

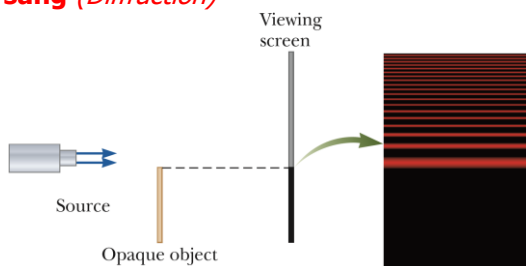
1. Hiện tượng nhiễu xạ
2. Nhiễu xạ sóng phẳng qua lỗ tròn
3. Nhiễu xạ sóng cầu Fresnel
4. Nhiễu xạ sóng phẳng Fraunhofer
5. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp
6. Cách tử nhiễu xạ, quang phổ nhiễu xạ
7. Nhiễu xạ tia X

1

cuuduongthancong.com

1. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng (Diffraction)

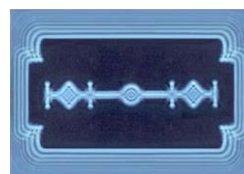
Thí nghiệm ánh sáng đi qua vật cản bị “lệch” phương truyền, cường độ sáng không đều ở vùng biên sáng - tối và xuất hiện các vân sáng, tối gọi là **hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng**.



Hiện tượng nhiễu xạ thể hiện rõ tính chất sóng của ánh sáng và được giải thích bởi nguyên lý Huygen (nguồn sóng thứ cấp) và tính chồng chất của ánh sáng gây ra giao thoa.

Khảo sát hai loại nhiễu xạ:

- Nhiễu xạ Fresnel: sóng cầu. Nguồn sáng, màn quan sát, vật cản gần nhau.
- Nhiễu xạ Fraunhofer: sóng phẳng. Nguồn sáng, vật cản và màn quan sát đủ xa nhau để tia sáng là song song.



(Nhiễu xạ bởi vật cản)

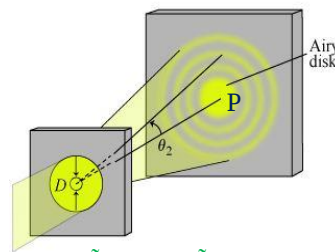
2

2. Nhiễu xạ sóng phẳng qua lỗ tròn (Fraunhofer)

Chiếu chùm sáng song song (sóng phẳng) bước sóng $\lambda \perp$ với lỗ nhỏ bán kính D .

Có thể tính cường độ sáng tại điểm P trên ảnh nhiễu xạ bằng cách áp dụng nguyên lý Huygen-Fresnel: diện tích mặt sóng tại lỗ nhỏ gồm các nguồn thứ cấp cùng biên độ và pha. Tính biên độ dao động tổng hợp sóng thứ cấp từ mặt lỗ nhỏ truyền đến điểm quan sát.

Kết quả ảnh nhiễu xạ qua lỗ tròn gồm các vân sáng, tối bao quanh vân sáng trung tâm gọi là đĩa Airy.



(Nhiễu xạ qua lỗ tròn nhỏ)

- Góc lệch ứng với các **vân tối** được xác định lần lượt:

$$\sin\theta_{t1} = 1,22 \frac{\lambda}{D}, \sin\theta_{t2} = 2,23 \frac{\lambda}{D}, \sin\theta_{t3} = 3,24 \frac{\lambda}{D}$$

- Góc lệch ứng với các **vân sáng** được xác định lần lượt:

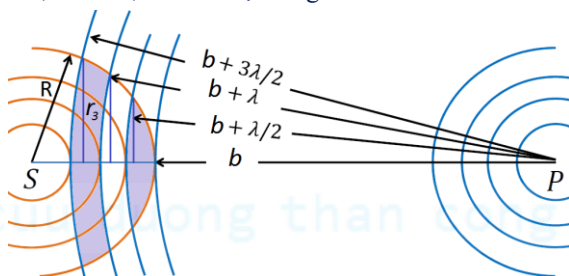
$$\sin\theta_{s1} = 1,63 \frac{\lambda}{D}, \sin\theta_{s2} = 2,68 \frac{\lambda}{D}, \sin\theta_{s3} = 3,70 \frac{\lambda}{D}$$

