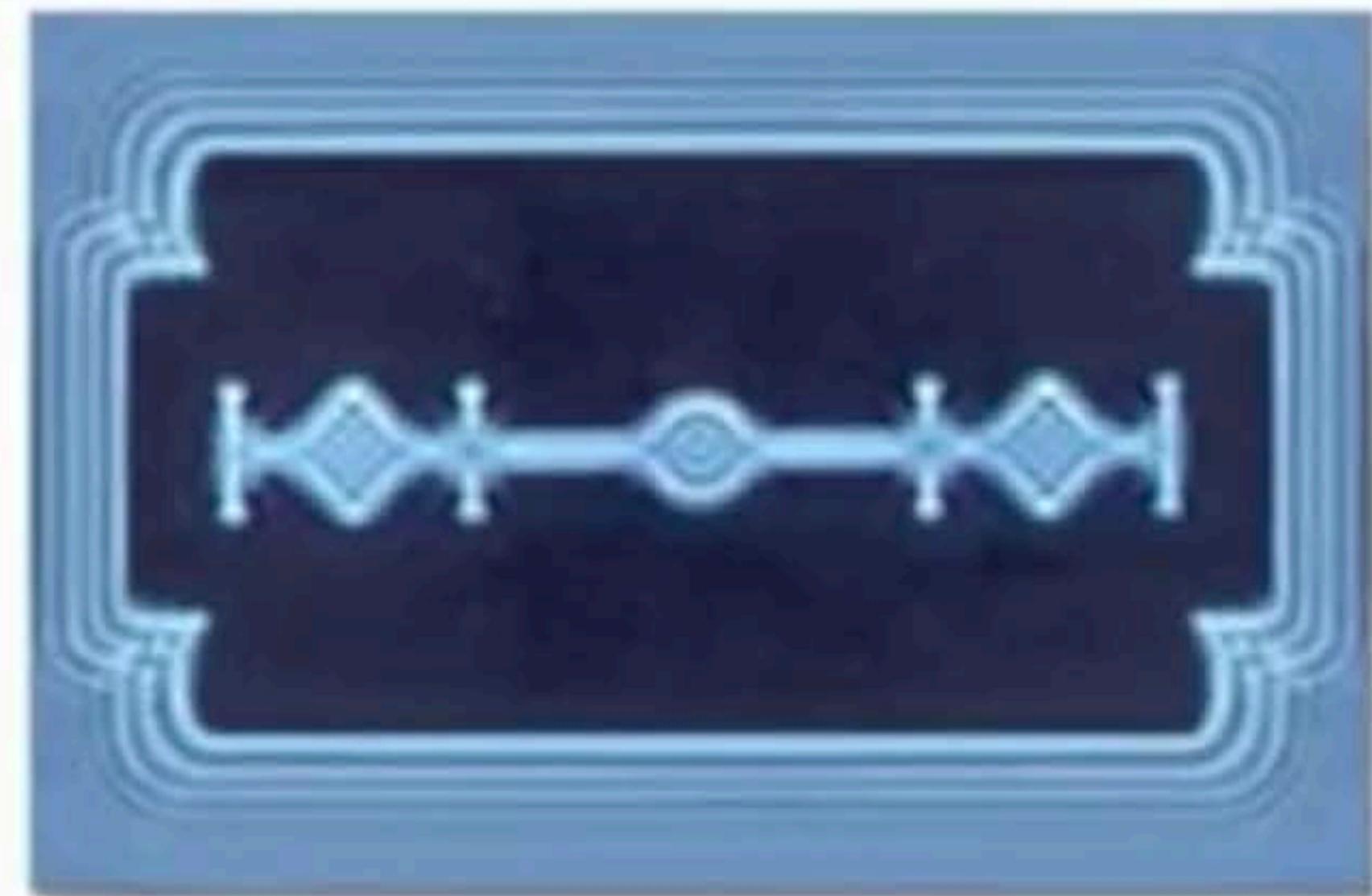
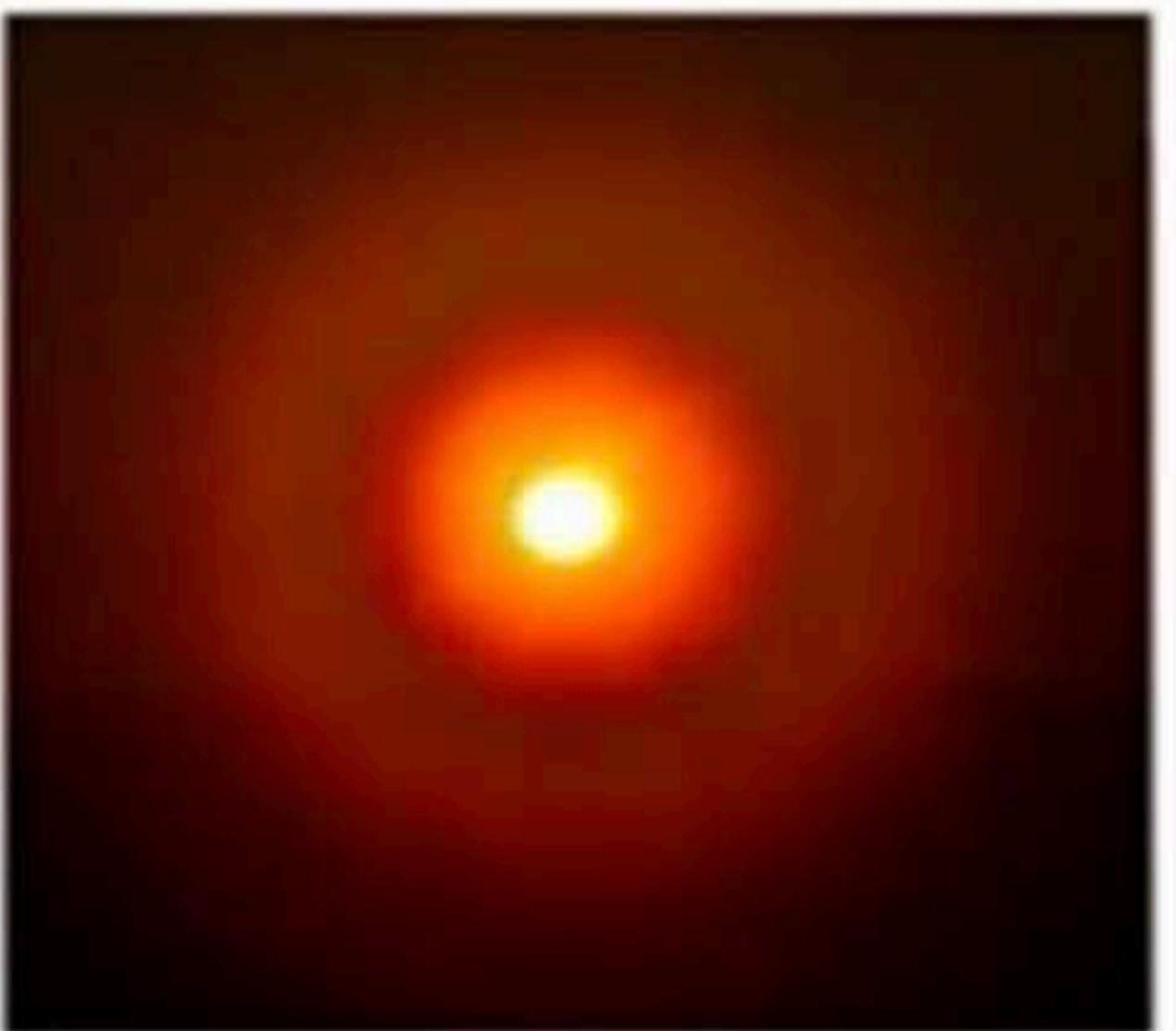


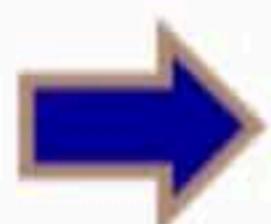
Chương 3: Nhiễu xạ ánh sáng



Chương 3: Nhiễu xạ ánh sáng.



3.1 Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng



- *Thí nghiệm:*

- *Định nghĩa:*

3.2 Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng



- *Nguyên lý Huygens - Fresnel*

- *Phương pháp đối cầu Fresnel*

- *Nhiễu xạ gây bởi sóng cầu*

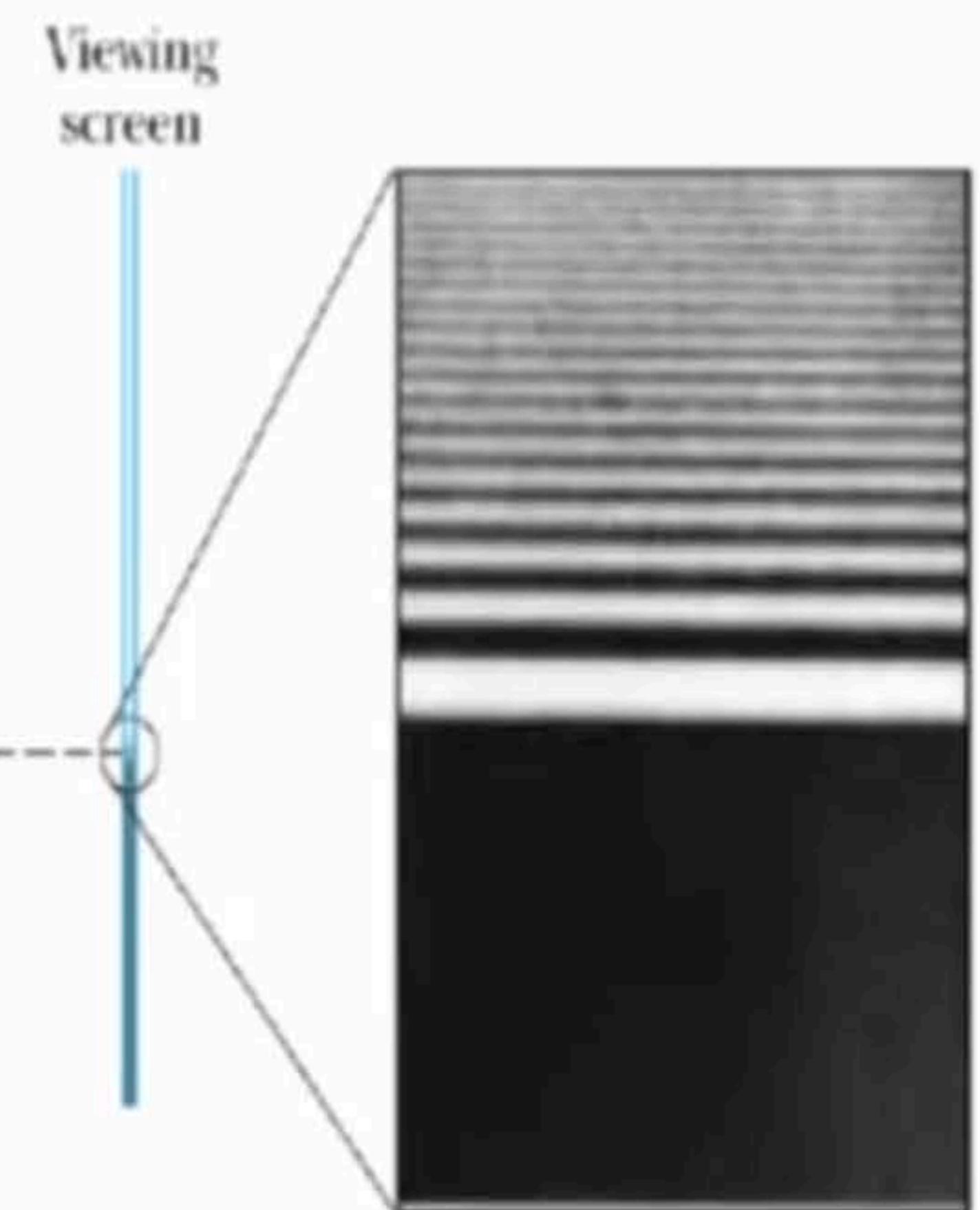
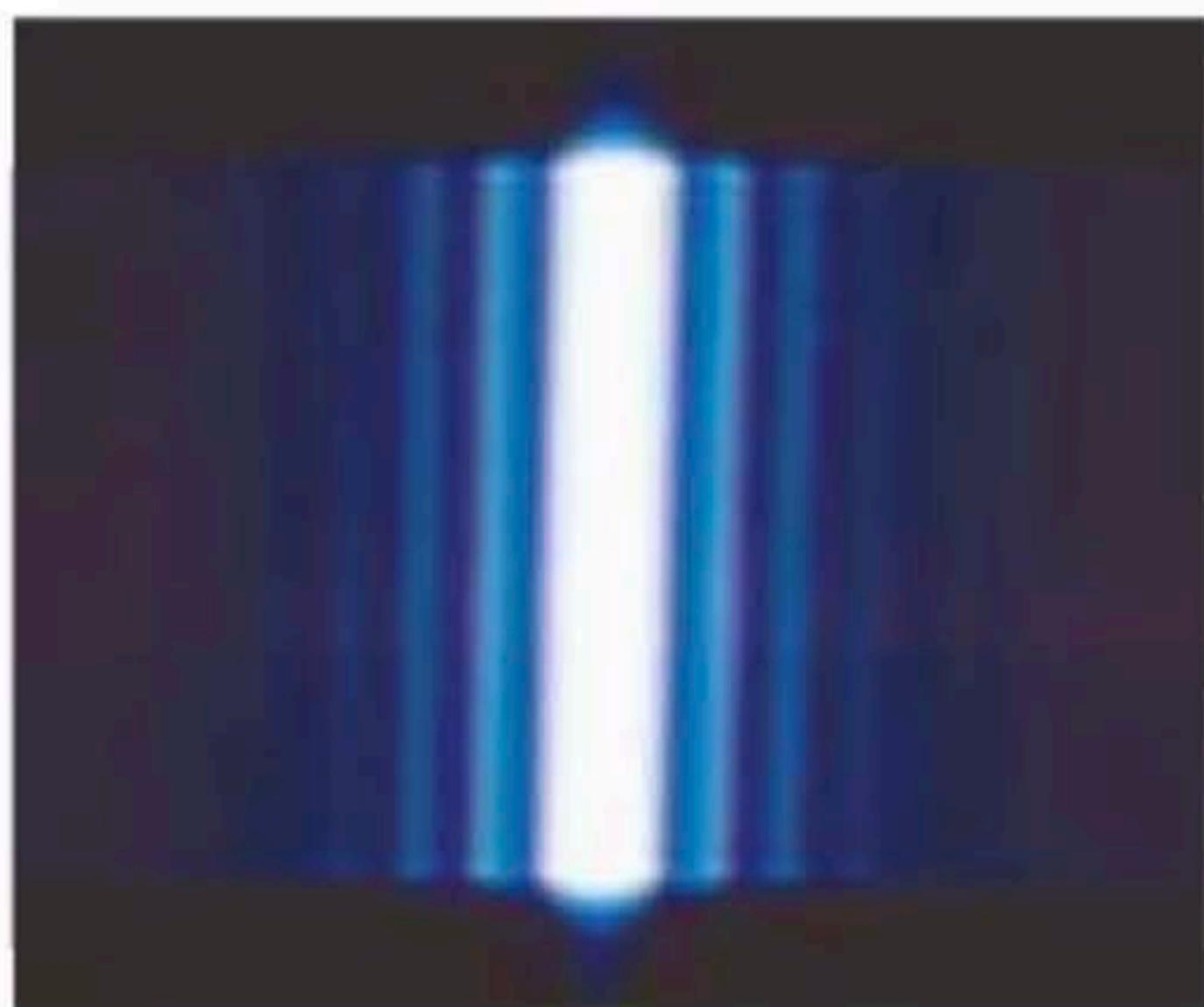
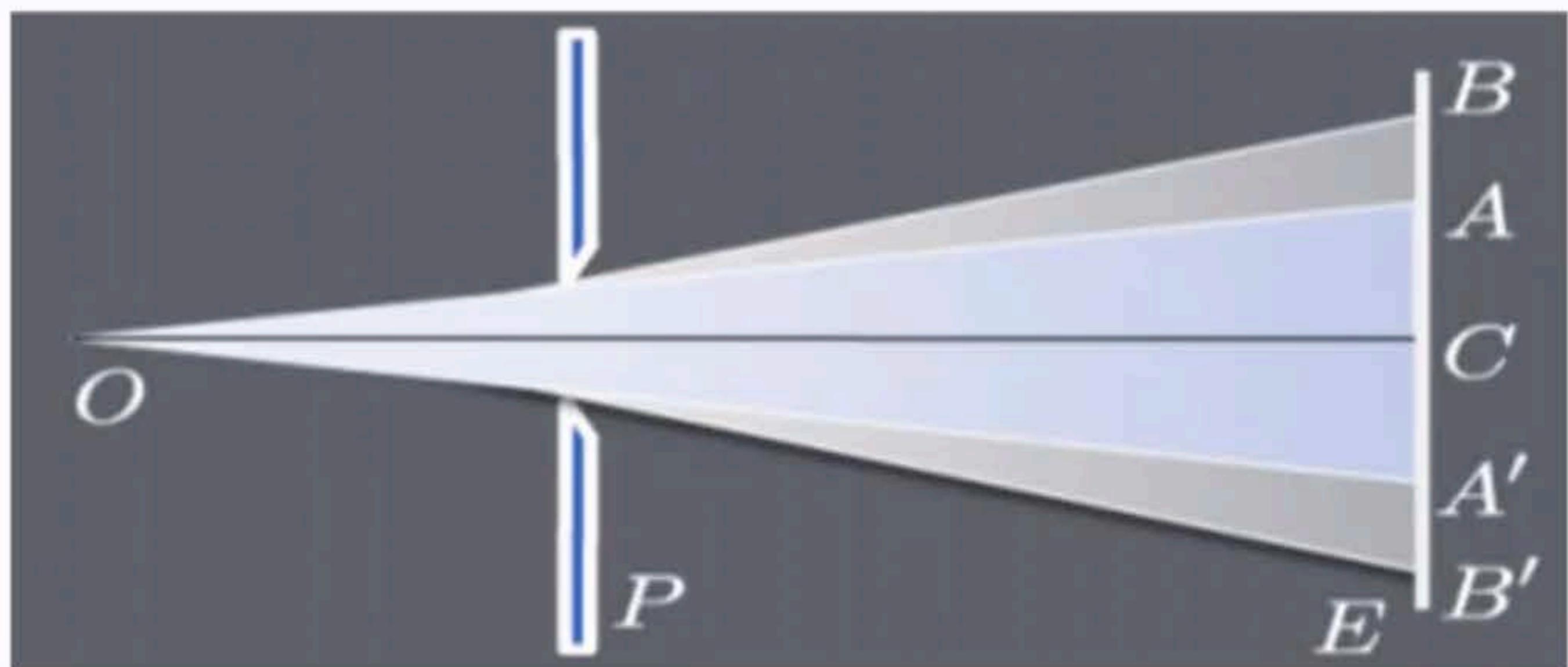
- *Nhiễu xạ gây bởi sóng phẳng. Cách tử nhiễu xạ*

3.3 Ứng dụng hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng



3.1 Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng

Thí nghiệm:



→ Định nghĩa:

Hiện tượng tia sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng khi đi gần các chướng ngại vật có kích thước nhỏ.

