,5 \times 10^{-2} \text{ m})(0,03 \times 10^{-3} \text{ m})}{4,8 \text{ m}} = 0,562 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,562 \mu\text{m}$$

Khoảng cách 2 vân sáng kế tiếp (bề rộng vân giao thoa):

$$y_{k+1} - y_k = [(k+1) - k] \frac{\lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d} = \frac{(0,562 \times 10^{-6} \text{ m})(4,8 \text{ m})}{0,03 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0,09 \text{ m}$$

8

2. Cường độ giao thoa bởi hai nguồn kết hợp – Thí dụ 2

Giao thoa Young – Nguồn sáng phát ra 2 bước sóng $\lambda=430$ nm và $\lambda'=510$ nm. Thiết bị giao thoa với $d=0,025$ mm và $L=1,5$ m. Tìm khoảng cách giữa 2 vân sáng bậc 3 của 2 sóng.

Khoảng cách giữa 2 vị trí ứng với 2 vân bậc k:

$$\Delta y_k = y'_{s,k} - y_{s,k} = k \frac{\lambda' L}{d} - k \frac{\lambda L}{d} = k \frac{L}{d} (\lambda' - \lambda)$$

$$\text{Thay số: } \Delta y_3 = 3 \frac{1,5 \text{ m}}{0,025 \times 10^{-3} \text{ m}} (510 \times 10^{-9} - 430 \times 10^{-9}) \text{ m} = 1,44 \text{ cm}$$

Vị trí 2 vân sáng của 2 sóng trùng nhau:

$$k' \frac{\lambda' L}{d} = k \frac{\lambda L}{d} \rightarrow \frac{k'}{k} = \frac{\lambda}{\lambda'} \rightarrow \frac{k'}{k} = \frac{430 \times 10^{-9}}{510 \times 10^{-9}} = \frac{43}{51}$$

Do đó, vân sáng thứ 43 ứng với bước sóng λ' trùng với vân sáng thứ 51 của bước sóng λ tại vị trí:

$$y = k \frac{\lambda L}{d} = 51 \frac{(430 \times 10^{-9} \text{ m}) 1,5 \text{ m}}{0,025 \times 10^{-3} \text{ m}} = 1,32 \text{ m}$$

Thực tế, vị trí trùng nhau của vân sáng thứ 43 (λ') với vân sáng thứ 51 (λ) tại vị trí khác 1,32 m. Tại sao? $y = k \lambda L/d$ là công thức gần đúng với θ nhỏ

9

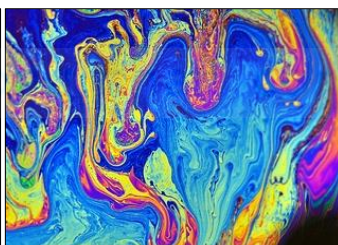
cuu duong than cong . com

3. Giao thoa bởi bản mỏng (thin films)

Bản mỏng là vật liệu trong suốt có bề dày cỡ micrô-mét (cỡ bước sóng ánh sáng). Ánh sáng phản xạ trên các mặt bản mỏng (kết hợp) gây ra giao thoa. Hình ảnh các vân màu trên bong bóng xà phòng, văng dầu trên mặt nước, màu kính quang học...



(Bong bóng xà phòng)



(Văng dầu trên mặt nước)



(Màng mỏng quang học)

10

3. Giao thoa bởi bản mỏng

Giao thoa sóng phản xạ từ mặt trên và mặt dưới bản mỏng

Tính hiệu quang lộ của sóng phản xạ từ mặt trên và mặt dưới bản mỏng.

