HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP ĐỊNH HƯỚNG TUẦN 3 – 4

DẠNG 1: BÀI TOÁN ĐỚI CẦU FRESNEL

1. KIẾN THỨC CƠ BẢN:

- ***Hiện tượng nhiễu xạ:*** là hiện tượng tia sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng khi truyền qua các vật chắn sáng có kích thước nhỏ → thể hiện tính chất sóng

- ***Nguyên lý Huyghen – Fresnel:*** Các sóng sáng phát ra từ một nguồn sáng thực *S* truyền đi theo mọi hướng trong không gian. Khi đó tác dụng nguồn sáng thực *S* gây ra bởi một điểm bất kỳ được xác định theo nguyên lý Huyghens-Fresnen :

- Mỗi điểm trong không gian nhận được sóng sáng từ nguồn sáng thực *S* truyền tới sẽ trở thành một nguồn sáng thứ cấp phát ra các sóng sáng về phía trước nó.
- Nguồn sáng thứ cấp có biên độ và pha dao động đúng bằng biên độ và pha dao động do nguồn sáng thực gây ra tại vị trí của nguồn sáng thứ cấp đó.
- Dao động sáng tại điểm *M* bất kỳ nằm ngoài mặt kín Σ bao quanh nguồn sáng thực *S* sẽ bằng tổng các dao động sáng do những nguồn sáng thứ cấp nằm trên mặt kín Σ gây ra bởi điểm *M*.

- ***Phương pháp đới cầu Fresnel:***

a. Cách chia đới cầu:

- Chọn mặt sóng cầu Σ phát ra từ nguồn *O* có bán kính $R = OM - b$ (với $b = OM >> \lambda$)
- Lấy M làm tâm vẽ các mặt cầu $\Sigma_0, \Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \Sigma_4, \dots, \Sigma_k$ có bán kính lần lượt là: $b, b+\frac{\lambda}{2}, b+2\frac{\lambda}{2}, b+3\frac{\lambda}{2}, b+4\frac{\lambda}{2}, \dots, b+k\frac{\lambda}{2}$
- Các mặt cầu trên sẽ chia mặt sóng cầu Σ thành các đới cầu Fresnel

b. Các công thức liên quan:

- Diện tích đới của mỗi đới cầu:

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

- Bán kính của đới cầu thứ *k*:

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

- Biên độ sóng của ánh sáng tổng hợp tại M do các đới cầu Fresnel gửi tới:

$$a_n = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + a_5 - \cdots$$

$$\rightarrow a_n = \frac{a_1}{2} + \left(\frac{a_1}{2} - a_2 + \frac{a_3}{2}\right) + \left(\frac{a_3}{2} - a_4 + \frac{a_5}{2}\right) + \cdots \pm \frac{a_n}{2}$$

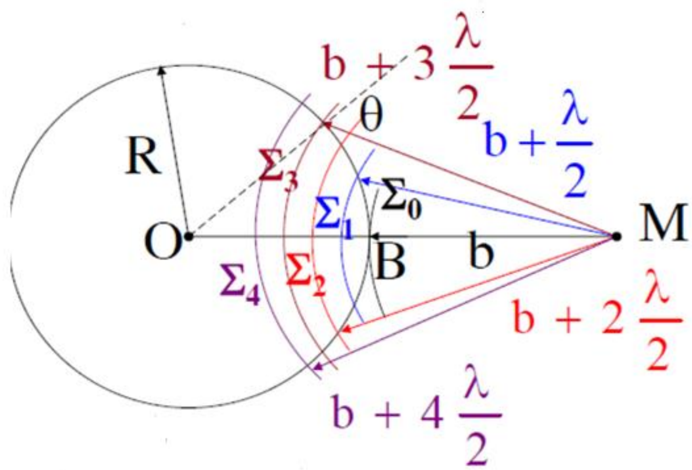
Do *a* thay đổi khá nhỏ nên có thể coi: $a_k = \frac{a_{k-1}}{2} + \frac{a_{k+1}}{2}$ nên ta có:

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

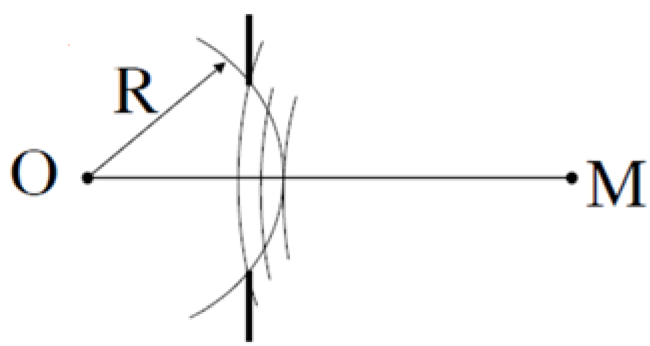
Khi $n \to \infty$ thì $a_n \to 0$ nên ta có: $a_\infty = \frac{a_1}{2}$

- *Nhận xét:*

- Diện tích đới cầu không phụ thuộc vào số nguyên *k* → diện tích các đới cầu là như nhau.
- Dao động tại M do hai đới liên tiếp truyền tới thì ngược pha nhau do hiệu quang lộ bị thay đổi một khoảng là $\frac{\lambda}{2}$
- Biên độ sóng gây bởi các đới giảm dần từ đới thứ nhất (gần *M* nhất) ra xa.