3.2 Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng

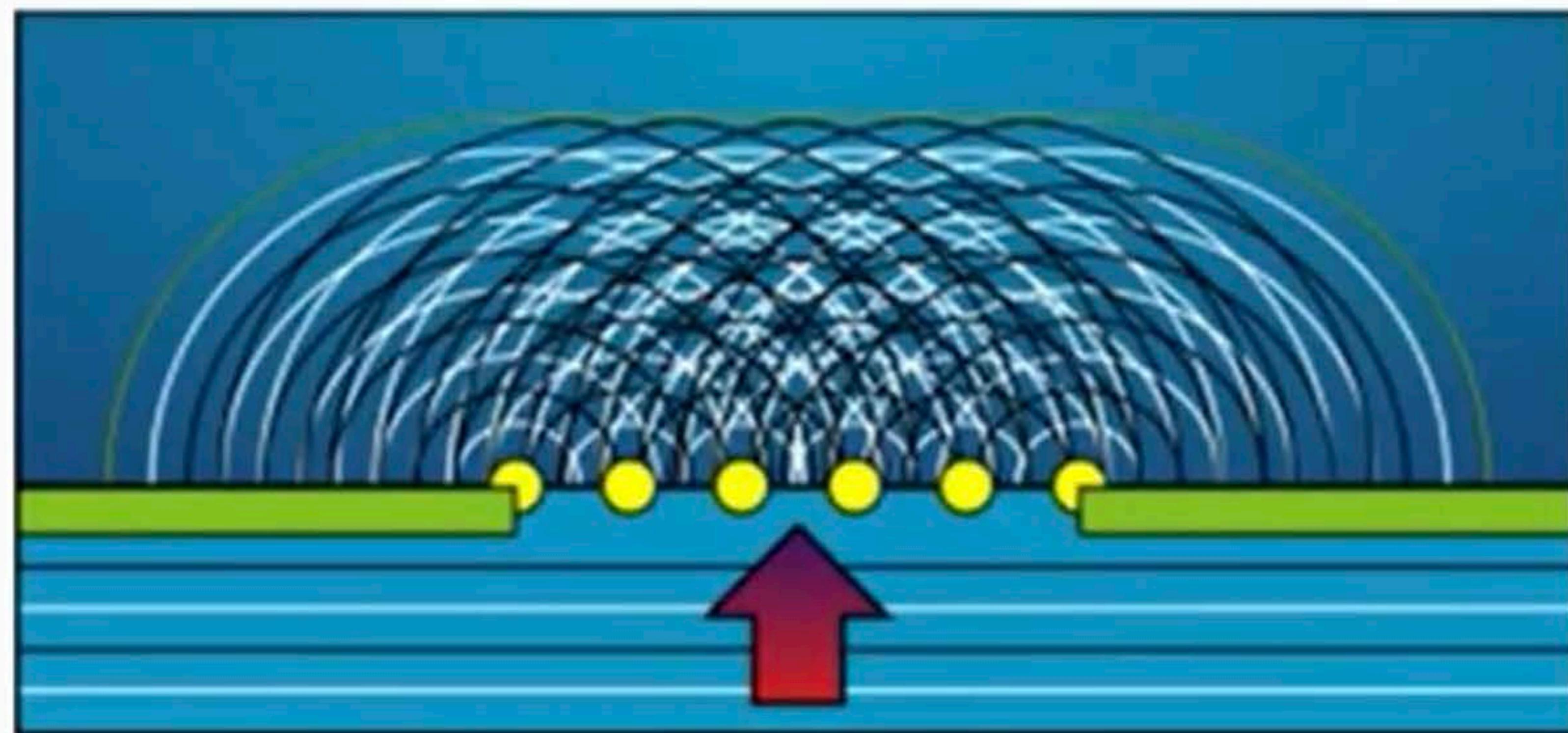


- 1- Nguyên lí Huygens - Fresnel** →
- 2- Phương pháp đói cầu Fresnel** →
- 3- Nhiễu xạ gây bởi sóng cầu** →
- 4- Nhiễu xạ gây bởi sóng phẳng** →



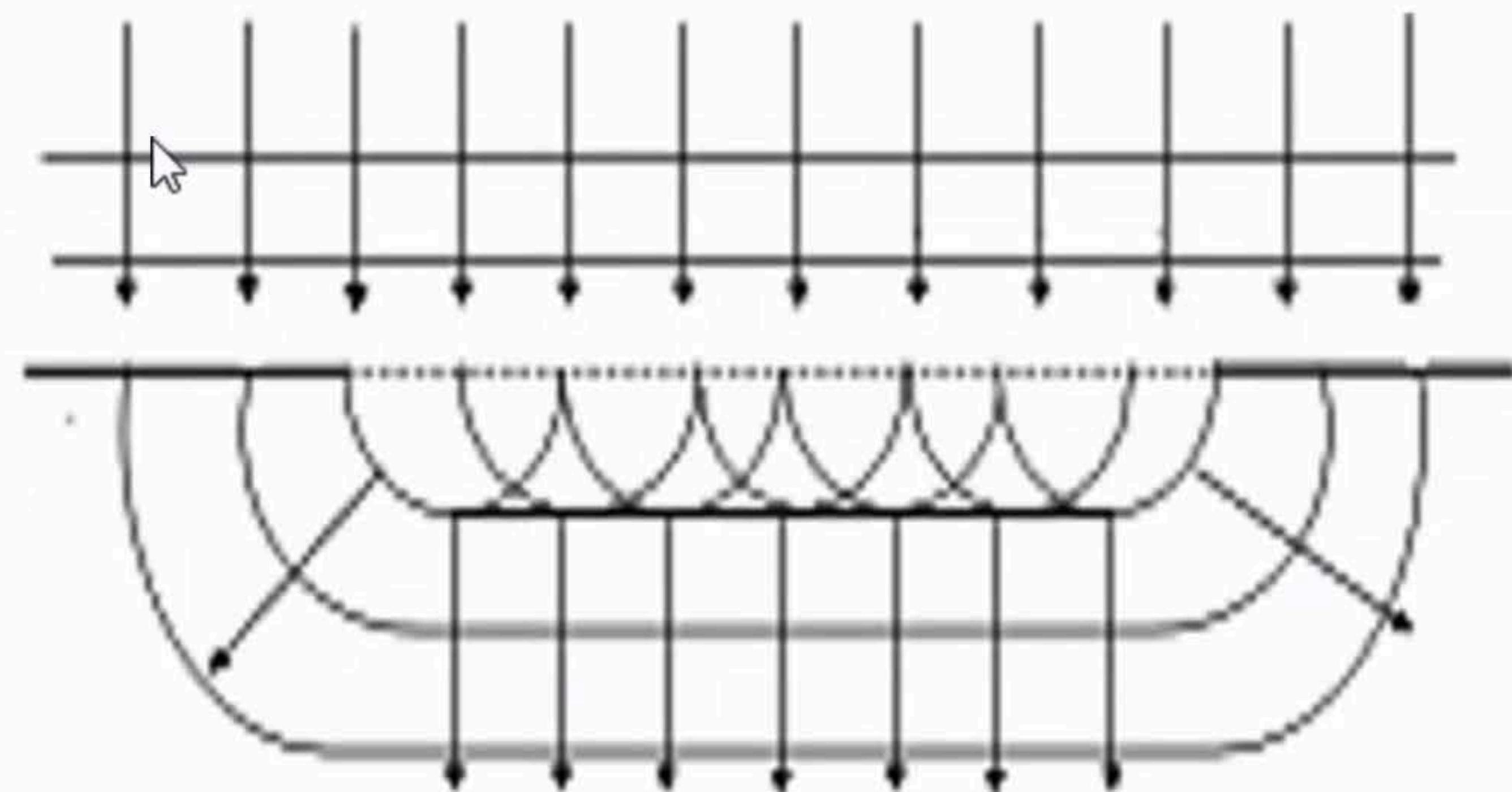
1. Nguyên lý Huygens – Fresnel

- *Mỗi điểm trong không gian được sóng ánh sáng từ nguồn thực gửi đến đều trở thành nguồn thứ cấp phát sóng ánh sáng về phía trước.*
- *Biên độ và pha của nguồn thứ cấp là biên độ và pha do nguồn thực gây ra tại vị trí của nguồn thứ cấp.*



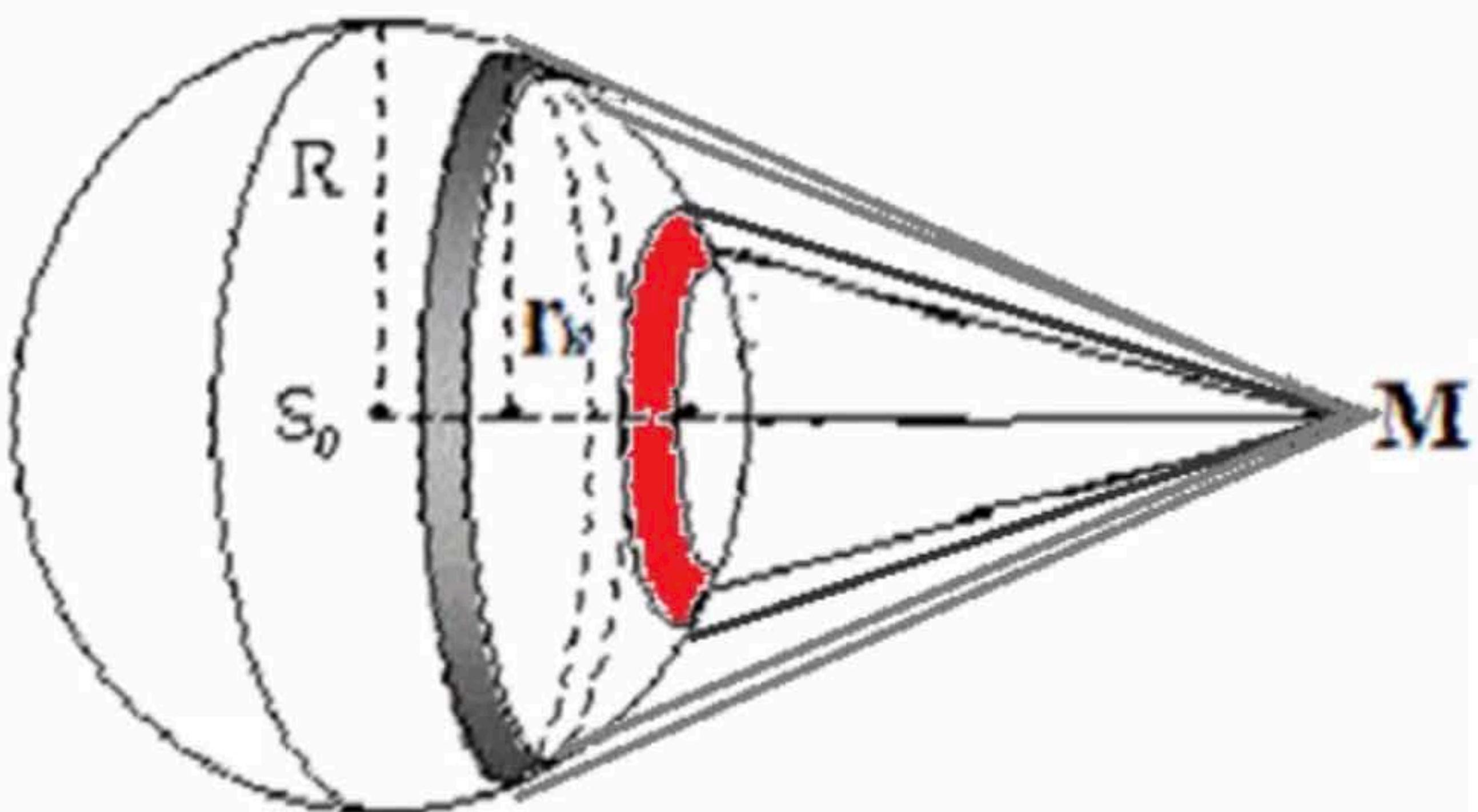
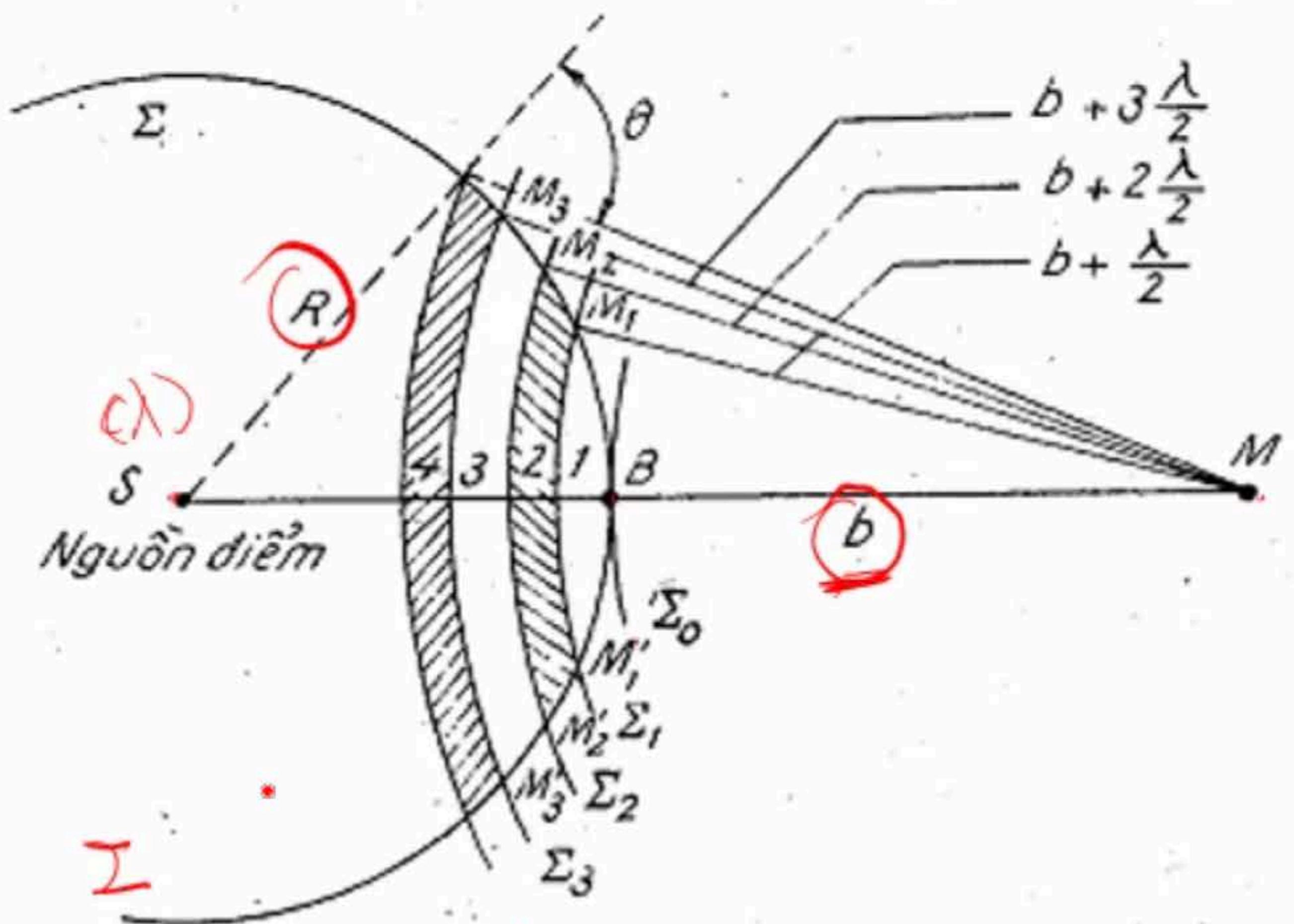
1. Nguyên lí Huygens – Fresnel

Có thể giải thích hiện tượng nhiễu xạ dựa vào nguyên lí Huygens-Fresnel.



2. Phương pháp đổi cầu Fresnel

Định nghĩa:



2. Phương pháp đói cầu Fresnel

Tính chất:

*1. Diện tích các đói cầu: $\Delta S = \frac{\pi R b}{R + b} \lambda$

*2. Bán kính của đói cầu thứ k:

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

với $k = 1, 2, 3, \dots$

*3. Khi $k \uparrow, a_k \downarrow$, khi k khá lớn thì $a_k \rightarrow 0$

Và có: $a_k = \frac{1}{2}(a_{k-1} + a_{k+1})$

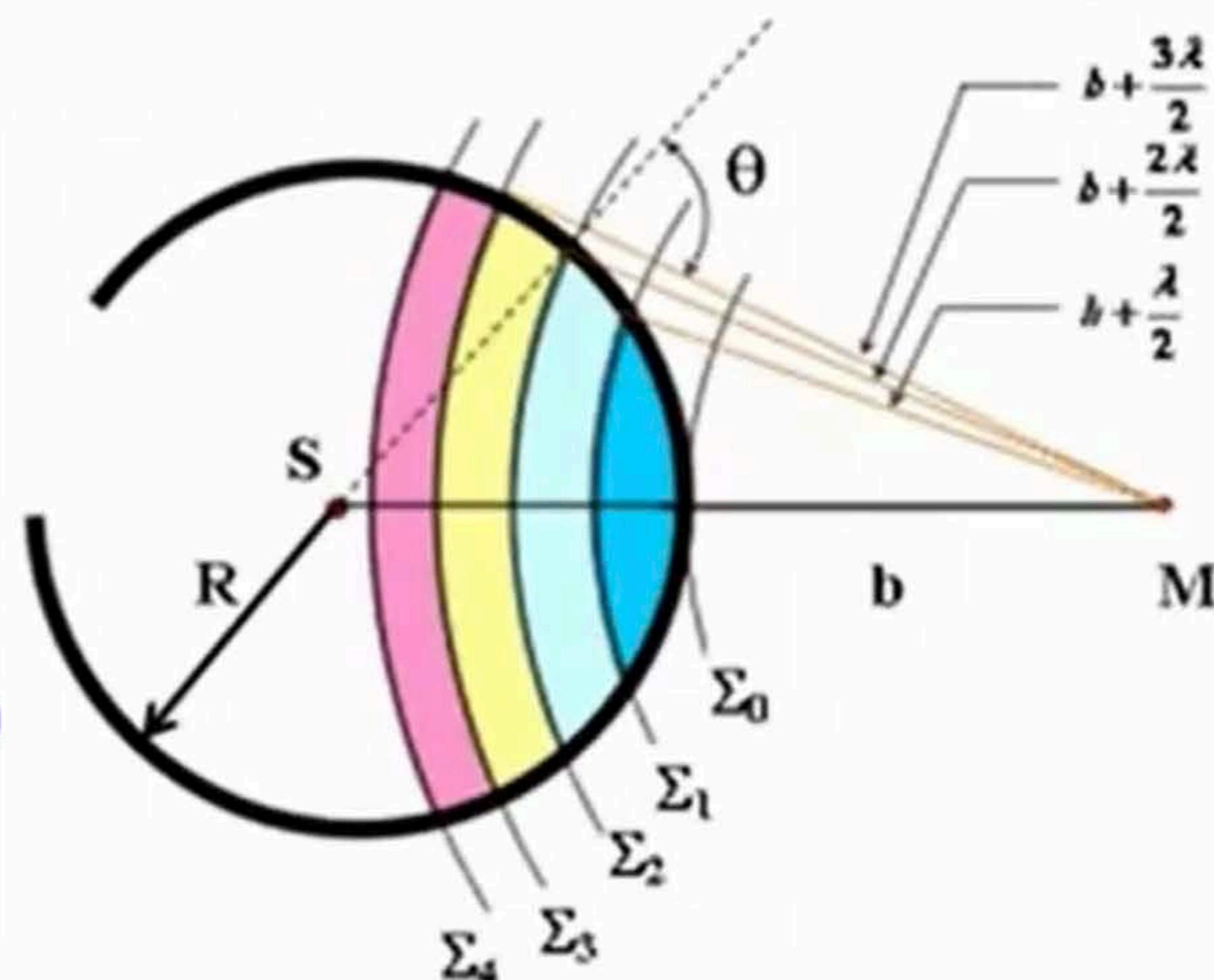
*4. Hiệu pha của hai dao động sáng do hai đói cầu kế tiếp gây ra tại M:

→ **biên độ dao động sáng tổng hợp tại M :** $a = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots \pm a_n$



$$a = \frac{a_1}{2} \pm \frac{a_n}{2}$$

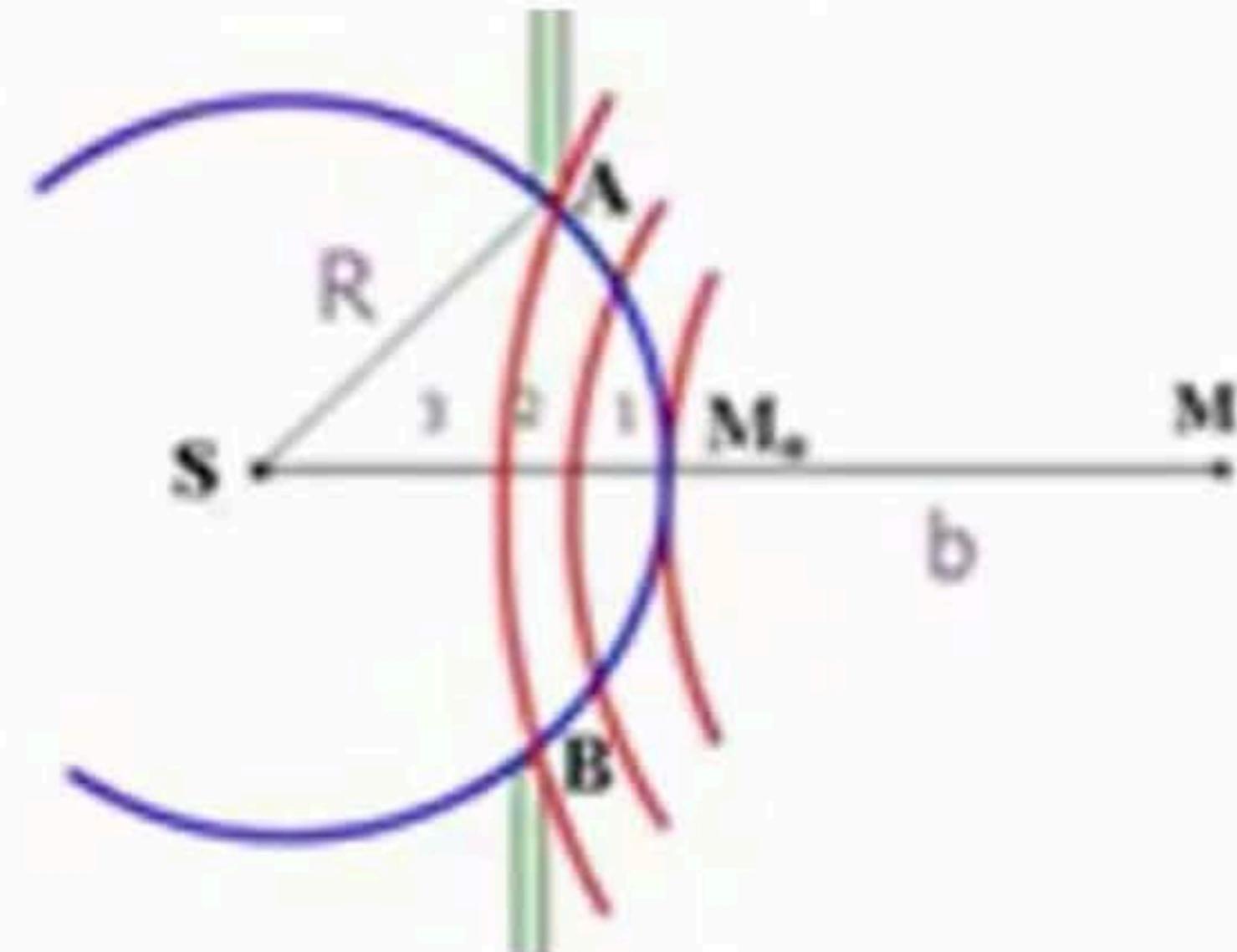
**dấu + nếu n là lẻ
dấu - nếu n là chẵn**



