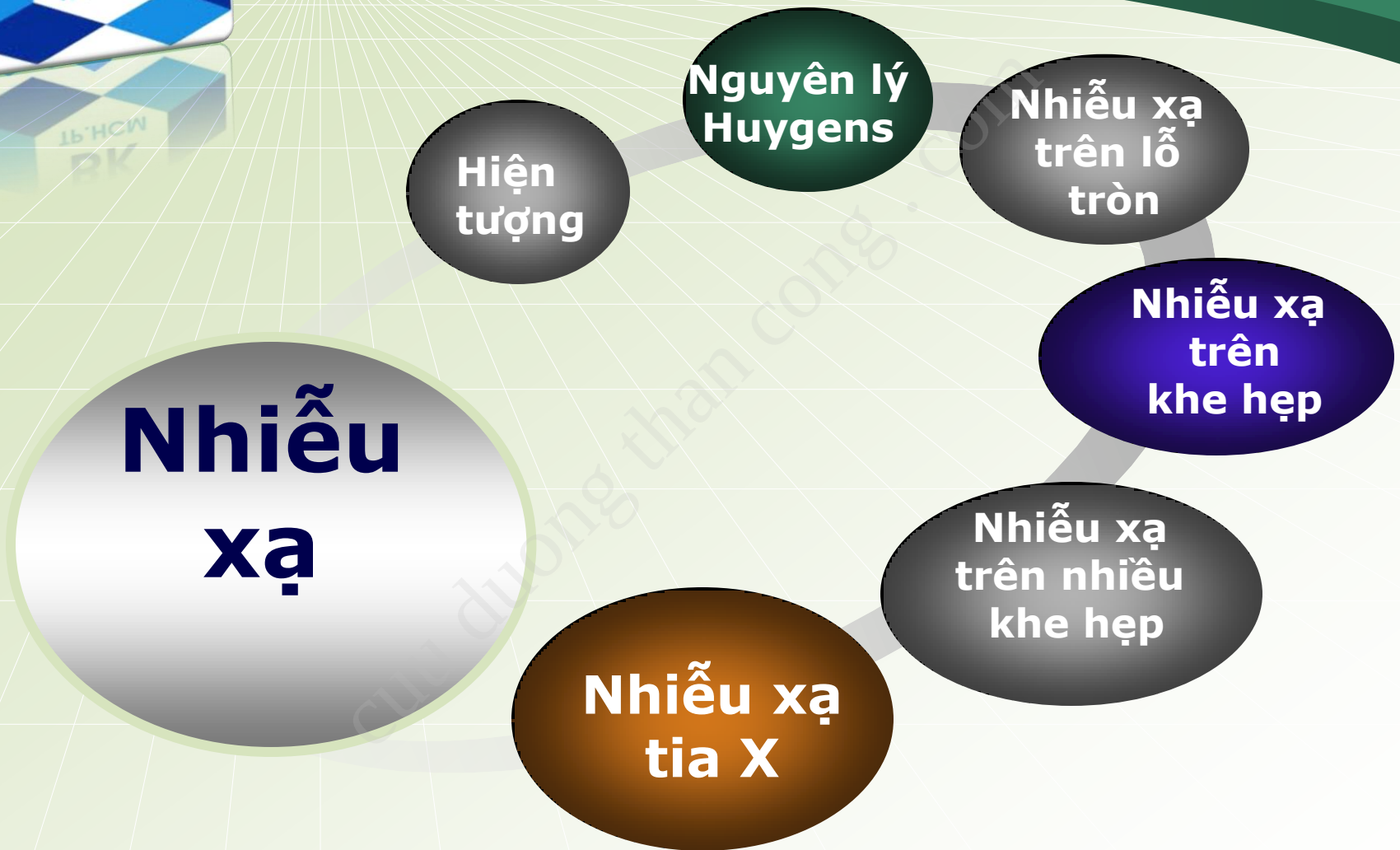




Chương 3b: Nhiễu xạ





1. Hiện tượng nhiễu xạ

1a. Hiện tượng nhiễu xạ

- Nhiễu xạ là hiện tượng sóng đi vòng qua vật cản;
- Sau đó các phần khác nhau của sóng giao thoa ở phía sau vật cản, tạo nên những vùng sóng có biên độ cực đại và cực tiểu xen kẽ nhau.



1. Hiện tượng nhiễu xạ

Lỗ tròn

Đĩa tròn

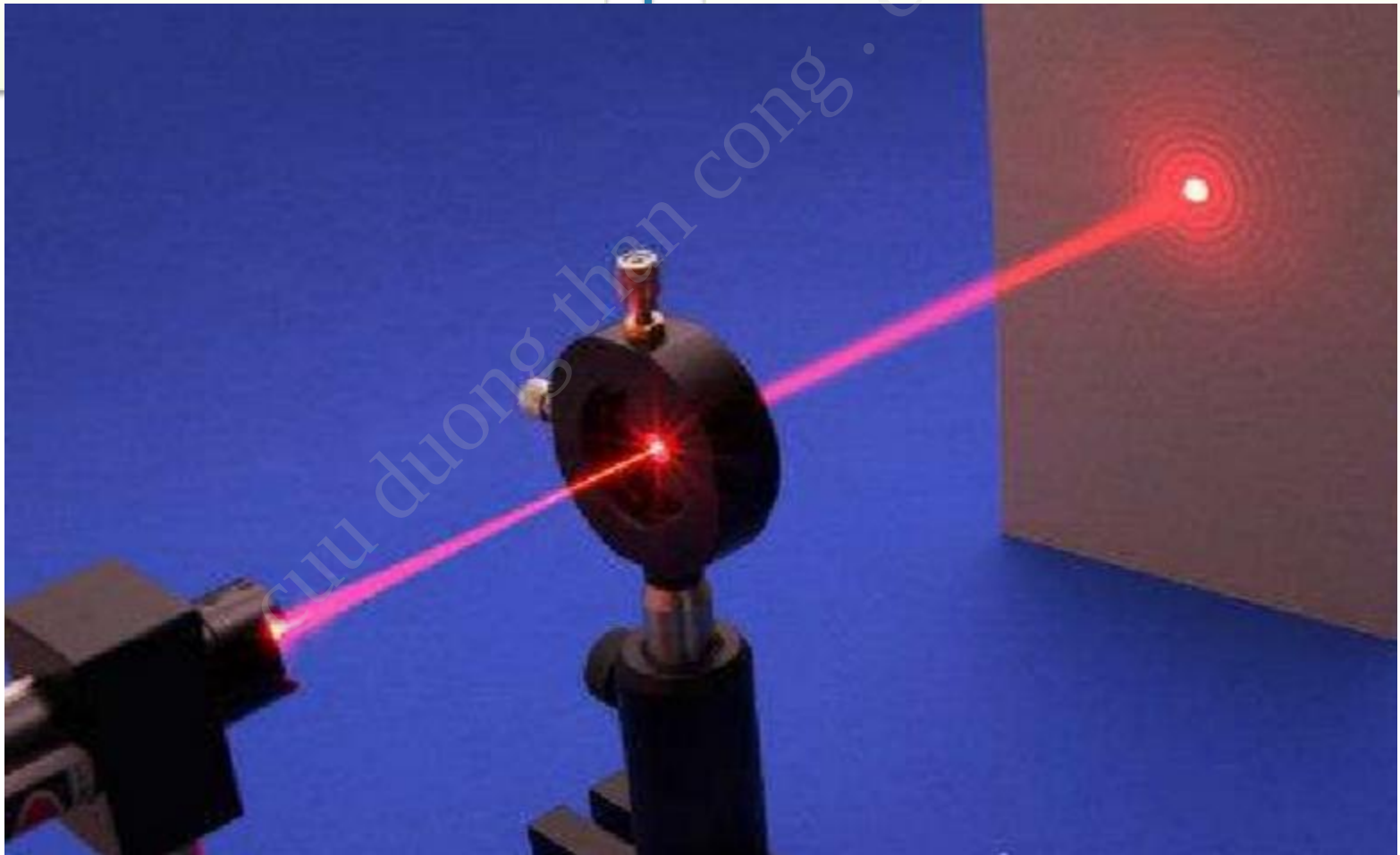
Một khe

Nhiều khe

1. Hiện tượng nhiễu xạ

Lỗ tròn

Một khe



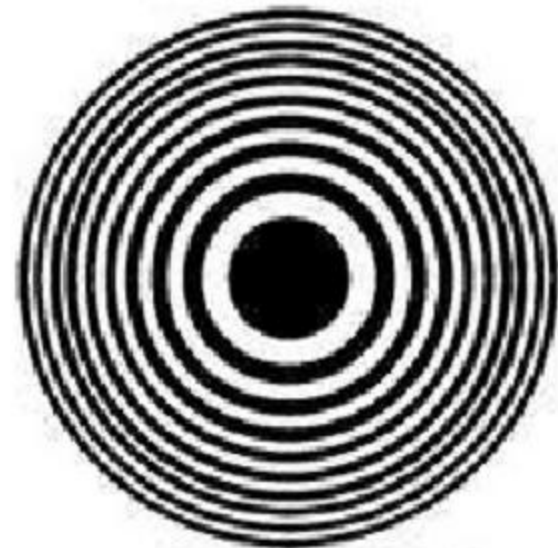
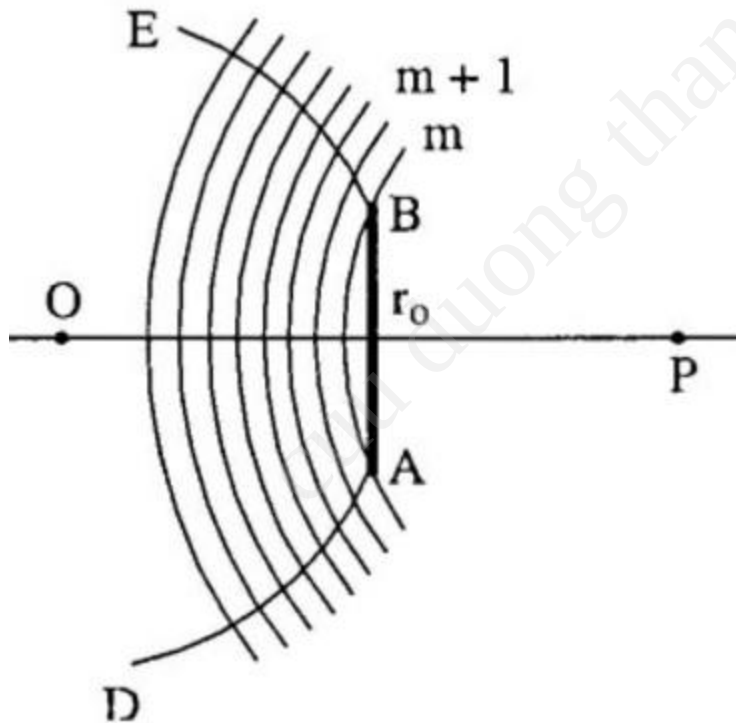
1. Hiện tượng nhiễu xạ