- *Nhiễu xạ qua lỗ tròn:*



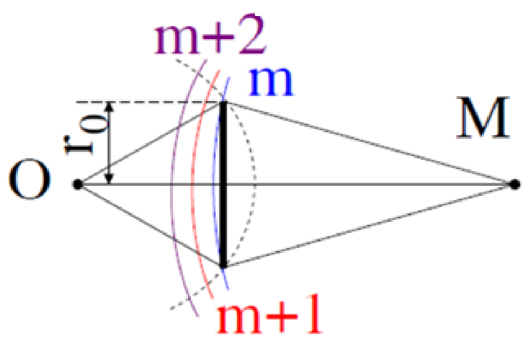
- Nếu qua lỗ tròn có *n* đới cầu thì biên độ sáng tại điểm M là:

$$\boldsymbol{a_M = a_1 - a_2 + a_3 - \cdots \pm a_n = \frac{a_1}{2} \pm \frac{a_n}{2}}$$

  - Nếu *n* lẻ: dấu +; cường độ sáng tại *M*: $\boldsymbol{I = \left(\frac{a^1}{2} + \frac{a_n}{2}\right)^2 > I_0}$
  - Nếu *n* chẵn: dấu – ; cường độ sáng tại *M*: $\boldsymbol{I = \left(\frac{a^1}{2} + \frac{a_n}{2}\right)^2 < I_0}$

- Nếu nhiều đới cầu n → ∞ thì cường độ sáng tại M: $\boldsymbol{I = I_0 = a_M^2 = \frac{a_1^2}{4}}$
- Một số trường hợp đặc biệt:
  - $\boldsymbol{n = 2: I \approx 0}$
  - $\boldsymbol{n = 1: I = a_1^2 = 4I_0}$

- Nhiễu xạ qua đĩa tròn:



- Đĩa tròn đóng vai trò chắn đi m đới cầu Fresnel đo đó biên độ sáng tại M là:

$$\boldsymbol{a_M = a_{m+1} - a_{m+2} + \cdots \pm a_n \approx \frac{a_{m+1}}{2}}$$ (do n lớn nên a_n → 0)

- Nếu đĩa tròn che khuất nhiều đới cầu thì điểm M sẽ tối dần đi → khi đó cường độ sáng tại M gần như bằng 0
- Nếu đĩa tròn che ít đới cầu thì biên độ a_{m+1} sẽ khác rất ít so với a_1 → khi đó cường độ sáng tại M là: $\boldsymbol{I = a_M^2 = \frac{a_1^2}{4} = I_0}$

2. BÀI TẬP VÍ DỤ

BÀI 2.3: Tính bán kính của 5 đới Fresnel trong trường hợp sóng phẳng. Biết rằng khoảng cách từ mặt sóng đến điểm quan sát là b = 1m, bước sóng ánh sáng dùng trong thí nghiệm là $\lambda = 5.10^{-7}m$.	
Tóm tắt: $k = 5$ $b = 1m$ $\lambda = 5.10^{-7}m$ Xác định bán kính r_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)	

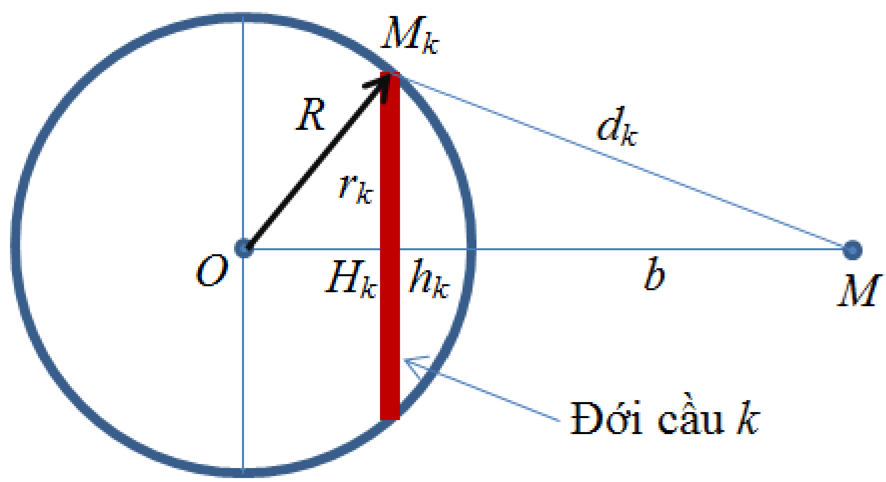
Nhận xét: Đây là bài toán cơ bản của đới cầu Fresnel. Ta chỉ cần nắm được công thức tính bán kính là có thể giải quyết bài toán này. Chú ý là đối với sóng phẳng thì bán kính R → ∞ nên khi đó:

$$r_k = \sqrt{b\lambda}\sqrt{k}$$

Thay lần lượt k = 1, 2, 3, 4, 5 ta có

Đới thứ k	1	2	3	4	5
Bán kính	0.71mm	1mm	1.23mm	1.42mm	1.59mm

Bài toán mở rộng: Xây dựng công thức tính bán kính của đới cầu Fresnel thứ k



Xét hai tam giác vuông OM_kH_k và MM_kH_k:

$$r_k^2 = R^2 - (R - h_k)^2 = d_k^2 - (b + h_k)^2 = \left(b + k\frac{\lambda}{2}\right)^2 - (b + h_k)^2$$

$$2Rh_k - h_k^2 = k\lambda b + \frac{(k\lambda)^2}{4} - 2bh_k - h_k^2$$

Vì $\lambda \ll b$ → nên hoàn toàn có thể ***"chém"*** $\frac{(k\lambda)^2}{4}$ đi → ta có

$$2Rh_k = k\lambda b - 2bh_k \rightarrow h_k = \frac{k\lambda b}{2(R + b)}$$

Do h_k cũng rất nhỏ nên bán kính của đới cầu thứ k là:

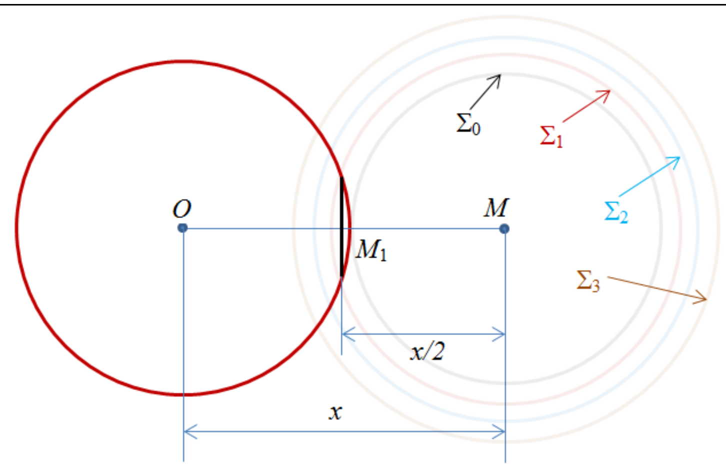
$$r_k^2 \approx 2Rh_k = \frac{R\lambda bk}{R + b} \rightarrow \boldsymbol{r_k = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R + b}}\sqrt{k}}$$