3.1. Nhiêu xạ qua lỗ tròn

$$a = \frac{a_1}{2} \pm \frac{a_n}{2}$$

dấu + nếu n lẻ; dấu - nếu n chẵn



* **Nếu lỗ chứa số lẻ đới cầu:**

$$a = \frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \rightarrow I = \left(\frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2} \right)^2 > \frac{a_1^2}{4} = I_0$$

→ **điểm M sáng hơn khi không có màn chắn**

- Nếu $n=1$: $a = \frac{a_1}{2} + \frac{a_1}{2} = a_1 \rightarrow I = a_1^2 = 4I_0 \rightarrow$ **Điểm M rất sáng.**

* **Nếu lỗ chứa số chẵn đới cầu:** $a = \frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \rightarrow I = \left(\frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2} \right)^2 < \frac{a_1^2}{4} = I_0$

→ **điểm M tối hơn khi không có lỗ tròn.**

- Nếu $n=2$ $a = \frac{a_1}{2} - \frac{a_2}{2} \approx 0 \rightarrow I = 0 \rightarrow$ **Điểm M tối nhất.**

3.2. Nhiễu xạ qua một đĩa tròn

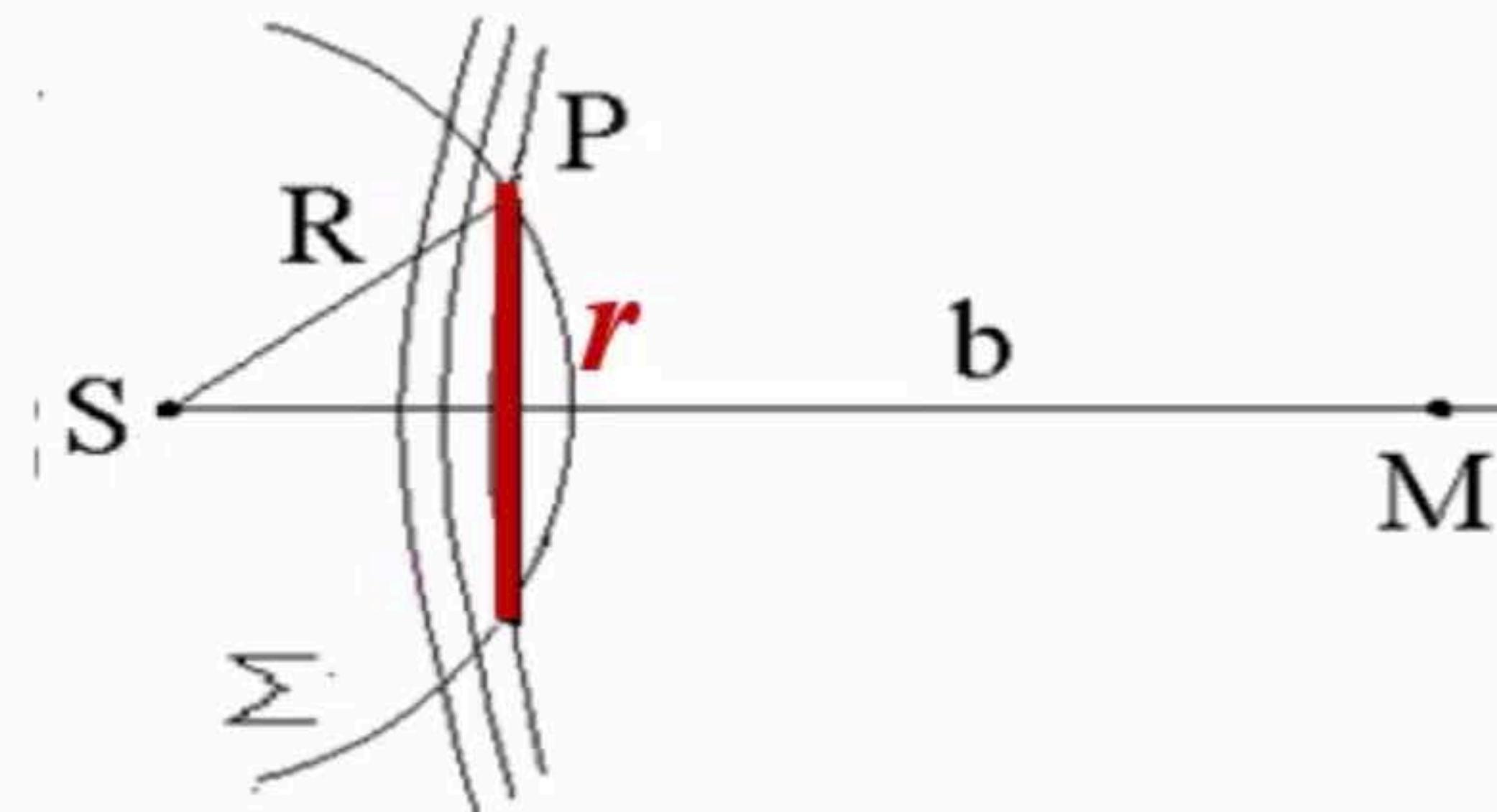
Giữa nguồn sáng S và điểm M có một đĩa tròn chắn sáng bán kính r .

Nếu đĩa che khuất m đới cầu đầu tiên:

→ Biên độ dao động tại M:

$$a = a_{m+1} - a_{m+2} + a_{m+3} - \dots$$

$$a = \frac{a_{m+1}}{2}$$



+ Nếu đĩa che ít đới cầu thì $a_{m+1} \approx a_1 \rightarrow$ cường độ sáng tại M cũng giống như trường hợp không có chướng ngại vật giữa S và M.

+ Nếu đĩa che nhiều đới cầu thì $a_{m+1} \approx 0 \rightarrow$ cường độ sáng tại M: $I_M = 0$

4. Nhiễu xạ gây bởi sóng phẳng

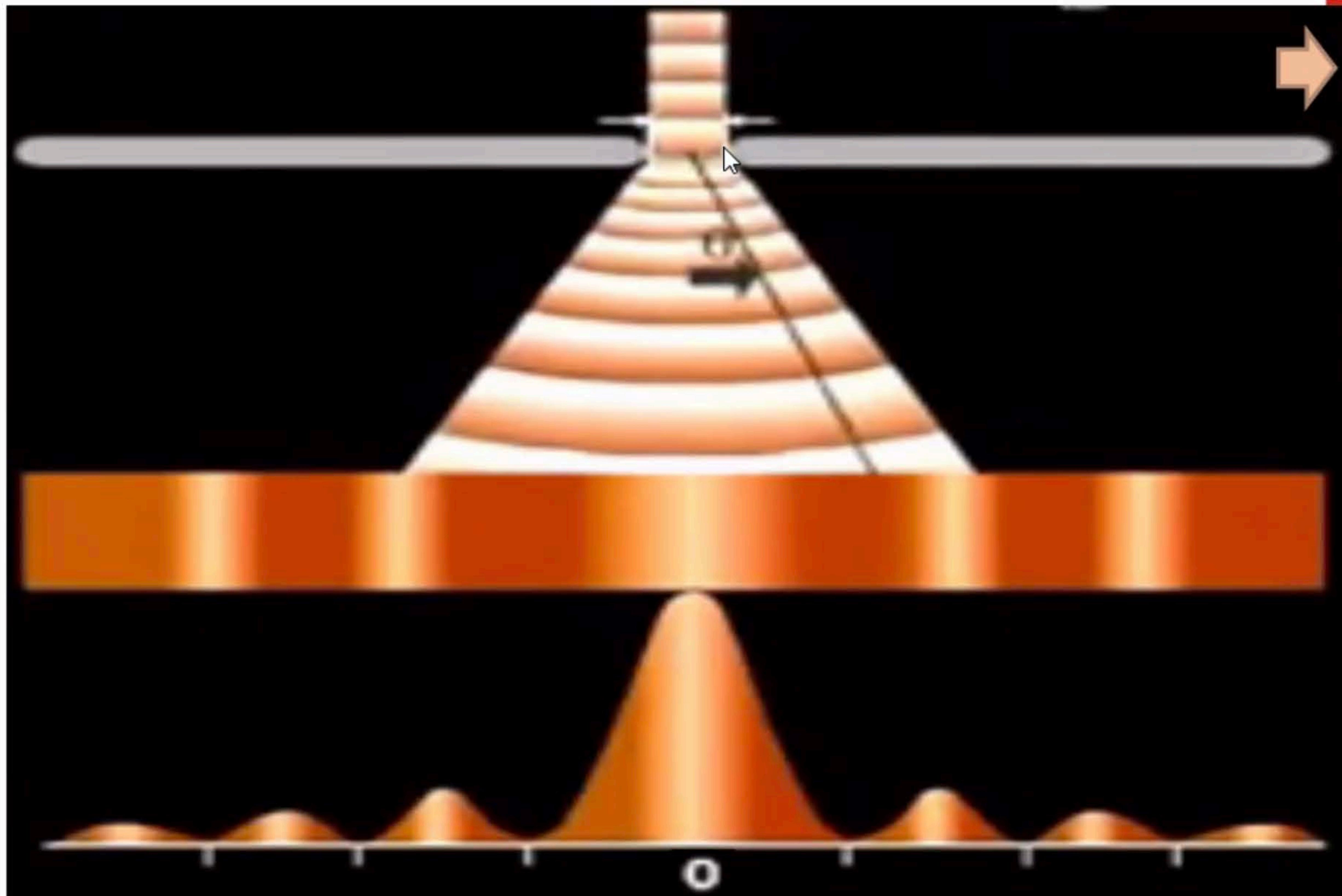


4.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp ➔

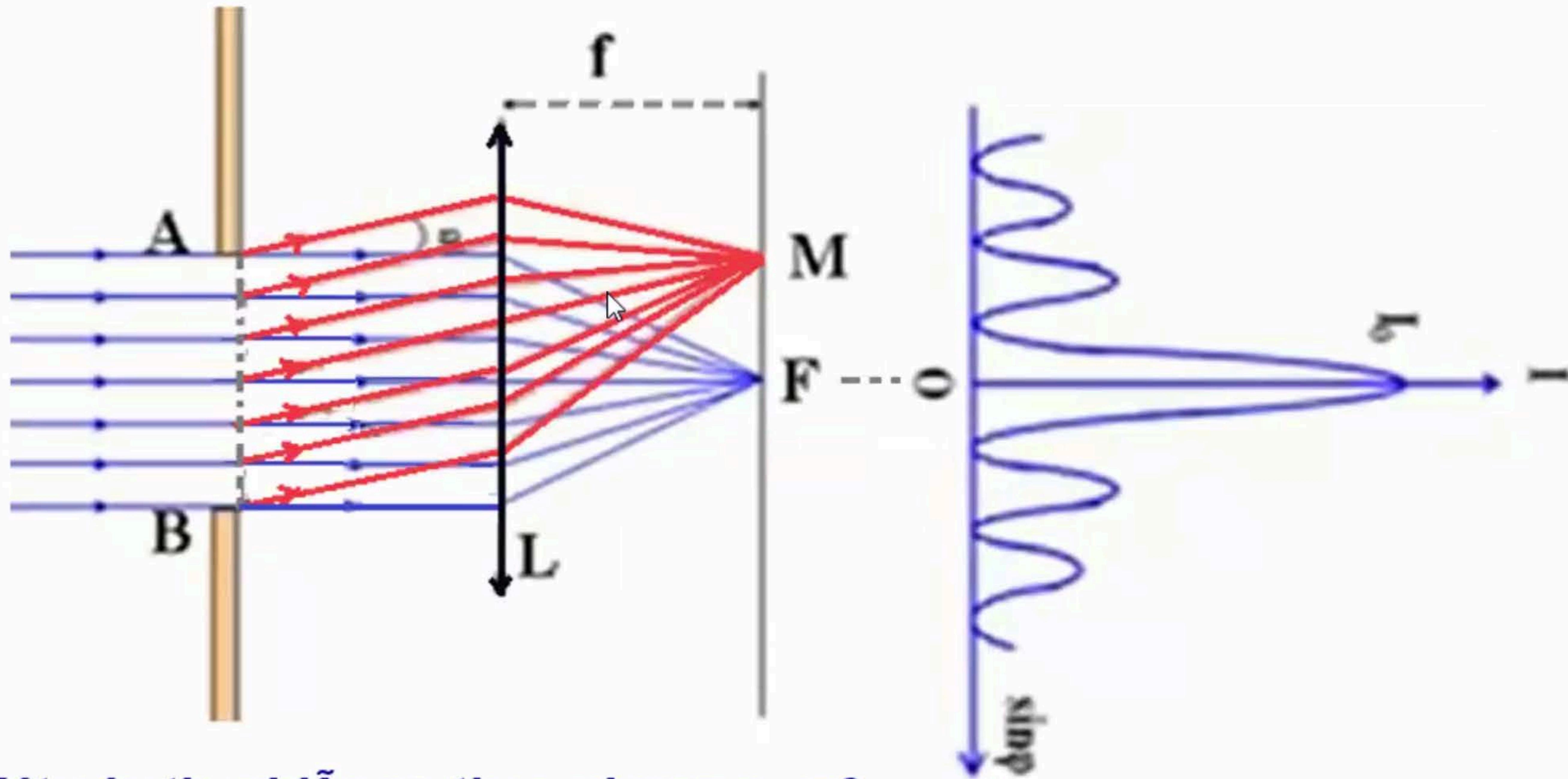
4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng ➔



4. Nhiễu xạ gây bởi sóng phẳng



4.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp



* Xét các tia nhiễu xạ theo phương $\varphi=0$

chúng hội tụ tại điểm F → tại F rất sáng và được gọi là cực đại giữa.

4.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

* Xét trường hợp $\varphi \neq 0$

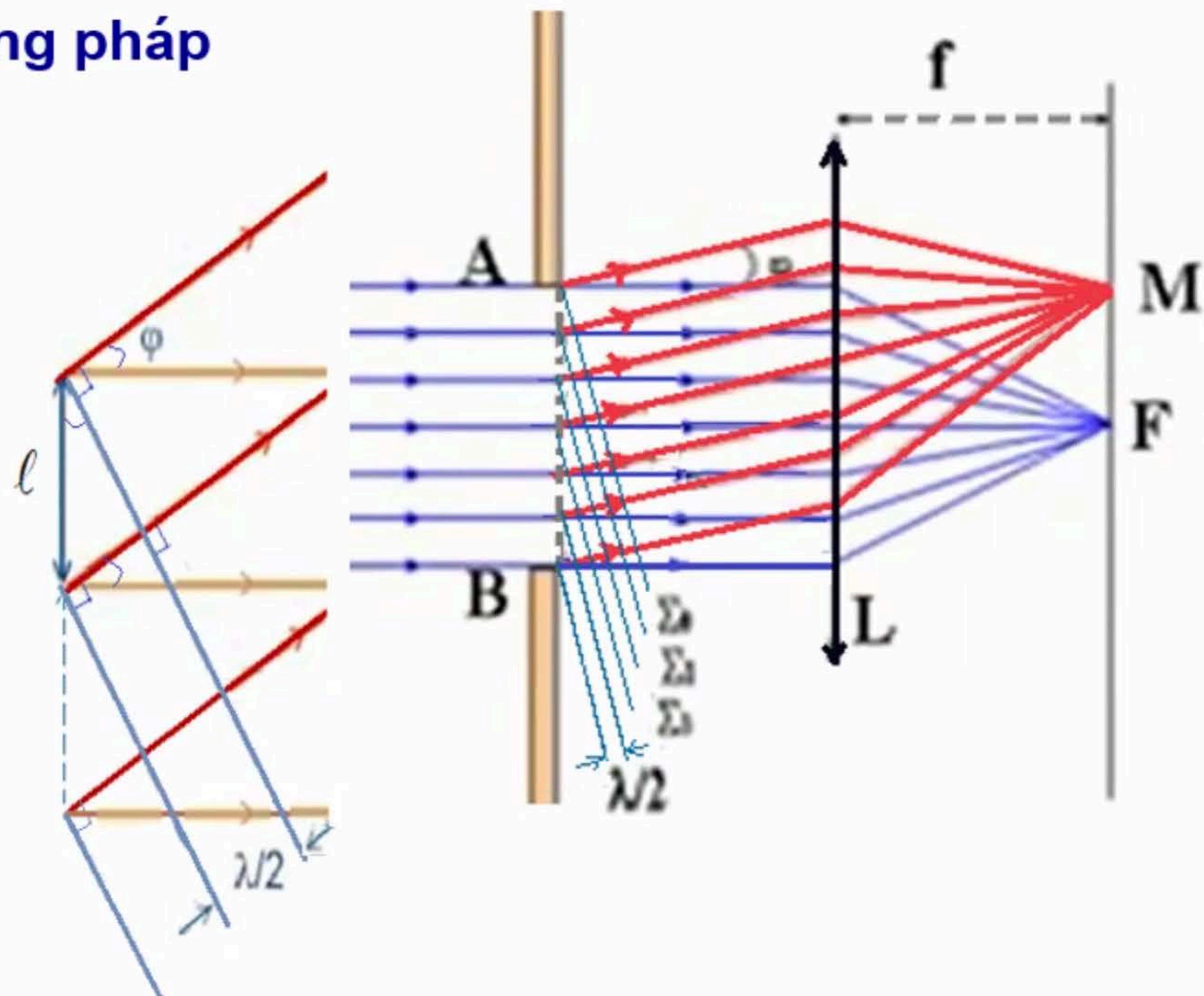
Dùng ý tưởng của phương pháp
đối cầu Fresnel

- Độ rộng của mỗi dải:

$$\ell = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi}$$

- Số dải trên khe:

$$N = \frac{b}{\ell} = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda}$$



4.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

Nếu khe chứa số chẵn dài ($N = 2k$)

→ điểm M sẽ tối, gọi là **cực tiểu nhiễu xạ**.

→ **Điều kiện cực tiểu nhiễu xạ :** $N = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda} = 2k$

$$\Rightarrow \boxed{\sin \varphi = k \frac{\lambda}{b}} \quad \text{với } k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

* Nếu khe chứa một số lẻ dài ($N = 2k+1$)

→ điểm M sẽ sáng, gọi là **cực đại nhiễu xạ**.