3

cuu duong than cong . com

3. Nhiễu xạ sóng cầu qua lỗ tròn nhỏ - PP đối cầu Fresnel

Nguồn sáng điểm S phát ra sóng cầu bước sóng λ . Vẽ các mặt cầu bán kính $b, b+\lambda/2, b+2\lambda/2, \dots$ chia mặt sóng bán kính R thành các đới cầu.



Phương pháp đối cầu Fresnel:

Diện tích các đới cầu Fresnel bằng nhau và bằng: $\Delta S = \frac{\pi R b}{R + b} \lambda$

Bán kính đới cầu thứ k: $r_k = \sqrt{\frac{R b \lambda}{R + b}} \sqrt{k}, k = 1, 2, 3, \dots$

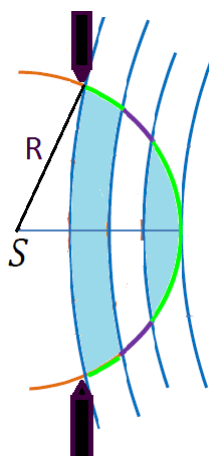
a_k : Biên độ sóng tại P do đới thứ k truyền đến. Hai sóng kế tiếp có $\Delta\phi = \pi$.

Biên độ sóng tổng hợp tại P: $a = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + \dots$

4

3. Nhiễu xạ sóng cầu qua lỗ tròn nhỏ - PP đối cầu Fresnel

Giải thích nhiễu xạ bằng phương pháp đối cầu Fresnel



Phụ thuộc kích thước tương đối giữa lỗ tròn, vị trí nguồn sáng điểm S và điểm quan sát P, lỗ tròn sẽ chứa n đối cầu:

Biên độ sóng tổng hợp a tại tâm điểm P:

$$a = a_1 - a_2 + a_3 - \dots \pm a_n \begin{cases} +a_n: n \text{ lẻ} \\ -a_n: n \text{ chẵn} \end{cases}$$

$$= \frac{a_1}{2} + \left(\frac{a_1}{2} - a_2 + \frac{a_3}{2}\right) + \left(\frac{a_3}{2} - a_4 + \frac{a_5}{2}\right) + \dots + \begin{cases} +\frac{a_n}{2}: n \text{ lẻ} \\ \frac{a_{n-1}}{2} - a_n: n \text{ chẵn} \end{cases}$$

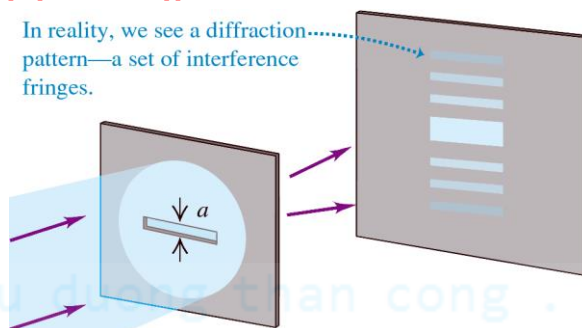
$$\Rightarrow a = \frac{a_1}{2} \pm \frac{a_n}{2} \begin{cases} +: n \text{ lẻ} \\ -: n \text{ chẵn} \end{cases}$$

- Khi không có màn chắn hoặc lỗ lớn ($a_n \approx 0$): $I_0 = a^2 = \frac{a_1^2}{4}$
- Khi số đối lẻ: $I = \left(\frac{a_1}{2} + \frac{a_n}{2}\right)^2 > I_0$, max khi $n=1$
- Khi số đối chẵn: $I = \left(\frac{a_1}{2} - \frac{a_n}{2}\right)^2 < I_0$, min khi $n=2$

5

cuu duong than cong . com

4. Nhiễu xạ qua khe hẹp Fraunhofer



Sóng phẳng đơn sắc chiếu qua khe hẹp tạo ra ảnh nhiễu xạ gồm các vân sáng, tối trên màn.