Lỗ tròn

Đĩa tròn

Một khe

Nhiều khe



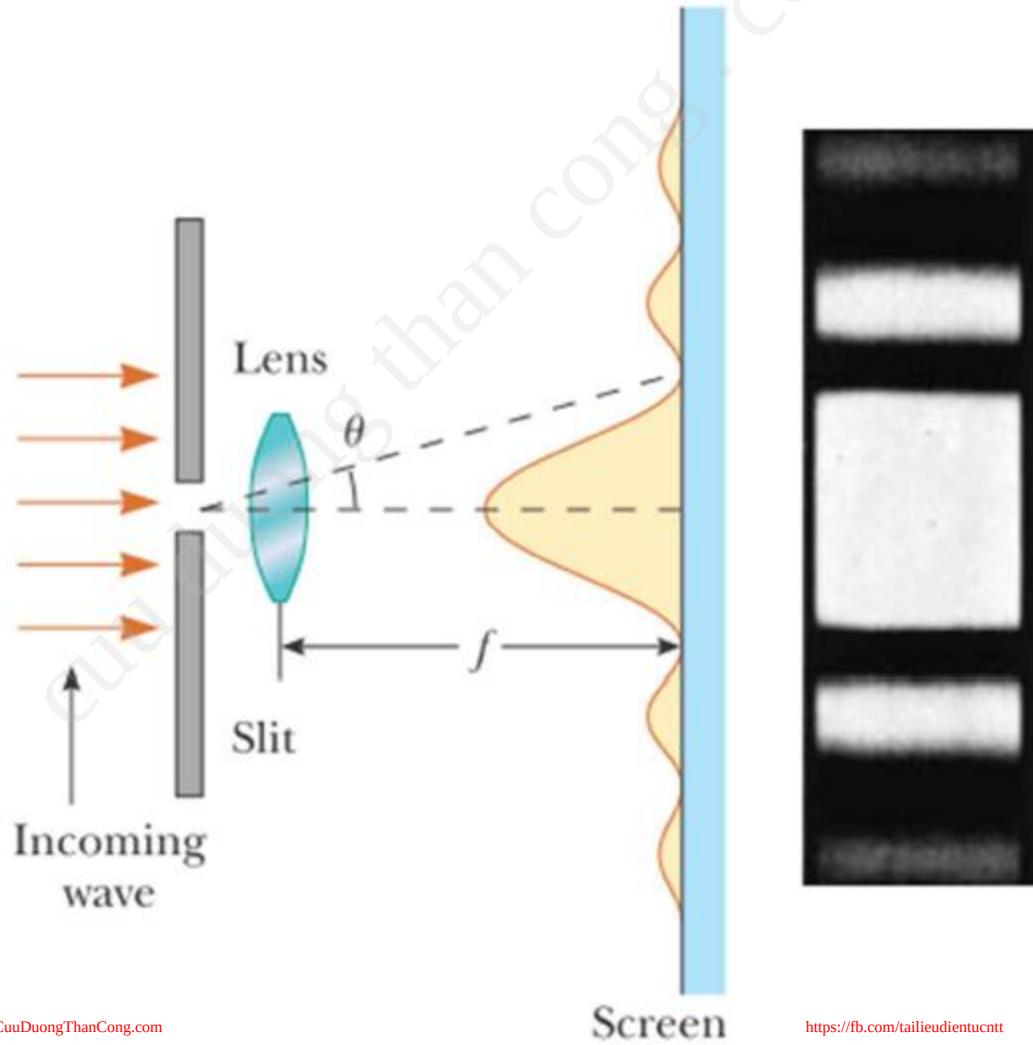
1. Hiện tượng nhiễu xạ

Lỗ tròn

Một khe

Đi

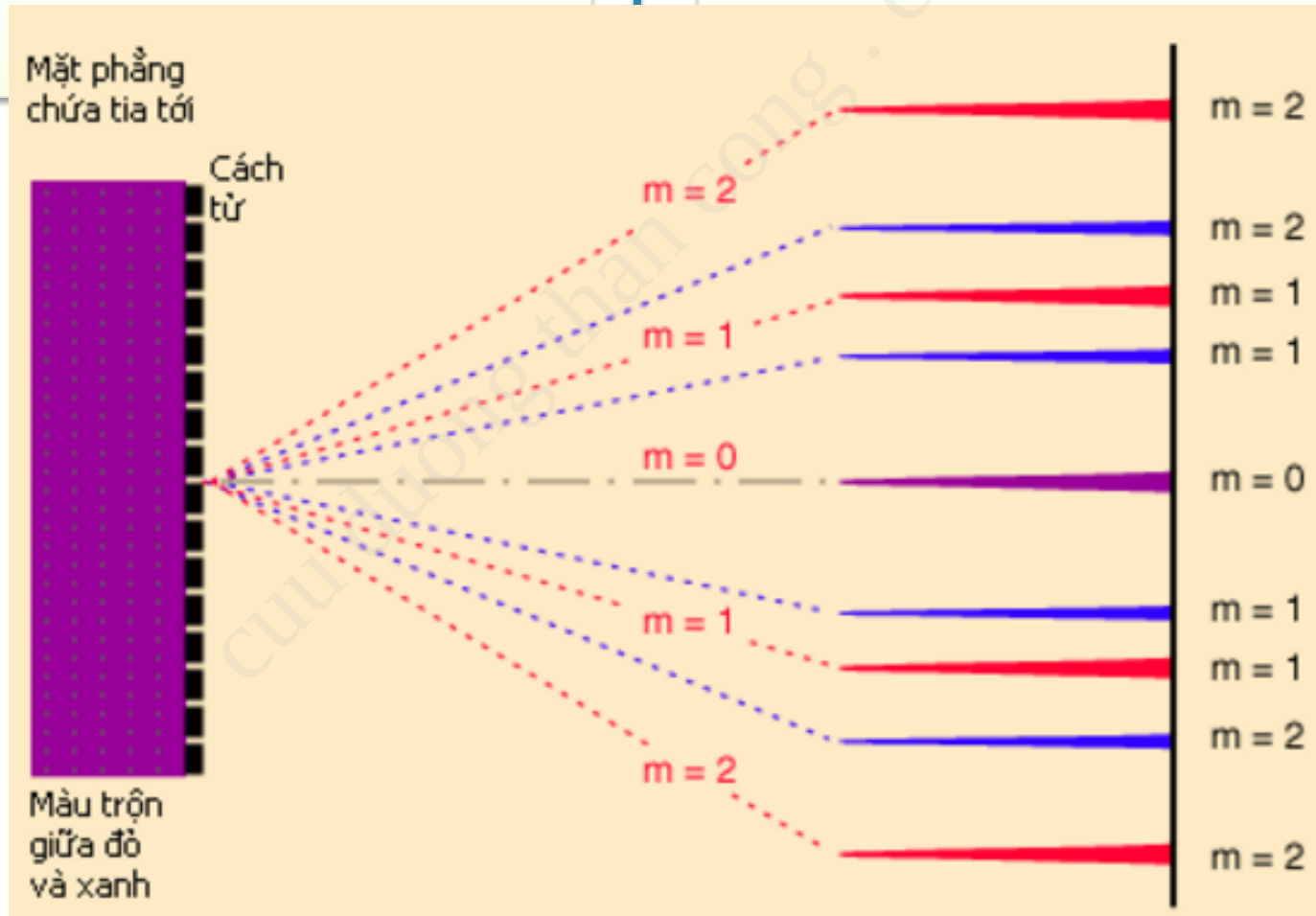
e



1. Hiện tượng nhiễu xạ

Lỗ tròn

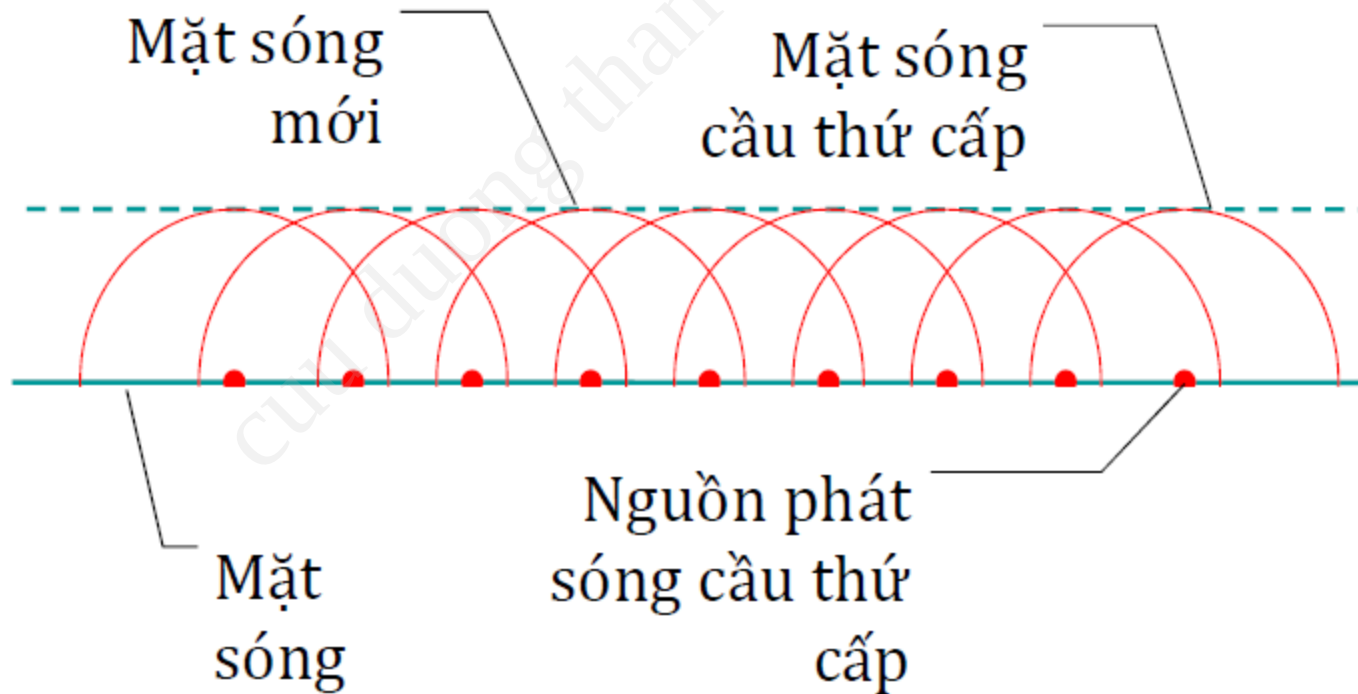
Một khe





2. Nguyên lý Huygens

- Mỗi điểm mà một mặt sóng đạt tới đều có thể coi là một nguồn phát sóng cầu thứ cấp;
- Hình bao của các mặt sóng cầu thứ cấp đó lại là một mặt sóng mới (Minh họa).





3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn

3a. Hiện tượng

3b. Phương pháp đo cầu Fresnel

3a. Tính chất đo cầu Fresnel

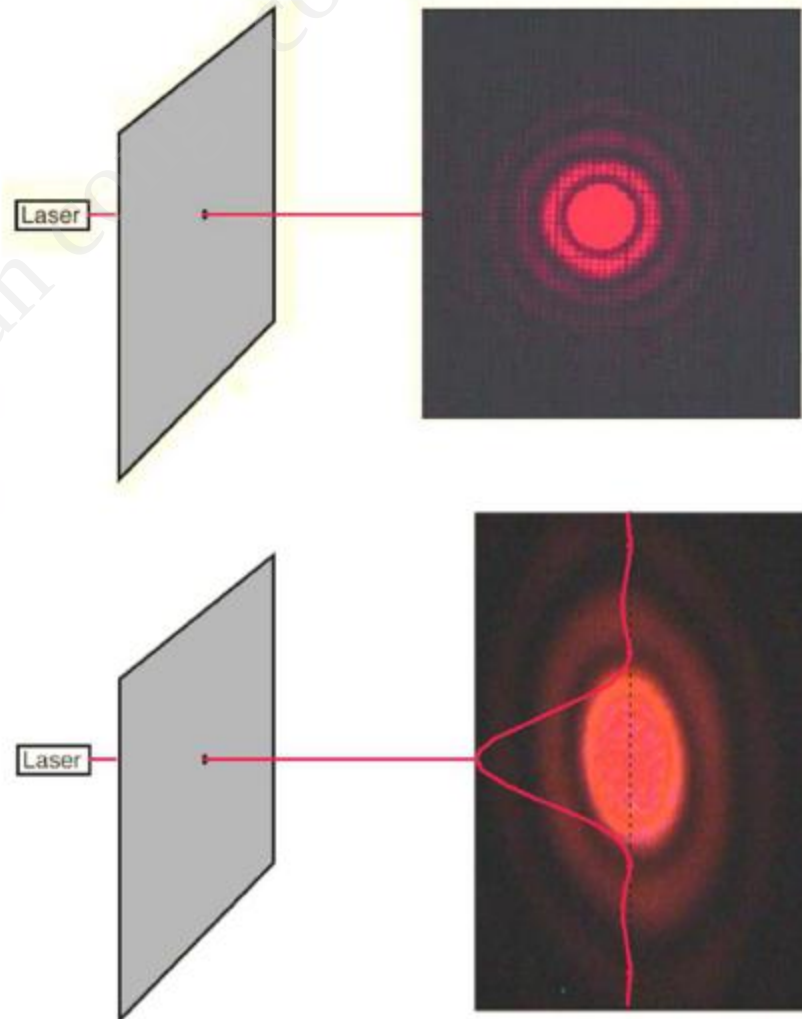
3a. Sóng thứ cấp phát từ đo cầu Fresnel

3a. Biên độ tổng hợp khi không có màn chắn

3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn

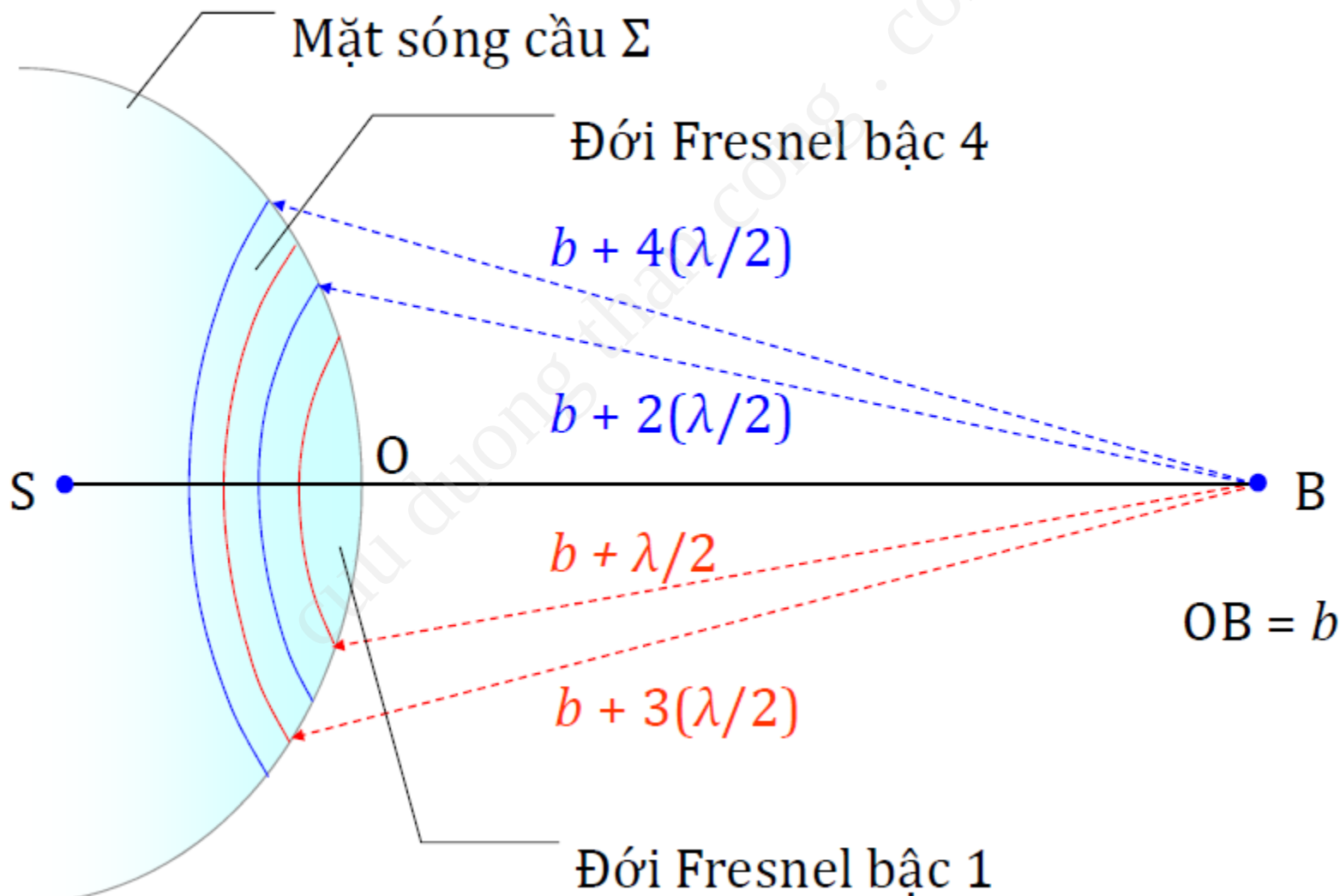
3a. Nhiễu xạ qua lỗ tròn: hiện tượng

- Dùng ánh sáng đơn sắc phẳng hay cầu.
- Vân tròn, tâm trên trục của lỗ.
- Cường độ sáng giảm nhanh khi ra xa tâm ảnh.
- Minh họa.



