

# CHƯƠNG 3. QUANG HỌC

Giảng viên: Nguyễn Đức Cường

Trường Đại học Công nghệ - ĐHQGHN

*Email: cuonghd93@gmail.com*

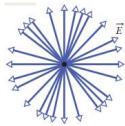
Ngày 19 tháng 3 năm 2023

# NỘI DUNG

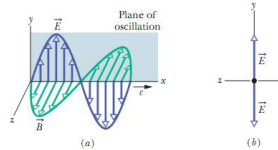
- 1 HIỆN TƯỢNG PHÂN CỰC ÁNH SÁNG
- 2 HIỆN TƯỢNG GIAO THOA ÁNH SÁNG
- 3 GIAO THOA TRÊN BẢN MỎNG
- 4 ỨNG DỤNG HIỆN TƯỢNG GIAO THOA
- 5 HIỆN TƯỢNG NHIỄU XẠ. NGUYÊN LÝ HUYGENS-FRESNEL
- 6 NHIỄU XẠ GÂY RA BỞI CÁC SÓNG CẦU
- 7 NHIỄU XẠ GÂY RA BỞI CÁC SÓNG PHẪNG

## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.1. Các định nghĩa



Ánh sáng tự nhiên (không phân cực)

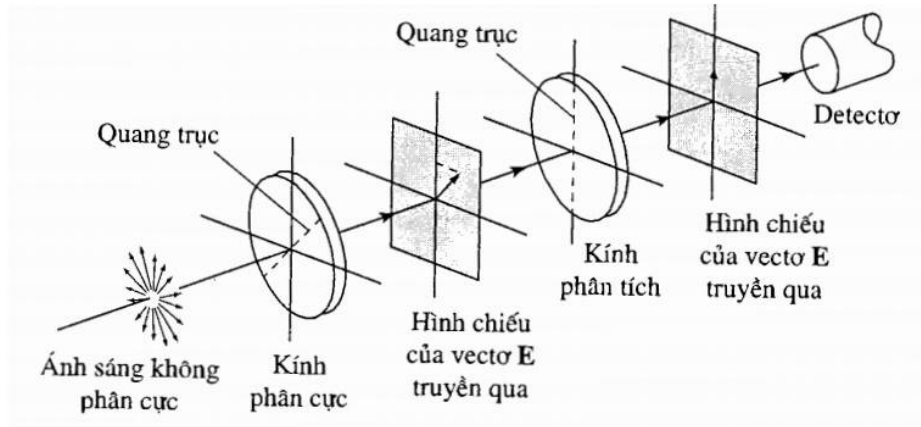


Ánh sáng phân cực

- 1 Ánh sáng tự nhiên có véc-tơ cường độ điện trường dao động đều đặn theo mọi phương.
- 2 Ánh sáng phân cực thẳng có véc-tơ cường độ điện trường chỉ dao động theo một phương xác định.
- 3 Ánh sáng có véc-tơ cường độ điện trường dao động theo mọi phương nhưng không đều nhau gọi là ánh sáng phân cực một phần.
- 4 Mặt phẳng dao động: Chứa tia sáng và véc-tơ  $\vec{E}$ .
- 5 Mặt phẳng phân cực: Chứa tia sáng và vuông góc với véc-tơ  $\vec{E}$  (định nghĩa của Malus) hoặc là mặt phẳng dao động (định nghĩa hiện đại).

## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

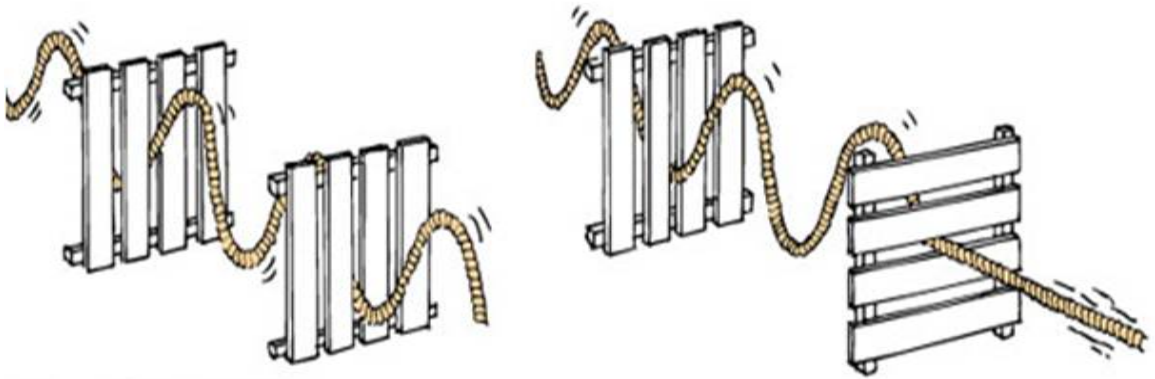
### 3.1.2. Giải thích



Sự truyền ánh sáng qua kính phân cực và kính phân tích.

## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.2. Giải thích



Mô tả hiện tượng phân cực của sóng.

## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.3. Sự truyền ánh sáng qua hai kính phân cực

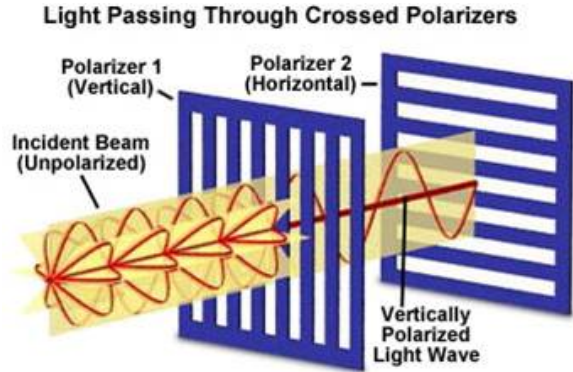
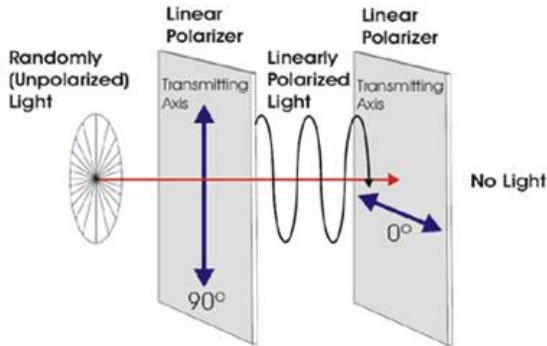
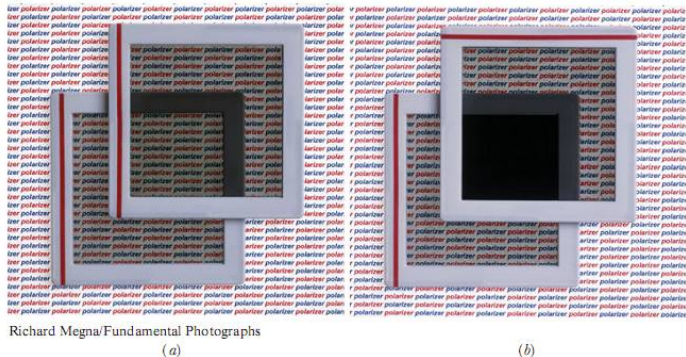


Figure 1

Trục truyền qua (quang trục) của hai kính vuông góc với nhau.

## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.3. Sự truyền ánh sáng qua hai kính phân cực



Quang trục của hai kính trùng nhau

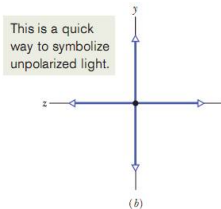
Quang trục của hai kính vuông góc với nhau

## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.4. Cường độ của ánh sáng phân cực truyền qua

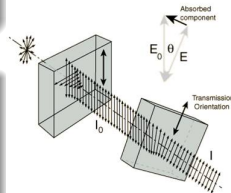
#### Quy tắc 1/2

- 1 Với ánh sáng tự nhiên (không phân cực) có cường độ  $I_{tn} \propto |E_{tn}|^2$ , tổng thành phần theo phương  $y$  và phương  $z$  bằng nhau:  $|E_y|^2 = |E_z|^2 = |E_{tn}|^2/2$ .
- 2 Nếu ánh sáng sau khi đi qua kính thứ 1 bị phân cực theo phương  $y$ , thì chỉ còn thành phần theo phương  $y$ . Khi đó cường độ ánh sáng sau kính phân cực thứ 1 là  $I_0 = \frac{I_{tn}}{2}$



#### Định luật Malus

- 1 Cường độ sáng trước kính phân cực thứ 2 là  $I_0$ . Cường độ sáng sau kính phân cực thứ 2 là  $I$ .
- 2 Định luật Malus:  $I = I_0 \cos^2 \theta$ , với  $\theta$  là góc tạo bởi quang trục của 2 kính.





## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.4. Cường độ của ánh sáng phân cực truyền qua

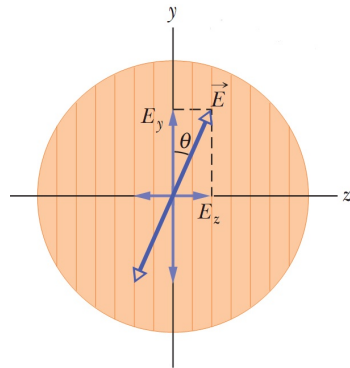
- ❶ Giả sử ánh sáng đã bị phân cực đi đến kính phân cực tiếp theo với quang trục theo phương  $y$ . Phân tích  $\vec{E}$  thành 2 thành phần: thành phần song song với quang trục  $E_y$  đi qua kính, còn thành phần vuông góc với quang trục  $E_z$  thì bị hấp thụ. Do  $\theta$  là góc tạo bởi giữa  $\vec{E}$  và phương phân cực của kính, nên thành phần truyền qua là:

$$E_y = E \cos \theta$$

- ❷ Do nên  $I = E_{\text{rms}}^2 / c\mu_0$  nên:

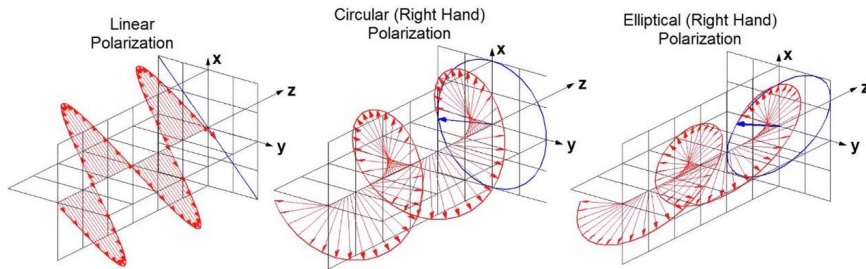
$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

- ❸ **Chú ý:** Định luật này chỉ được áp dụng khi ánh sáng đi tới kính phân cực đã bị phân cực trước đó.



## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.5. Các loại phân cực



#### Phân cực thẳng

Đầu mút của véc-tơ  $\vec{E}$  chuyển động trên một **đường thẳng** trên mặt phẳng vuông góc với phương truyền sóng.

#### Phân cực tròn

Đầu mút của véc-tơ  $\vec{E}$  chuyển động trên một **đường tròn** trên mặt phẳng vuông góc với phương truyền sóng.

#### Phân cực elip

Đầu mút của véc-tơ  $\vec{E}$  chuyển động trên một **đường elip** trên mặt phẳng vuông góc với phương truyền sóng.

## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.6. Ứng dụng hiện tượng phân cực trong nhiếp ảnh



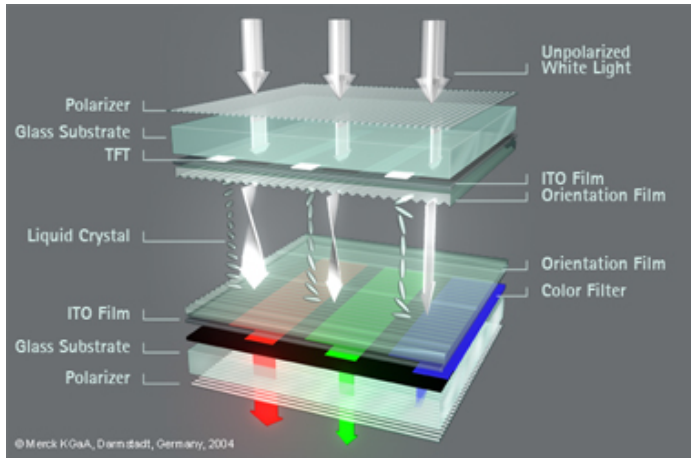
Không có kính phân cực

Có kính phân cực

- 1 Một phần ánh sáng đến từ bầu trời bị phân cực do hiện tượng **tán xạ** với các phân tử không khí.
- 2 Kính phân cực dùng để loại bỏ những thành phần ánh sáng bị phân cực, làm tăng độ tương phản của ảnh, đặc biệt khi chụp ảnh bầu trời.

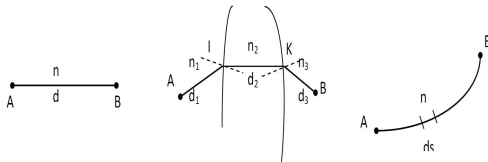
## 3.1. Hiện tượng phân cực ánh sáng

### 3.1.7. Ứng dụng hiện tượng phân cực trong màn hình LCD



## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.1. Cơ sở của quang học sóng



- Quang lộ của tia sáng: Xét hai điểm A, B nằm trong môi trường đồng tính, chiết suất  $n$ , cách nhau một đoạn  $d$ . Quang lộ giữa hai điểm A và B là:

$$L = c \cdot \Delta t = c \cdot \frac{d}{v} = n \cdot d$$

$\Delta t$  là thời gian để ánh sáng đi từ A đến B  $\rightarrow L = n \cdot d$

- Nếu ánh sáng truyền qua các môi trường khác nhau:

$$L = \sum n_i d_i; \quad L = \int_A^B n \cdot ds$$

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.1. Cơ sở của quang học sóng

#### Các phát biểu tương đương của các định luật quang hình học

- *Nguyên lý Fermat*: Giữa hai điểm A và B, ánh sáng sẽ truyền theo con đường nào mà quang lộ là cực trị.
- *Định lý Malus*: Quang lộ của các tia sáng giữa hai mặt trực giao của một chùm sáng thì bằng nhau (mặt trực giao là mặt vuông góc với các tia của một chùm sáng).

#### Cường độ sáng

- Cường độ sáng  $I$  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 tại điểm đó trong một đơn vị thời gian.
- Cường độ sáng tỷ lệ với bình phương biên độ:  $I = kA^2$ . Khi nghiên cứu các hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ, chỉ cần so sánh cường độ sáng tại các điểm khác nhau, vì vậy quy ước  $k = 1$  và  $I = A^2$ .

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.1. Cơ sở của quang học 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;
- Tại những điểm gặp nhau, dao động sáng bằng tổng hợp các dao động sáng thành phần.

#### Nguyên lý Huygens-Fresnel

- Bất kỳ điểm nào nhận được sóng ánh sáng đều trở thành nguồn thứ cấp phát ánh sáng về phía trước nó.
- Biên độ và pha của nguồn thứ cấp chính là biên độ và pha của sóng do nguồn thực gây ra tại vị trí của nguồn thứ cấp.

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.2. Giao thoa của các sóng kết hợp

- Giao thoa sóng là trường hợp đặc biệt của hiện tượng chồng chất sóng.
- Kết quả là trong trường giao thoa xuất hiện những điểm mà cường độ sóng được tăng cường, xen kẽ với những điểm cường độ sóng bị triệt tiêu.
- Điều kiện để các sóng giao thoa với nhau: Sóng kết hợp (các sóng có cùng tần số và có độ lệch pha không đổi theo thời gian).



## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.3. Cách tạo ra hai sóng ánh sáng kết hợp

- Nguyên tắc: Tách sóng phát ra từ một nguồn duy nhất.
- Các phương pháp thực nghiệm:
  - Khe Young
  - Gương Fresnel
  - Lưỡng lăng kính Fresnel
  - Lưỡng thấu kính Bier
  - Gương Lloyd

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.4. Khảo sát hiện tượng giao thoa

- Xét hai nguồn kết hợp  $S_1, S_2$ :

$$x_1 = A_1 \cos \omega t \text{ và } x_2 = A_2 \cos \omega t$$

- Phương trình sóng do  $S_1$  và  $S_2$  gây ra tại điểm P nào đó:

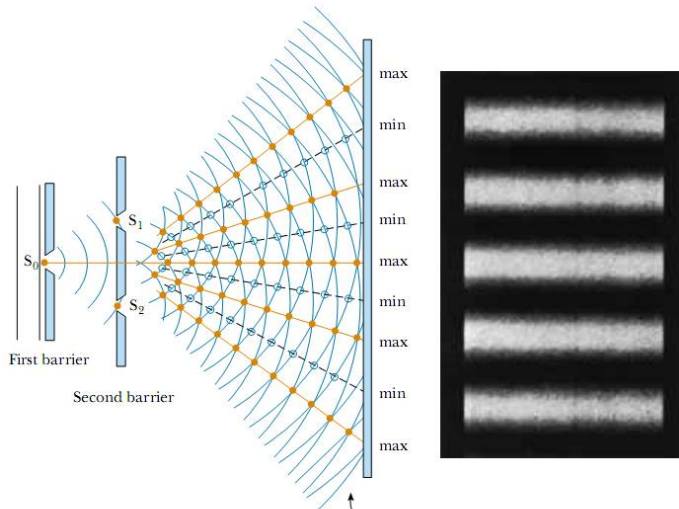
$$x_1 = A_1 \cos \left( \omega t - \frac{2\pi L_1}{\lambda} \right) \text{ và } x_2 = A_2 \cos \left( \omega t - \frac{2\pi L_2}{\lambda} \right)$$

- Cường độ sóng tại điểm P được xác định:

$$I_P = A_P^2 = A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2 \cos \left[ \frac{2\pi}{\lambda} (L_1 - L_2) \right]$$

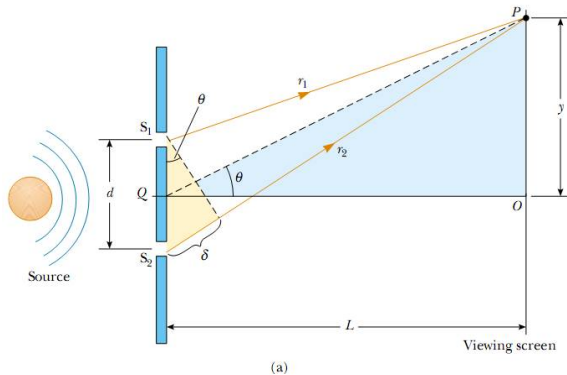
## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.5. Thí nghiệm khe Young



## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.5. Thí nghiệm khe Young

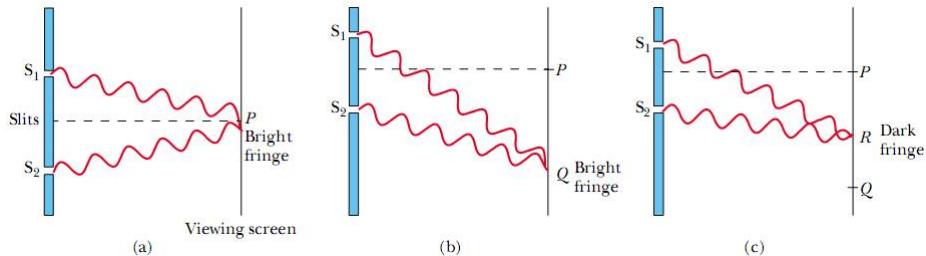


- Hiệu quang lộ giữa 2 tia sáng đi từ hai khe  $S_1$  và  $S_2$ :

$$\delta = r_2 - r_1 = d \sin \theta, \text{ với } L \gg d$$

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.5. Thí nghiệm khe Young



- Giao thoa tăng cường (vân sáng):

$$\delta = d \sin \theta = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

- Giao thoa dập tắt (vân tối):

$$\delta = d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.5. Thí nghiệm khe Young