Vân sáng trung tâm rộng hơn chiều rộng của khe hẹp. Năng lượng ánh sáng nhiễu xạ tập trung chủ yếu ở vân trung tâm.

Bề rộng khe hẹp càng nhỏ thì vân sáng trung tâm càng rộng.

Nhiễu xạ Fraunhofer khảo sát sóng phẳng và giải thích dựa trên cơ sở nguyên lý Huygen – Fresnel.

6

4. Nhiễu xạ qua khe hẹp Fraunhofer

Chiếu chùm sóng phẳng đơn sắc λ theo phương $\perp$ mặt chứa khe hẹp có bề rộng $a \ll D$.

Xét chùm tia // góc lệch θ . Khe hẹp đồng pha chia thành n dãy hẹp (n nguồn thứ cấp) sao cho hiệu quang lộ sóng phát ra từ 2 dãy hẹp kế tiếp là $\lambda/2$ (ngược pha nhau).

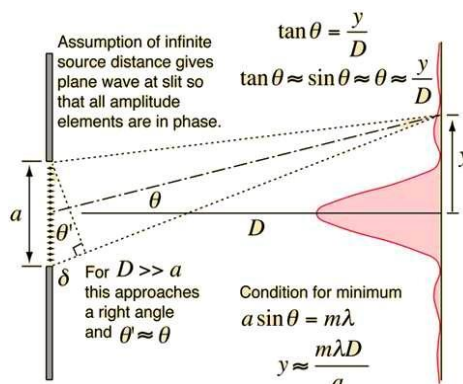
Số dãy hẹp của khe:

$$n = \frac{\delta}{\lambda/2} = \frac{2a \sin \theta}{\lambda}$$

Chùm nhiễu xạ góc θ gặp nhau (giao thoa) **cực tiểu** khi số dãy hẹp là số chẵn hay hiệu quang lộ δ của 2 tia ở 2 biên khe hẹp bằng số nguyên bước sóng :

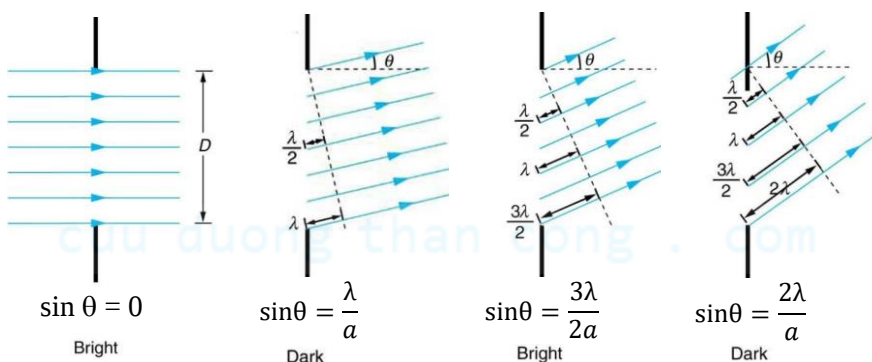
$$n = 2m \Rightarrow \delta = a \cdot \sin \theta = m\lambda \Rightarrow \sin \theta = m \frac{\lambda}{a}, m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

Cực đại phụ: $\sin \theta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2a}, m = +1, \pm 2, \dots$