3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn

3b. Phương pháp đới cầu Fresnel





3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn

3c. Tính chất của các đới Fresnel

- Nếu bậc của các đới không quá lớn thì tất cả đều có diện tích bằng nhau:

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

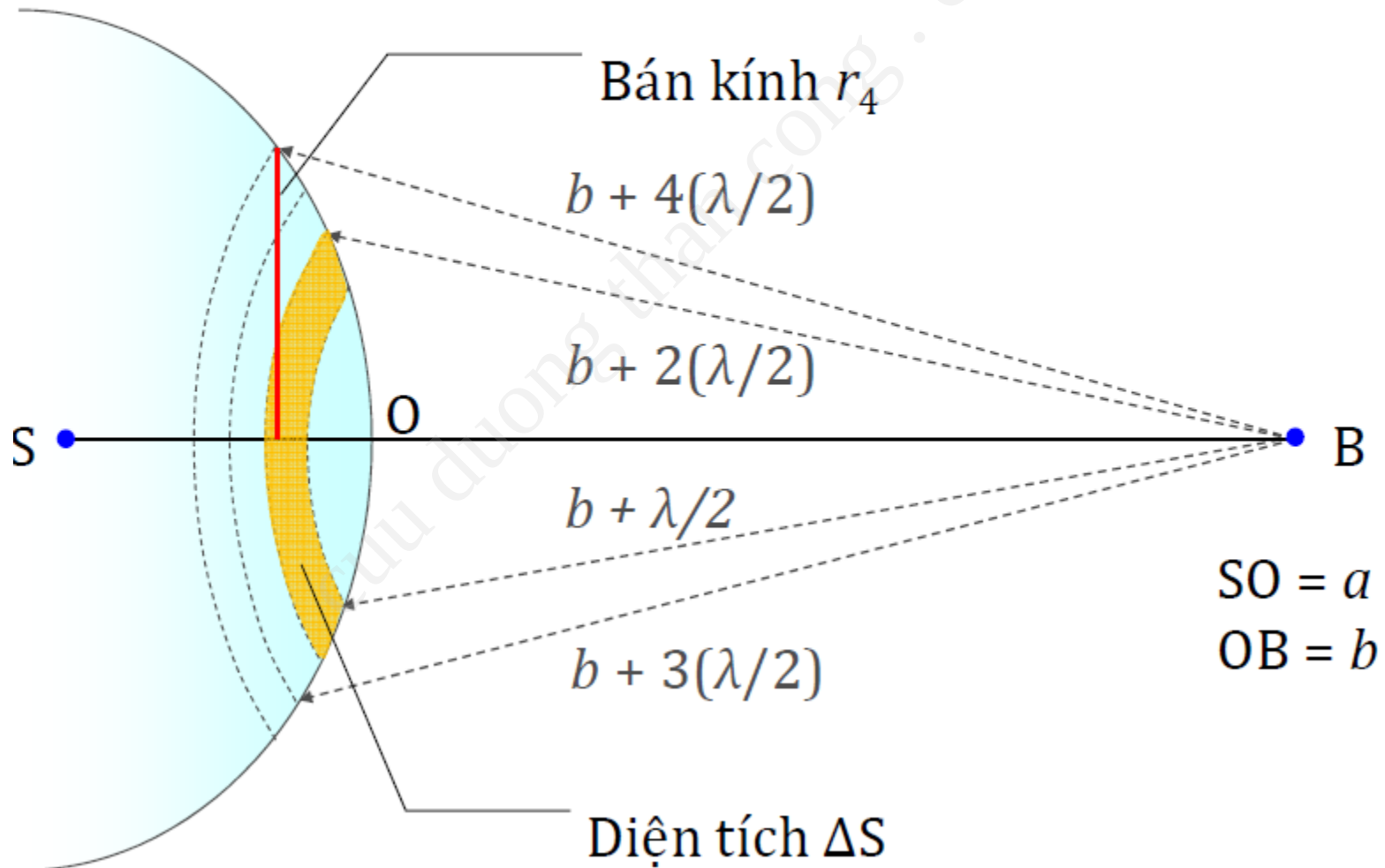
- Với $a = SO$, $b = OB$.
- Bán kính biên ngoài của đới bậc m là:

$$r_m = \sqrt{\frac{mab\lambda}{a+b}}$$



3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn

3c. Tính chất của các đới Fresnel (tt)





3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn

3d. Sóng thứ cấp phát từ các đới Fresnel

- Tại điểm quan sát B sóng thứ cấp phát từ các đới Fresnel có tính chất sau:
- Hai sóng phát ra từ hai đới liên tiếp thì ngược pha nhau,
- vì quang trình của chúng khác nhau một nửa bước sóng.
- Biên độ sóng gần bằng nhau,
- vì các đới có diện tích bằng nhau,
- và khoảng cách truyền thì chỉ thay đổi rất ít.



3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn

3e. Biên độ tổng hợp khi không có màn chắn

- Tất cả các đới Fresnel trên mặt sóng đều gửi sóng đến B, biên độ tổng hợp tại B là:

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \dots$$

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2} \right) + \left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2} \right) + \dots$$

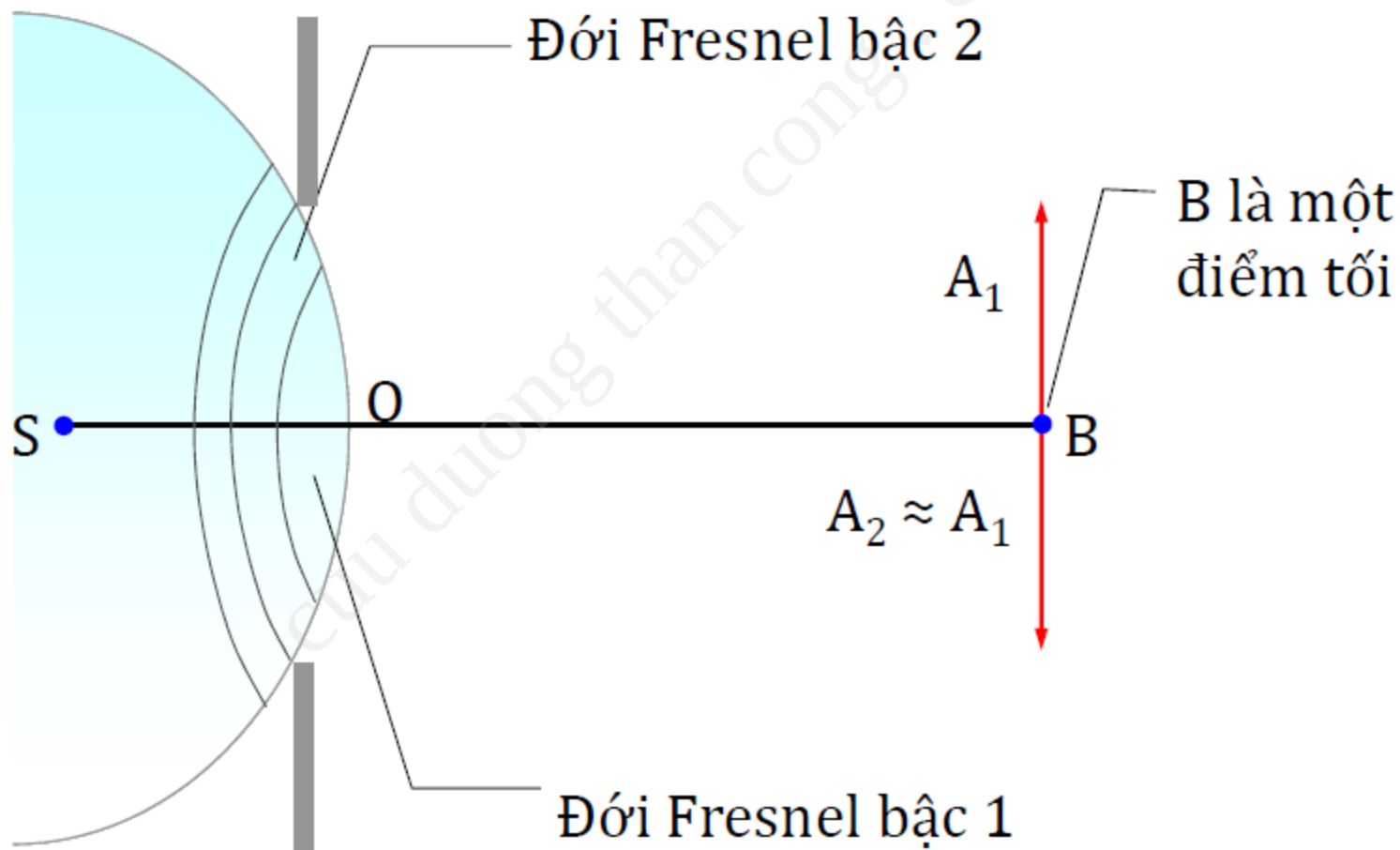
$$A_m \approx \frac{1}{2} (A_{m-1} + A_{m+1})$$

$$A \approx \frac{A_1}{2}$$

Khi không có màn chắn, biên độ tổng hợp bằng một nửa biên độ của đới thứ nhất.