BÀI 2.5. Chiếu ánh sáng đơn sắc bước sóng λ = 0.5μm vào một lỗ tròn có bán kính chưa biết. Nguồn sáng điểm đặt cách lỗ tròn 2m, sau lỗ tròn 2m có đặt một màn quan sát. Hỏi bán kính của lỗ tròn phải bằng bao nhiêu để tâm của hình nhiễu xạ là tối nhất.	
Tóm tắt: $\lambda = 0.5\mu m$ $R = 2m$ $b = 2m$ Xác định $r_{lỗ}$	

Nhận xét: Đây là bài toán nhiễu xạ qua lỗ tròn. Ta cần chú ý đặc điểm sau là số đới Fresnel trong đới tròn sẽ ảnh hưởng tới biên độ. Để tâm của hình nhiễu xạ là tối nhất thì bán kính lỗ tròn phải có giá trị sao cho qua lỗ tròn chỉ có 2 đới cầu Fresnel. Do đó bán kính của lỗ tròn phải bằng bán kính của đới cầu thứ 2.

$$\boldsymbol{r_{lỗ} = r_2 = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R+b}}\sqrt{k} = 10^{-3}m = 1mm}$$

Như vậy ta có thể rút ra một nhận xét quan trọng là muốn *n* đới cầu qua lỗ thì bán kính của lỗ phải bằng bán kính của đới cầu thứ *n*

BÀI 2.6. Người ta đặt một màn quan sát cách một nguồn sáng điểm phát ra ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0.6\mu m$ một khoảng x. Chính giữa khoảng x có đặt một màn tròn chắn sáng, đường kính 1mm. Hỏi x phải bằng bao nhiêu để điểm M_0 trên màn quan sát có độ sáng gần như lúc chưa đặt màn tròn, biết rằng điểm M_0 và nguồn sáng đều nằm trên trục của màn tròn	
Tóm tắt: $\lambda = 0.6\mu m$ $d = 1mm$ Xác định x	

Nhận xét: Đây là bài toán nhiễu xạ qua đĩa tròn. Muốn điểm M trên màn quan sát có độ sáng gần như lúc chưa đặt màn tròn thì đĩa tròn phải chắn được đới cầu đầu tiên. Do đó bán kính của đĩa tròn cũng phải bằng bán kính đới cầu đới cầu thứ 1.

Ta có công thức tính bán kính đới cầu thứ nhất:

$$r_1 = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R+b}} = \sqrt{\frac{\frac{x^2}{4}\lambda}{x}} = \frac{1}{2}\sqrt{x\lambda} \rightarrow \boldsymbol{x = \frac{4r_1^2}{\lambda} = \frac{d^2}{\lambda} = 1.67m}$$

<table>
<tr><td colspan="2">BÀI 2.8. Giữa nguồn sáng điểm và màn quan sát người ta đặt một lỗ tròn. Bán kính của lỗ tròn bằng r và có thể thay đổi được trong quá trình thí nghiệm. Khoảng cách giữa lỗ tròn và nguồn sáng R = 100cm, giữa lỗ tròn và màn quan sát là b = 125cm. Xác định bước sóng ánh sáng dùng trong thí nghiệm nếu tâm của hình nhiễu xạ có độ sáng cực đại khi bán kính của lỗ r_1 = 1mm và có độ sáng cực đại tiếp theo khi bán kính của lỗ r_2 = 1.29mm</td></tr>
<tr><td>Tóm tắt:
R = 100cm
b = 125cm
r_1 = 1mm
r_2 = 1.29mm
Xác định bước sóng λ</td><td></td></tr>
</table>

Nhận xét: Đây là bài toán nhiễu xạ qua lỗ tròn và gồm có hai trường hợp. Về phương hướng giải ta sẽ sử dụng công thức bán kính Fresnel cho từng trường hợp sau đó kết hợp hai phương trình để rút ra giá trị bước sóng cần tìm

TH1: Tâm của hình nhiễu xạ có độ sáng cực đại khi bán kính của lỗ bằng r_1 = 1mm → điều này có nghĩa là trong lỗ tròn chỉ có số lẻ k đới cầu Fresnel (chính là đới cầu ứng với k). Ta có:

$$r_1 = r_k = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R+b}}\sqrt{k} \qquad (*)$$

TH2: Tâm của hình nhiễu có độ sáng cực đại tiếp theo khi bán kính lỗ là r_2 = 1.29mm → điều này có nghĩa là trong lỗ tròn phải có k + 2 đới cầu Fresnel vì nếu có số chẵn đới cầu thì tại M độ sáng sẽ giảm đi (chính là đới cầu ứng với k + 2). Ta có

$$r_2 = r_{k+2} = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R+b}}\sqrt{k+2}$$

Chia tỷ lệ ta có:

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{k}{k+2}} \rightarrow \frac{k+2}{k} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = 1.6641 \rightarrow k = 3$$

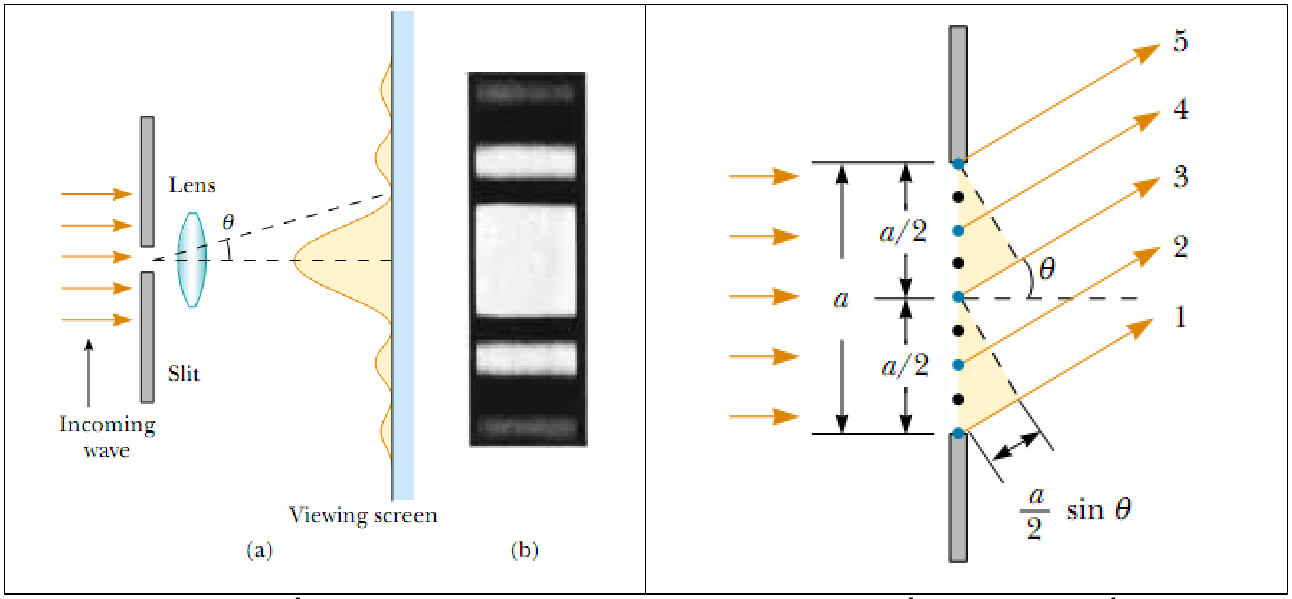
Thay k = 3 vào (*) ta có thể xác định được bước sóng λ:

$$\boldsymbol{\lambda = \frac{r_1^2(R+b)}{Rbk} = 0.6\mu m}$$

DẠNG 2: NHIỄU XẠ QUA KHE HẸP

1. KIẾN THỨC CƠ BẢN

- Nhiễu xạ qua một khe hẹp:



- Mỗi một phần của khe hẹp đóng vai trò như một nguồn sáng thứ cấp
- Để đơn giản ta chia khe thành hai phần bằng nhau → tương đương với hai nguồn sáng thứ cấp (hai dải sáng có độ rộng là $a/2$) → một điều rất dễ nhận thấy là các tia sáng tương ứng của hai dải (tia 1 – tia 3; tia 2 – tia 4) đều có hiệu quang lộ là: $\frac{a}{2}sin\theta$
- Nếu hiệu quang lộ bằng $\frac{\lambda}{2}$ thì hai sóng ánh sáng này sẽ ngược pha nhau → triệt tiêu lẫn nhau:

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

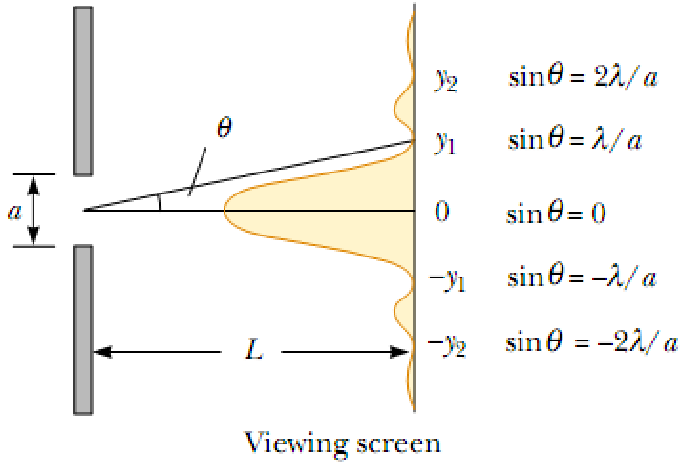
- Tương tự nếu khe hẹp chứa một số chẵn dải sáng → $n = 2k$ → điều kiện cực tiểu nhiễu xạ sẽ là:

$$sin\theta = k\frac{\lambda}{a} \text{ với } k = \pm1, \pm2, \pm3, \dots$$

Như vậy tại vị trí trên màn ứng với góc θ thỏa mãn điều kiện trên sẽ là vân tối (chú ý ở đây không xét trường hợp k = 0, khi k = 0 thì tại đó các tia sáng sẽ truyền thẳng → các dải sóng từ trên mặt khe hẹp sẽ có quang lộ bằng nhau và dao động cùng pha với nhau nên chúng tăng cường lẫn nhau.

- Nếu khe hẹp có chứa một số lẻ dải sáng → $n = 2k + 1$ → điều kiện cực đại nhiễu xạ sẽ là:

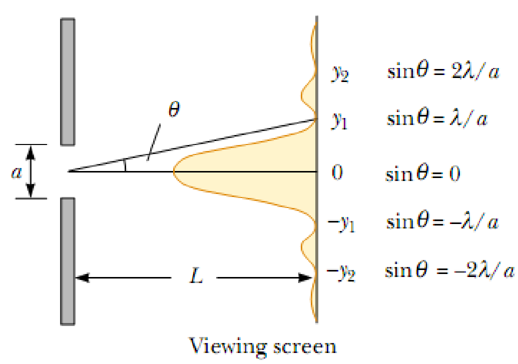
$$sin\theta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a} \text{ với } k = +1, \pm 2, \pm 3, \ldots \ (*)$$



(*): Quan sát sự phân bố cường độ sáng ta thấy k không thể nhận giá trị 0 và -1 được vì nếu nhận giá trị đó thì sẽ tồn tại 2 cực đại nằm ở hai vị trí $y_1/2$ và vị trí $-y_1/2$ → vô lý.

- *Kết luận:*
  - Cực đại nhiễu xạ trung tâm (k = 0) ứng với $\boldsymbol{sin\theta = 0}$
  - Cực đại nhiễu xạ bậc k ứng với $\boldsymbol{sin\theta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}}$ **với** $\boldsymbol{k = 0, \pm 1, \pm 2,}$
  - Cực tiểu nhiễu xạ bậc k ứng với $\boldsymbol{sin\theta = k\frac{\lambda}{a}}$ **với** $\boldsymbol{k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots}$