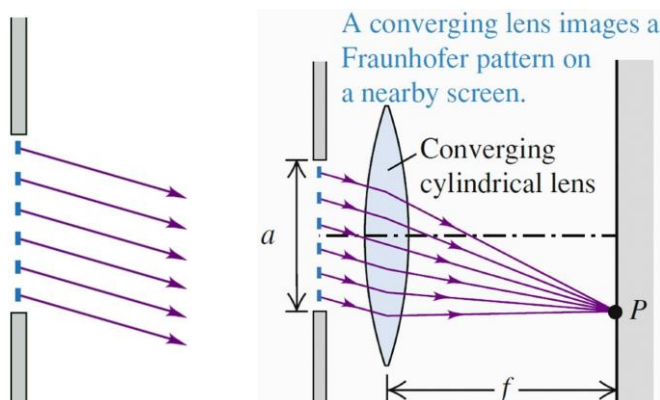
7

4. Nhiễu xạ qua khe hẹp Fraunhofer



8

4. Nhiễu xạ qua khe hẹp Fraunhofer



Trong nhiễu xạ Fraunhofer, chùm tia nhiễu xạ cùng góc lệch θ song song nhau nên phải đặt màn quan sát rất xa. Có thể sử dụng thấu kính hội tụ để hiện ảnh nhiễu xạ trên mặt phẳng tiêu, rút ngắn khoảng cách quan sát.

9

cuu duong than cong . com

4. Nhiễu xạ qua khe hẹp Fraunhofer – Thí dụ

Chiếu ánh sáng đơn sắc $\lambda = 580 \text{ nm}$ thẳng góc lên khe rộng $a = 0,30 \text{ mm}$. Màn quan sát cách khe $D = 2 \text{ m}$. Tính bề rộng vân sáng trung tâm.

Bề rộng vân sáng trung tâm bằng khoảng cách 2 vân tối thứ 1 cạnh bên.

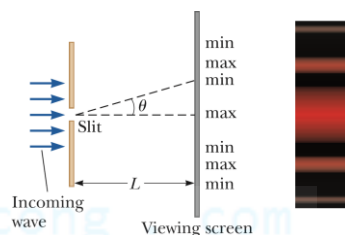
Điều kiện vân tối thứ 1: $\sin \theta = \pm \frac{\lambda}{a}$

Góc θ nhỏ,

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{D} \rightarrow y = D \sin \theta = D \frac{\lambda}{a}$$

Bề rộng vân sáng trung tâm:

$$L = 2|y| = 2D \frac{\lambda}{a} = 2(2\text{m}) \frac{580 \times 10^{-9} \text{ m}}{0,3 \times 10^{-3}} = 7,73 \times 10^{-3} \text{ m} = 7,73 \text{ mm}$$



Nếu mở rộng khe hẹp đến $3,0 \text{ mm}$ thì bề rộng vân trung tâm là $0,773 \text{ mm}$.

11

5. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp (Multiple Slits)

Chiếu chùm sóng phẳng đơn sắc $\lambda \perp$ mặt chứa N khe hẹp giống nhau rộng a , song song cách đều nhau trong một mặt phẳng, khoảng cách 2 tâm của 2 khe kế tiếp là d ($d > a$). Kích thước a và d đủ nhỏ để xảy ra hiện tượng nhiễu xạ nhiễu xạ.

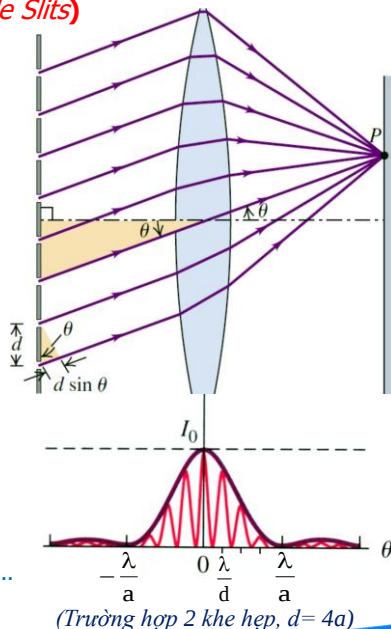
Kết hợp hiện tượng nhiễu xạ qua khe hẹp và giao thoa gây bởi các khe:

- Góc θ ứng với điều kiện **cực tiểu nhiễu xạ** của mỗi khe hẹp là các **cực tiểu chính**:

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

- Góc θ ứng với điều kiện **giao thoa cực đại** giữa các khe là các **cực đại chính**:

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



12

5. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp

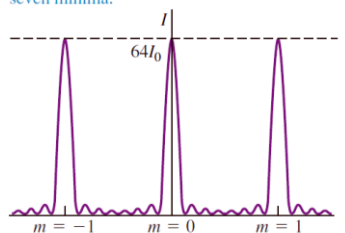
Tổng quát với N khe hẹp: Giữa 2 cực đại chính có $N-1$ cực tiểu phụ và $N-2$ cực đại phụ (năng lượng rất nhỏ so với cực đại chính).