→ **Điều kiện cực đại nhiễu xạ :** $N = \frac{2b \sin \varphi}{\lambda} = 2k + 1$

$$\Rightarrow \boxed{\sin \varphi = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{b}} \quad \text{với } k = 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

4.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp

* Tóm lại: các điều kiện cực đại, cực tiểu nhiễu xạ qua một khe hẹp

- **Cực đại giữa ($k=0$):**

$$\sin\varphi = 0$$

- **Cực tiểu nhiễu xạ :**

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{b}$$

với $k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

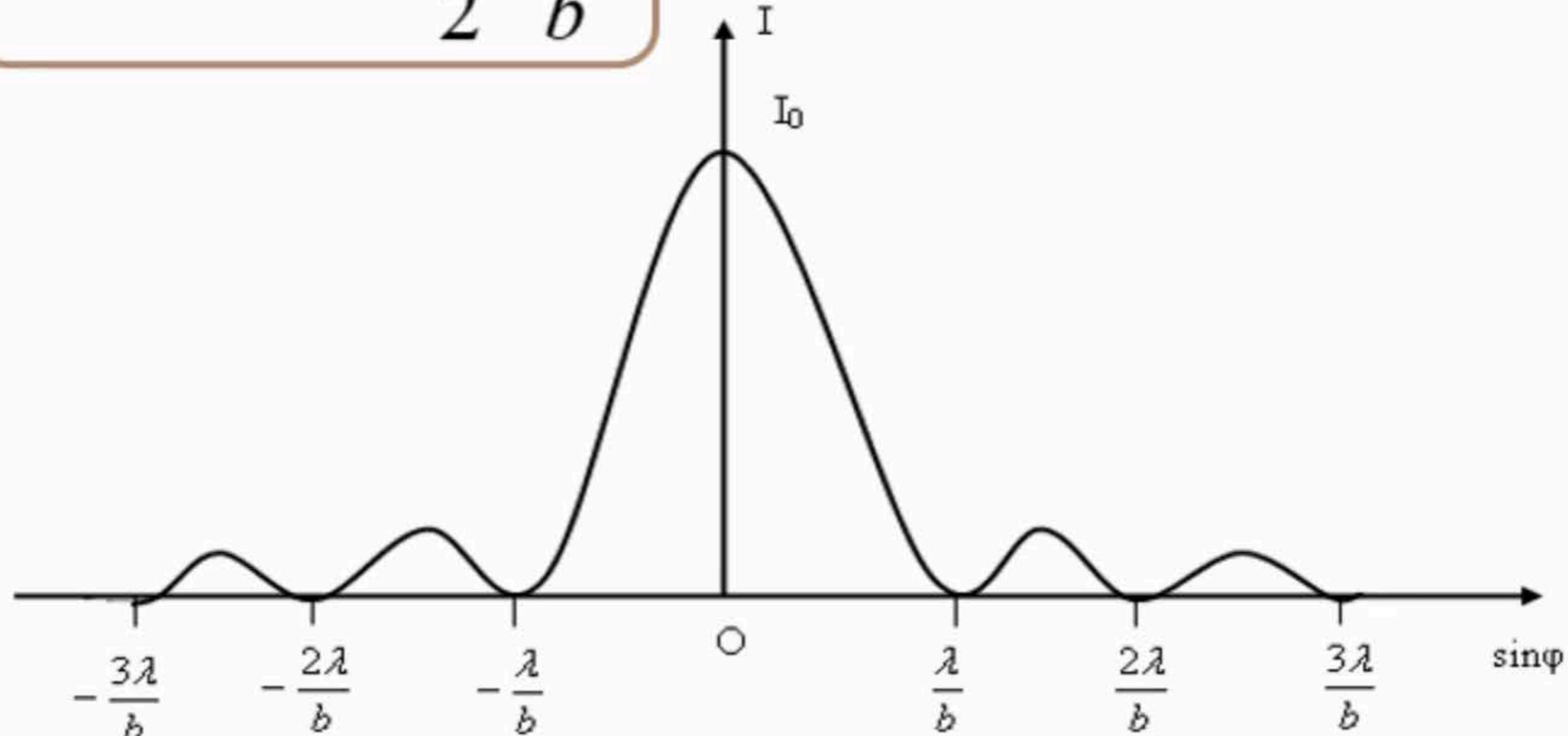


- **Cực đại nhiễu xạ :**

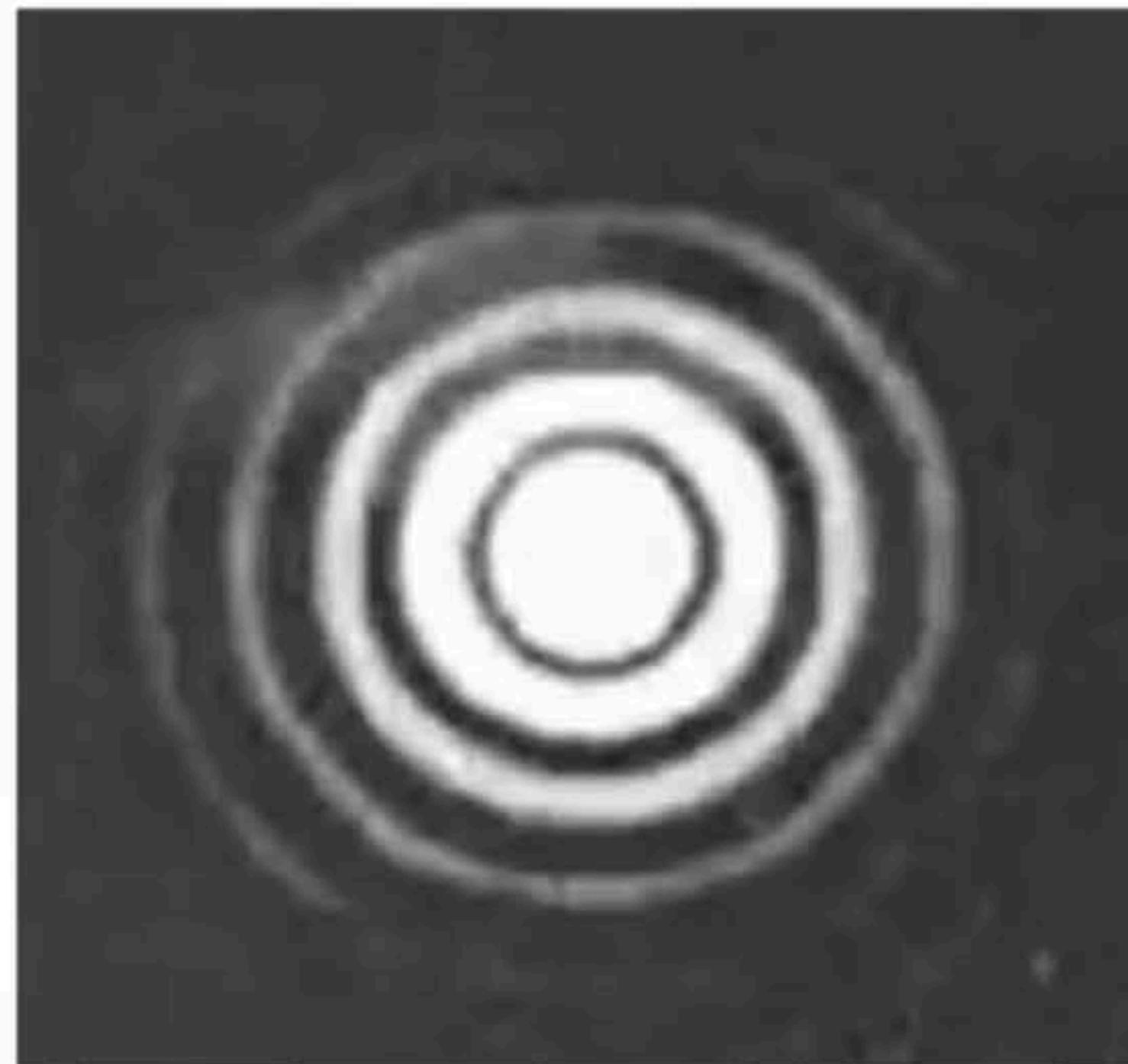
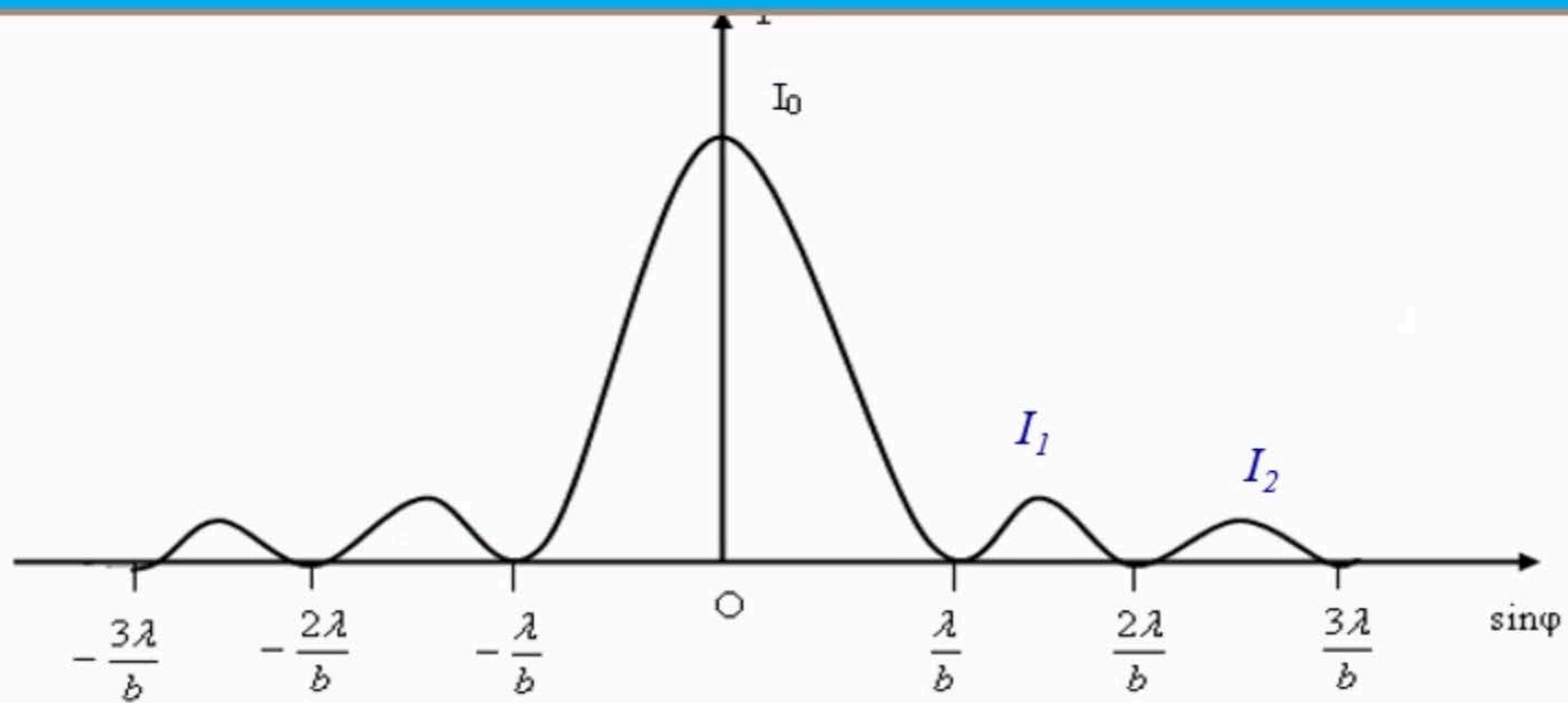
$$\sin \varphi = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{b}$$

với $k = 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

* Đồ thị phân bố cường độ sáng trên màn



4.1. Nhiễu xạ qua một khe hẹp



Các cực đại nhiễu xạ nằm xen giữa các cực tiểu nhiễu xạ và phân bố đối xứng ở hai bên cực đại giữa. Cực đại giữa có bề rộng gấp đôi các cực đại khác.

$$I_0 : I_1 : I_2 : I_3 : \dots = 1 : 0,045 : 0,016 : 0,008 : \dots$$



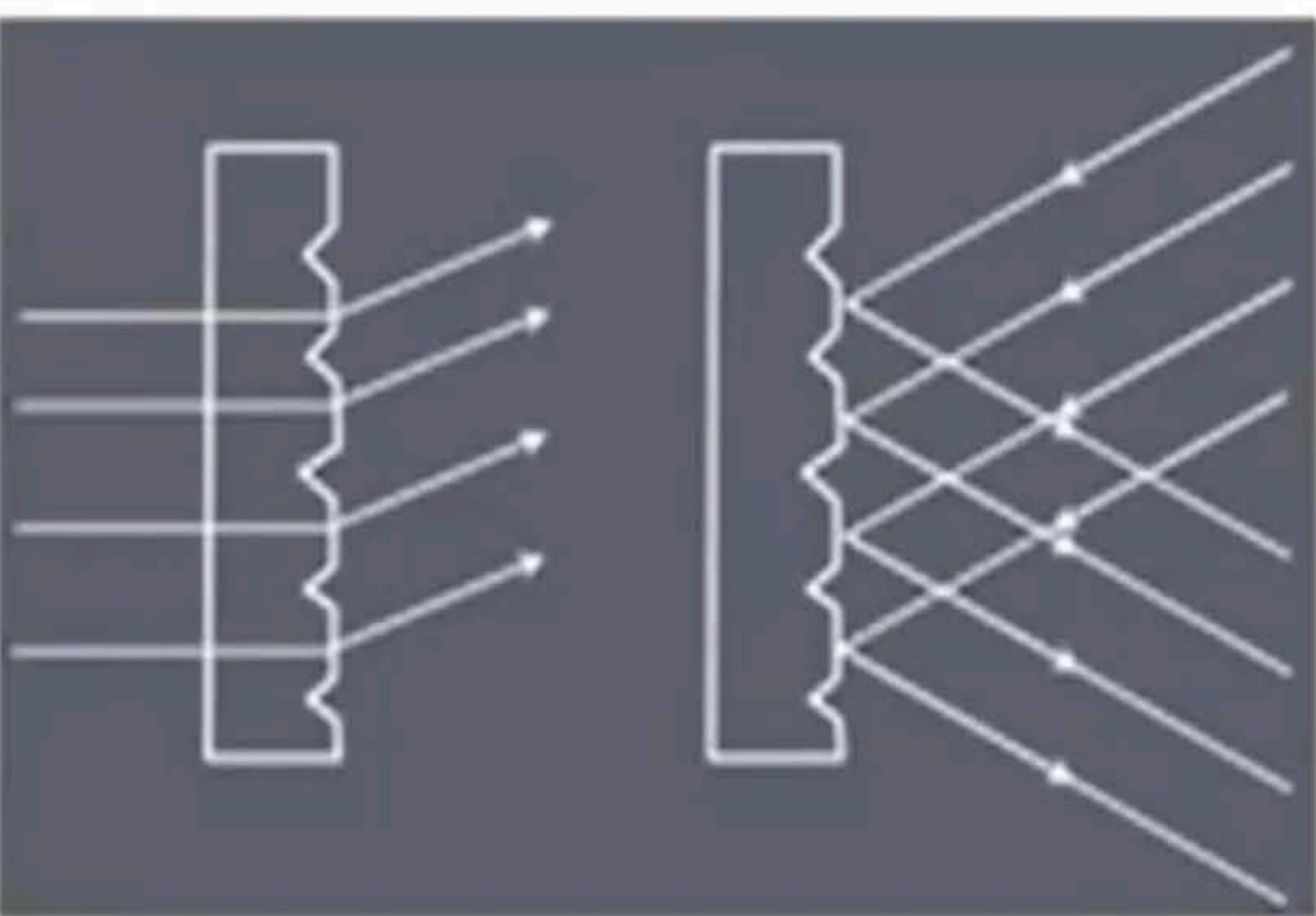
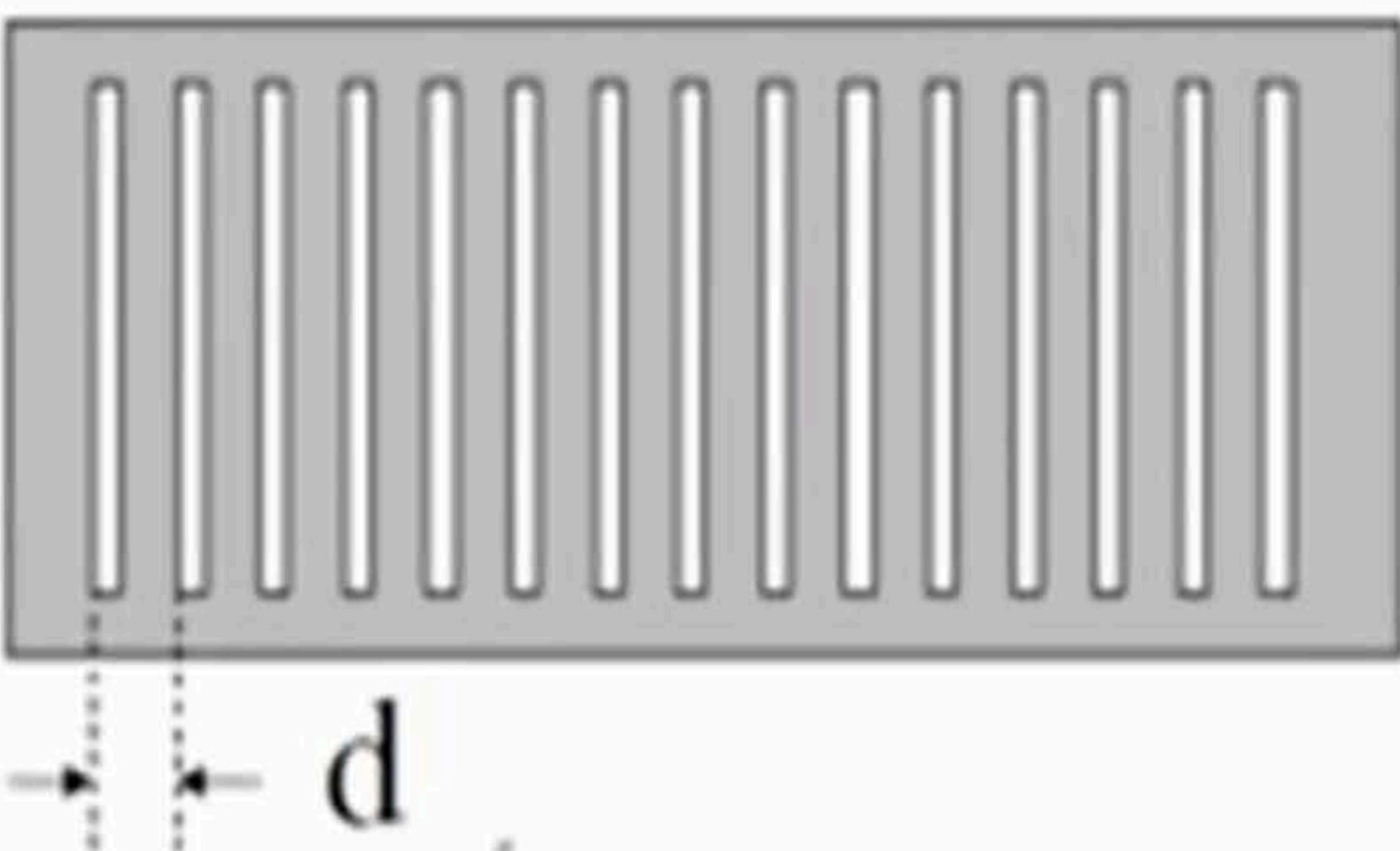
4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng

Cách tử phẳng là một hệ **nhiều khe hẹp giống nhau** có độ rộng b , nằm song song cách đều trên cùng một mặt phẳng.

Khoảng cách d giữa hai khe kế tiếp được gọi là **chu kì** của cách tử.

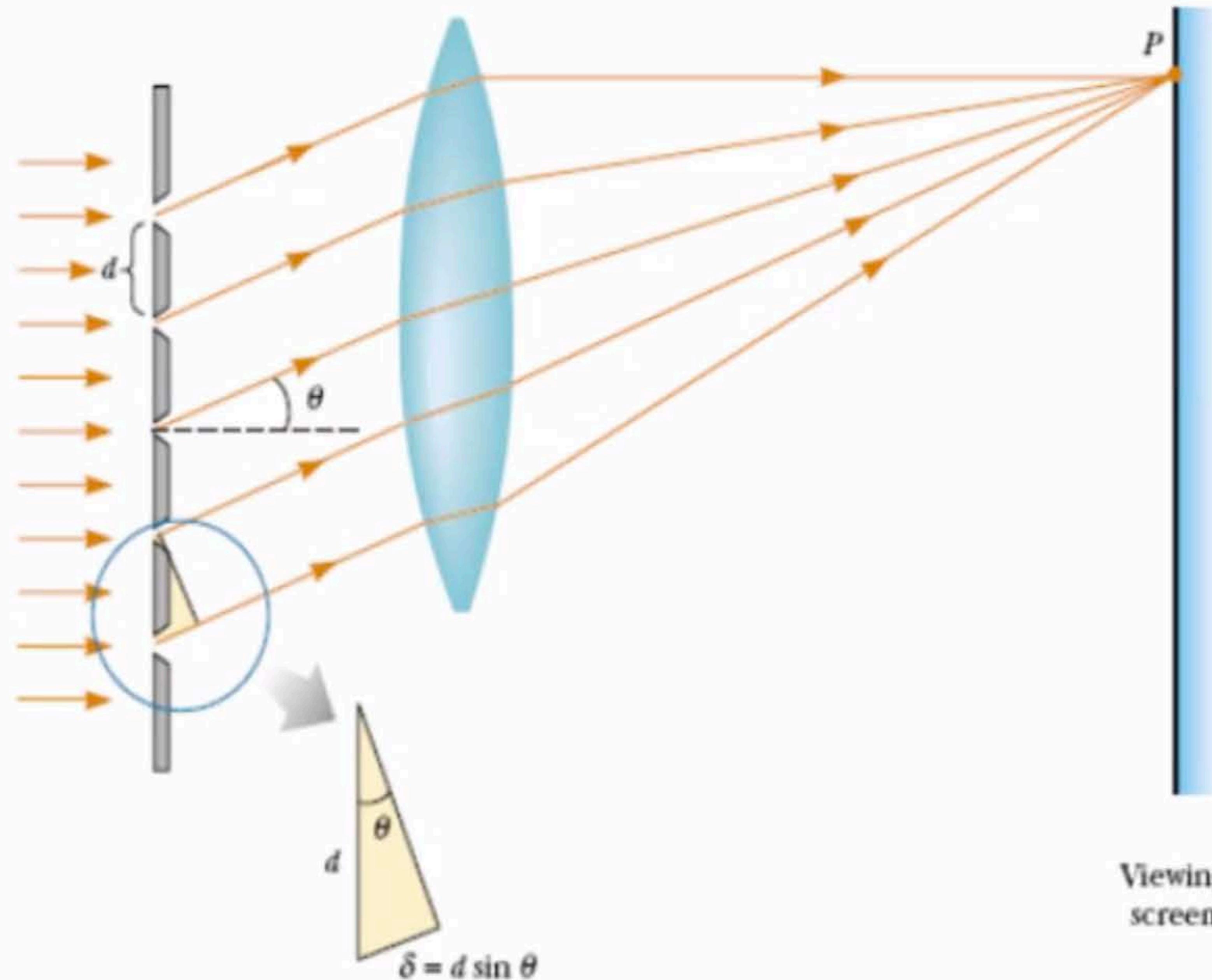
Số khe hẹp trên một đơn vị chiều dài gọi là **hàng số cách tử**:

$$\rightarrow n = \frac{1}{d}$$



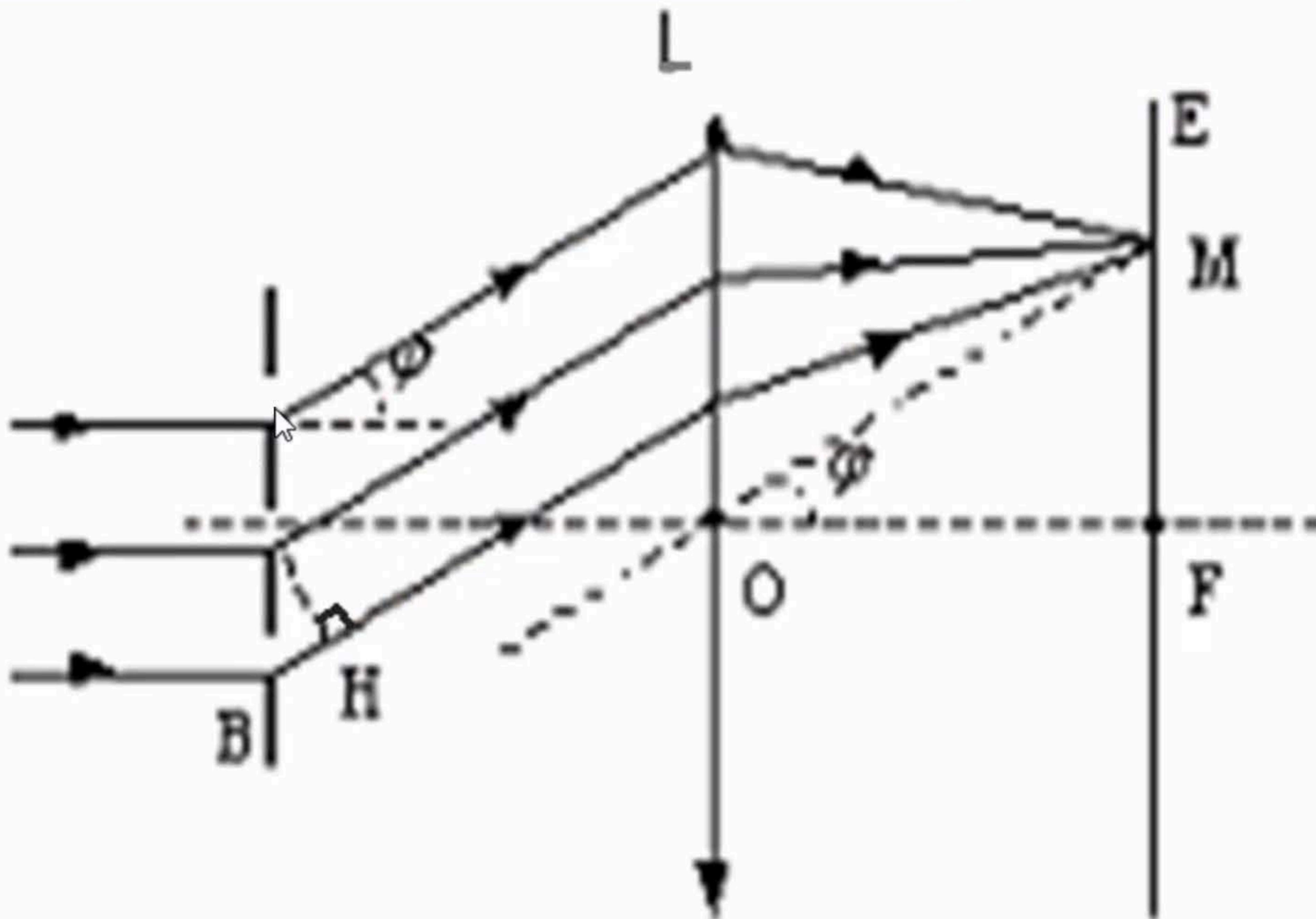
4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng

Khảo sát ảnh nhiễu xạ qua cách tử:



4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng

Khảo sát ảnh nhiễu xạ qua cách tử:



4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng

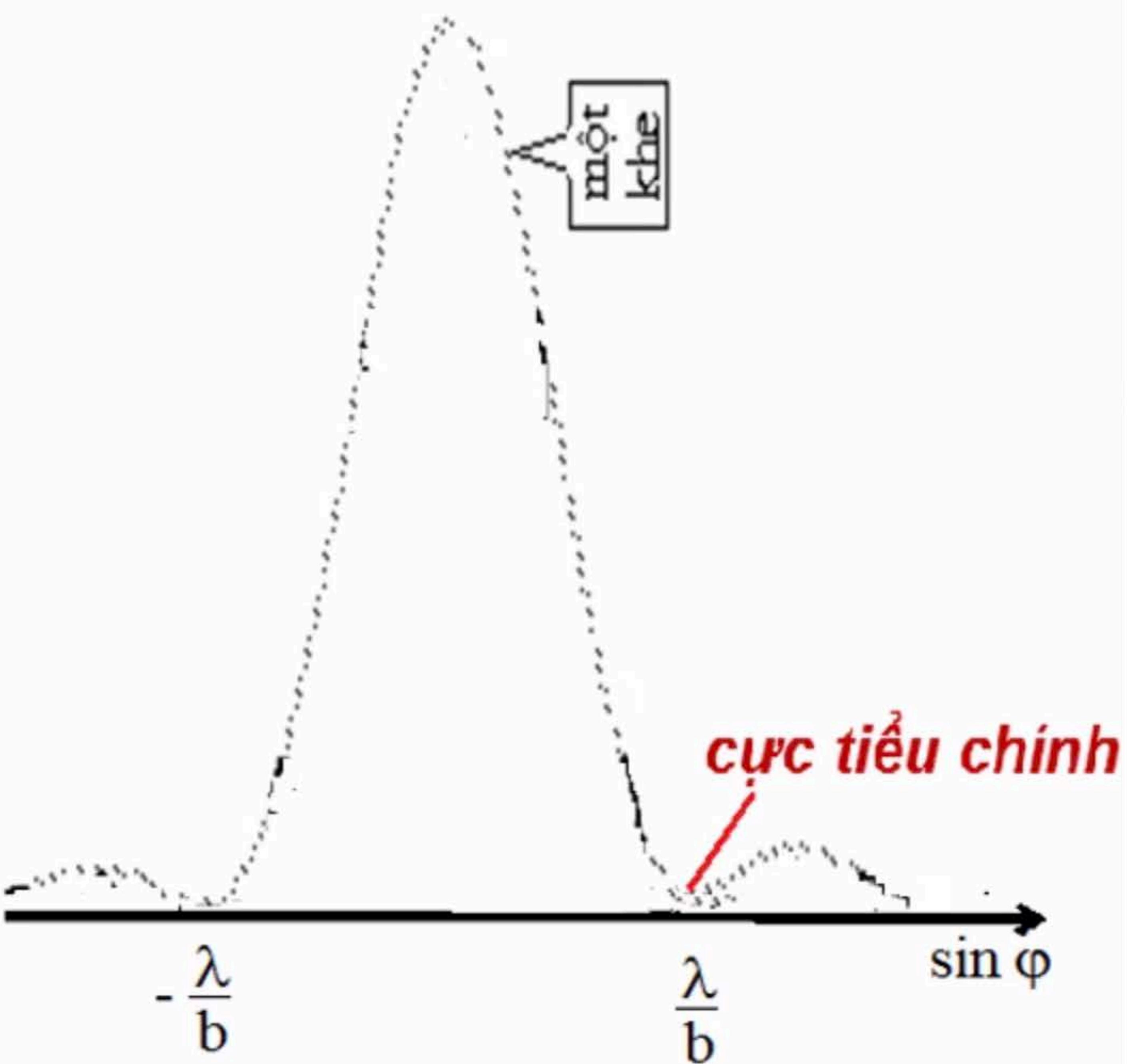
Khảo sát ảnh nhiễu xạ qua cách tử:

- Các khe hẹp đều có cùng độ rộng $b \Rightarrow$ cho **cực tiểu** nhiễu xạ tại những điểm trên màn ảnh thỏa mãn điều kiện:

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{b}$$

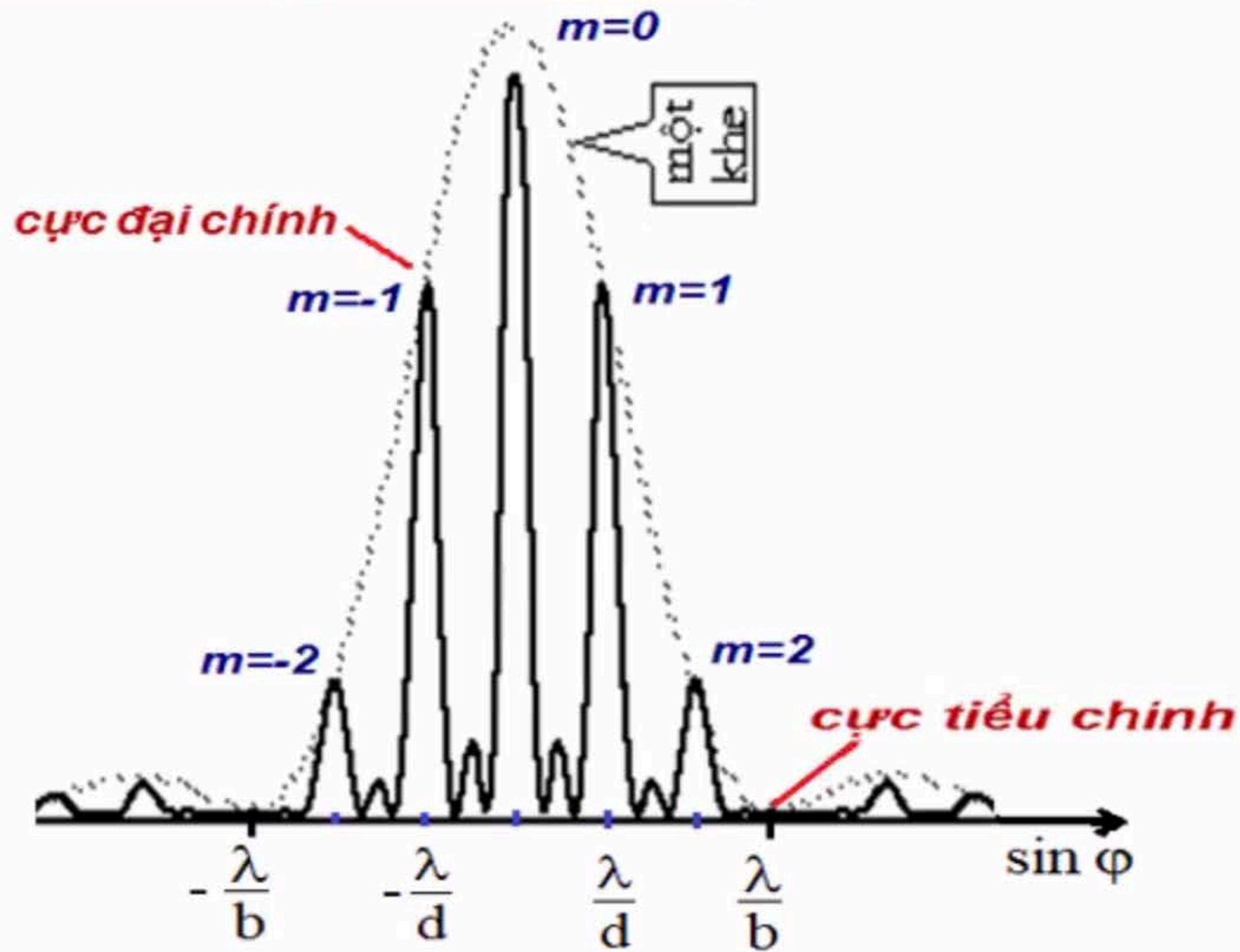
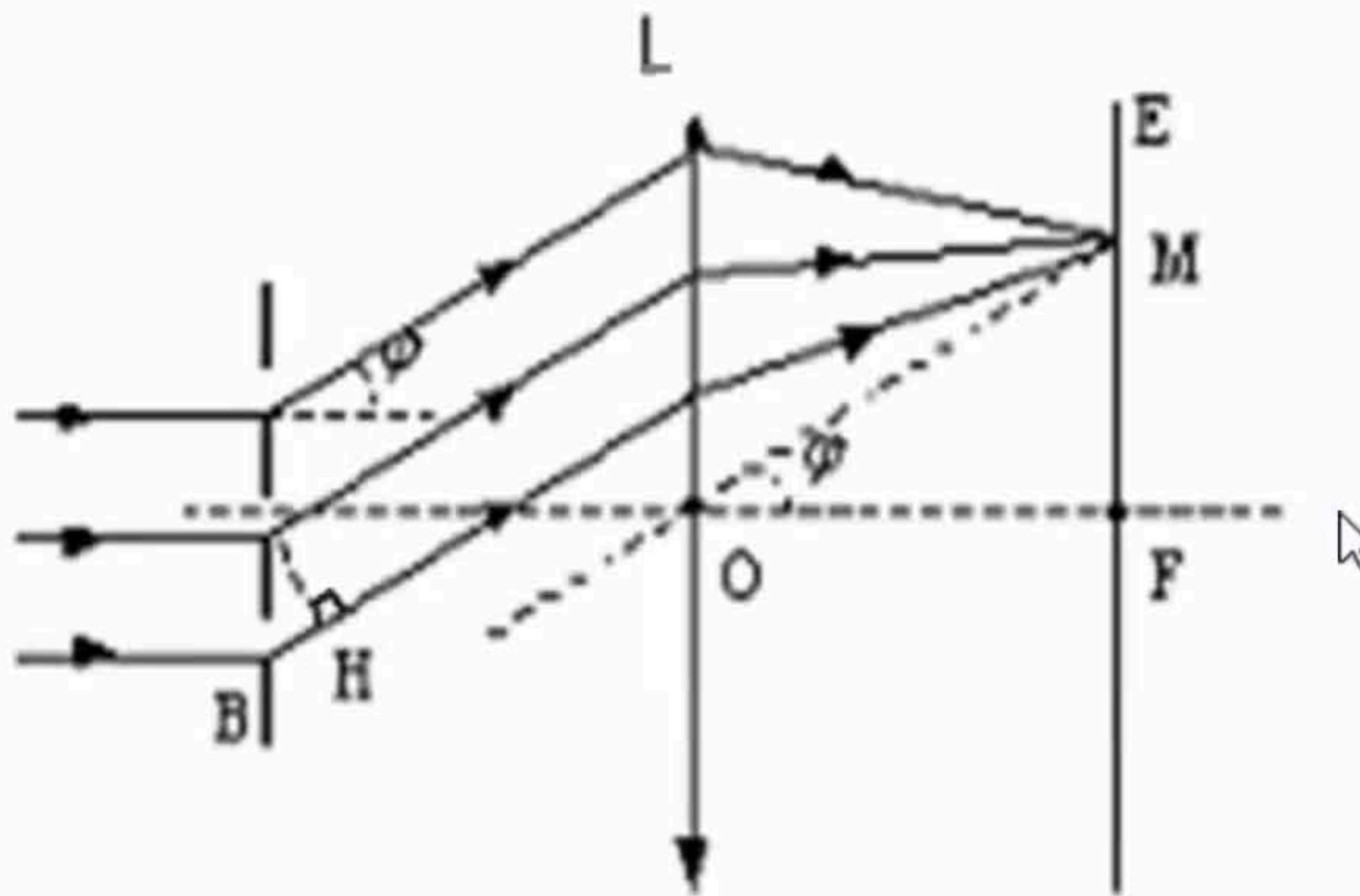
với $k = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$

→ **Tại những điểm này gọi là cực tiểu chính.**



4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng

* Xét phân bố cường độ sáng giữa hai cực tiêu chính:



Ta có: $\Delta L = L_{k+1} - L_k = d \sin \varphi$

Nếu $\Delta L = d \sin \varphi = m\lambda$ \rightarrow M sáng, được gọi là **cực đại chính**.

Điều kiện **cực đại chính**:

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

với $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$
là bậc của **cực đại chính**.

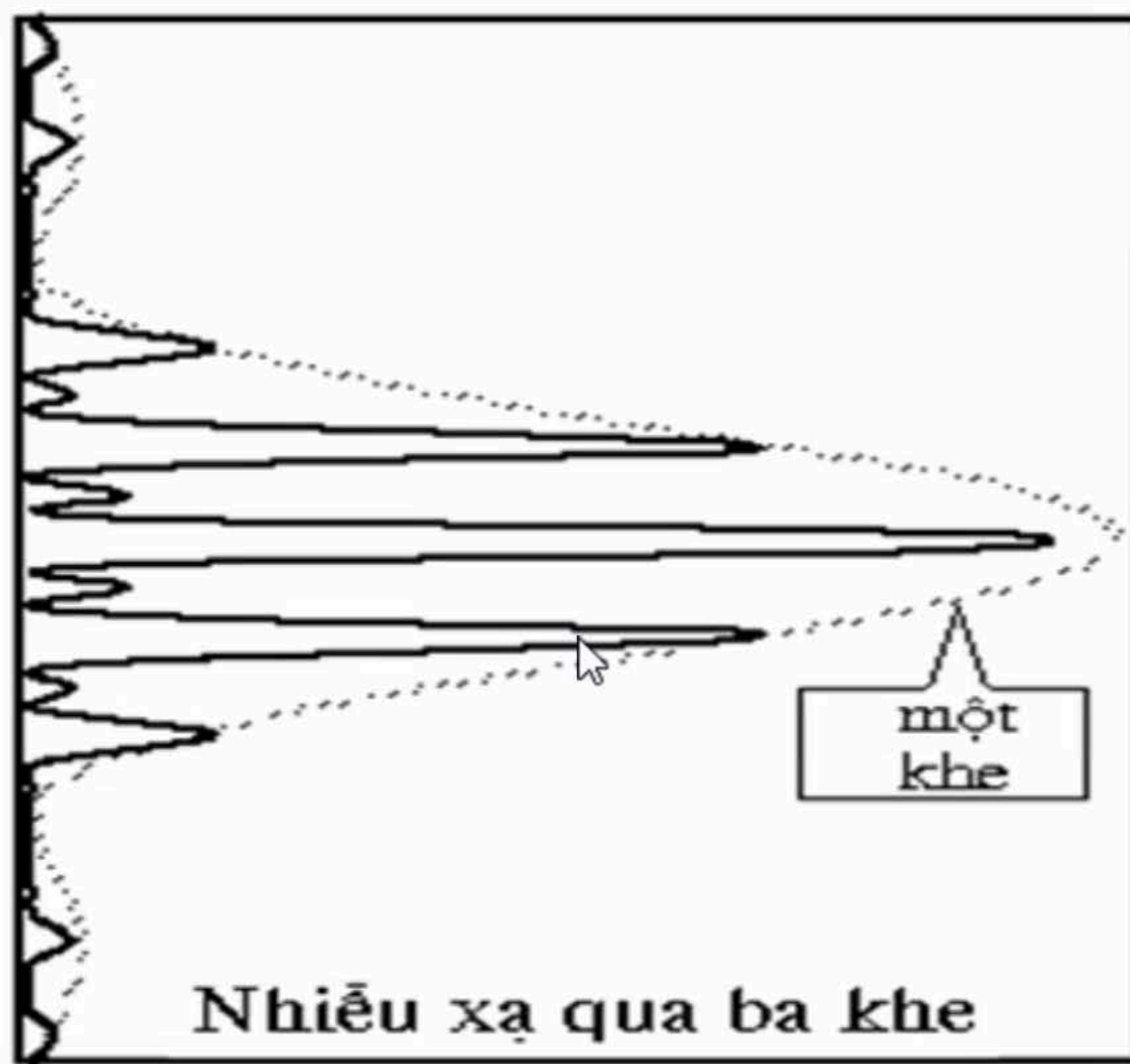
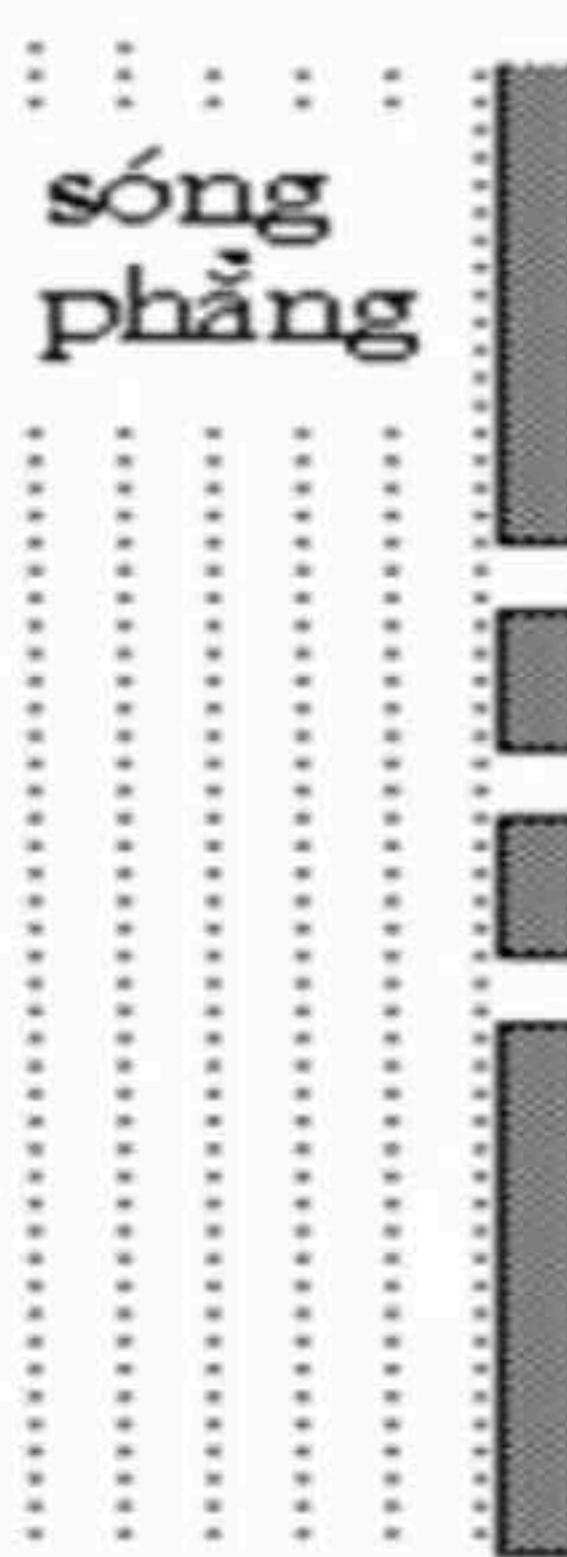
Cực đại chính giữa ($m = 0$) nằm tại tiêu điểm F của thấu kính.