2. BÀI TẬP VÍ DỤ

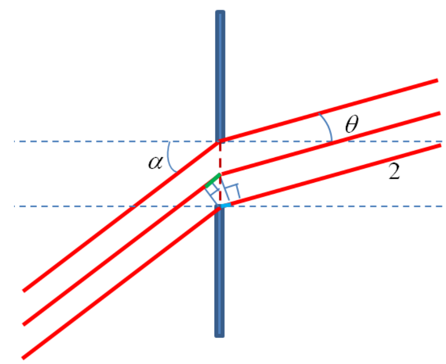
<table>
<tr><td colspan="2">BÀI 2.14. Một chùm tia sáng đơn sắc song song $\lambda = 0.5\mu m$ được rọi thẳng vào khe hẹp có bề rộng $a = 2.10^{-3} cm$. Tính bề rộng của ảnh của khe trên màn quan sát đặt cách khe một khoảng $L = 1m$ (bề rộng của ảnh là khoảng cách giữa hai cực tiểu đầu tiên ở hai bên cực đại giữa</td></tr>
<tr><td>Tóm tắt:
$\lambda = 0.5\mu m$
$a = 2.10^{-3}cm$
$L = 1m$
Xác định b (bề rộng ảnh của khe)</td><td>
</td></tr>
</table>

Nhận xét: Đây là bài toán nhiễu xạ quan khe hẹp. Theo đề bài thì bề rộng của ảnh là khoảng cách giữa hai cực tiểu đầu tiên ở hai bên cực đại giữa chính là bề rộng của ảnh của khe. Từ hình vẽ ta thấy cần phải đi xác định vị trí y_1 và $-y_1$ bằng cách dựa vào điều kiện cực tiểu nhiễu xạ tại y_1.

Ta có điều kiện cực tiểu nhiễu xạ tại y_1 là: $sin\theta = \frac{\lambda}{a} \rightarrow$

Bề rộng của ảnh của khe trên màn quan sát được xác định bằng công thức:

$$b = 2Ltan\theta = 2Ltan\left(acrsin\left(\frac{\lambda}{a}\right)\right) \approx \frac{2L\lambda}{a} = 5cm$$

<table>
<tr><td colspan="2">BÀI 2.15. Tìm góc nhiễu xạ ứng với các cực tiểu nhiễu xạ đầu tiên nằm hai bên cực đại giữa trong nhiễu xạ qua Fraunhofer qua một khe hẹp bề rộng a = 10μm. Biết rằng chùm tia sáng đập vào khe với góc tới 30^0 và bước sóng ánh sáng $\lambda = 0.5\mu m$</td></tr>
<tr><td>Tóm tắt:
$a = 10\mu m$
$\alpha = 30^0$
$\lambda = 0.5\mu m$
Xác định góc nhiễu xạ ứng với cực tiểu bậc 1</td><td>
</td></tr>
</table>

Nhận xét: Đây là bài toán nhiễu xạ qua khe hẹp với góc lệch α cho trước. Về nguyên tắc để giải bài toán nhiễu xạ ta thường xét hiệu quang lộ của các chùm tia nhiễu xạ sau đó tùy theo đề bài ta có thể áp dụng điều kiện cực tiểu hoặc cực đại nhiễu xạ. Ở trong bài toán này, ta thấy yêu cầu là tìm góc nhiễu xạ ứng với cực tiểu nhiễu xạ đầu tiên → hiệu quang lộ của hai tia sáng 1 và 2 phải bằng $\pm\frac{\lambda}{2}$ (ở đây cực tiểu bậc nhất có nghĩa là ta chia khe hẹp thành 2 dải sáng và xét hiệu quang lộ của hai tia sáng tương ứng ở hai dải)

Hiệu quang lộ của hai tia 1 và 2 là (hiệu hai đoạn màu xanh lá cây):

$$\Delta L = \frac{a}{2}sin\alpha - \frac{a}{2}sin\theta = \frac{a}{2}(sin\alpha - sin\theta)$$

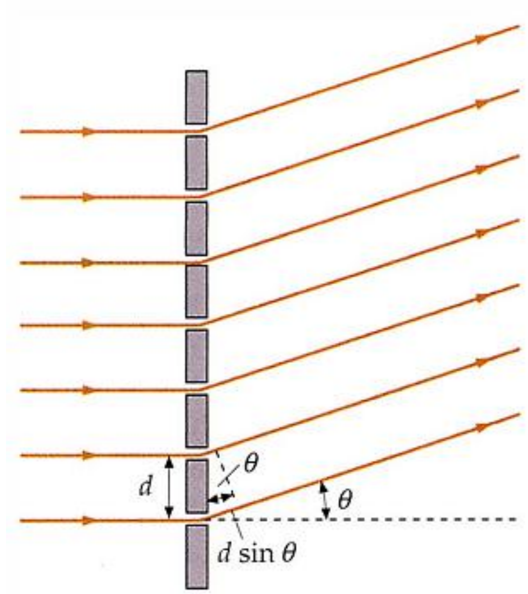
Áp dụng điều kiện cực tiểu nhiễu xạ đầu tiên ta có:

$$\frac{a}{2}(sin\alpha - sin\theta) = \pm\frac{\lambda}{2} \rightarrow sin\alpha - sin\theta = \pm\frac{\lambda}{a} \rightarrow \boldsymbol{sin\theta = sin\alpha \mp \frac{\lambda}{a}}$$

Thay số ta có: **θ = 33^0 và 27^0**

DẠNG 3: NHIỄU XẠ QUA CÁCH TỬ PHẲNG

1. KIẾN THỨC CƠ BẢN



- Cách tử phẳng là một hệ gồm nhiều khe hẹp giống nhau có cùng độ rộng *b*, nằm song song và cách đều nhau trên cùng một mặt phẳng. Khoảng cách giữa hai khe kế tiếp được gọi là chu kỳ của cách tử phẳng (*d* > *b*).
- Chùm sóng phẳng chiếu tới vuông góc với mặt cách tử phẳng gồm N khe hẹp → các chùm tia nhiễu xạ qua N khe hẹp ứng với cùng góc lệch θ sẽ giao thoa với nhau trên màn *E* đặt trùng với mặt tiêu của thấu kính hội tụ đặt sau cách tử.
- N khe hẹp đều cho cực tiểu nhiễu xạ tại những điểm ***(điểm cực tiểu chính)*** thỏa mãn điều kiện:

$$\boldsymbol{sin\theta = k\frac{\lambda}{b}} \textbf{ với } \boldsymbol{k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots}$$

- Nếu hai sóng từ hai khe hẹp kế tiếp gửi tới màn có hiệu quang lộ bằng số nguyên lần bước sóng thì điều kiện cực đại nhiễu xạ ***(điểm cực đại chính)*** lúc này sẽ là:

$$\Delta L = m\lambda \leftrightarrow dsin\theta = m\lambda \rightarrow \boldsymbol{sin\theta = m\frac{\lambda}{d}} \textbf{ với } \boldsymbol{m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots}$$

- Chú ý: những cực đại chính thỏa mãn đồng thời hai điều kiện trên thì sẽ không xuất hiện.