- Thí dụ **8 khe hẹp**: Giữa 2 cực đại chính có 7 cực tiểu phụ và 6 cực đại phụ.

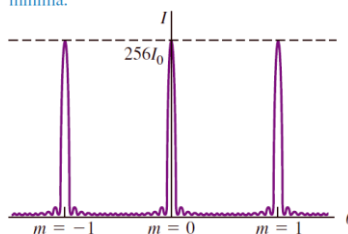
- Thí dụ **16 khe hẹp**: Giữa 2 cực đại chính có 15 cực tiểu phụ và 14 cực đại phụ.

Số khe hẹp càng lớn, cực đại chính càng hẹp, cực đại phụ càng yếu. Ảnh nhiễu xạ trở thành các vạch sáng ứng với các cực đại chính // và cách đều nhau.

$N = 8$: eight slits produce taller, narrower maxima in the same locations, separated by seven minima.

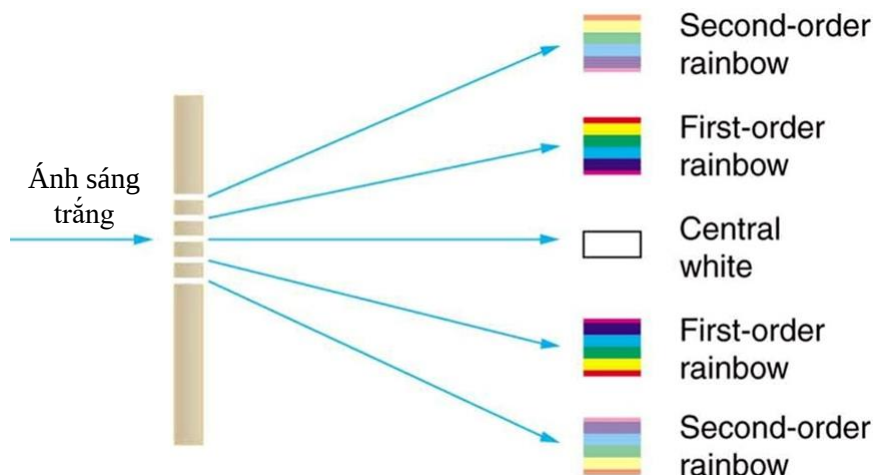


$N = 16$: with 16 slits, the maxima are even taller and narrower, with more intervening minima.



13

5. Nhiễu xạ qua nhiều khe hẹp – Ánh sáng trắng



14

cuu duong than cong . com

6. Cách tử nhiễu xạ

Nhiều xạ nhiễu xạ nhiều khe hẹp: Số khe hẹp càng lớn và cách đều nhau làm cho các cực đại chính càng hẹp và việc đo bước sóng ánh sáng càng chính xác.

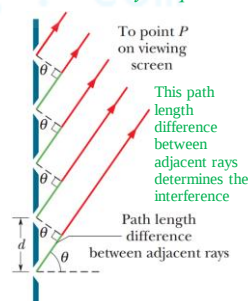
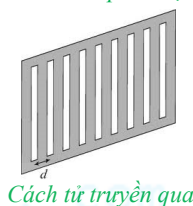
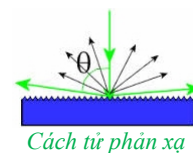
Số lớn khe hẹp cùng bề rộng a xếp //, tâm cách đều nhau một khoảng d (chu kỳ) trong một mặt phẳng gọi là **cách tử nhiễu xạ**.