Khi sóng phản xạ trên môi trường có chiết suất lớn hơn môi trường tới, pha sóng chậm góc π hay quang lộ dài thêm $\lambda/2$.

$$L_2 - L_1 = n(AB + BC) - \left(AD + \frac{\lambda}{2}\right)$$

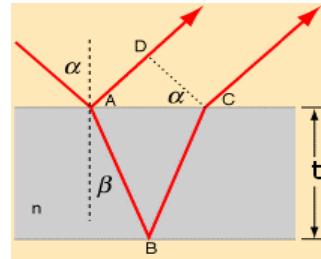
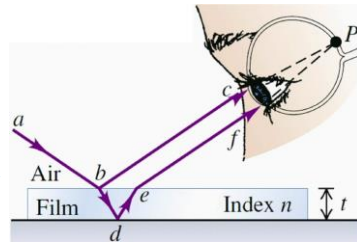
$$\Rightarrow L_2 - L_1 = 2nt \cdot \cos\beta - \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow L_2 - L_1 = 2t\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} - \frac{\lambda}{2}$$

- Giao thoa cực đại: $L_2 - L_1 = k\lambda$

- Giao thoa cực tiểu: $L_2 - L_1 = (2k+1)\lambda/2$

Nếu chiếu bằng AS trắng, phụ thuộc góc tới α , ánh sáng phản xạ sẽ có màu của bước sóng nào thỏa giao thoa cực đại và mất màu ứng với bước sóng giao thoa cực tiểu. *Ứng dụng phủ màng mỏng chống phản xạ hoặc truyền qua.*



11

cuuduongthancong.com

3. Giao thoa bởi bản mỏng - Nêm không khí

Bản mỏng không khí tạo bởi 2 bản thủy tinh đặt lệch nhau góc α rất nhỏ.

Tính hiệu quang lộ giữa sóng phản xạ từ mặt dưới của bản thủy tinh trên và mặt trên của bản thủy tinh dưới theo phương \perp bản thủy tinh:

Quang lộ của tia sóng phản xạ ở mặt trên của bản thủy tinh dài thêm $\lambda/2$.

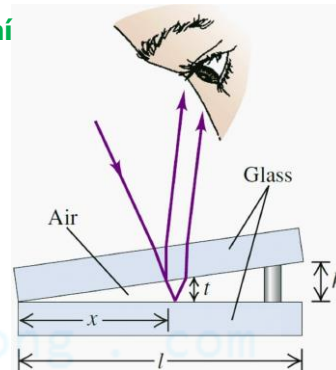
$$L_2 - L_1 = \left(2t + \frac{\lambda}{2}\right) - 0$$

- Giao thoa cực tiểu (vân tối): $2t + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$

- Bề dày nêm ứng với vân tối: $t = k\frac{\lambda}{2}, k = 0, 1, 2, \dots$

- Vị trí vân tối: $x = \frac{t}{\tan\alpha} \approx \frac{t}{\alpha} = k\frac{\lambda}{2\alpha}, \alpha \text{ (rad)}$

Cạnh nêm là vân tối ứng với $k=0$. Các vân sáng, tối xen kẽ song song với cạnh nêm. *Ứng dụng kiểm tra độ phẳng của bản thủy tinh.*



12

3. Giao thoa bởi bản mỏng – Vân tròn Newton

Đặt thấu kính phẳng - lồi bán kính cong R trên tấm thủy tinh phẳng.

Tính hiệu quang lộ giữa sóng phản xạ từ mặt dưới của thấu kính và mặt trên của bản thủy tinh theo phương \perp thấu kính:

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

- Ứng với **vân tối thứ k** :

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

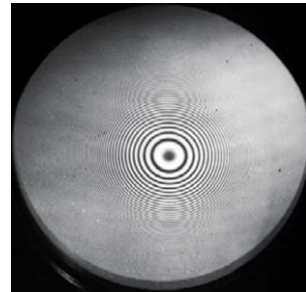
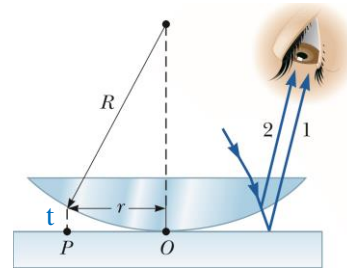
$$\Rightarrow t_k = k \frac{\lambda}{2}, k = 0, 1, 2, \dots$$

- **Bán kính vân tối thứ k** :

$$r_k^2 = R^2 - (R - t_k)^2 \approx 2Rt_k = Rk\lambda$$

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

Ứng dụng kiểm tra mặt cầu thấu kính.