- Tọa độ các vân:

$$y = L \tan \theta \approx L \sin \theta$$

- Tọa độ vân sáng:

$$y_{\text{sáng}} = \frac{\lambda L}{d} m$$

- Tọa độ vân tối:

$$y_{\text{tối}} = \frac{\lambda L}{d} \left( m + \frac{1}{2} \right)$$

- Khoảng vân:

$$i = \frac{\lambda L}{d}$$

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.6. Sự phân bố cường độ ánh sáng trong giao thoa với hai khe

- Hiệu số pha:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta = \frac{2\pi}{\lambda}d \sin \theta$$

- Cường độ của điện trường tổng hợp tại điểm P:

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

- Cường độ ánh sáng tại điểm P:

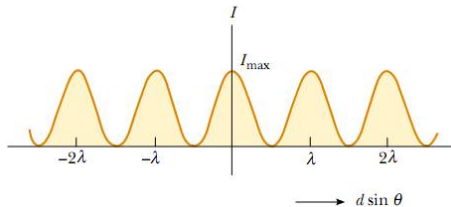
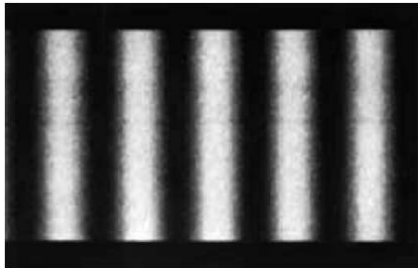
$$I_P \propto E_P^2 = 4E_0^2 \cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \sin^2\left(\omega t + \frac{\Delta\phi}{2}\right)$$

- Cường độ ánh sáng trung bình tại điểm P:  $I = I_{\max} \cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)$

$$I = I_{\max} \cos^2\left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}\right) \text{ hoặc } I = I_{\max} \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda L} y\right)$$

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

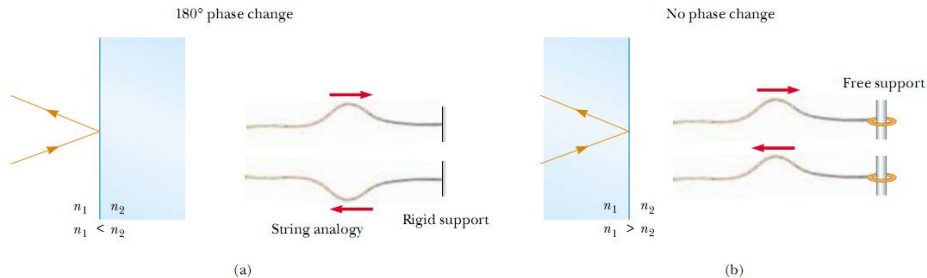
### 3.2.6. Sự phân bố cường độ ánh sáng trong giao thoa với hai khe





## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.7. Sự thay đổi pha do phản xạ

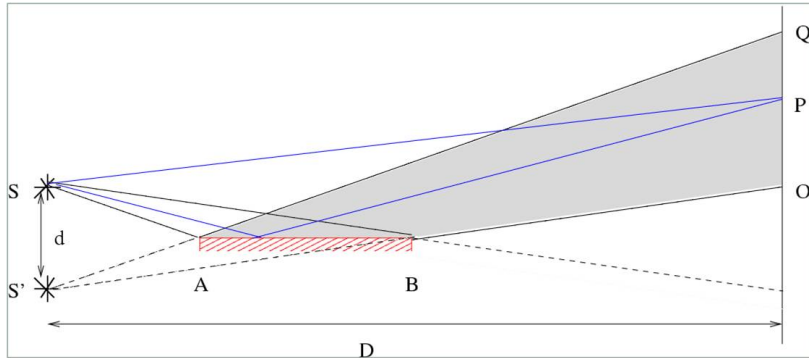


**Pha thay đổi một góc  $\pi$  (quang lộ tăng  $\lambda/2$ ):** Phản xạ của ánh sáng khi tia tới truyền từ môi trường có chiết suất nhỏ sang môi trường có chiết suất lớn tương đương với phản xạ của sóng trên dây tại một đầu mút được cố định.

**Pha và quang lộ không thay đổi:** Phản xạ của ánh sáng khi tia tới truyền từ môi trường có chiết suất lớn sang môi trường có chiết suất nhỏ tương đương với phản xạ của sóng trên dây tại một đầu mút có thể chuyển động tự do.

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.8. Các phương pháp thực nghiệm về giao thoa khác

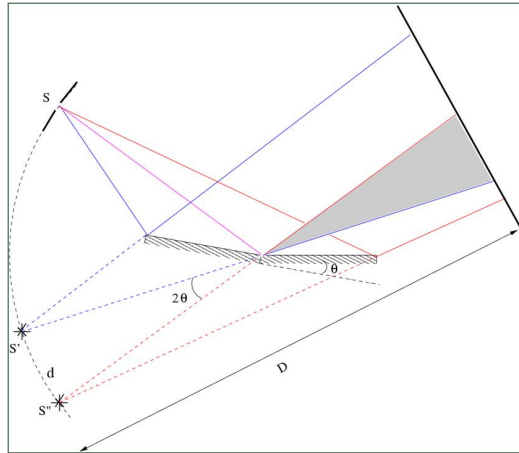


Gương Lloyd

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(L_1 - L_2) + \pi$$

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

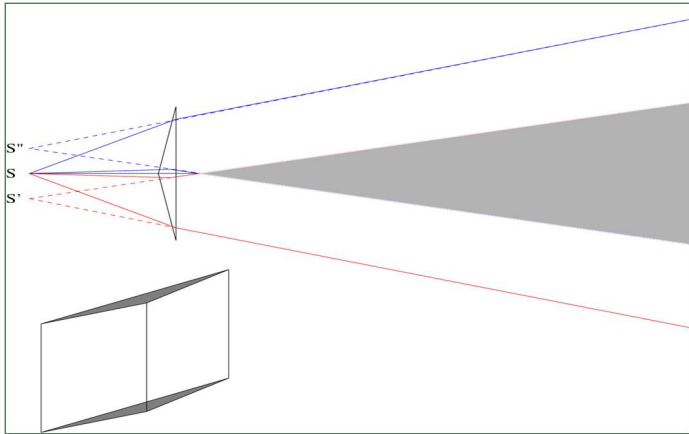
### 3.2.8. Các phương pháp thực nghiệm về giao thoa khác



Gương Fresnel

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

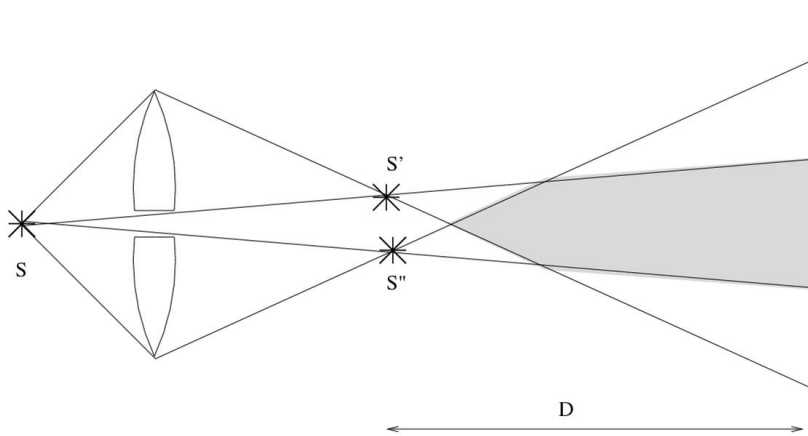
### 3.2.8. Các phương pháp thực nghiệm về giao thoa khác



**Lưỡng lăng kính Fresnel**

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

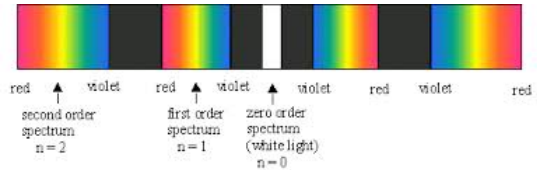
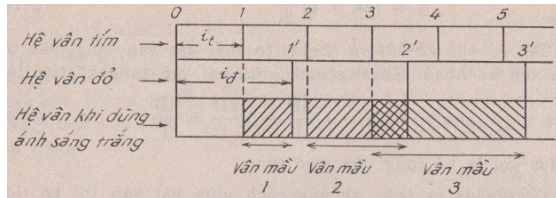
### 3.2.8. Các phương pháp thực nghiệm về giao thoa khác



**Lưỡng thấu kính Bier**

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### 3.2.9. Giao thoa của ánh sáng trắng



Từ công thức về tọa độ của vân sáng (xem lại [Tọa độ vân sáng](#)), rõ ràng với cùng bậc giao thoa  $m$ , tọa độ vân sáng tương ứng với bước sóng dài thì lớn hơn tọa độ vân sáng tương ứng với bước sóng ngắn, vì vậy trên hình ảnh giao thoa ta quan sát được hệ vân cầu vồng với màu đỏ ở ngoài và màu tím ở trong, còn vân trung tâm là màu trắng.