3. Nhiễu xạ qua lỗ tròn

3e. Biên độ tổng hợp khi lỗ nhỏ





3. Nhiều xạ qua lỗ tròn

3e. Biên độ tổng hợp khi lỗ nhỏ (tt)

- Giả sử lỗ tròn nhỏ chỉ cho đi qua 3 đới Fresnel đầu tiên:

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2} \right) + \frac{A_3}{2} \approx \frac{A_1}{2} + \frac{A_3}{2}$$

- Nếu lỗ tròn chỉ cho đi qua 4 đới đầu tiên:

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2} \right) + \frac{A_3}{2} - A_4 \approx \frac{A_1}{2} - \frac{A_4}{2}$$

$$A \approx \begin{cases} \frac{A_1}{2} + \frac{A_m}{2} & m = 1, 3, 5, \dots \\ \frac{A_1}{2} - \frac{A_m}{2} & m = 2, 4, 6, \dots \end{cases}$$

Số lẻ đới đi qua:
cực đại
Số chẵn đới đi
qua: cực tiểu



Ví dụ nhiễu xạ qua lỗ tròn

Chiếu một chùm sáng song song, bước sóng $6.10^{-6}m$ vuông góc với màn chắn có lỗ tròn bán kính $0,6mm$. Điểm M trên trục lỗ cách lỗ một khoảng bao nhiêu thì M sẽ sáng nhất?

$$r_m = \sqrt{\frac{mab\lambda}{a+b}}$$

Do chùm ánh sáng song song nên a rất lớn:

$$r_m \approx \sqrt{\frac{mab\lambda}{a}} = \sqrt{mb\lambda}$$

Điểm M sáng nhất khi cho số lẻ đời cầu qua $\Rightarrow m=1$.

$$b = \frac{r^2}{\lambda}$$



3. Nhiễu xạ qua đĩa tròn

■ Nhiễu xạ qua một đĩa tròn.

- Giả sử đĩa tròn bán kính r_0 che mất m đới Fresnel đầu tiên.
- Biên độ dao động sáng tổng hợp tại điểm M :

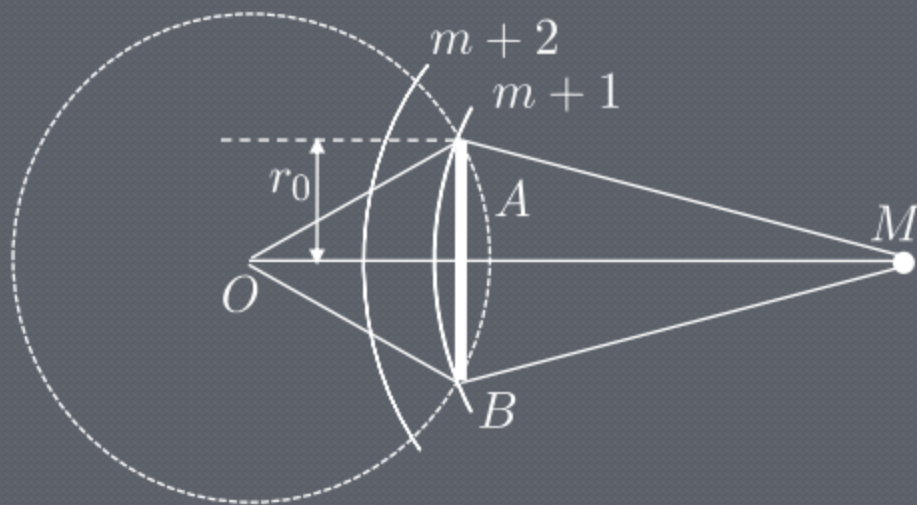
$$\begin{aligned} a &= a_{m+1} - a_{m+2} + a_{m+3} - a_{m+4} + \dots \\ &= \frac{a_{m+1}}{2} + \left(\frac{a_{m+1}}{2} - a_{m+2} + \frac{a_{m+3}}{2} \right) + \dots \end{aligned}$$

$$\text{vì } a_{m+2} = \left(\frac{a_{m+1}}{2} + \frac{a_{m+3}}{2} \right)$$

suy ra:

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

- Nếu đĩa che mất nhiều đới thì cường độ sáng tại M thực tế bằng không.





4. Nhiễu xạ trên khe hẹp

4a. Hiện tượng

4b. Các nguồn thứ cấp

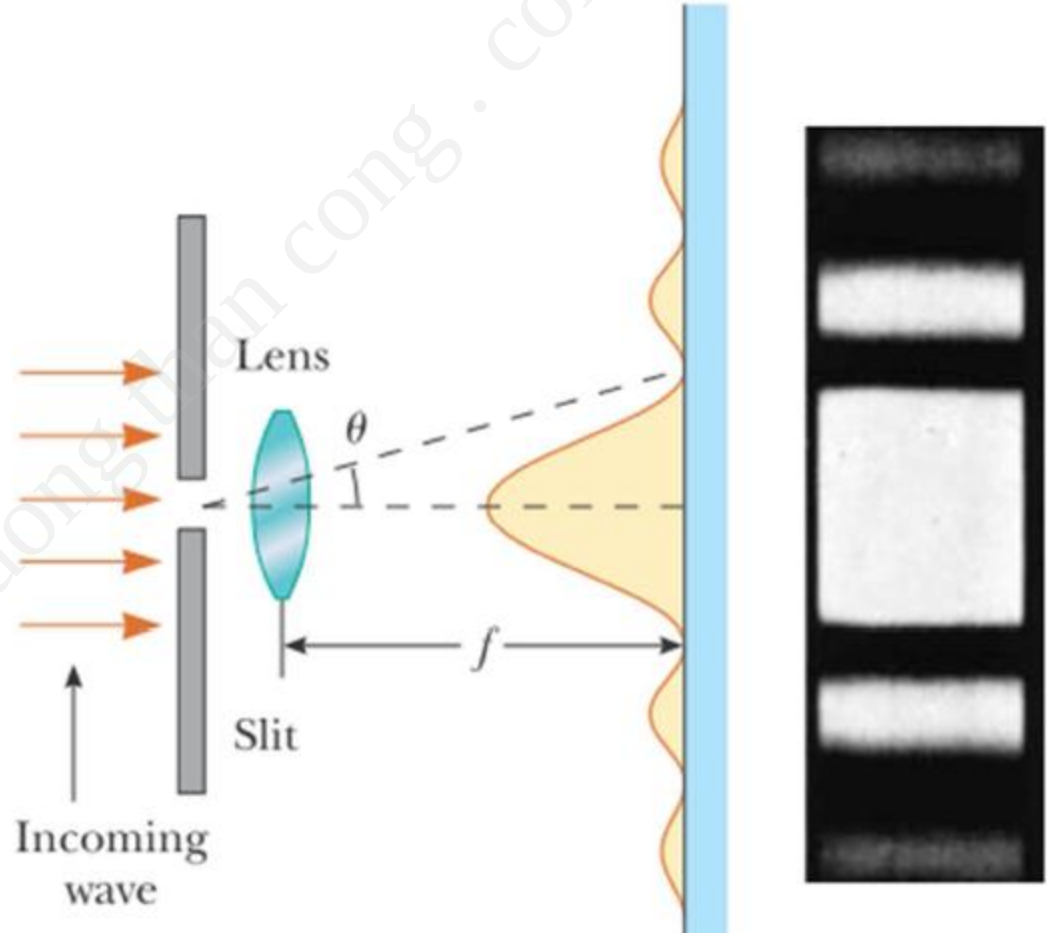
4c. Vị trí các vân

4d. Phân bố cường độ sáng

4. Nhiễu xạ trên khe hẹp

4a. Nhiễu xạ trên khe hẹp: hiện tượng

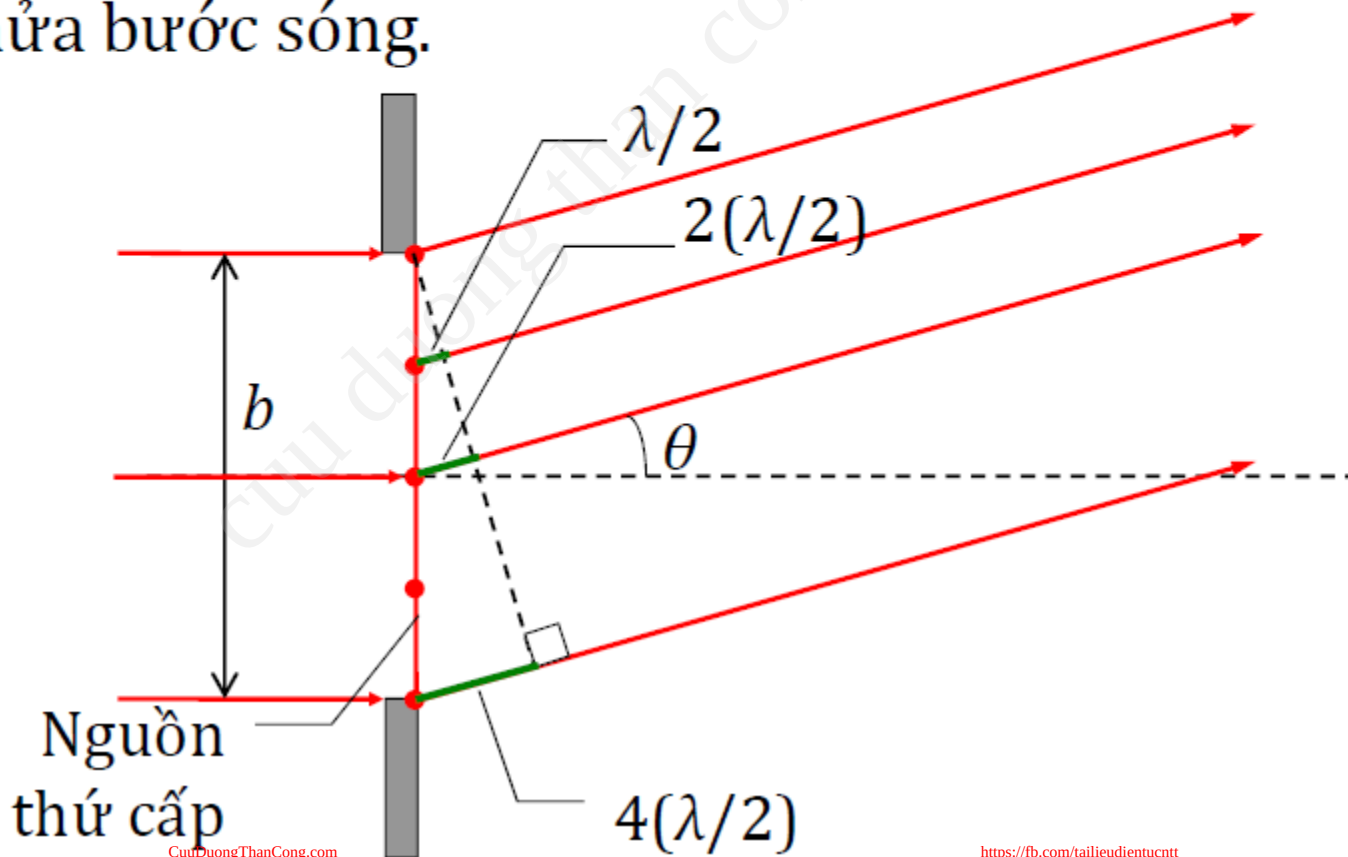
- Sóng tới phẳng đơn sắc.
- Màn cách xa khe: các tia cùng góc lệch giao thoa nhau.