4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng

Vì ở giữa hai cực tiêu chính nên có điều kiện:

$$\left| m \frac{\lambda}{d} \right| < \left| k \frac{\lambda}{b} \right|$$

Do $d > b$ nên giữa hai cực tiêu chính có thể có nhiều cực đại chính.



Nhiễu xạ qua ba khe

4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng

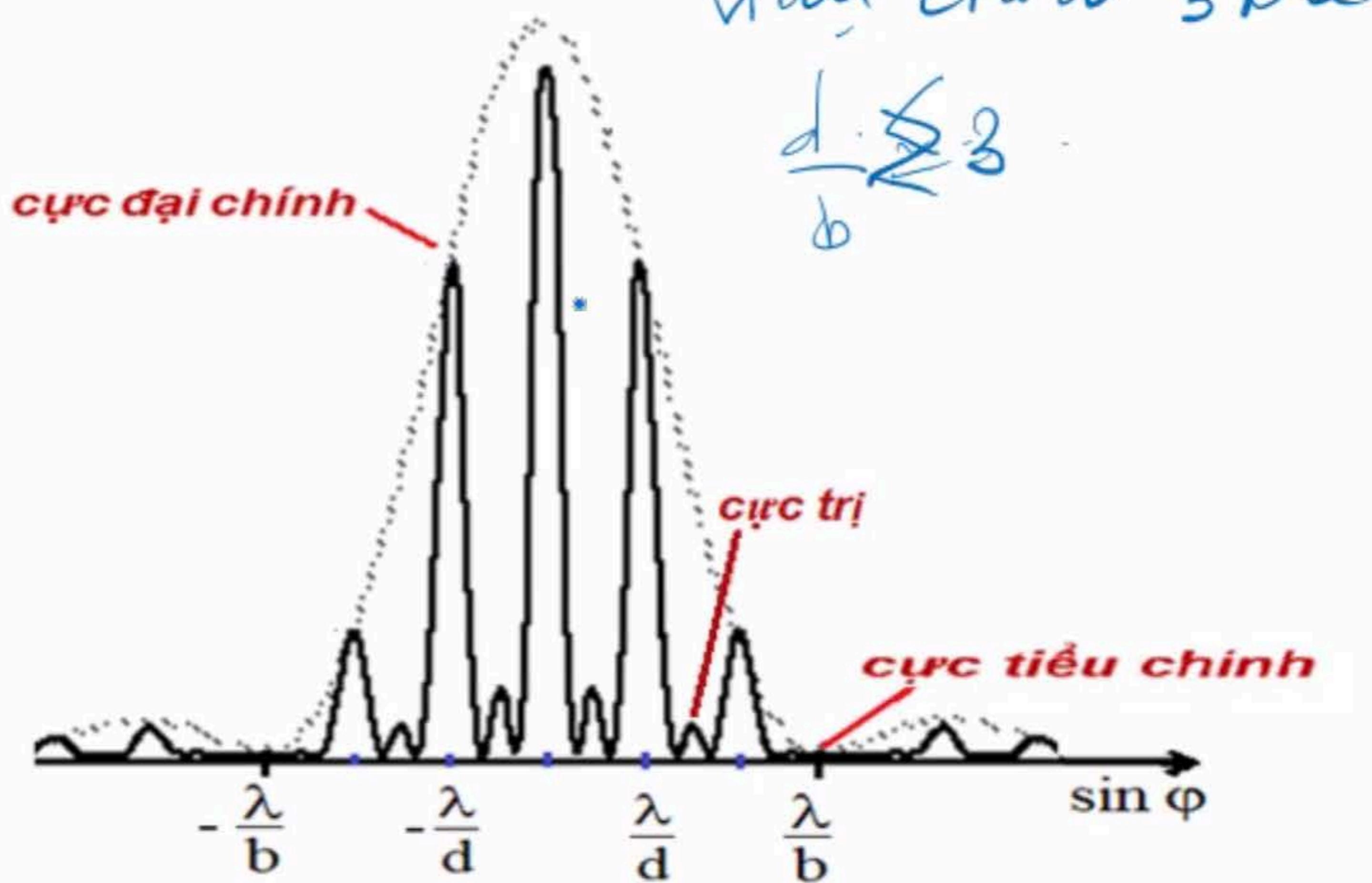
* Xét phân bố cường độ sáng giữa hai cực đại chính:

Tại điểm chính giữa hai cực đại chính kế tiếp có:

$$\Delta L = L_{k+1} - L_k = d \sin \varphi = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad \Leftrightarrow \quad \sin \varphi = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d} \quad \text{với } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

ví dụ cần 3 khe

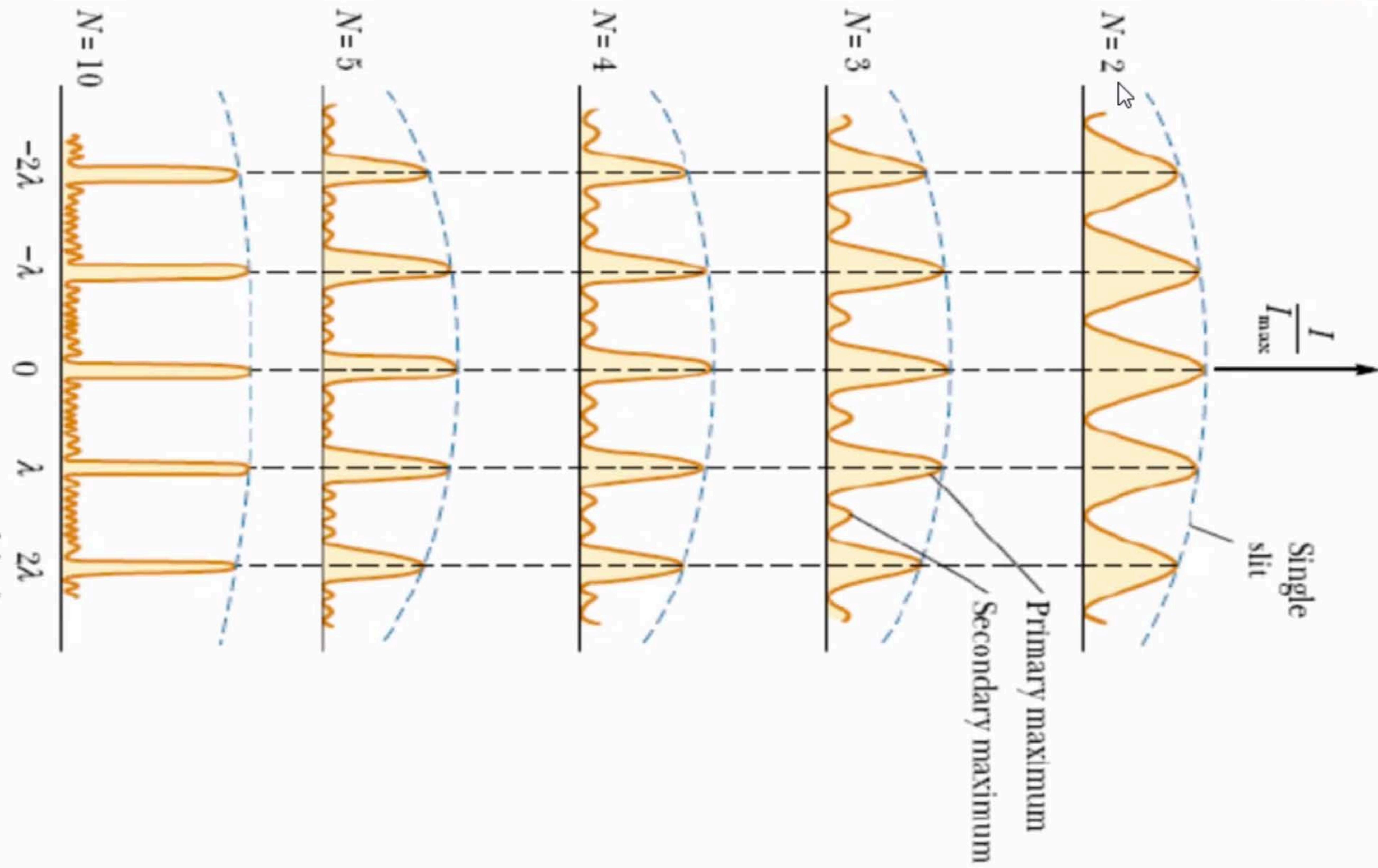
$$\frac{d}{b} \geq 3$$



➡ hai tia đó sẽ khử lẫn nhau.

+ Nếu cách tử có N khe hẹp thì giữa hai cực đại chính sẽ có $(N-1)$ cực tiêu phụ và $(N-2)$ cực đại phụ.

4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng



4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng

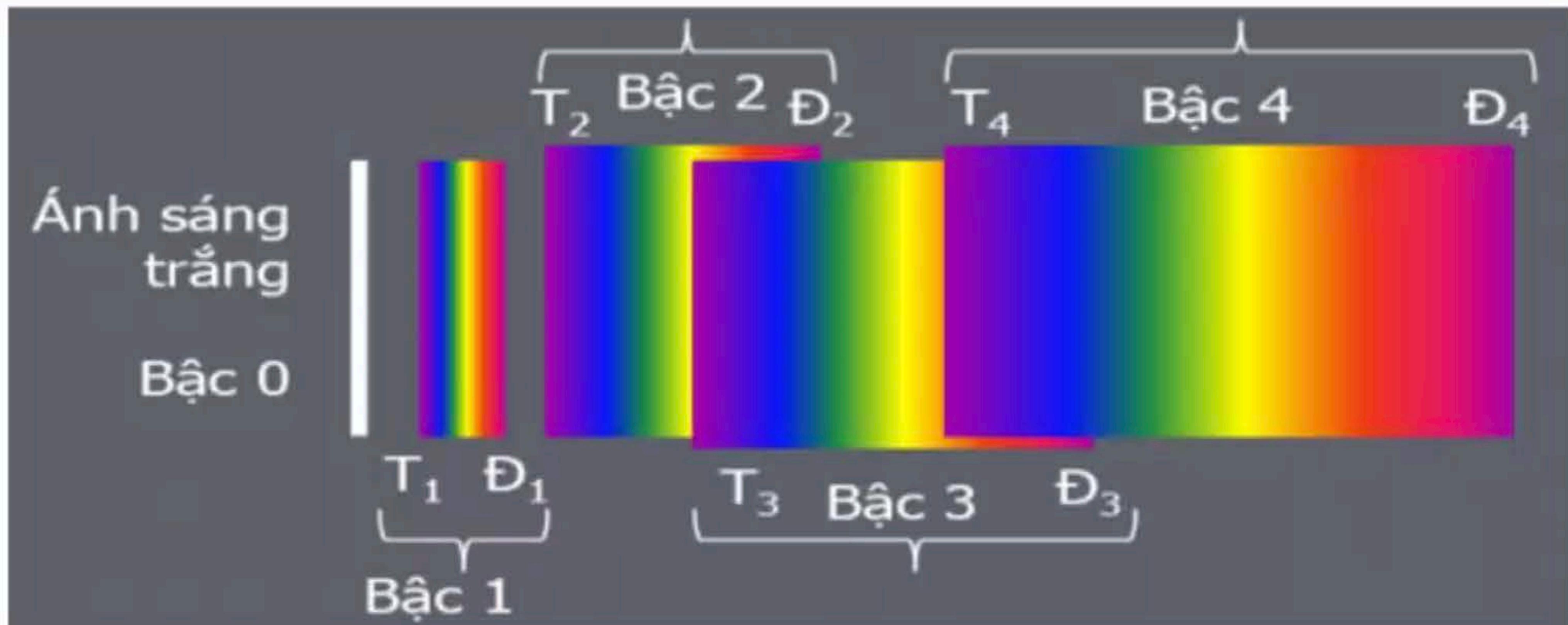


* **Nhiễu xạ của ánh sáng trắng qua cách tử:**

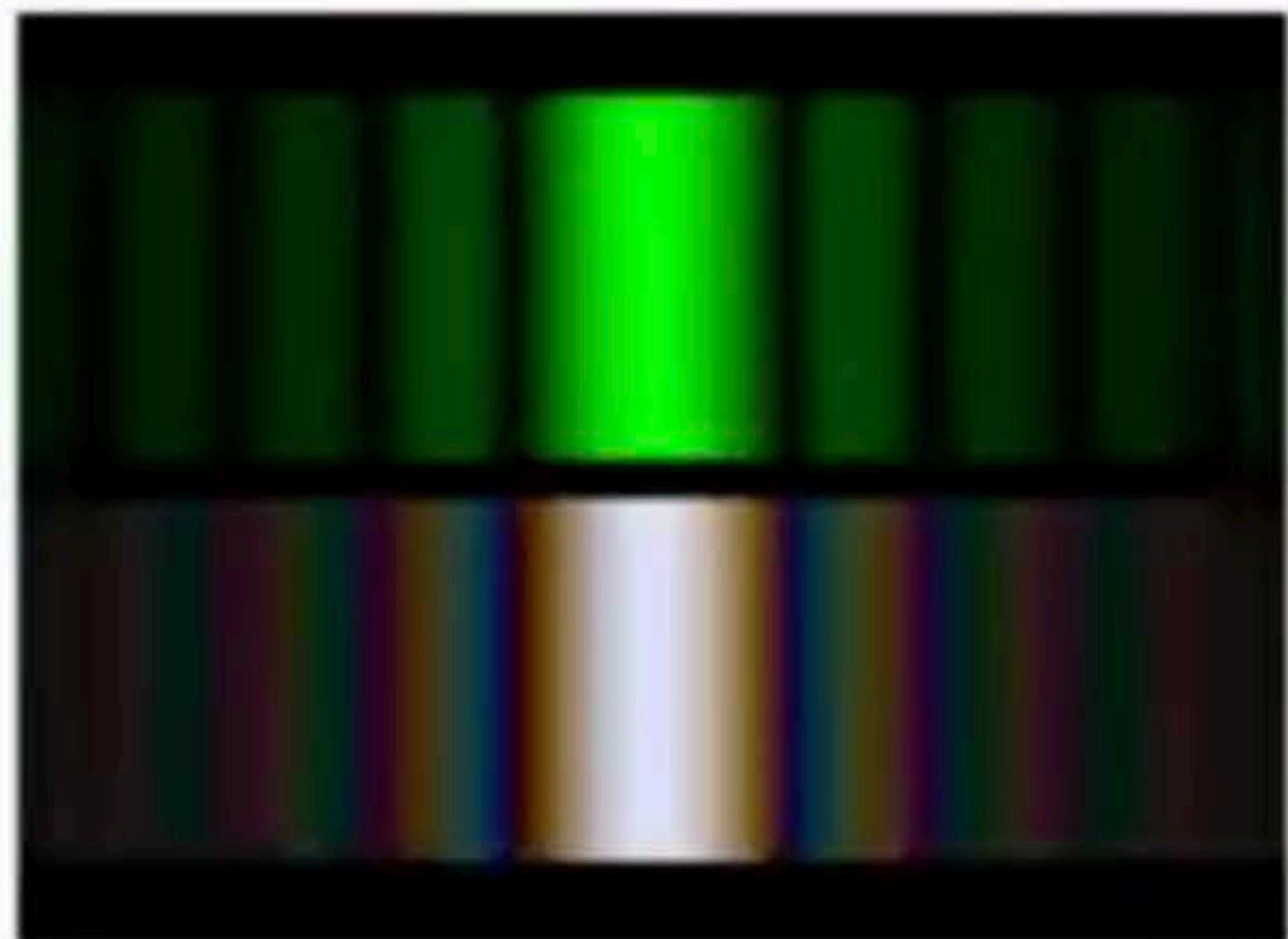
Mỗi đơn sắc của ánh sáng trắng tạo nên một hệ thống các cực đại chính ứng với các giá trị m khác nhau:

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d} \quad \text{với } m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

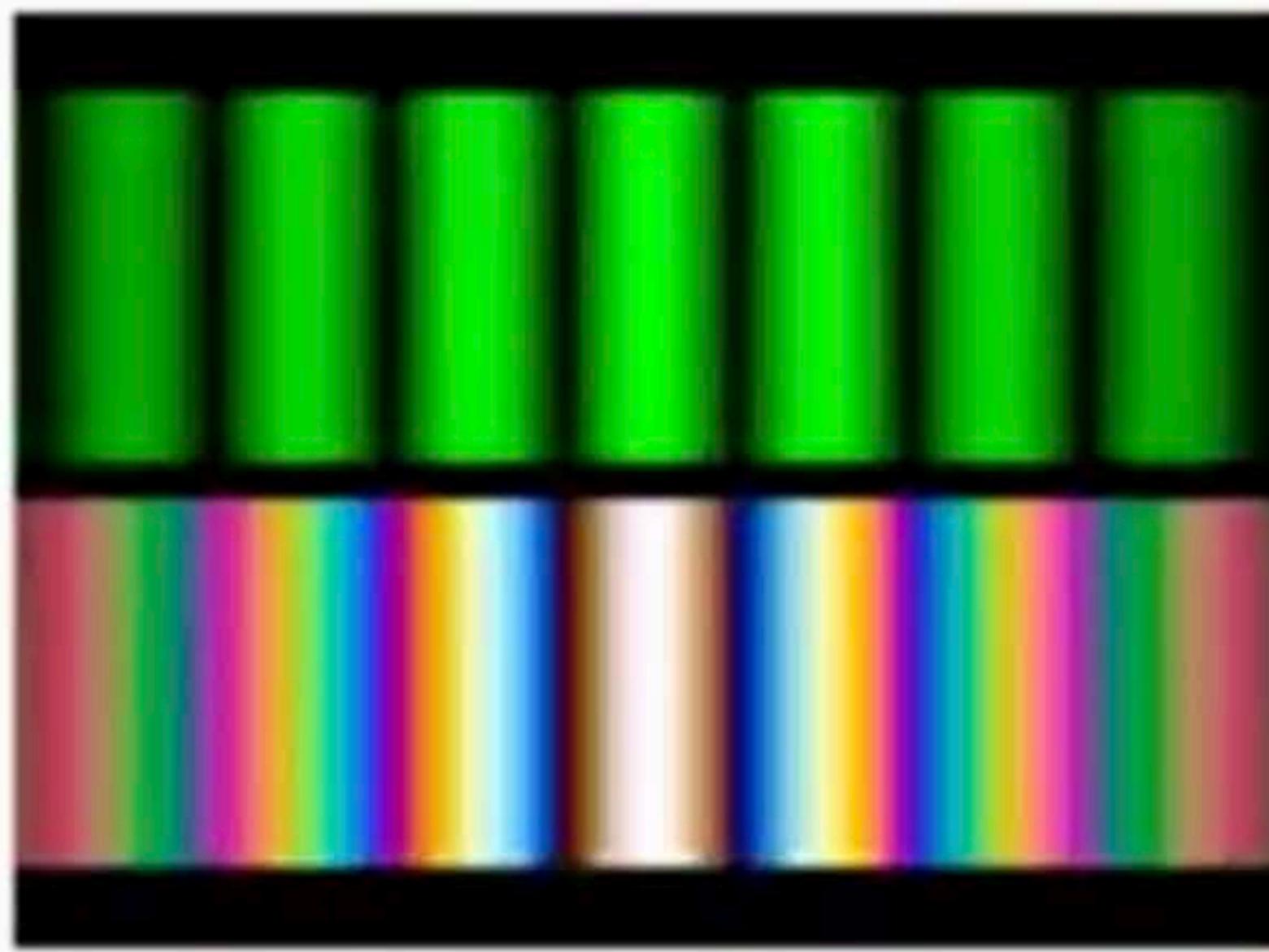
Tập hợp các cực đại chính có cùng giá trị m tạo nên một quang phổ bậc m .