- Số cực đại chính: $\boldsymbol{m < \frac{d}{\lambda}}$ → như vậy nếu biết chu kỳ và bước sóng ta hoàn toàn có thể xác định được số các cực đại chính → số giá trị của *m* sẽ là số cực đại chính.

- Giữa hai cực tiểu chính có các cực đại chính → số cực đại chính được xác định bởi điều kiện**:** $\boldsymbol{m < k\frac{d}{b}}$

- Những điểm nằm giữa hai cực đại chính kế tiếp trên màn ứng với góc lệch θ sao cho các sóng sáng từ hai khe kế tiếp gửi tới có hiệu quang lộ bằng 1 số lẻ lần nửa bước sóng $\frac{\lambda}{2}$ → các sóng này dao động ngược pha và khử lẫn nhau, tuy nhiên nó chưa chắc đã là điểm tối vì nó phụ thuộc vào số khe hẹp là chẵn hay lẻ.

2. BÀI TẬP VÍ DỤ

BÀI 2.20. Chiếu một chùm tia sáng trắng song song vuông góc với một cách tử nhiễu xạ. Dưới một góc nhiễu xạ 35^0, người ta quan sát thấy hai vạch cực đại ứng với các bước sóng $\lambda_1 = 0.63\mu m$ và $\lambda_2 = 0.42\mu m$ trùng nhau. Xác định chu kỳ của cách tử biết rằng bậc cực đại đối với vạch thứ hai trong quang phổ của cách tử không lớn hơn 5.

Tóm tắt: $\theta = 35^0$ $\lambda_1 = 0.63\mu m$ $\lambda_2 = 0.42\mu m$ $k_2 \leq 5$ Xác định chu kỳ *d*	

Nhận xét: Đây là bài toán nhiễu xạ qua cách tử phẳng. Phân tích đề bài ta thấy có đề cập đến vạch cực đại → liên hệ tới điều kiện cực đại nhiễu xạ qua cách tử phẳng:

$$sin\theta = k\frac{\lambda}{d}$$

Đối với bước sóng λ_1 ta có: $sin\theta = k_1\frac{\lambda_1}{d}$ (1)

Đối với bước sóng λ_2 ta có: $sin\theta = k_2\frac{\lambda_2}{d}$ (2)

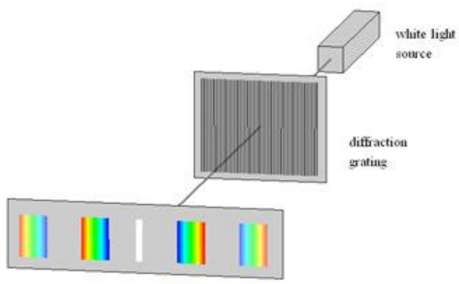
Như vậy dễ dàng ta có mối liên hệ: $k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2 \rightarrow k_1 = \frac{k_2\lambda_2}{\lambda_1} = 1.5k_2$

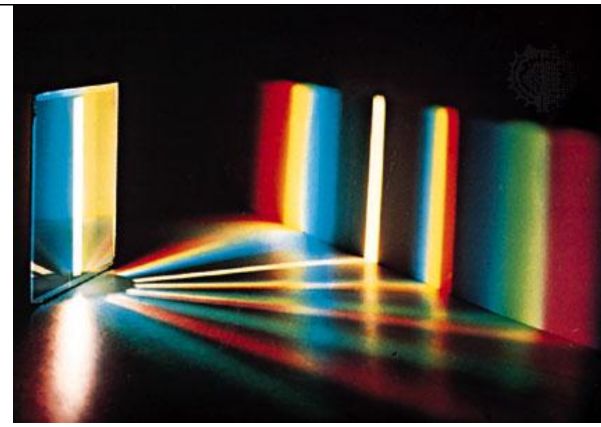
Vì bậc cực đại đối với vạch thứ hai trong quang phổ của cách tử không lớn hơn 5 nên kết hợp với điều kiện k1 và k2 là số nguyên (xét trường hợp nguyên dương) → $k_2 = 2$ và $k_1 = 3$. Thay k_1 vào (1) ta có:

$$\boldsymbol{d = \frac{k_1\lambda_1}{sin\theta} = 2.2\mu m}$$

BÀI 2.22. Một chùm ánh sáng trắng song song đập vuông góc với mặt của một cách tử phẳng truyền qua (có 50 vạch/mm). a. Xác định các góc lệch ứng với cuối quang phổ bậc 1 và đầu quang phổ bậc 2. Biết rằng bước sóng của tia hồng ngoại và tia cực tím lần lượt bằng $0.76\mu m$ và $0.4\mu m$. b. Tính hiệu các góc lệch của cuối quang phổ bậc hai và đầu quang phổ bậc ba.

Tóm tắt:
n = 50 vạch/mm
$\lambda_1 = 0.76\mu m$
$\lambda_2 = 0.4\mu m$.
Xác định θ_1 và θ_2, $\Delta\theta$





Nhận xét: Phân tích đề bài ta thấy liên quan tới khái niệm quang phổ nhiễu xạ. Khi ánh sáng trắng chiếu qua cách tử phẳng thì mỗi sóng ánh sáng đơn sắc sẽ cho một hệ các cực đại chính. Do mọi ánh sáng đơn sắc đều cho cực đại tại tiêu điểm F của thấu kính nên ta sẽ quan sát vân trung tâm chính là vân sáng trắng. Hai mép của vân trung tâm có viền nhiều màu: mép trong là viền tím, mép ngoài là viền đỏ

Góc lệch cuối quang phổ bậc 1 ứng với cực đại nhiễu xạ bậc 1 của tia đỏ (ứng với $\lambda_1 = 0.76\mu m$):

$sin\theta_1 = \frac{\lambda_1}{d}$ chú ý là $n = \frac{1}{d}$ nên ta có: $\boldsymbol{sin\theta_1 = n\lambda_1 \rightarrow \theta_1 = 2^0 10'}$