13

cuuduongthancong.com

3. Giao thoa bởi bản mỏng – Thí dụ màng xà phòng

Tính **bề dày tối thiểu** của màng bong bóng xà phòng (chiết suất $n=1,33$) gây giao thoa cực đại sóng phản xạ khi sử dụng ánh sáng bước sóng $\lambda = 600 \text{ nm}$.

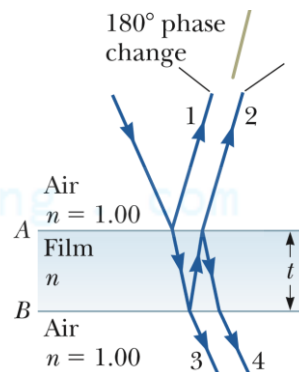
Hiệu quang lộ 2 tia phản xạ mặt trên và dưới màng xà phòng thỏa điều kiện giao thoa cực đại:

$$\Delta L = 2nt - \frac{\lambda}{2} = k\lambda, k = 0, 1, 2, \dots$$

$$\Rightarrow t = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2n} = (2k + 1) \frac{\lambda}{4n}, k = 0, 1, 2, \dots$$

Bề dày tối thiểu của màng mỏng xà phòng để sóng phản xạ giao thoa cực đại ứng với $k = 0$:

$$t = \frac{\lambda}{4n} = \frac{600 \text{ nm}}{4(1,33)} \approx 113 \text{ nm}$$



14

3. Giao thoa bởi bản mỏng – Thí dụ màng mỏng chống phản xạ

Tế bào quang điện – Tế bào quang điện Silicon ($n= 3,5$) được phủ màng mỏng trong suốt bằng Oxit Silicon (SiO , $n= 1,45$) để cực tiểu phản xạ bước sóng $\lambda= 550 \text{ nm}$. **Xác định bề dày tối thiểu của màng mỏng.**

Hiệu quang lộ 2 tia phản xạ mặt trên và dưới màng mỏng SiO dày t thỏa điều kiện cực tiểu:

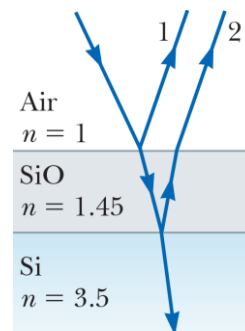
$$\Delta L = 2nt = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, k = 0, 1, 2, \dots$$

$$\Rightarrow t = (2k + 1) \frac{\lambda}{4n}, k = 0, 1, 2, \dots$$

Bề dày tối thiểu của màng mỏng để sóng phản xạ cực tiểu ứng với $k = 0$:

$$t = \frac{\lambda}{4n} = \frac{550 \text{ nm}}{4(1,45)} \approx 94,8 \text{ nm}$$

Tế bào quang điện (Solar cell) không phủ màng mỏng mất khoảng 30% năng lượng do phản xạ. Nhờ phủ màng mỏng có thể giảm năng lượng do phản xạ còn khoảng 10%.



15

cuuduongthancong.com

4. Ứng dụng giao thoa bởi bản mỏng

Phủ màng mỏng chống phản xạ hoặc truyền qua

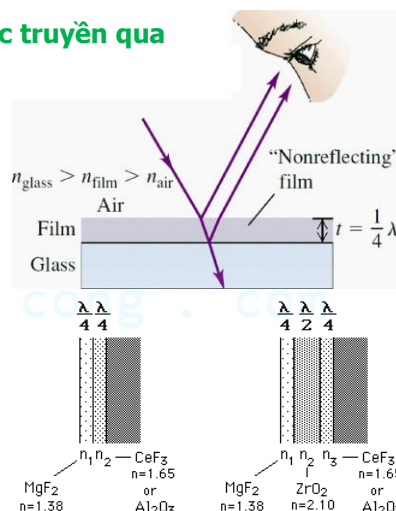
Màng mỏng là vật liệu trong suốt có chiết suất nhỏ hơn thủy tinh.