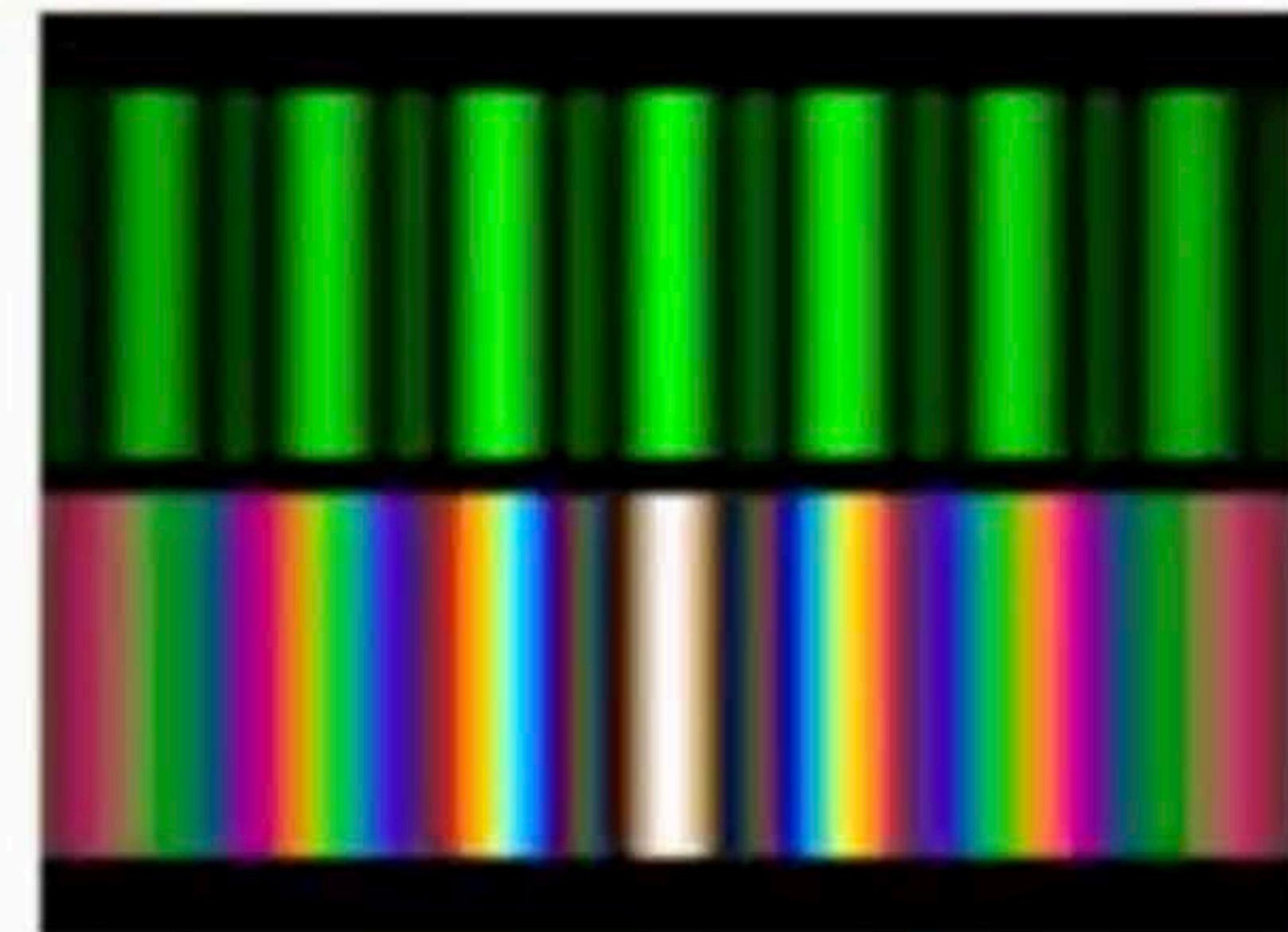
4.2. Nhiễu xạ qua cách tử phẳng



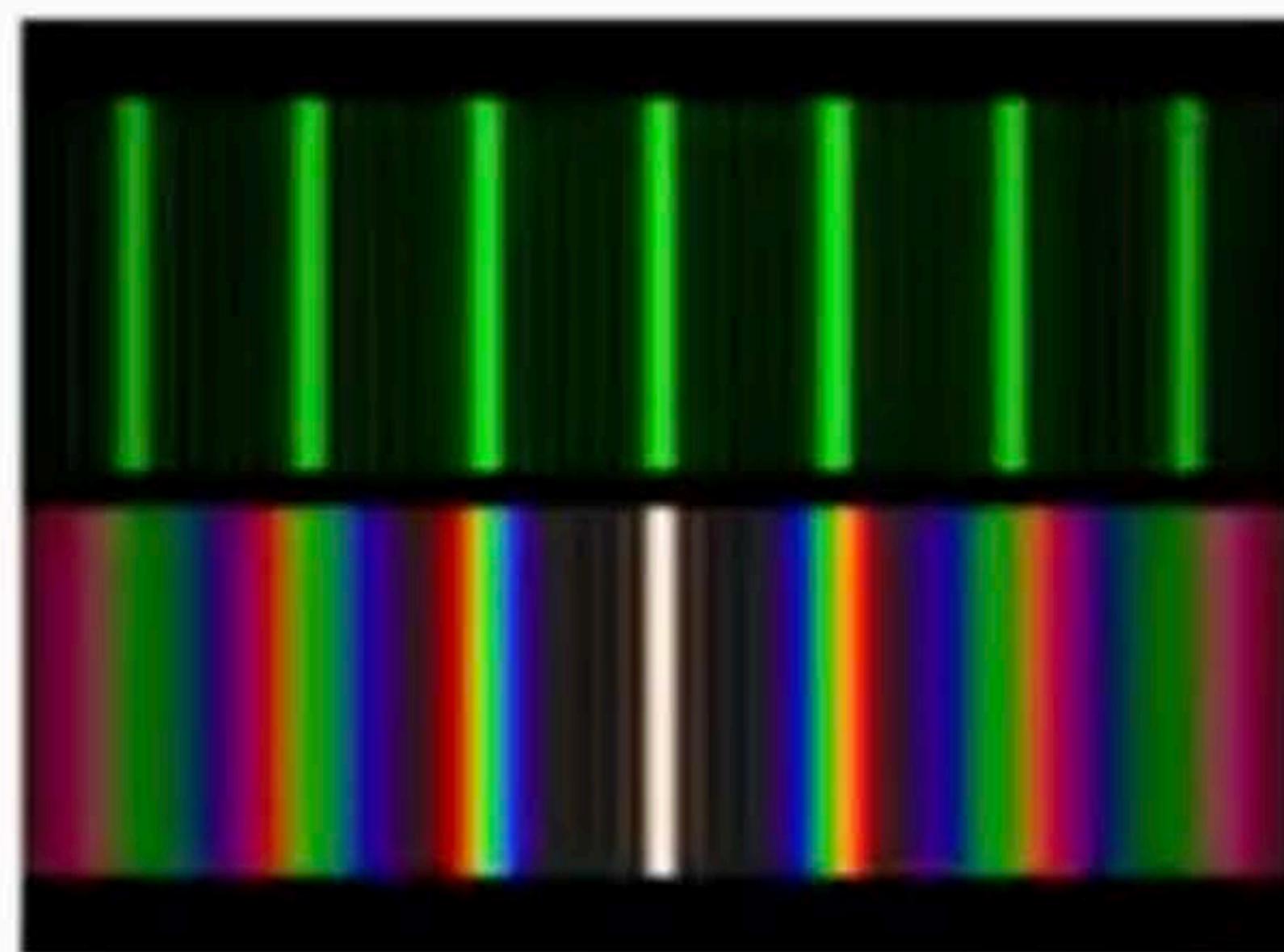
1 khe



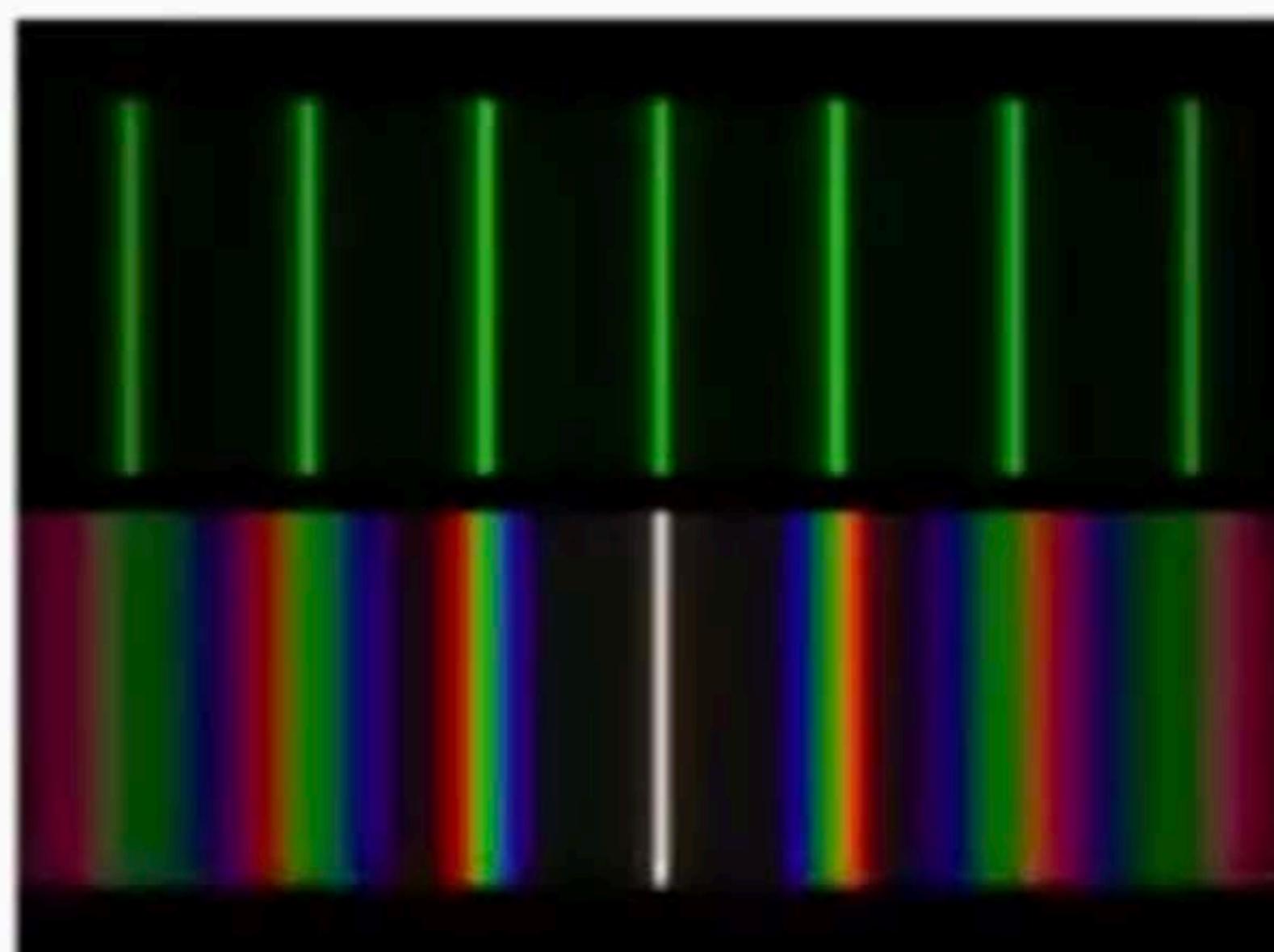
2 khe



3 khe



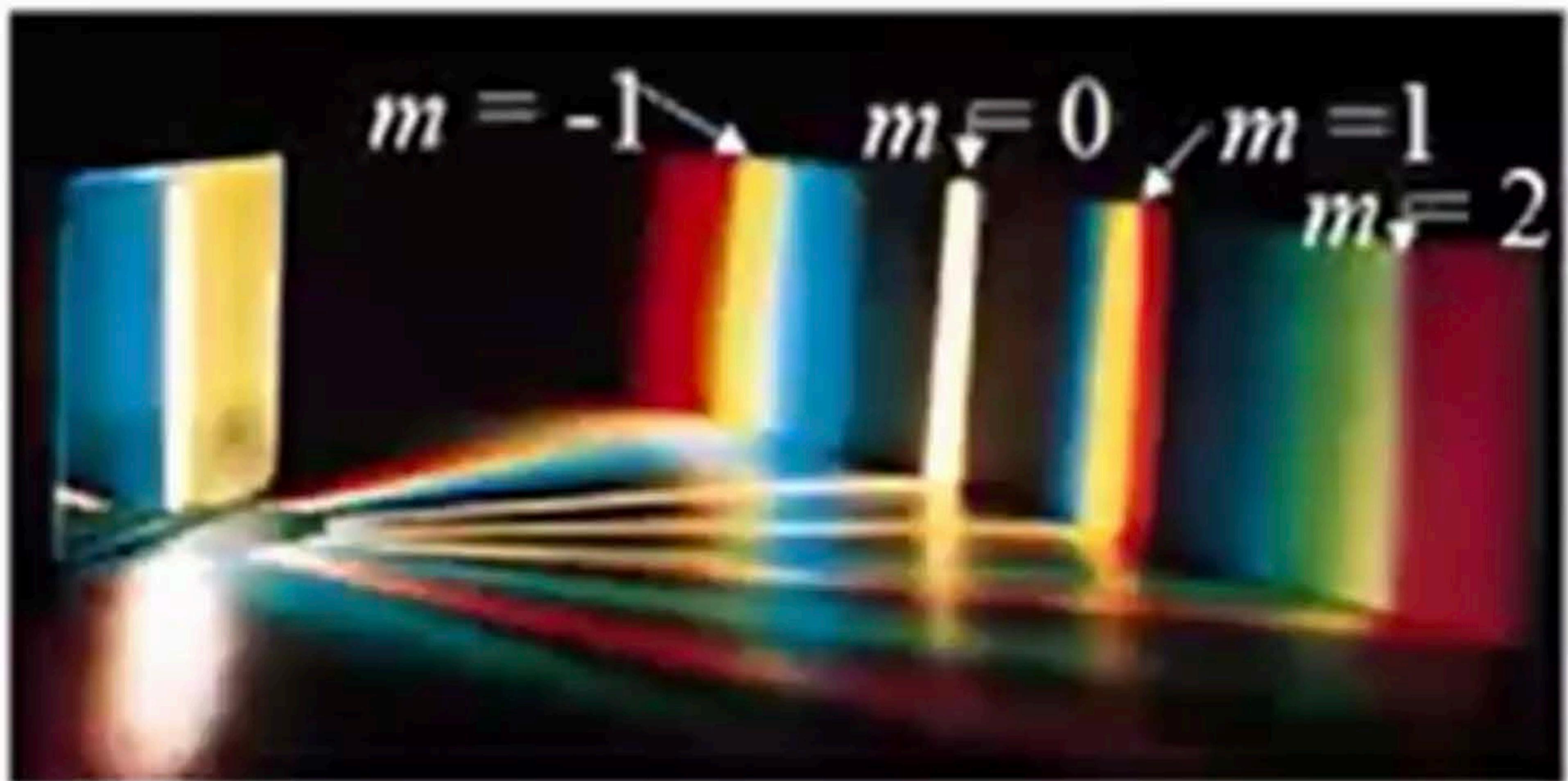
7 khe



15 khe

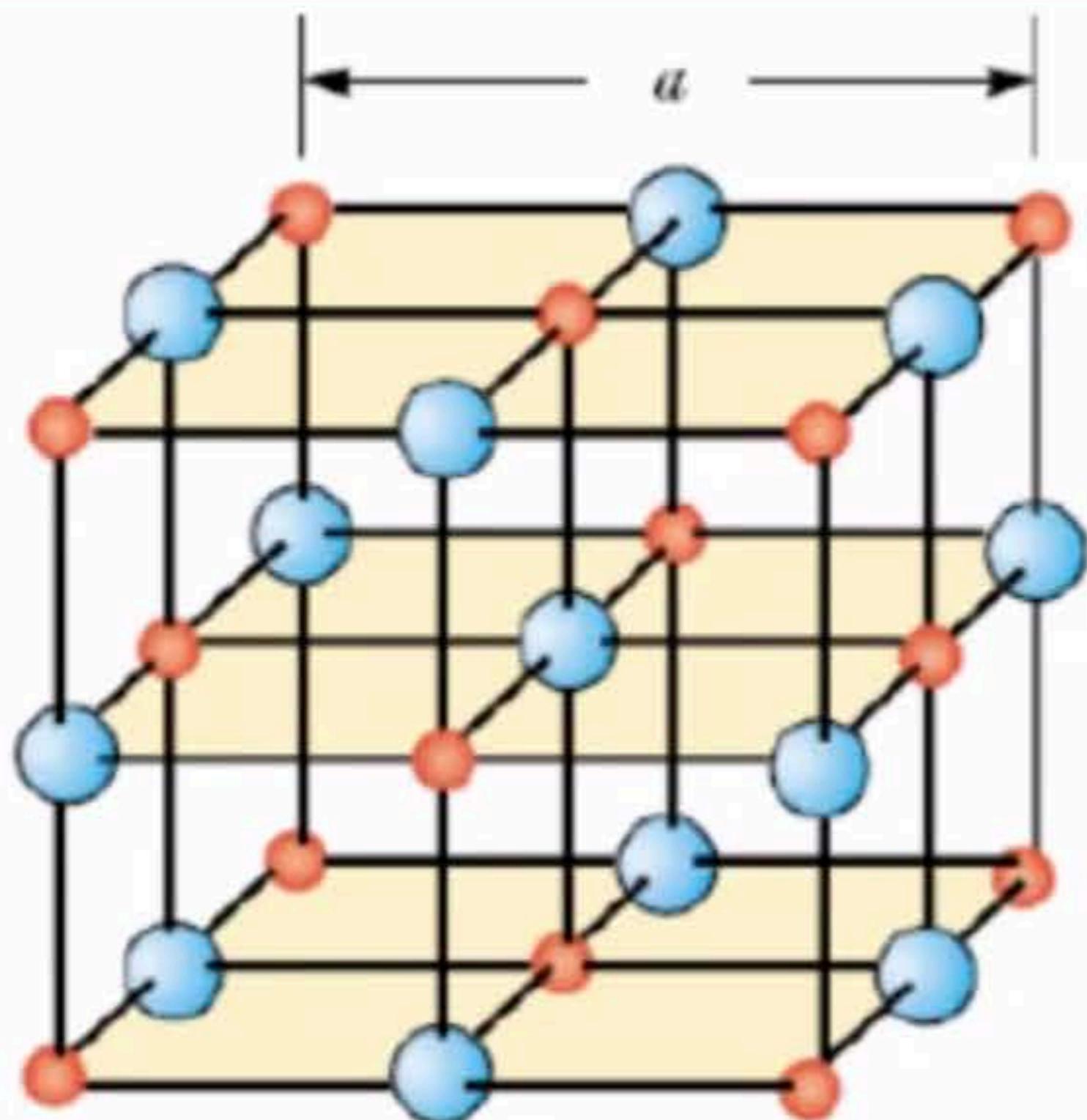
3. Ứng dụng

Cách tử phẳng có thể dùng để đo bước sóng ánh sáng, ứng dụng trong máy đơn sắc...