Cách tử có thể được chế tạo bằng cách dùng mũi kim cương rạch nhiều đường rãnh // lên mặt phẳng thủy tinh (cách tử truyền qua) hay mặt kim loại (cách tử phản xạ). Đặc trưng của cách tử là số khe hẹp (vạch, đường kẻ) trên một đơn vị chiều dài.

Phụ thuộc bước sóng ánh sáng khảo sát, người ta sử dụng cách tử thích hợp. Bước sóng ngắn (tử ngoại) thường dùng cách tử phản xạ lên đến hàng ngàn vạch/mm.

Điều kiện cực đại chính: $\sin\theta = k \frac{\lambda}{d}$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Ứng với mỗi giá trị của k gọi là quang phổ bậc k .



15

6. Cách từ nhiễu xạ - Thí dụ

Chiếu ánh sáng laser Helium – Neon bước sóng $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ thẳng góc lên cách từ nhiễu xạ chứa 6000 vạch/cm. Tính góc ứng với cực đại bậc một và hai.

Khoảng cách giữa 2 khe kế tiếp:

$$d = \frac{1 \text{ cm}}{6.000} = 1.667 \text{ nm}$$

Điều kiện cực đại:

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

Cực đại bậc một:

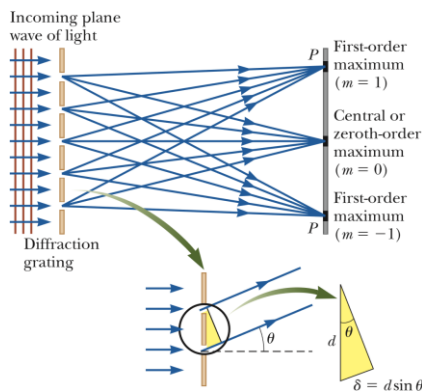
$$\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{d} = \frac{632,8 \text{ nm}}{1.667 \text{ nm}} = 0,3797$$

$$\Rightarrow \theta_1 = 22,31^\circ$$

Cực đại bậc hai:

$$\sin \theta_2 = 2 \frac{\lambda}{d} = 2 \frac{632,8 \text{ nm}}{1.667 \text{ nm}} = 0,7594$$

$$\Rightarrow \theta_2 = 49,41^\circ$$

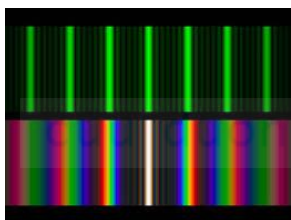
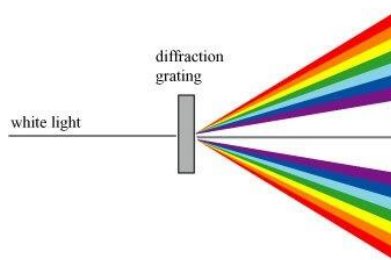


16

cuu duong than cong . com

6. Cách từ nhiễu xạ

Nếu chiếu vào cách từ bằng ánh sáng trắng, cực đại chính giữa ($k=0$) có màu trắng, mỗi cực đại chính bậc k gồm một phổ ánh sáng thấy được, gọi là quang phổ nhiễu xạ.



Ánh sáng
đơn sắc

Ánh sáng
trắng

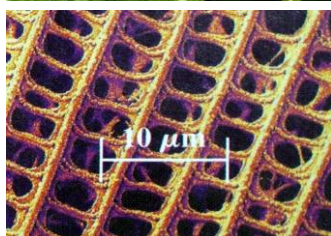
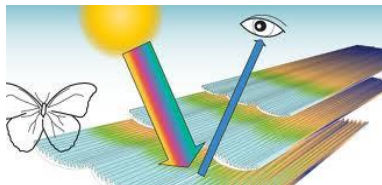
Nếu chiếu bằng ánh sáng đơn sắc, mỗi cực đại chính (bậc k) ứng với 1 vạch.

Ứng dụng: cách từ nhiễu xạ dùng để đo bước sóng ánh sáng, dùng trong máy phân tích quang phổ.