## 3.2. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

### Ví dụ 1

Trong thí nghiệm Young về giao thoa ánh sáng: Khoảng cách giữa hai khe hẹp là 1 mm; khoảng cách từ màn quan sát đến mặt phẳng chứa hai khe là 1 m. Ánh sáng đơn sắc được sử dụng có bước sóng 600 nm.

- a) Tính khoảng vân nếu hệ thống đặt trong không khí.
- b) Xác định vị trí vân tối thứ 3 và vân sáng thứ 3.
- c) Đặt trước một trong hai khe hở một bản mỏng trong suốt, có hai mặt song song, dày 0,012 mm; chiết suất 1,5. Khi đó hệ thống vân giao thoa có gì thay đổi?
- d) Không đặt bản mỏng, nhúng hệ thống vào trong chất lỏng thì đo được khoảng vân là 0,45 mm. Tính chiết suất chất lỏng.

## 3.3. Giao thoa trên bản mỏng

### 3.3.1. Các hiện tượng trong tự nhiên





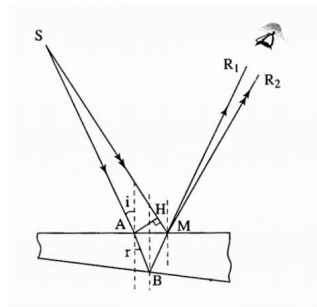
## 3.3. Giao thoa trên bản mỏng

### 3.3.2. Bản mỏng có độ dày thay đổi và vân cùng độ dày

- Xét một bản mỏng chiết suất  $n$  được chiếu sáng bởi nguồn sáng rộng.
- Xét hai tia sáng SABM, SM cùng xuất phát từ điểm S của nguồn  $\rightarrow$  Sóng kết hợp và giao thoa với nhau ngay tại điểm M.
- Đối với mắt người,  $i$  hầu như không thay đổi nên hiệu quang lộ chỉ phụ thuộc độ dày  $d$  của bản:

$$L_{SABM} - L_{SM} = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}$$

- Vân sáng:  $L_{SABM} - L_{SM} = k\lambda$
- Vân tối:  $L_{SABM} - L_{SM} = (k + 1/2)\lambda$



Tia sáng SMR<sub>2</sub> phản xạ trên bề mặt có chiết suất lớn hơn nên chịu sự thay đổi pha 180° (quang lộ tăng lên  $\lambda/2$ ).

## 3.3. Giao thoa trên bản mỏng

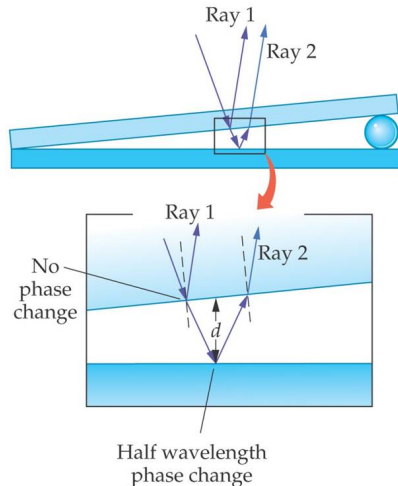
### 3.3.3. Vân của nêm không khí

- Nêm không khí là một lớp không khí hình nêm nằm giữa hai bản thủy tinh phẳng hợp với nhau góc rất nhỏ.
- Trên bề mặt của nêm có vân giao thoa của các tia phản xạ.
- Hiệu quang lộ:

$$\Delta L = 2d\sqrt{1 - \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

Khi  $i = 0^\circ \rightarrow \Delta L = 2d + \frac{\lambda}{2}$

- Vân sáng:  $\Delta L = k\lambda \rightarrow d = (k - 1/2)\lambda/2$
- Vân tối:  $\Delta L = (k + 1/2)\lambda \rightarrow d = k\lambda/2$

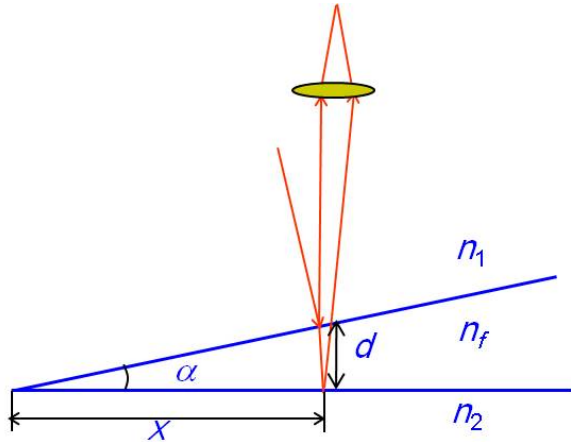


### 3.3. Giao thoa trên bản mỏng

#### Ví dụ 2

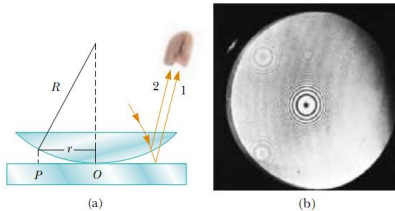
Một chùm tia sáng có bước sóng 550 nm được rọi vuông góc lên một mặt nêp thủy tinh chiết suất 1,5. Quan sát hệ thống giao thoa thấy khoảng cách giữa hai vân tối liên tiếp là 0,21 mm.

- Xác định góc nghiêng của nêp.
- Tính khoảng cách từ cạnh nêp đến vân sáng thứ 3.



## 3.3. Giao thoa trên bản mỏng

### 3.3.4. Vân tròn Newton



**Thấu kính hoàn hảo**



**Thấu kính không hoàn hảo**

- Tương tự như nêm không khí, tại mặt cong của thấu kính sẽ có sự gặp nhau của các tia phản xạ và sẽ quan sát được các vân giao thoa.
- Vân tròn Newton gồm hệ các vòng tròn có tâm cùng nằm trên trục của chỏm cầu. Tâm hệ vân là vân tối.
- Vân tối:  $d = k\lambda/2$ , bán kính vân tối:  $r_{\text{tối}} = \sqrt{\lambda R} \sqrt{k}$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$
- Vân sáng:  $d = (k - 1/2)\lambda/2$ .

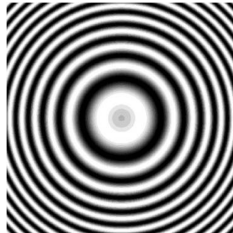
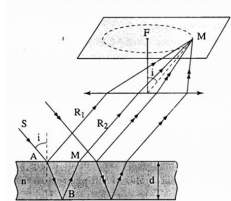
## 3.3. Giao thoa trên bản mỏng

### 3.3.6. Bản mỏng song song và vân cùng độ nghiêng

- Bản mỏng chiều dày  $d$ , chiết suất  $n$  được rọi sáng bằng nguồn sáng rộng. Xét chùm song song đập vào bản với góc tới  $i$ . Mỗi tia của chùm tới khi đập lên bản sẽ tách làm hai.
- Dùng thấu kính hội tụ cho hai tia gặp nhau tại M trong mặt phẳng tiêu thì 2 tia sẽ giao thoa.
- Hiệu quang lộ:

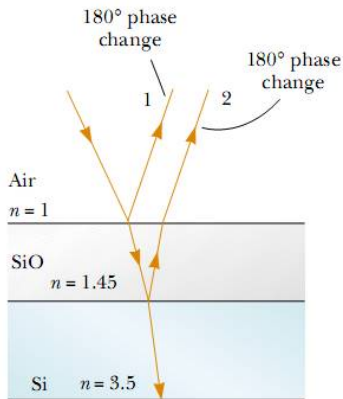
$$\Delta L = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}$$

- Vân sáng:  $\Delta L = k\lambda$
- Vân tối:  $\Delta L = (k + 1/2)\lambda$
- Vân giao thoa là những đường tròn đồng tâm và được gọi là *vân giao thoa cùng độ nghiêng*



## 3.4. Ứng dụng hiện tượng giao thoa

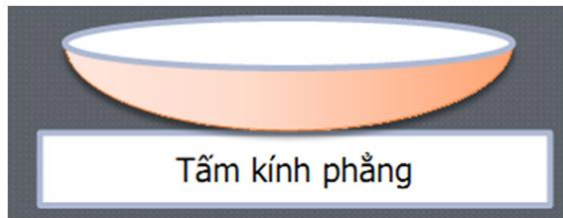
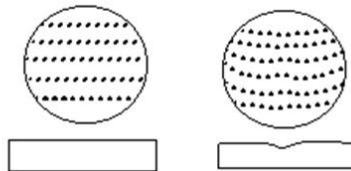
### 3.4.1. Sự khử phản xạ của các mặt kính



- Bề dày của lớp chống phản xạ cần thỏa mãn điều kiện giao thoa destructive của tia phản xạ với những tia tới vuông góc (thường với bước sóng  $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$ ).