4. Nhiễu xạ trên khe hẹp

4b. Các nguồn thứ cấp

- Chia mặt sóng trên khe thành nhiều dải hẹp giống nhau song song với khe;
- Hiệu quang lộ của hai sóng liên tiếp bằng một nửa bước sóng.





4. Nhiễu xạ trên khe hẹp

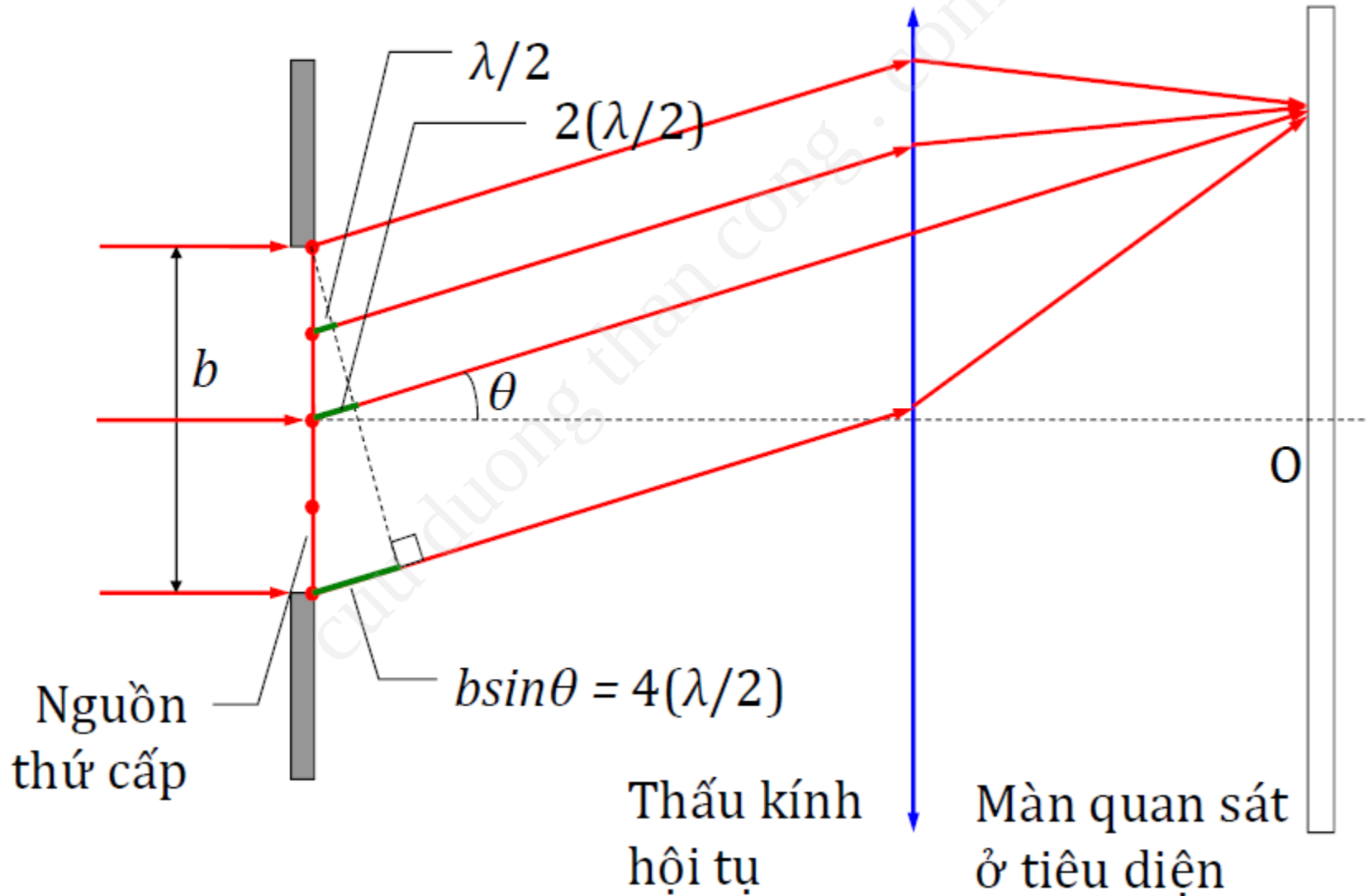
4b. Các nguồn thứ cấp (hết)

- Tại một vị trí trên màn quan sát, các sóng thứ cấp có tính chất:
- Có cùng biên độ, vì các nguồn thứ cấp giống nhau.
- Khi góc lệch $\theta = 0$ tất cả các sóng thứ cấp đều cùng pha.
- Khi góc lệch $\theta \neq 0$ hai sóng thứ cấp liên tiếp ngược pha nhau, vì hiệu quang trình giữa chúng bằng $\lambda/2$.



4. Nhiễu xạ trên khe hẹp

4c. Vị trí các vân





4. Nhiễu xạ trên khe hẹp

4c. Vị trí các vân (tt)

- Biên độ tổng hợp ở tâm O ($\theta = 0$) luôn luôn cực đại, tạo nên vân sáng trung tâm.
- Ở các vị trí khác ($\theta \neq 0$) thì biên độ là:
 - Cực tiểu nếu số nguồn thứ cấp là chẵn.
 - Cực đại nếu số nguồn thứ cấp là lẻ.
- Số nguồn thứ cấp được xác định từ:

$$b \sin \theta = N \frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow N = \frac{2b \sin \theta}{\lambda}$$



4. Nhiễu xạ trên khe hẹp

4c. Vị trí các vân (hết)

- Để có cực tiểu thì N phải là một số chẵn, $N = 2m$, hay:

$$b \sin \theta = m\lambda \quad m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

- Để có cực đại thì N phải là một số lẻ, $N = 2m + 1$, hay:

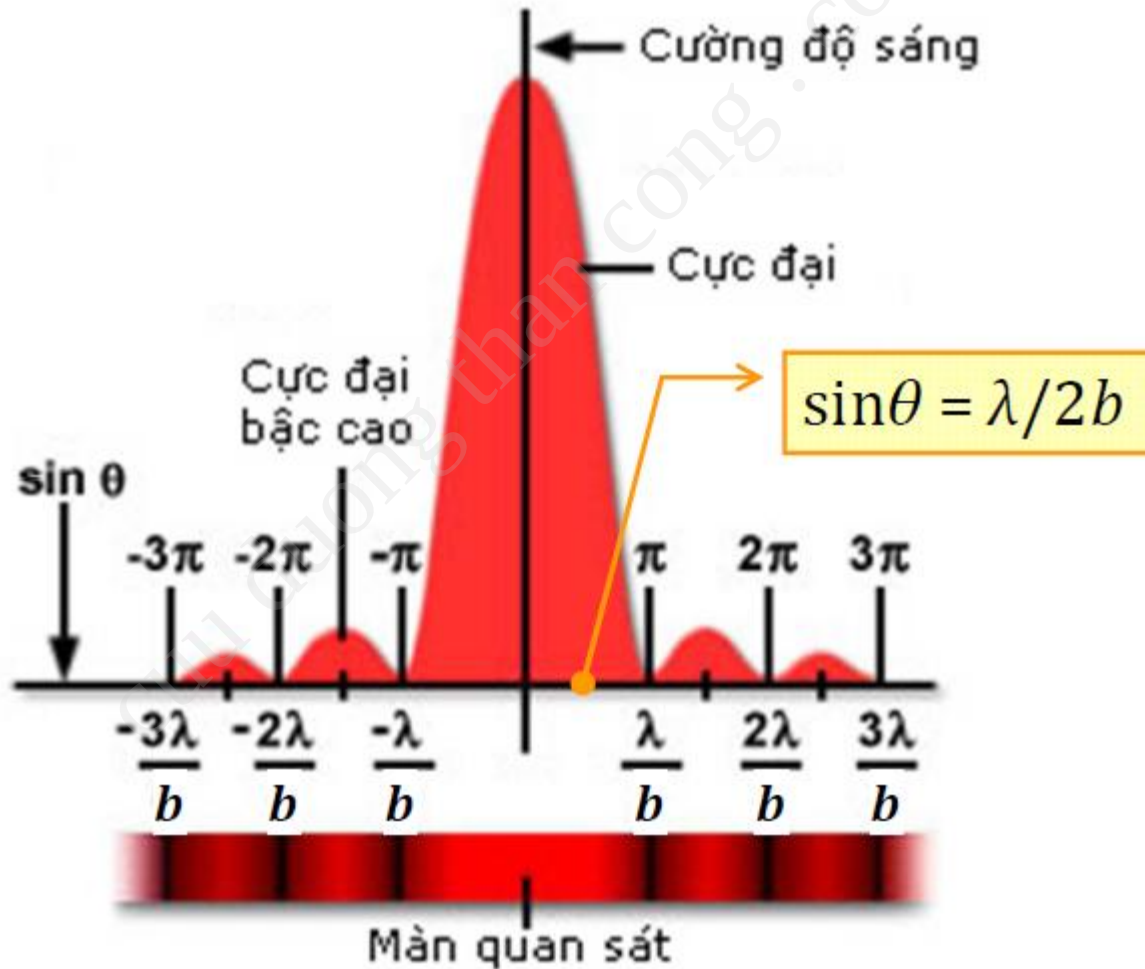
$$b \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad m = 1, \pm 2, \dots$$

- Trong công thức trên ta không chọn $m = 0$ và $m = -1$ vì $\sin \theta = \pm \lambda/2b$ nằm trong vân sáng trung tâm.