Nếu thỏa điều kiện giao thoa cực tiểu (**cực đại**) đối với chùm sáng phản xạ thì ánh sáng λ sẽ phản xạ yếu nhất (**mạnh nhất**) và truyền qua mạnh nhất (**yếu nhất**).

- Nếu màng mỏng dày $\lambda/4$ thì ánh sáng λ sẽ phản xạ yếu nhất (chống phản xạ).

- Màng mỏng dày $\lambda/2$ thì ánh sáng λ sẽ phản xạ mạnh nhất.

Để tăng hiệu quả chống phản xạ hoặc truyền qua, có thể phủ nhiều lớp màng mỏng có chiết suất và độ dày thích hợp.



Ứng dụng phủ màng mỏng lên các kính quang học, solar cell để lọc ánh sáng, chống phản xạ hoặc truyền qua các bước sóng thích hợp.

16

4. Ứng dụng giao thoa bởi bản mỏng



(Kính phản xạ)



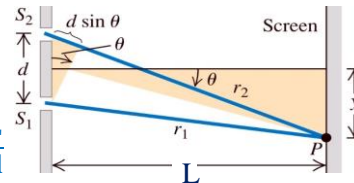
(Chống phản xạ, Solar cells)

TÓM TẮT CÔNG THỨC

1) Giao thoa bởi hai nguồn kết hợp - Young

Vân sáng: $\sin\theta = k \frac{\lambda}{d}$, $y_s = k \frac{\lambda L}{d}$

Vân tối: $\sin\theta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2d}$, $y_t = (2k + 1) \frac{\lambda L}{2d}$
 ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$)

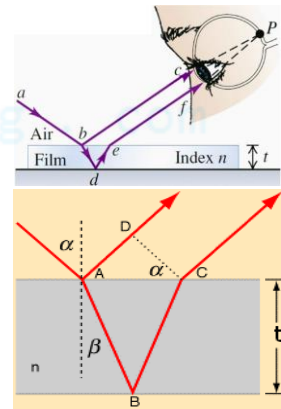


2) Giao thoa bởi bản mỏng

$L_2 - L_1 = 2t\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \frac{\lambda}{2} = 2nt \cdot \cos\beta - \frac{\lambda}{2}$

- Giao thoa cực đại: $L_2 - L_1 = k\lambda$

- Giao thoa cực tiểu: $L_2 - L_1 = (2k+1) \lambda/2$



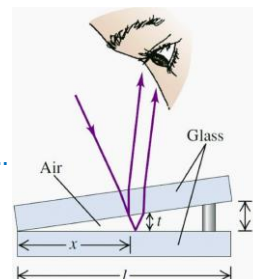
TÓM TẮT CÔNG THỨC

3) Giao thoa bởi bản mỏng – Nêm không khí

$$L_2 - L_1 = \left(2t + \frac{\lambda}{2} \right) - 0$$

- Bề dày nêm ứng với vân tối: $t = k \frac{\lambda}{2}, k = 0, 1, 2, \dots$

- Vị trí vân tối: $x = \frac{t}{\tan \alpha} \approx \frac{t}{\alpha} = k \frac{\lambda}{2\alpha}, \alpha \text{ (rad)}$



4) Giao thoa bởi bản mỏng – Vân tròn Newton

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

Vân tối thứ k:

- Bề dày không khí: $t_k = k \frac{\lambda}{2}, k = 0, 1, 2, \dots$

- Bán kính vân tròn: $r_k = \sqrt{k} \cdot \sqrt{R\lambda}$