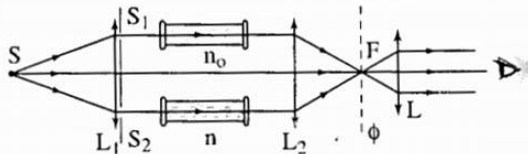
## 3.4. Ứng dụng hiện tượng giao thoa

### 3.4.2. Kiểm tra chất lượng các kính phẳng và thấu kính



## 3.4. Ứng dụng hiện tượng giao thoa

### 3.4.3. Đo chiết suất của chất lỏng và chất khí - Giao thoa kế Rayleigh



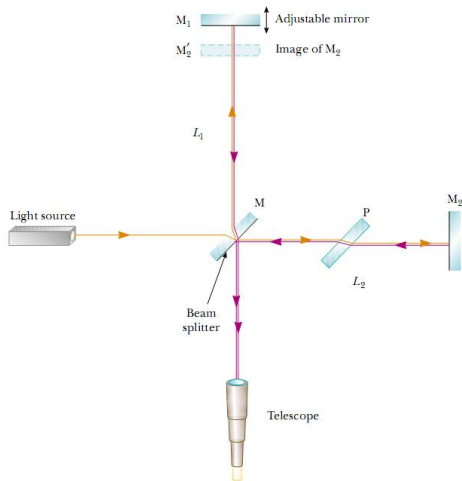
- Ban đầu hai ống đựng cùng một chất lỏng mẫu. Sau đó thay một trong hai ống bằng chất lỏng cần nghiên cứu và đếm số khoảng vân dịch chuyển. Có thể sử dụng đối với chất khí.
- Hiệu quang lộ thay đổi một bước sóng thì hệ thống vân dịch chuyển đi một khoảng vân. Nếu hệ thống vân dịch đi  $m$  khoảng vân:

$$m\lambda = (n - n_0)d \rightarrow n = \frac{m\lambda}{d} + n_0$$



## 3.4. Ứng dụng hiện tượng giao thoa

### 3.4.4. Đo chiều dài - Giao thoa kế Michelson



## 3.4. Ứng dụng hiện tượng giao thoa

### 3.4.4. Đo chiều dài - Giao thoa kế Michelson

- Tia sáng từ nguồn được chia làm hai tại gương bán phản xạ M.
- Hai tia phản xạ từ  $M_1$  và  $M_2$  giao thoa với nhau tại ống ngắm. Gương P dùng để giảm hiệu quang lộ và tăng độ rõ nét của vân giao thoa (vân giao thoa bậc thấp).
- Nếu dịch chuyển gương  $M_1$  từ đầu này đến đầu kia của vật cần đo, hệ thống vân dịch chuyển  $m$  khoảng vân. Chiều dài vật là:

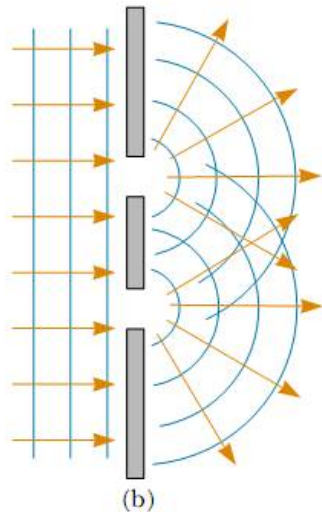
$$l = m \frac{\lambda}{2}$$

- Michelson đã dùng để chứng minh vận tốc ánh sáng không đổi đối với tất cả các hệ quy chiếu (đọc thêm Thí nghiệm Michelson).

## 3.5. Hiện tượng nhiễu xạ. Nguyên lý Huygens-Fresnel

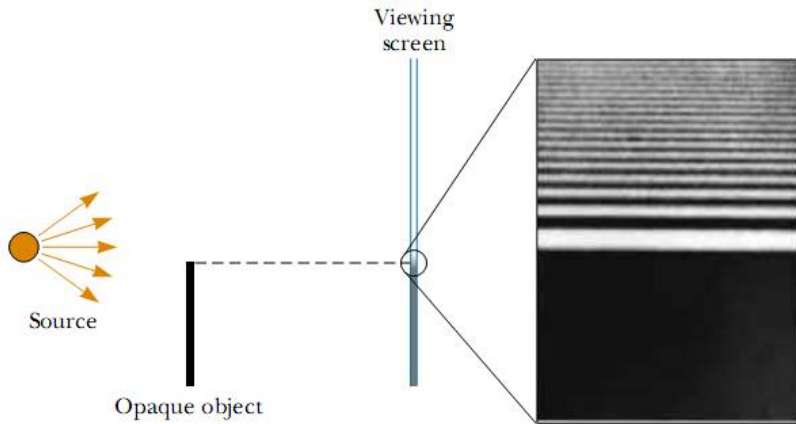
### 3.5.1. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng

- Điều kiện tiên quyết cho giao thoa ánh sáng: chùm sáng bị phân kỳ khi đi qua khe hẹp do hệ quả của hiện tượng nhiễu xạ.
- **Nhiễu xạ:** Hiện tượng tia ánh sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng ban đầu.
- Nhiễu xạ xảy ra khi sóng đi qua một khe hẹp, lỗ nhỏ, chướng ngại vật, hoặc một mép nhọn.



## 3.5. Hiện tượng nhiễu xạ. Nguyên lý Huygens-Fresnel

### 3.5.1. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng



**Nhiễu xạ qua mép một vật không trong suốt**

## 3.5. Hiện tượng nhiễu xạ. Nguyên lý Huygens-Fresnel

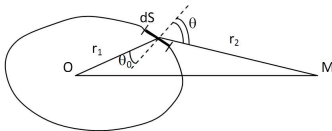
### 3.5.2. Nguyên lý Huygens-Fresnel

#### Nguyên lý Huygens-Fresnel

- Bất kỳ điểm nào nhận được sóng ánh sáng đều trở thành nguồn thứ cấp phát ánh sáng về phía trước nó.
- Biên độ và pha của nguồn thứ cấp chính là biên độ và pha của sóng do nguồn thực gây ra tại vị trí của nguồn thứ cấp.

## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.1. Biểu thức của dao động sáng tại M



- Dao động sáng tại  $dS$ :

$$dx(S) = a(dS) \cos \left[ \omega \left( t - \frac{r_1}{v} \right) \right]$$

$a(dS)$  là biên độ do nguồn O gây ra tại  $dS$

- Dao động sóng do  $dS$  gây ra tại M:

$$dx(M) = a(M) \cos \left[ \omega \left( t - \frac{r_1 + r_2}{v} \right) \right]$$

$$dx(M) = \frac{A(\theta, \theta_0) \cdot dS}{r_1 r_2} \cos \left[ \omega \left( t - \frac{r_1 + r_2}{v} \right) \right]$$

## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.1. Biểu thức của dao động sáng tại M

- Dao động sóng tổng hợp tại M:

$$x(M) = \int dx(M) = \oint_{(S)} \frac{A(\theta, \theta_0)}{r_1 r_2} \cos \left[ \omega \left( t - \frac{r_1 + r_2}{v} \right) \right] . dS$$

- Để đơn giản hóa tính toán tích phân trên, Fresnel đưa ra phương pháp đơn giản để tính cường độ sáng tại M.

## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

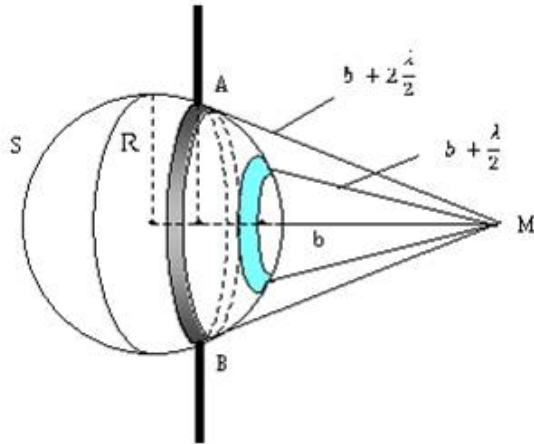
### 3.6.2. Phương pháp đối cầu Fresnel

- Vẽ các mặt cầu tâm M, bán kính là  $b$ ,  $b + \frac{\lambda}{2}$ ,  $b + \frac{2\lambda}{2}$ , chia mặt S thành các đới cầu.
- Diện tích các đới cầu bằng nhau:

$$\Delta S = \frac{\pi R b}{R + b} \lambda$$

- Bán kính đới cầu thứ  $k$ :

$$r_k = \sqrt{\frac{R b \lambda}{R + b}} \sqrt{k}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$





## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.2. Phương pháp đối cầu Fresnel

Xét sóng do các đối cầu gây ra tại điểm M:

- Các đối cầu là các nguồn kết hợp nên sóng do chúng gây ra tại M là sóng kết hợp.
- Về biên độ  $a_n$  : Khi  $n$  tăng, khoảng cách đến M tăng, đồng thời góc nghiêng đối với M cũng tăng.  
→ *Lấy gần đúng:  $a_n$  giảm dần theo cấp số cộng khi  $n$  tăng.*
- Về pha dao động: Hiệu quang lộ từ các đối cầu cạnh nhau đến M bằng một nửa bước sóng.  
→ *Sóng do hai đối cầu cạnh nhau gây ra tại M là ngược pha.*

## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.2. Phương pháp đối cầu Fresnel

- Giả sử sóng do các đối cầu gây ra tại điểm M có phương trình lần lượt là:

$$x_{1M} = a_1 \cos \omega t$$

$$x_{2M} = a_2 \cos(\omega t - \pi) = -a_2 \cos \omega t$$

$$x_{3M} = a_3 \cos(\omega t - 2\pi) = a_3 \cos \omega t$$

$$x_{4M} = a_4 \cos(\omega t - 3\pi) = -a_4 \cos \omega t$$

...