4. Nhiễu xạ trên khe hẹp

4d. Phân bố cường độ sáng





Ví dụ

Trên hình nhiễu xạ qua một khe hẹp vị trí trên màn quan sát ứng với $\sin \theta = \frac{9\lambda}{2b}$ cho vân nào? Bậc nào?

Cực tiểu nhiễu xạ $b \sin \theta = m\lambda \Rightarrow \sin \theta = \frac{m\lambda}{b} \Rightarrow$ Số đứng trước $\frac{\lambda}{b}$ là số nguyên

$\Rightarrow$ Theo đề cho là số bán nguyên nên phải là cực đại nhiễu xạ

$$b \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{b}$$

So với điều kiện đề cho ta có $\frac{9}{2} = m + \frac{1}{2} \Rightarrow m = 4$

$\Rightarrow$ Vân sáng bậc 4



5. Nhiễu xạ trên nhiều khe hẹp

5a. Nhiễu xạ trên nhiều khe hẹp

5b. Vị trí cực đại, cực tiểu

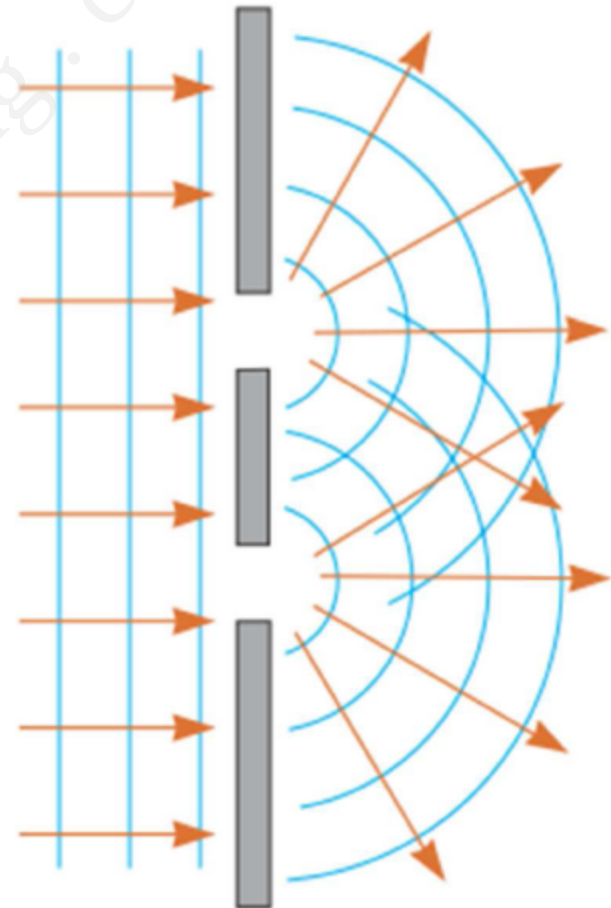
5c. Phân bố cường độ sáng

5d. Ứng dụng của cách tử

5. Nhiễu xạ trên nhiều khe hẹp

5a. Nhiễu xạ trên nhiều khe

- Xét hệ có N khe song song, bề rộng b , khoảng cách giữa hai khe liên tiếp là d .
- Nhiễu xạ trên nhiều khe là sự kết hợp của nhiễu xạ trên từng khe và giao thoa giữa các khe.
- Khi N rất lớn hệ được gọi là **cách tử**, còn d là **chu kỳ của cách tử**.





5. Nhiễu xạ trên nhiều khe hẹp

5b. Vị trí cực đại, cực tiểu

- Cực đại trung tâm ứng với góc lệch $\theta = 0$.
- Các cực tiểu chính (do nhiễu xạ trên một khe):

$$b \sin \theta = m_1 \lambda \quad m_1 = \pm 1, \pm 2, \dots$$

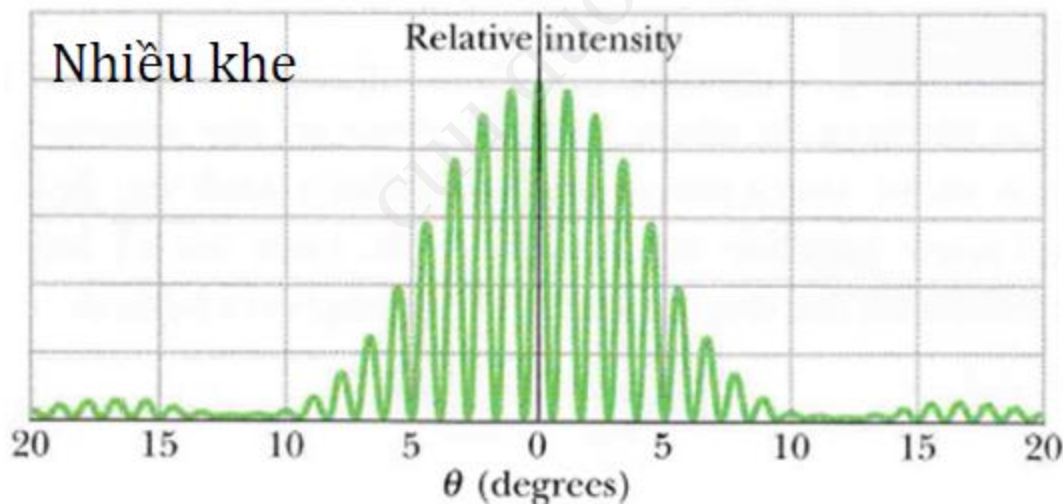
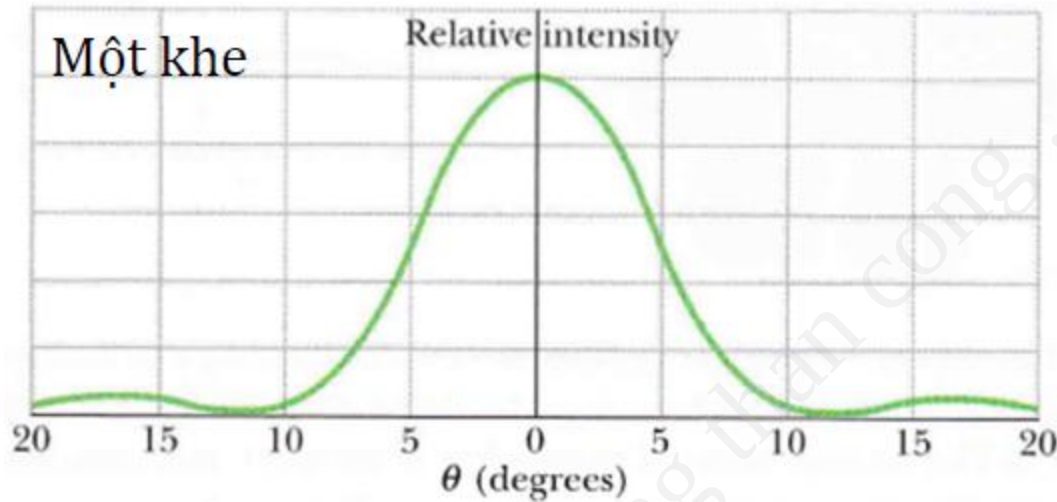
- Các cực đại chính (do giao thoa giữa các khe) :

$$d \sin \theta = m_2 \lambda \quad m_2 = \pm 1, \pm 2, \dots$$

- Giữa hai cực đại chính liên tiếp còn có $(N - 1)$ cực tiểu phụ và $(N - 2)$ cực đại phụ.

5. Nhiễu xạ trên nhiều khe hẹp

5c. Phân bố cường độ sáng



- Cường độ do nhiễu xạ trên một khe
- Là hình bao của cường độ nhiễu xạ qua nhiều khe.



Số khe trong cách tử

Giữa hai cực tiểu chính có các cực đại chính, cực đại phụ, cực tiểu phụ.

Nếu cực tiểu chính trùng với cực đại chính thì sẽ không quan sát được cực đại chính.

Giữa hai cực đại chính có các cực đại phụ.

Giữa hai cực đại phụ là cực tiểu phụ.