Góc lệch đầu quang phổ bậc 2 ứng với cực đại nhiễu xạ bậc 2 của tia tím (ứng với $\lambda_2 = 0.4\mu m$):

$$\boldsymbol{sin\theta_2 = 2\frac{\lambda_2}{d} = 2n\lambda_2 \rightarrow \theta_2 = 2^0 17'}$$

Góc lệch cuối quang phổ bậc 2 ứng với cực đại nhiễu xạ bậc 2 của tia đỏ (ứng với $\lambda_1 = 0.76\mu m$):

$$\boldsymbol{sin\theta_1' = 2n\lambda_1 \rightarrow \theta_1' = 2^0 21'}$$

Góc lệch đầu quang phổ bậc 3 ứng với cực đại nhiễu xạ bậc 3 của tia tím (ứng với $\lambda_1 = 0.4\mu m$):

$$\boldsymbol{sin\theta_2' = 3\frac{\lambda_2}{d} = 3n\lambda_2 \rightarrow \theta_2' = 3^0 26'}$$

Hiệu góc lệch của cuối quang phổ bậc hai và đầu quang phổ bậc ba là:

$$\boldsymbol{\Delta\theta = \theta'_1 - \theta'_2 = -50'}$$

BÀI 2.23. Cho một cách tử có chu kỳ $2\mu m$

a. Hãy xác định số vạch cực đại chính tối đa cho cách tử nếu ánh sáng dùng trong thí nghiệm là ánh sáng vàng của ngọn lửa natri ($\lambda = 0.5890\mu m$).
b. Tìm bước sóng cực đại mà ta có thể quan sát được trong quang phổ cho bởi cách tử đó.

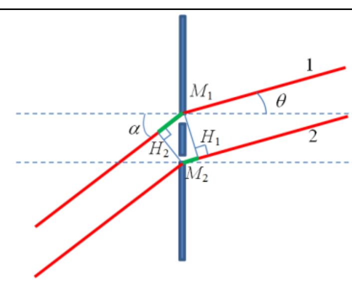
Tóm tắt: $d = 2\mu m$ $\lambda = 0.5890\mu m$ Xác định số vạch cực đại chính, bước sóng cực đại	

Nhận xét: Đối với câu *a*, áp dụng công thức xác định số cực đại chính $m < \frac{d}{\lambda}$. Đối với câu *b*, ***"bước sóng cực đại"*** → liên quan tới điều kiện cực đại nhiễu xạ → từ điều kiện cực đại nhiễu xạ ta sẽ lựa chọn giá trị *k* để bước sóng cực đại.

Xét điều kiện: $\boldsymbol{m < \frac{d}{\lambda} = 3.39 \rightarrow m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3}$ → có 7 cực đại chính.

Xét điều kiện cực đại nhiễu xạ: $sin\theta = k\frac{\lambda}{d} \rightarrow \lambda = \frac{dsin\theta}{k}$ → dễ thấy λ_{max} khi $sin\theta = 1$ và $k_{min} = 1$ → $\lambda_{max} = d = 2\mu m$

BÀI 2.26. Rọi một chùm tia sáng đơn sắc bước sóng $0.51\mu m$ lên một cách tử nhiễu xạ truyền qua có chu kì $1.50\mu m$, góc tới bằng 60^0. Xác định góc nhiễu xạ (tính từ pháp tuyến của cách tử) để có thể quan sát thấy vạch cực đại ứng với bậc quang phổ lớn nhất.

Tóm tắt: $\lambda = 0.51\mu m$ $d = 1.50\mu m$ $\alpha = 60^0$ Xác định góc nhiễu xạ cực đại → ứng với bậc quang phổ lớn nhất.	

Nhận xét: Tương tự như bài toán nhiễu xạ qua khe hẹp. Ta sẽ xét hiệu quang lộ của hai tia nhiễu xạ từ hai khe hẹp liên tiếp với mục đích xác định điều kiện cực đại nhiễu xạ.

Hiệu quang lộ giữa hai tia nhiễu xạ từ hai khe liên tiếp là:

$$\Delta L = dsin\alpha - dsin\theta$$

Xét điều kiện cực đại nhiễu xạ:

$$\Delta L = dsin\alpha - dsin\theta = k\lambda \rightarrow sin\theta = sin\alpha - \frac{k\lambda}{d}$$

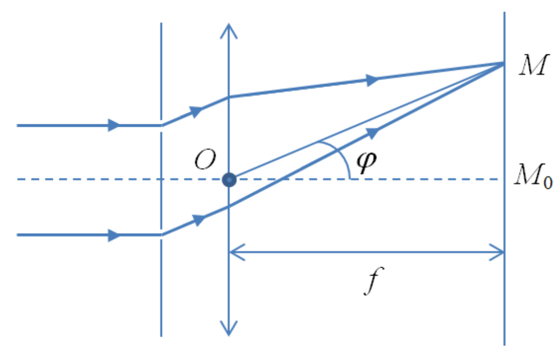
Chú ý điều kiện của sinθ là: $-1 \leq sin\theta \leq 1$ → $-1 \leq sin\alpha - \frac{k\lambda}{d} \leq 1$

→ $5.488 \geq k \geq -0.263 \rightarrow k = 0, 1, 2, 3, 4, 5 \rightarrow k_{max} = 5 \rightarrow sin\theta = -0.834$

→ $\boldsymbol{\theta \approx -56^0 30'}$

BÀI 2.27. Cho một cách tử nhiễu xạ có hằng số bằng 2μm. Sau cách tử đặt một thấu kính hội tụ, trên mặt phẳng tiêu của thấu kính người ta đặt một màn quan sát. Khoảng cách giữa hai vạch cực đại của kali (ứng với bước sóng 0.4404μm và 0.4047μm) trong quang phổ bậc nhất trên màn quan sát bằng 0.1mm. Hãy tìm tiêu cự của thấu kính.