- Phương trình sóng tại M:

$$x_M = x_{1M} + x_{2M} + x_{3M} + \dots = (a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots) \cos \omega t$$

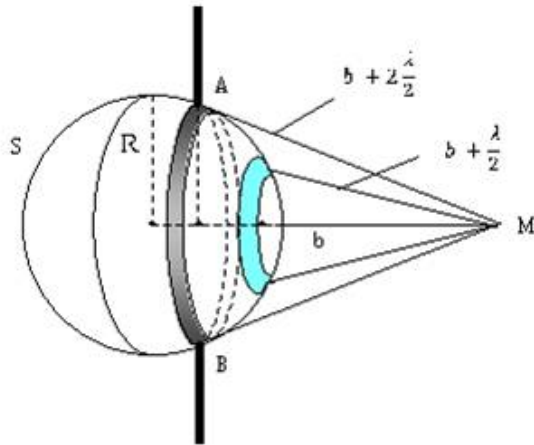
## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.3. Nhiễu xạ gây ra bởi lỗ tròn

Xét sự truyền ánh sáng qua lỗ tròn nằm trên màn chắn nằm ở giữa nguồn O và điểm M:

- Mặt sóng của các nguồn thứ cấp tựa lên lỗ tròn.
- Diện tích các đối cầu bằng nhau:
- Giả sử lỗ tròn chứa  $n$  đối cầu Fresnel.
- Biên độ tại M:

$$a_M = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots \pm a_n$$



## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.3. Nhiễu xạ gây ra bởi lỗ tròn

- Sử dụng tính chất của cấp số cộng:

$$a_n = \frac{a_{n-1} + a_{n+1}}{2}$$

$$a_M = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots \pm a_n$$

$$a_M = \frac{a_1}{2} + \left( \frac{a_1}{2} - a_2 + \frac{a_3}{2} \right) + \left( \frac{a_3}{2} - a_4 + \frac{a_5}{2} \right) + \dots$$

$$a_M = \frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \text{ với } n = 2k + 1$$

$$a_M = \frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \text{ với } n = 2k$$

## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.3. Nhiễu xạ gây ra bởi lỗ tròn

- Cường độ sáng tại M khi không có lỗ tròn:  $n = \infty, a_n = 0$

$$a_M = \frac{a_1}{2} \rightarrow I_M = \frac{a_1^2}{4} = I_0$$

- Số đối cầu là lẻ:

$$a_M = \frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \rightarrow I_M = \left( \frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \right)^2 > I_0$$

- Số đối cầu là chẵn:

$$a_M = \frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \rightarrow I_M = \left( \frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \right)^2 < I_0$$

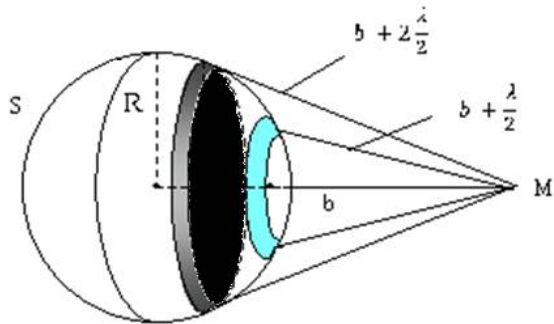
## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.4. Nhiễu xạ gây ra bởi đĩa tròn

Xét sự truyền ánh sáng qua đĩa tròn chắn giữa nguồn O và điểm M:

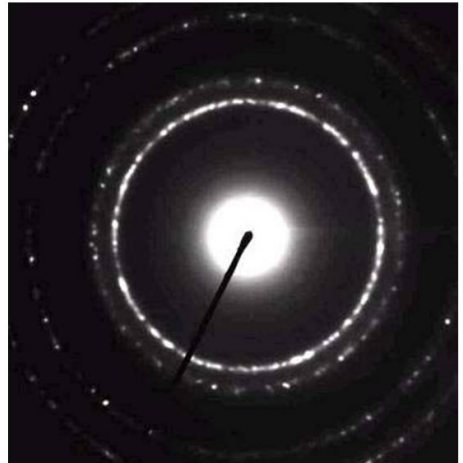
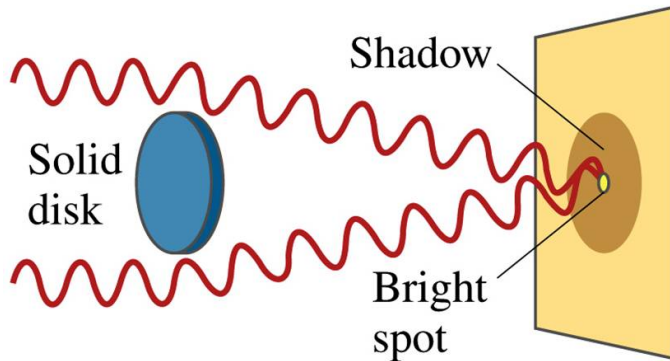
- Mặt sóng của các nguồn thứ cấp tựa lên đĩa tròn.
- Diện tích các đới cầu bằng nhau:
- Giả sử đĩa tròn chắn  $m$  đới cầu Fresnel đầu tiên.
- Biên độ tại M:

$$a_M = a_{m+1} - a_{m+2} + a_{m+3} - a_{m+4} + \dots = \frac{a_{m+1}}{2}$$



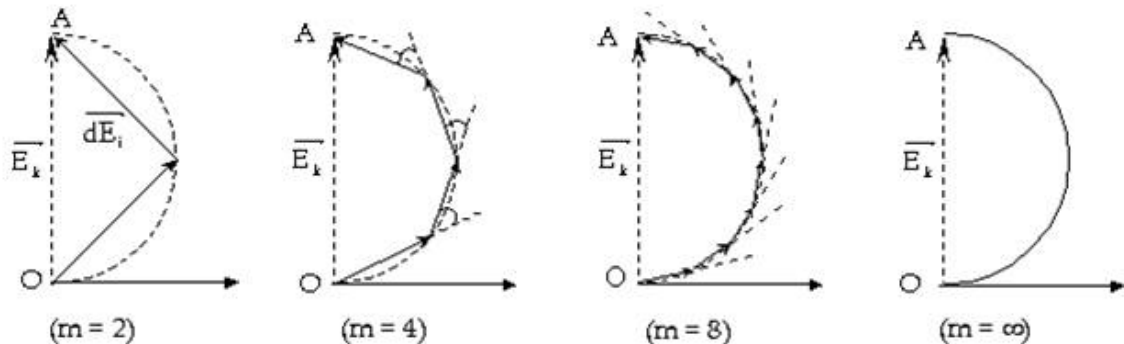
## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.4. Nhiễu xạ gây ra bởi đĩa tròn



## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

### 3.6.5. Phương pháp giản đồ vectơ:

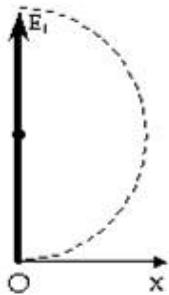


$m$  là số lượng nguồn sáng.

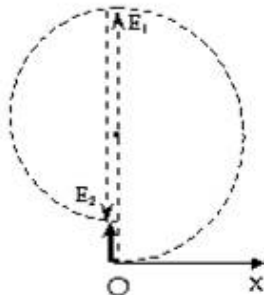


## 3.6. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng cầu

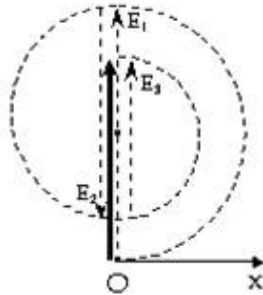
### 3.6.5. Phương pháp giản đồ vectơ:



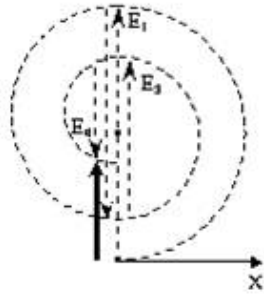
một đốt  
( $k = 1$ )



hai đốt  
( $k = 1, 2$ )



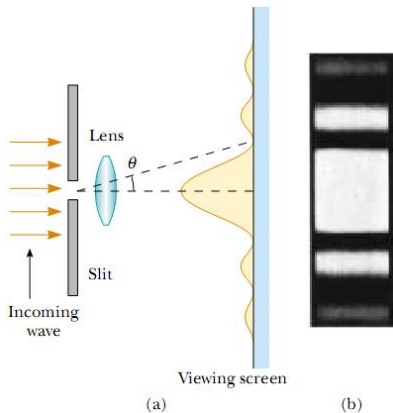
ba đốt  
( $k = 1, 2, 3$ )



bốn đốt  
( $k = 1, 2, 3, 4$ )

## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

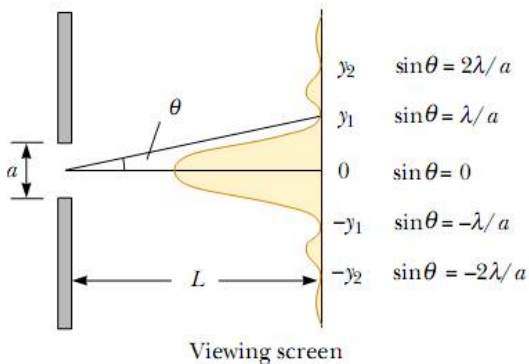
### 3.7.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp



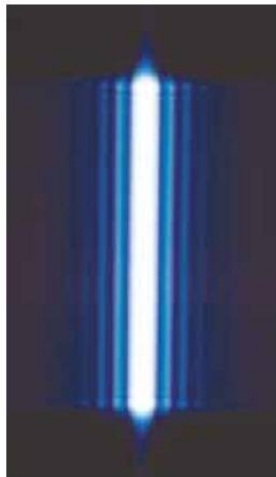
### Nhiễu xạ qua khe hẹp

## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp



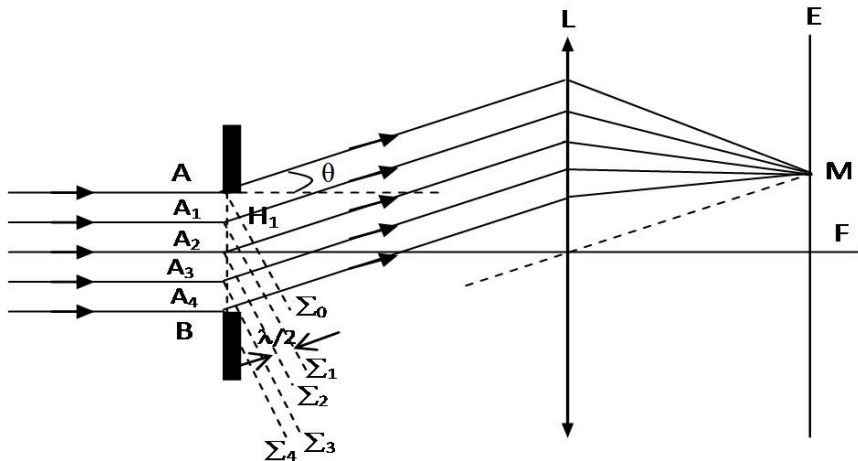
**Phân bố cường độ sáng**



## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

Xét nhiễu xạ của sóng phẳng qua một khe hẹp:



## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

Xét nhiễu xạ của sóng phẳng qua một khe hẹp: Chia nhỏ khe hẹp thành các dải sáng thứ cấp.