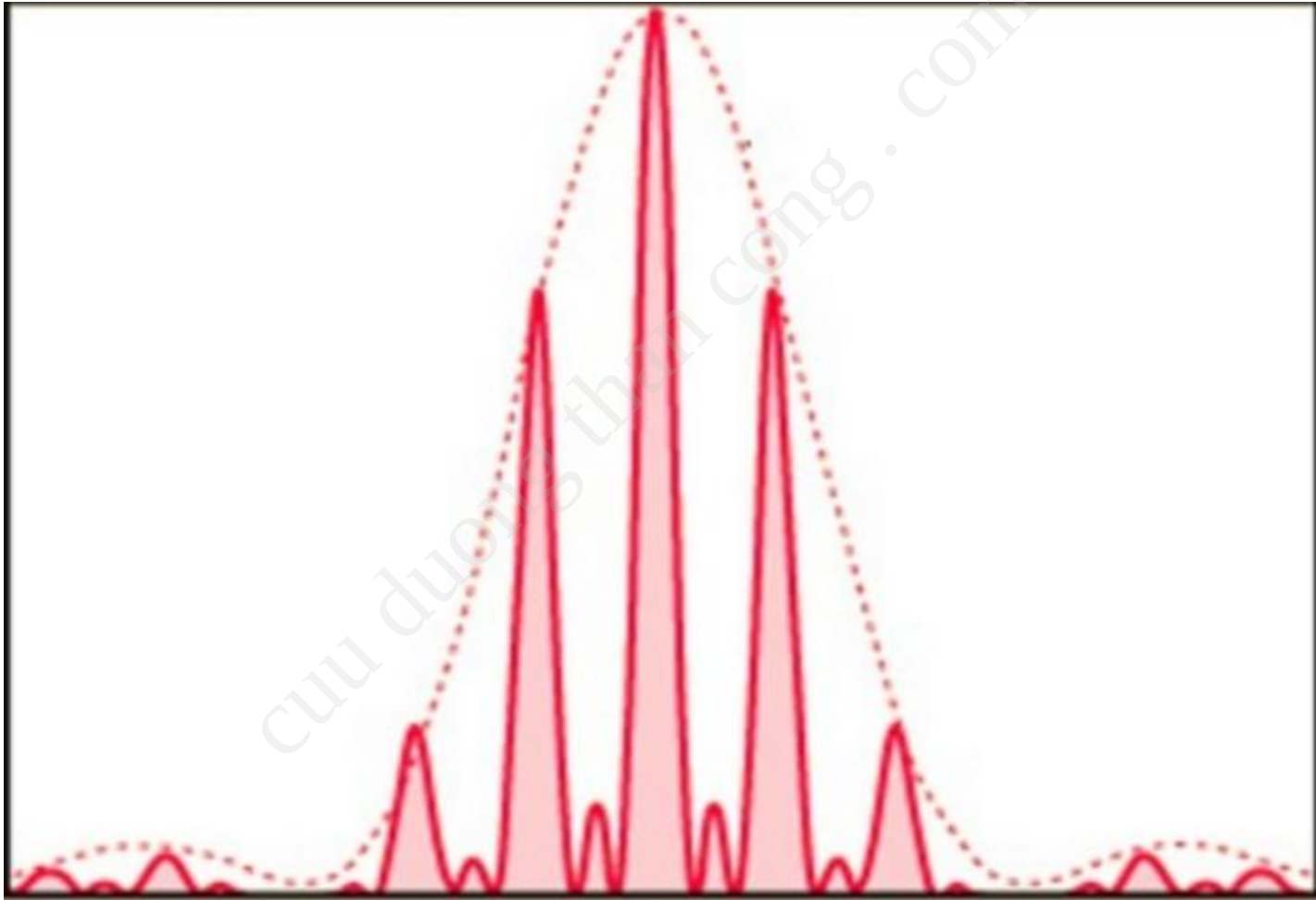
Nếu hệ có N khe thì giữa hai cực đại chính kế tiếp có:

$N-1$ cực tiểu phụ

$N-2$ cực đại phụ.

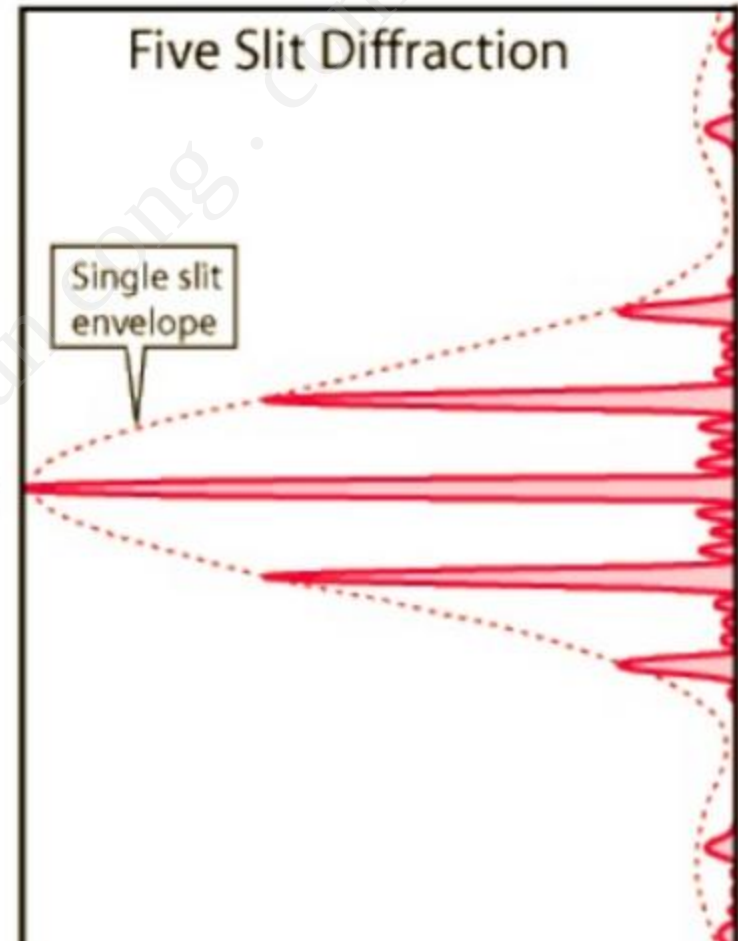


3 khe





5 khe





5. Nhiễu xạ trên nhiều khe hẹp

5d. Ứng dụng của cách tử

- Vì các cực đại rất rõ nét và sáng nên cách tử nhiễu xạ được dùng để:
 - Phân tích ánh sáng thành ánh sáng đơn sắc.
 - Phân tích phổ ánh sáng phát từ vật chất.
 - Đo bước sóng ánh sáng.



Phổ nguyên tử Hydro



Ví dụ

Một cách tử nhiễu xạ có 3 khe hẹp, chu kỳ $6\mu m$, bề rộng mỗi khe $1,2\mu m$. Ánh sáng đơn sắc bước sóng $0,6\mu m$ chiếu thẳng góc với mặt cách tử. Số cực đại chính tối đa cho bởi cách tử có thể quan sát được là?

Cực đại nhiễu xạ $\sin \theta = \frac{m\lambda}{d} \leq 1 \Rightarrow m < \frac{d}{\lambda} = \frac{6}{0,6} = 10 \Rightarrow m = 9 \Rightarrow CĐ = 9.2 + 1 = 19$

Cực tiểu chính $\sin \theta = k \frac{\lambda}{b} \leq 1 \Rightarrow k < \frac{b}{\lambda} = \frac{1,2}{0,6} = 2 \Rightarrow k = 1$

Cực tiểu chính trùng với cực đại chính $m \frac{\lambda}{d} = k \frac{\lambda}{b} \Rightarrow m = 5k$

Nếu $k=1$ thì $m=5$ thỏa điều kiện $m < 10$. Từ $k=2$ trở đi loại. Như vậy có 02 vị trí trùng đó là $k=1$ và $k=-1$.

Tổng cực đại quan sát được $19 - 2 = 17$



6. Nhiễu xạ trên tia X

6a. Nhiễu xạ tia X

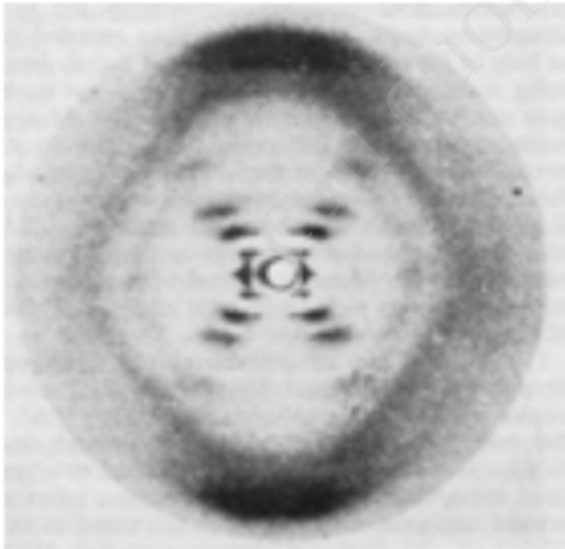
6b. Định luật Bragg



6. Nhiễu xạ trên tia X

6a. Nhiễu xạ tia X

- Tia X có bước sóng cỡ Angstrom ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$) nên có thể nhiễu xạ trên các khe ở giữa các nguyên tử, phân tử cấu tạo nên vật chất.
- Dùng ảnh nhiễu xạ tia X trên vật chất, các nhà khoa học có thể xác định được cấu trúc của vật chất.



Ảnh nhiễu xạ tia X của DNA gợi ý cho Crick và Watson (1953) về cấu trúc chuỗi xoắn kép.

Từ đó một ngành mới ra đời – Sinh học phân tử.



6. Nhiễu xạ trên tia X

6b. Định luật Bragg

- Các cực đại nhiễu xạ tia X trên tinh thể được xác định bởi định luật Bragg:

$$2d \sin \theta = m\lambda$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