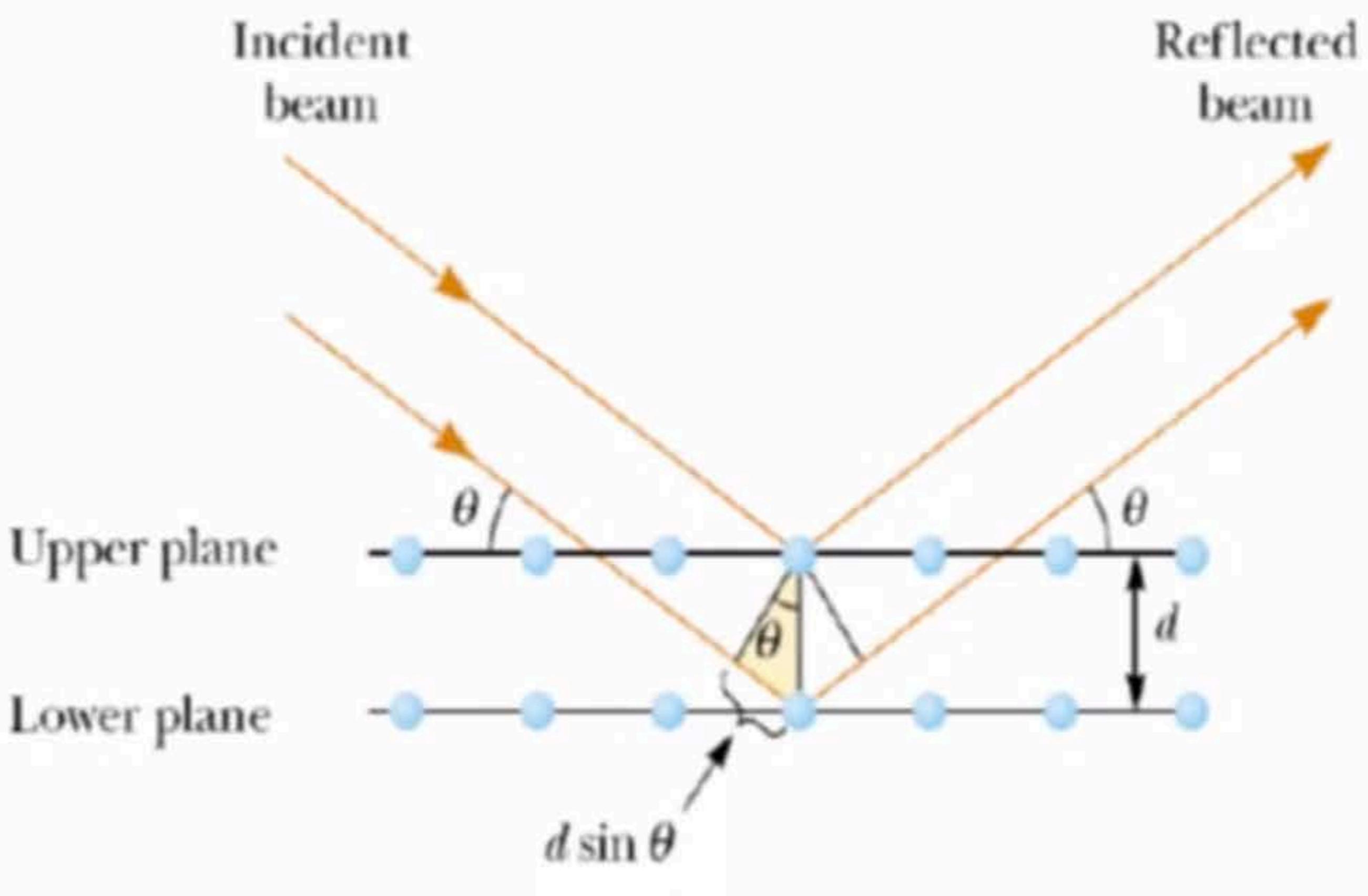


3. Ứng dụng

* Nhiễu xạ trên tinh thể:



(d: chu kì mạng tinh thể)



Nếu hai tia nhiễu xạ kế tiếp có

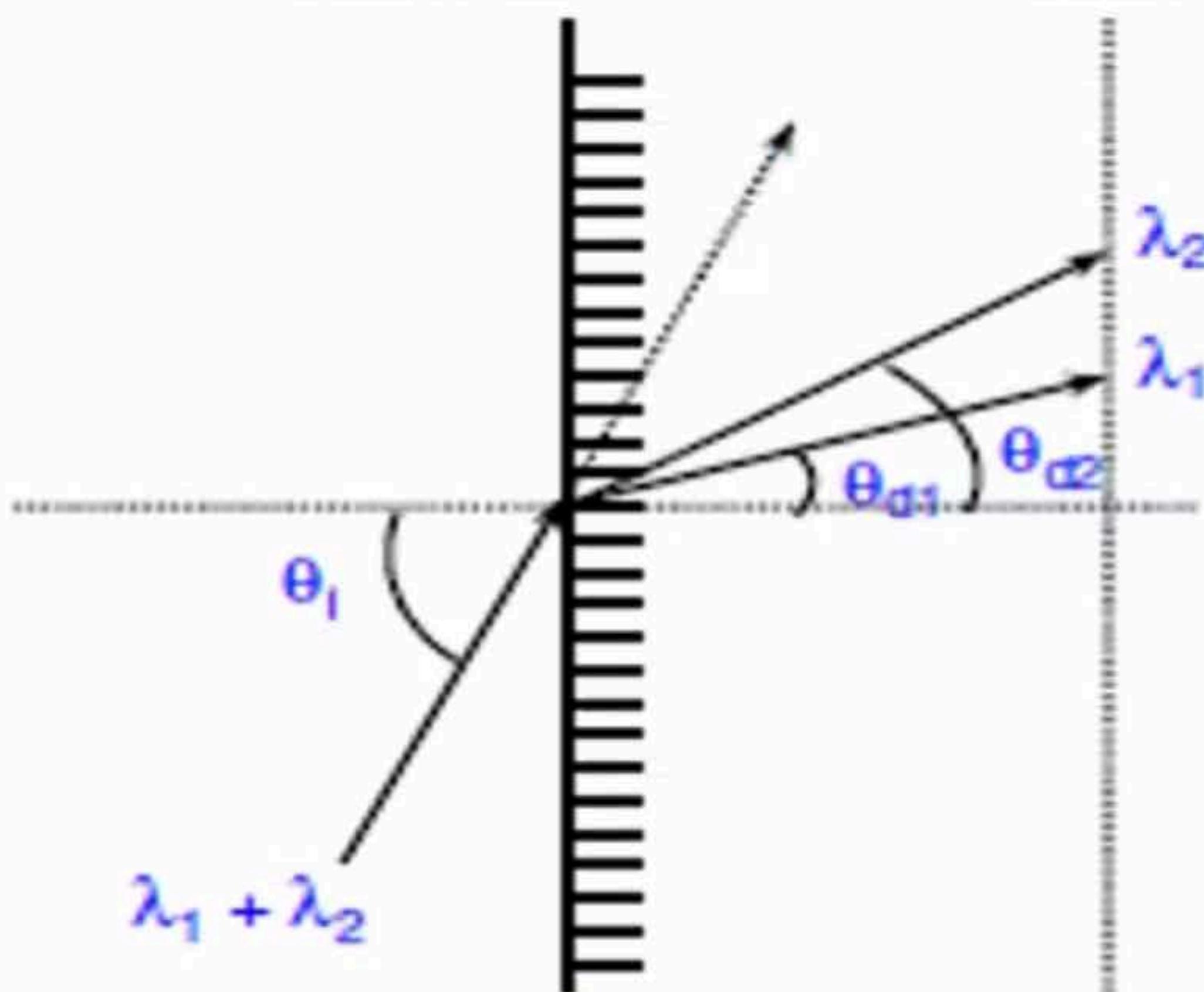
$$\Delta L = 2d \sin \varphi = k\lambda \Leftrightarrow \sin \varphi = k \frac{\lambda}{2d}$$

→ **công thức Vulf-Bragg**

⇒ Nếu biết λ của tia Röntgen và đo φ ta có thể xác định được d của mạng tinh thể.

3. Ứng dụng

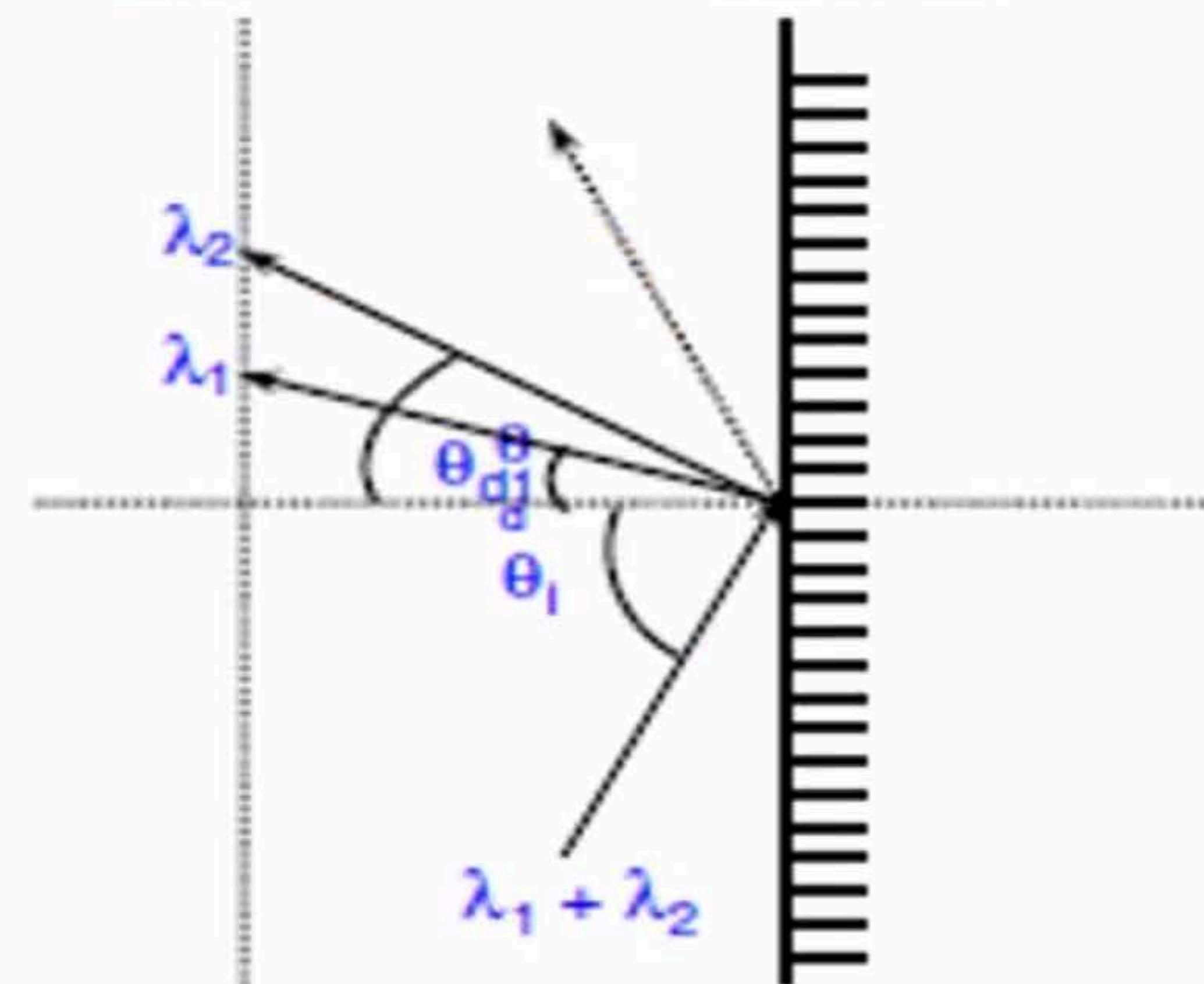
Mặt phẳng
cách tử



Mặt phẳng
ảnh

Mặt phẳng
ảnh

Mặt phẳng
cách tử





- 1) Nguyên lí Huygens-Fresnel; Định nghĩa và các tính chất của đói cầu Fresnel.**
- 2) Dùng phương pháp đói cầu Fresnel, giải thích hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng qua lỗ tròn nhỏ. Xét các trường đặc biệt.**
- 3) Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ của sóng ánh sáng phẳng chiếu vuông góc qua một khe hẹp. Tìm điều kiện cực đại, cực tiểu nhiễu xạ. Vẽ ảnh nhiễu xạ (phân bố cường độ sáng) của hiện tượng đó.**
- 4) Khảo sát hiện tượng nhiễu xạ của sóng ánh sáng phẳng chiếu vuông góc tới cách tử phẳng truyền qua, Vẽ ảnh nhiễu xạ (phân bố cường độ sáng) của hiện tượng đó.**

Bài tập 1

Chiếu một chùm tia sáng song song bước sóng $\lambda = 0,5\mu\text{m}$ thẳng góc với lỗ tròn có bán kính $h = 1\text{mm}$. Sau lỗ có đặt một màn ảnh. Xác định khoảng cách giữa màn và lỗ để tâm M của hình nhiễu xạ trên màn là tối nhất.



Bài tập 2

Chiếu một chùm tia sáng song song $\lambda = 0,6\mu\text{m}$ thẳng góc với một khe chữ nhật hẹp có bẽ rộng bằng 0,1mm. Ngay phía sau khe có đặt một thấu kính hội tụ L. Hãy xác định bẽ rộng của vân cực đại giữa trên màn, biết rằng màn cách thấu kính 1m.



Bài tập 3



Chùm tia sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda=0,46\mu\text{m}$ chiếu vuông góc vào khe hẹp hình chữ nhật bẽ rộng 0,25mm. Ngay sau khe hẹp đặt một thấu kính có tiêu cự $f = 1,3\text{m}$ để hội tụ chùm tia nhiễu xạ qua khe. Đặt màn chắn sáng trùng với tiêu diện chính của thấu kính. Xác định bẽ rộng của:

a) Cực đại nhiễu xạ trung tâm.

b) Cực đại nhiễu xạ thứ nhất.

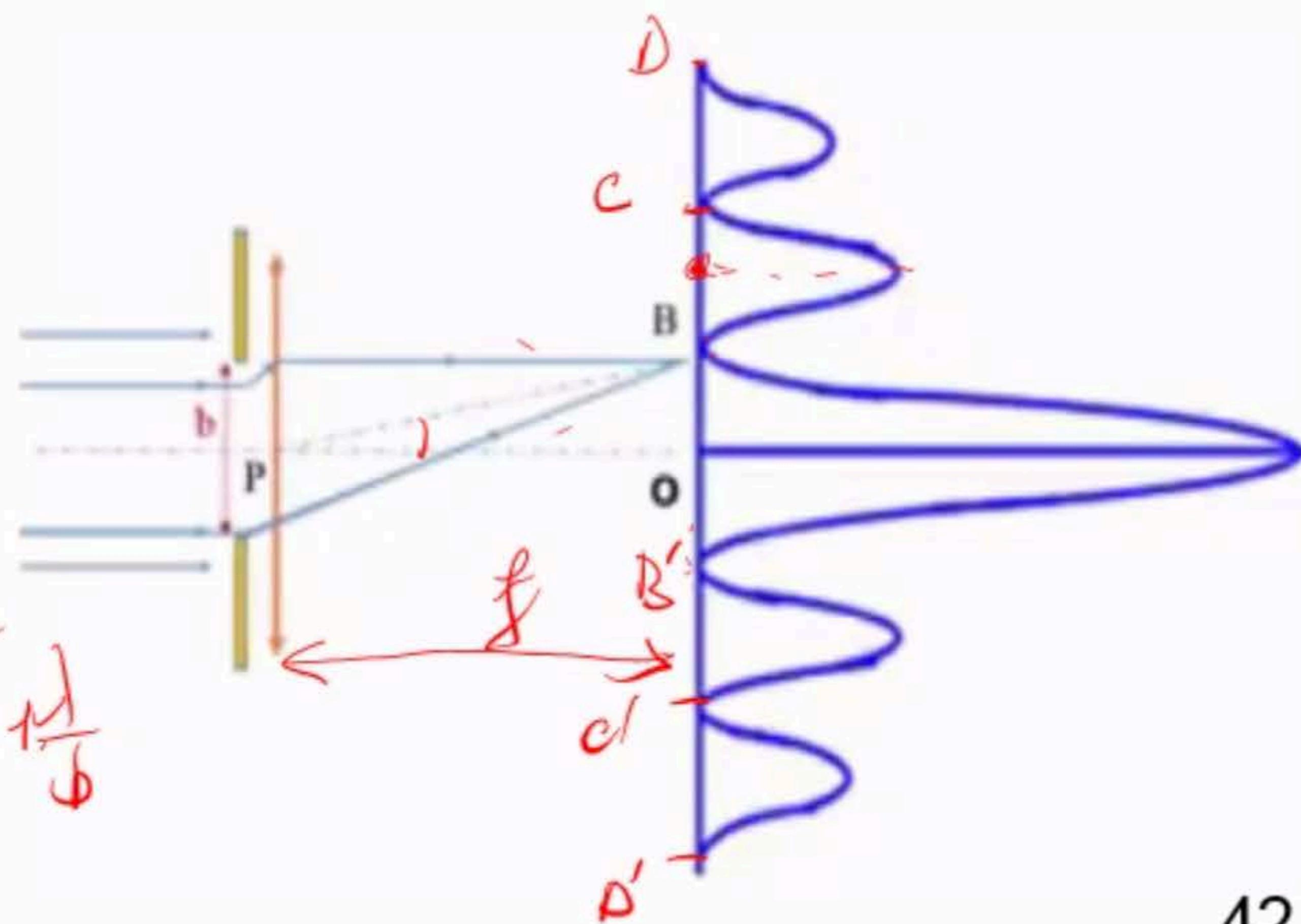
$$\text{Điều kiện tiêu nh. xạ: } \sin \varphi = k \frac{d}{b}$$

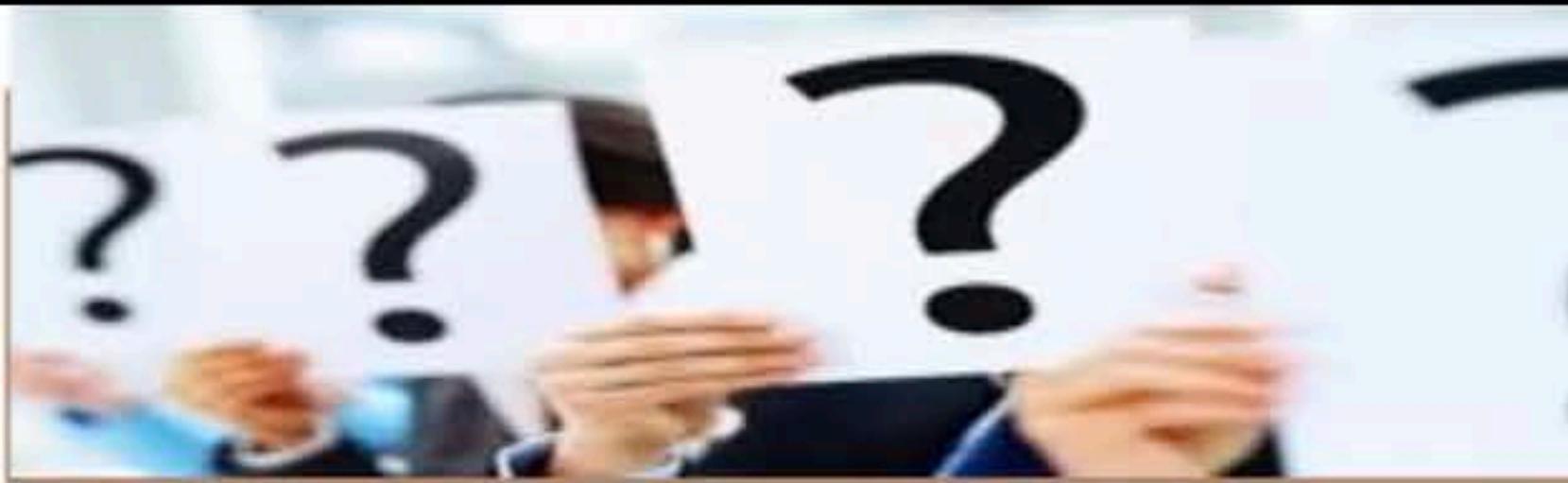
$$\text{a) Độ rộng ct giao: } BB' = 2OB = 2 \cdot f \cdot \tan \varphi_L \approx 2 \cdot f \cdot \frac{d}{b}$$

$$\approx 2 \cdot f \cdot \sin(\varphi_L) \approx 2f \cdot \frac{d}{b}$$

BC

10/13/2021

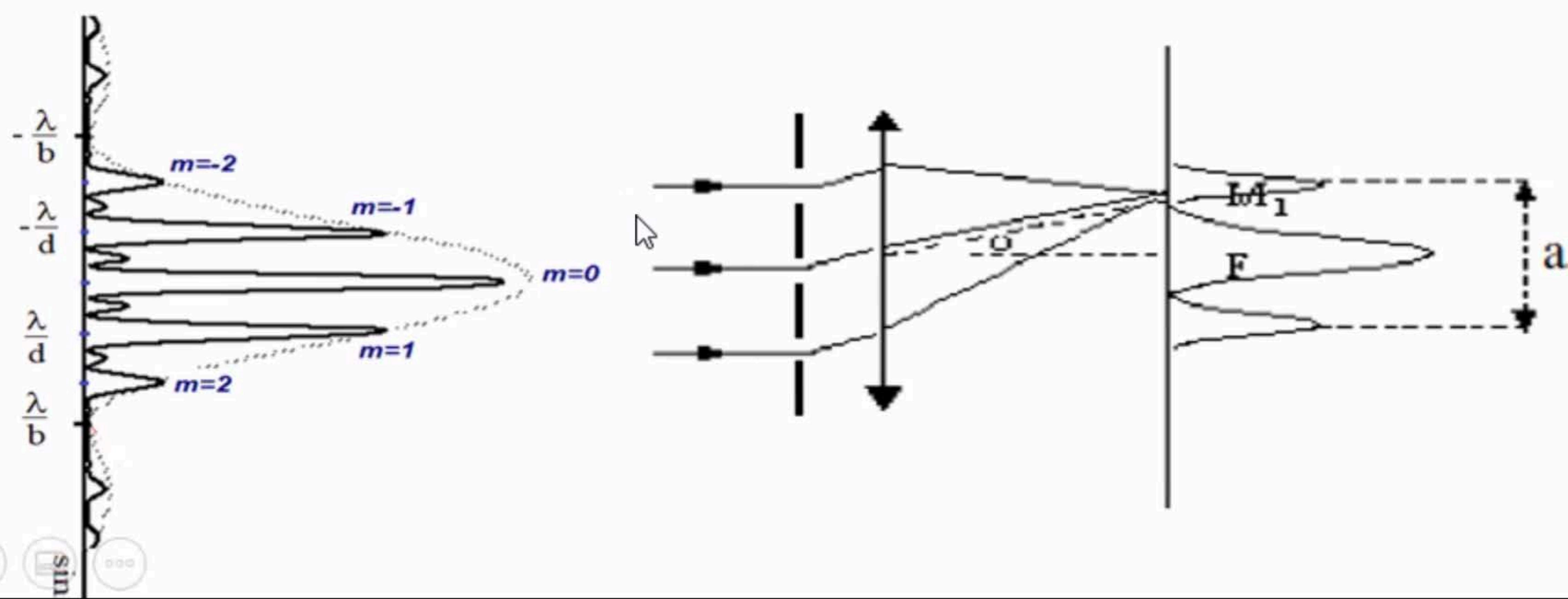




Bài tập 4

Cho một chùm tia sáng đơn sắc song song có bước sóng $\lambda = 0,5\mu\text{m}$, chiếu vông góc với mặt của một cách từ phẳng truyền qua. Ở sát phía sau của cách từ người ta đặt một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 50\text{cm}$. Khi đó trên màn quan sát đặt tại mặt phẳng tiêu của thấu kính, hai vạch quang phổ bắc nhắt cách nhau một khoảng $a = 10.1\text{cm}$. Xác định:

- Chu kỳ cách từ và số khe trên 1cm chiều dài của cách từ.
- Số vạch cực đại chính trong quang phổ nhiễu xạ.



Bài thí nghiệm 2

Xác định bước sóng ánh sáng bằng nhiễu xạ qua cách tử phẳng