- Xét tại tiêu điểm chính F (tâm hình nhiễu xạ,  $\theta = 0$ ): Các sóng thứ cấp có cùng pha nên chúng tăng cường nhau, F là một vạch sáng  
→ *Cực đại giữa*
- Xét góc nhiễu xạ  $\theta \neq 0$ : Độ rộng của dải sáng thứ cấp được chọn sao cho dao động sáng do hai dải cạnh nhau gây ra tại M là ngược pha.

## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

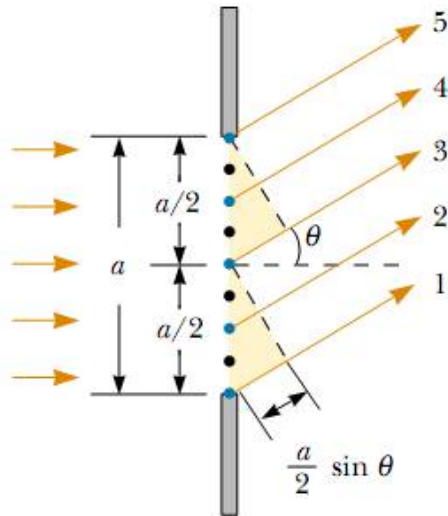
### 3.7.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

- Nếu chia khe thành 2 phần, điều kiện tạo vân tối (giao thoa dập tắt):

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$$
$$\rightarrow \sin \theta = \frac{\lambda}{a}$$

- Nếu chia khe thành 4 phần:  $\sin \theta = \frac{2\lambda}{a}$
- Nếu chia khe thành 6 phần:  $\sin \theta = \frac{3\lambda}{a}$
- Tổng quát:

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{a}, \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$



## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

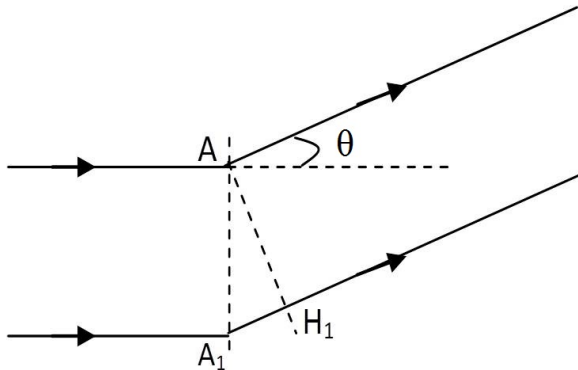
### 3.7.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

- Xét góc nhiễu xạ  $\theta \neq 0$ :  $AA_1$  được chọn sao cho  $A_1H_1 = \lambda/2$

$$AA_1 = \frac{A_1H_1}{\sin \theta} = \frac{\lambda/2}{\sin \theta} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

- Số dải sáng chia được trên khe hẹp bề rộng  $a$ :

$$N = \frac{a}{\lambda/(2 \sin \theta)} = \frac{2a \sin \theta}{\lambda}$$



## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

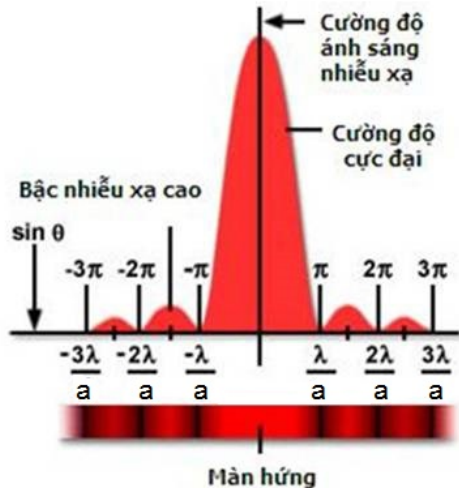
### 3.7.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

- Nếu  $N = 2k$ : Góc nhiễu xạ ứng với cực tiểu (tối).

$$\sin \theta = \pm k \frac{\lambda}{a} \text{ với } k = 1, 2, \dots$$

- Nếu  $N = 2k + 1$ : Góc nhiễu xạ ứng với cực đại (sáng).

$$\sin \theta = \pm \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{a} \text{ với } k = 1, 2, \dots$$





## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

- Hiệu số pha của hai dải sáng thứ cấp cạnh nhau:

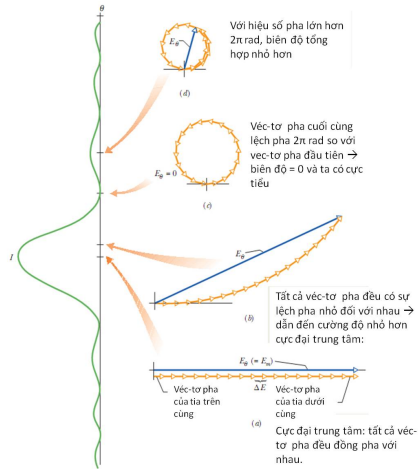
$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(\Delta x \sin \theta)$$

- Cường độ sáng:

$$I(\theta) = I_{\max} \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

$$\text{với } \alpha = \phi/2 = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$$

$I_{\max}$  là cường độ sáng của cực đại trung tâm.

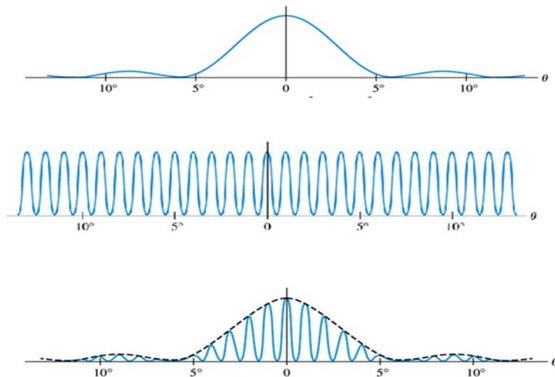


## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ

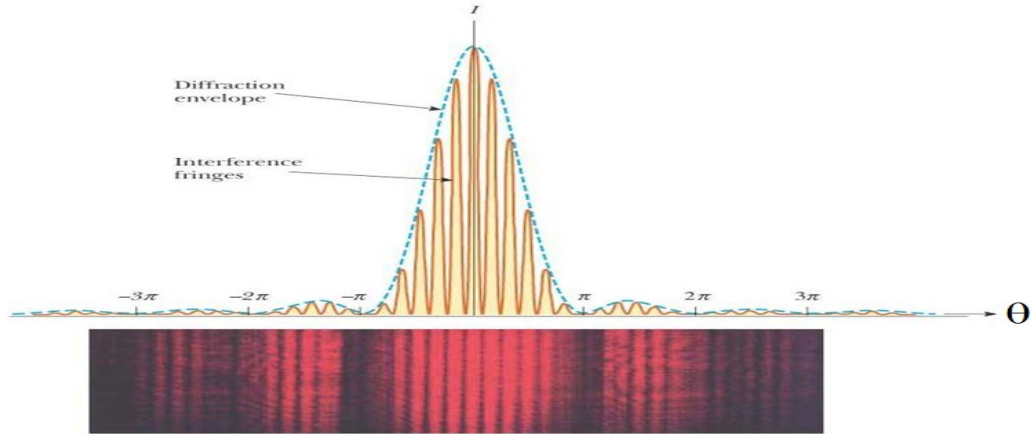
Có hai hiện tượng đồng thời xảy ra:

- Nhiễu xạ qua từng khe hẹp.
- Giao thoa giữa các khe hẹp.



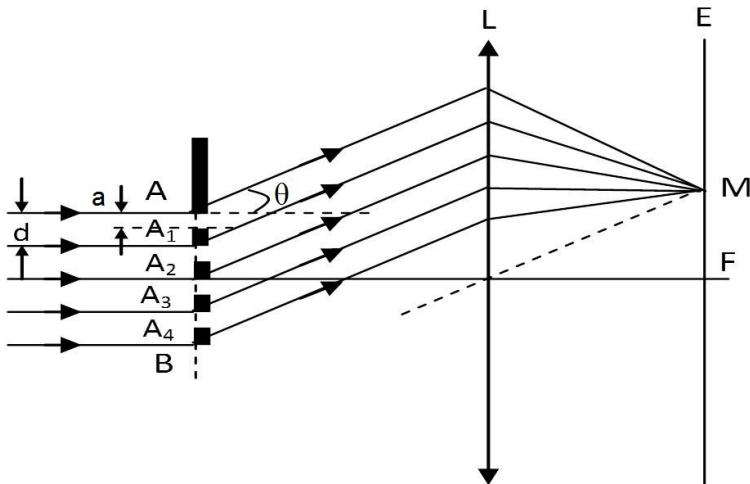
## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ



## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ



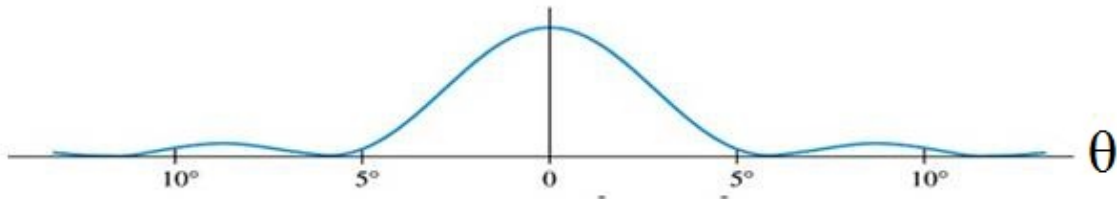
## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ

- Góc nhiễu xạ ứng với cực tiểu qua từng khe hẹp.

$$\sin \theta = k \frac{\lambda}{a}, \text{ với } k = \pm 1, \pm 2, \dots$$

→ Cực tiểu chính



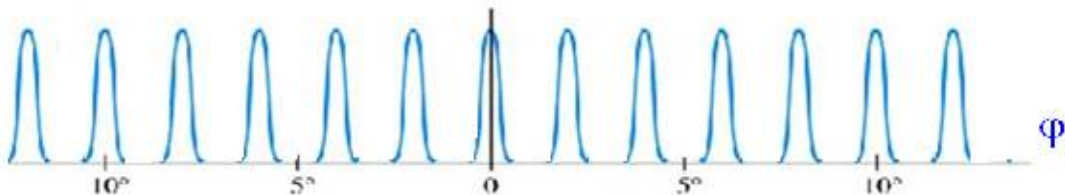
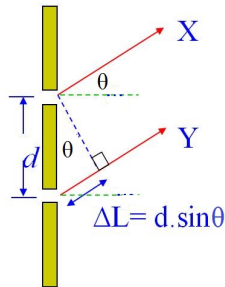
## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ

Cực đại giao thoa giữa các khe hẹp

$$\sin \theta = k \frac{\lambda}{d}, \text{ với } k = \pm 1, \pm 2, \dots$$

→ Cực đại chính

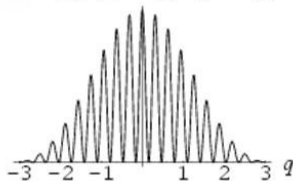


## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

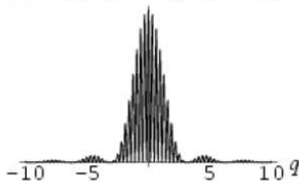
### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ

*Giữa 2 cực đại chính kế tiếp có  $N - 1$  cực tiểu phụ và  $N - 2$  cực đại phụ.*

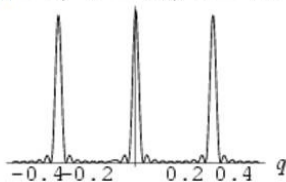
$$a = 1, N = 2, d = 10$$



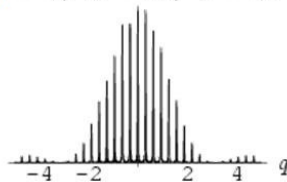
$$a = 1, N = 2, d = 10$$



$$a = 1, N = 10, d = 10$$

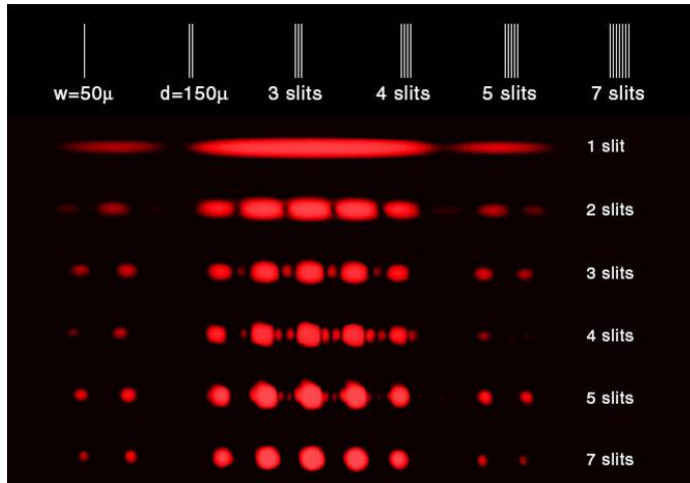


$$a = 1, N = 10, d = 10$$



## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

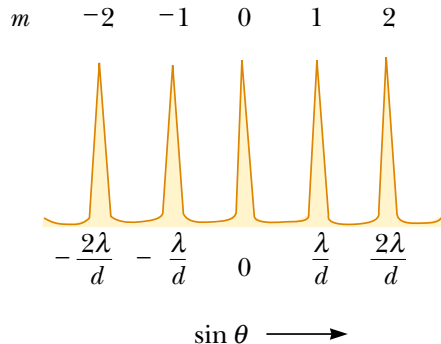
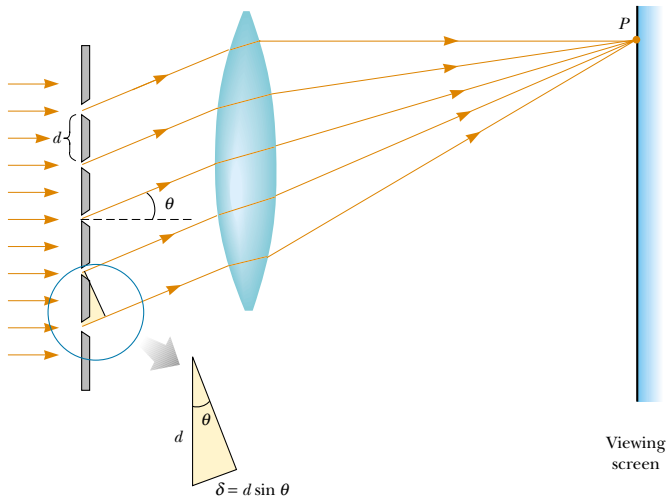
### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ





## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

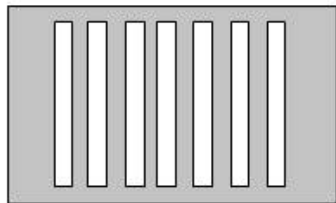
### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ



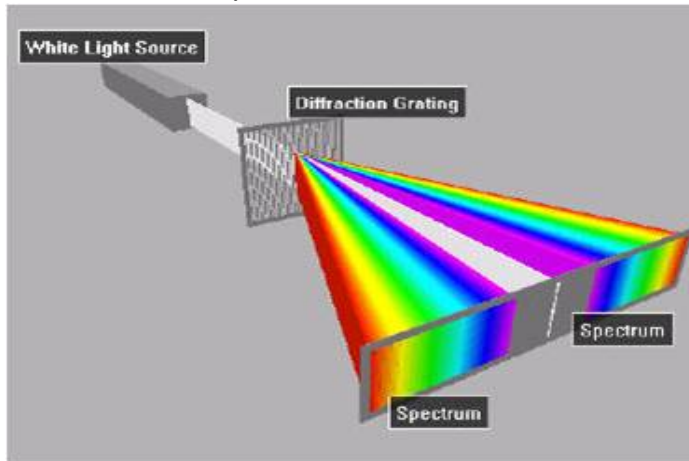
$d \sin \theta = k\lambda$ , với  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ



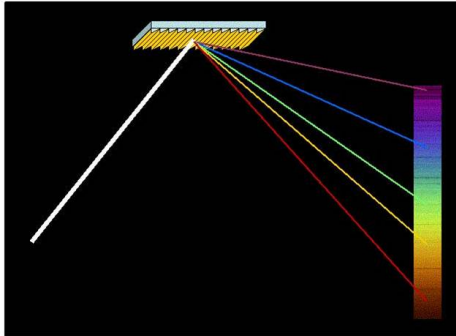
*Cách tử*



Cách tử nhiễu xạ truyền qua

## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

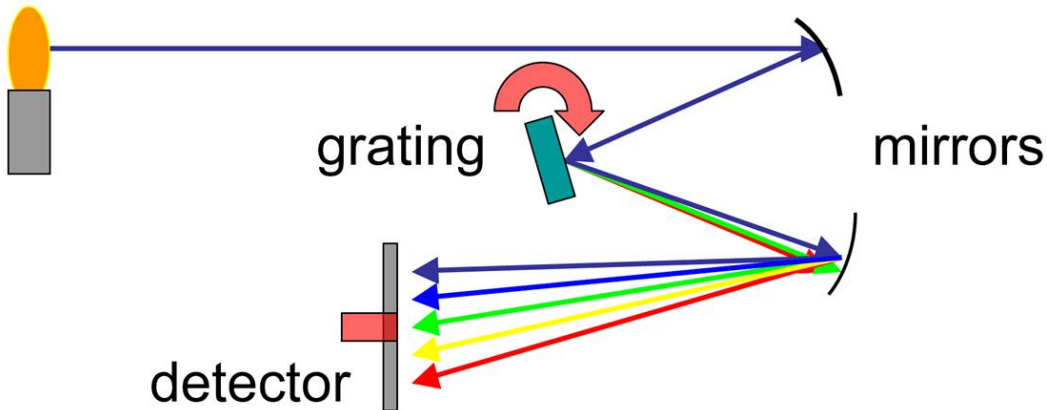
### 3.7.2. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp. Cách tử nhiễu xạ



## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.3. Máy quang phổ cách tử

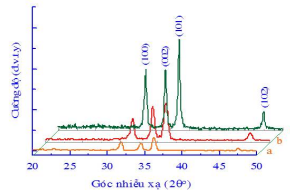
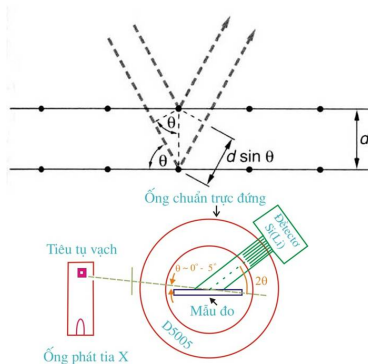
source



## 3.7. Nhiễu xạ gây ra bởi các sóng phẳng

### 3.7.4. Nhiễu xạ tia X

$2d \sin \theta = n\lambda \rightarrow$  đỉnh nhiễu xạ xuất hiện ở những góc nhất định.  $d$  là khoảng cách giữa các mặt phẳng tinh thể,  $n$  là bậc của cực đại nhiễu xạ.



# The End