Tóm tắt:
$d = 2\mu m$
$\lambda_1 = 0.4404\mu m$
$\lambda_2 = 0.4047\mu m$
$d_{12} = 0.1mm$ (k/c giữa hai vạch cực đại trong quang phổ bậc nhất
Xác định f



Nhận xét: Ở trong bài chúng ta sẽ xét một chùm tia nhiễu xạ song song, nếu không có thấu kính thì chùm tia nhiễu xạ ở hai khe liên tiếp sẽ giao thoa với nhau ở vô cùng → đây chính là lý do mà người ta thường đặt thấu kính sau cách tử giữa màn và cách tử. Do tính chất hội tụ tại mặt phẳng tiêu diện của các chùm song song khi truyền qua thấu kính hội tụ nên màn thu ảnh nhiễu xạ sẽ được đặt trùng với tiêu diện của thấu kính. Giả sử chùm tia từ hai khe của cách tử có góc nhiễu xạ φ thỏa mãn điều kiện cực đại nhiễu xạ → trục phụ *OM* sẽ phải tạo với đường nằm ngang một góc φ. Từ hình vẽ ta thấy

Vị trí cực đại ứng với góc nhiễu xạ φ sẽ là:

$$D = M_0 M = ftan\varphi$$

Ứng với mỗi một bước sóng ta sẽ thu được giá trị D, φ khác nhau, do f là không đổi nên dễ dàng rút ra được công thức:

$$\boldsymbol{f = \frac{D_2 - D_1}{tan\varphi_2 - tan\varphi_1}}$$

Trong đó: $D_2 - D_1 = 0.1mm$, để đơn giản ta chỉ xét cực đại nhiễu xạ bậc 1 do đó ta có:

$$sin\varphi_1 = \frac{\lambda_1}{d}; sin\varphi_2 = \frac{\lambda_2}{d}$$

Thay số vào ta thu được: ***f* = 0.65*m***

DẠNG 4: NHIỄU XẠ MẠNG TINH THỂ

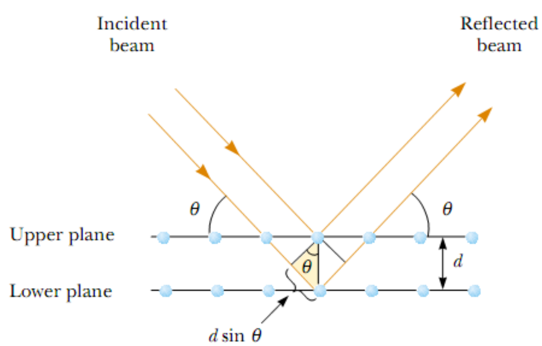
1. KIẾN THỨC CƠ BẢN

- Mạng tinh thể gồm các nguyên tử (phân tử) sắp xếp theo một cấu trúc tuần hoàn, trong đó vị trí của các nguyên tử gọi là nút mạng → chúng ta có thể tưởng tượng mạng tinh thể như một hệ cách tử ba chiều có chu kỳ mạng d_1, d_2, d_3
- Chu kỳ mạng tinh thể rất nhỏ (~0.1 *nm*) → để quan sát hiện tượng nhiễu xạ phải dùng loại sóng điện từ có bước sóng rất nhỏ ***(*)***
- Xét chùm tới tạo với mặt phẳng nguyên tử một góc θ → chùm tới sẽ bị nhiễu xạ tại các nút mạng → xét hai tia nhiễu xạ trên hai lớp tinh thể gần nhau → hiệu quang lộ của hai tia nhiễu trên hai lớp này là:

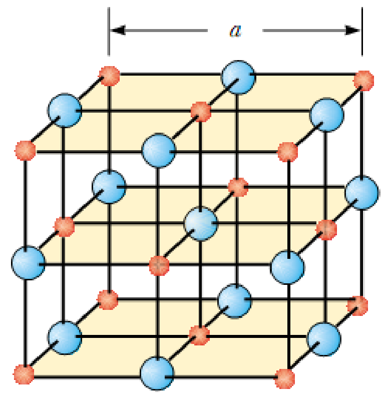
$$\Delta L = 2d\sin\theta$$

- Điều kiện giao thoa cực đại (***định luật Bragg***) → ứng dụng để xác định khoảng cách giữa các lớp nguyên tử trong tinh thể

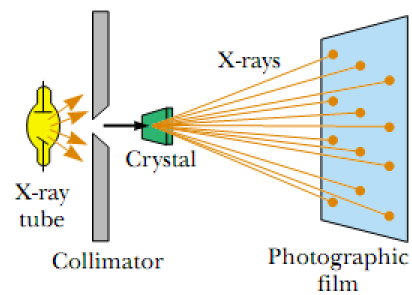
$$2d\sin\theta = k\lambda \quad với\ k = 1, 2, 3, \ldots$$



Chùm Ronghen song song theo phương hợp với mặt phẳng nguyên tử một góc tới θ



Cấu trúc mạng tinh thể NaCl



Sơ đồ nguyên lý hoạt động của hệ nhiễu xạ tia X – Các điểm giao thoa cực đại trên mà tạo thành phổ Laue

2. BÀI TOÁN VÍ DỤ

BÀI 2.30. Để nghiên cứu cấu trúc của tinh thể, người ta chiếu một chùm tia Rownghen bước sóng $\lambda = 10^{-8}$*cm* vào tinh thể và quan sát hình nhiễu xạ của nó. Xác định khoảng cách giữa hai lớp ion (nút mạng) liên tiếp, biết rằng góc tới của chùm tia Ronghen trên các lớp ion bằng 30^0 và các cực đại nhiễu xạ tương ứng với $k = 3$.

Tóm tắt: $\lambda = 10^{-8}$*cm*	

$\theta = 30^0$ $k = 3$ Xác định khoảng cách giữa hai lớp ion	

Nhận xét: Đây là bài toán đặc trưng của nhiễu xạ Ronghen. Những bài toán dạng này thường xoay quanh công thức Bragg. Từ dữ kiện đã cho ta thấy 3 đại lượng θ, λ, k đã biết → dễ dàng xác định đại lượng d

$$2dsin\theta = k\lambda \rightarrow \boldsymbol{d = \frac{k\lambda}{2sin\theta} = 3.10^{-10}m}$$

***(*)*:** Từ công thức Bragg ta có: $sin\theta = \frac{k\lambda}{2d}$ → nếu λ lớn, d nhỏ → $sin\theta \geq 1$ → từ đây ta cũng có thể xác định bước sóng giới hạn khi dự đoán khoảng cách giữa các lớp nguyên tử từ công thức mở rộng:

$$\boldsymbol{\lambda = \frac{2dsin\theta}{k}}$$