17

6. Cách từ nhiễu xạ

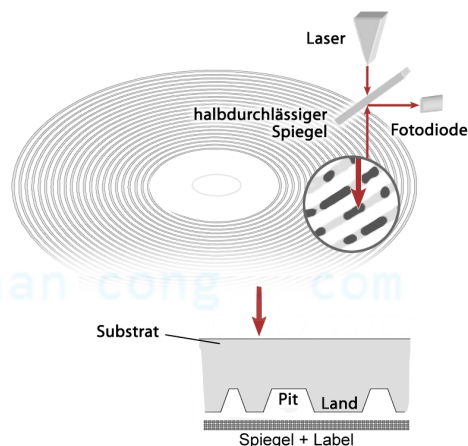


Màu sắc lấp lánh của cánh bướm, lông chim thay đổi theo góc nhìn là hình ảnh nhiễu xạ - giao thoa của sóng phản xạ trên hàng triệu cấu trúc vi mô (lỗ nhỏ cỡ vài μm) tác dụng như cách tử nhiễu xạ.

18

cuu duong than cong . com

6. Cách từ nhiễu xạ

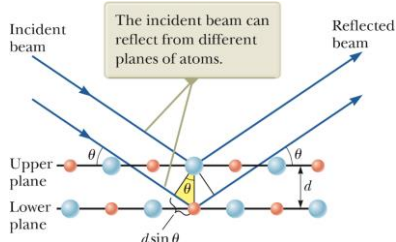


CD hay DVD với các pit (lỗ) ghi dữ liệu, tác dụng như cách tử nhiễu xạ, tách ánh sáng trắng thành phổ màu và thay đổi theo góc nhìn.

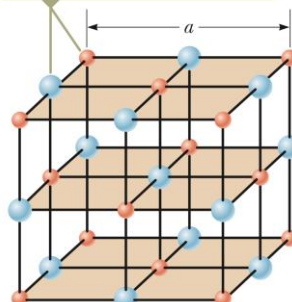
19

7. Nhiễu xạ tia X

Tia X được khám phá bởi Röntgen năm 1895 có bước sóng cỡ 10^{-10}m . Trong tinh thể rắn, các nguyên tử được xếp đều đặn với khoảng cách cũng cỡ 10^{-10}m . Sóng tán xạ trên tinh thể có thể giao thoa như sóng nhiễu xạ từ cách tử.



The blue spheres represent Cl^- ions, and the red spheres represent Na^+ ions.



Cấu trúc tinh thể muối NaCl.
Cạnh $a = 0,562737 \text{ nm}$

Điều kiện sóng phản xạ giao thoa cực đại:

$$2d \cdot \sin\theta = k\lambda, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

$$\Rightarrow \sin\theta = k \frac{\lambda}{2d}, \quad k = 1, 2, 3, \dots : \text{Điều kiện Bragg}$$

Ứng dụng phân tích cấu trúc tinh thể. Biết λ , đo góc θ có thể tính được d .

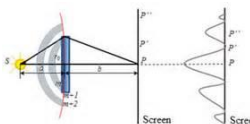
20

TÓM TẮT CÔNG THỨC

1) Phương pháp đới cầu Fresnel

- Bán kính đới cầu k :
$$r_k = \sqrt{\frac{Rb\lambda}{R+b}} \sqrt{k}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

- Biên độ sóng tại tâm P:
$$a = \frac{a_1}{2} \pm \frac{a_n}{2} \begin{cases} +: n \text{ đới lẻ} \\ -: n \text{ đới chẵn} \end{cases}$$

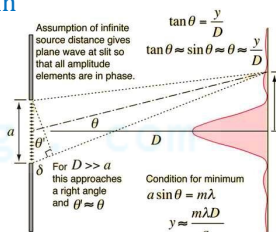


2) Nhiễu xạ khe hẹp Fraunhofer

- Số dãy hẹp:
$$n = \frac{a \sin\theta}{\lambda/2}$$

- Cực tiểu:
$$\sin\theta = m \frac{\lambda}{a}, \quad m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

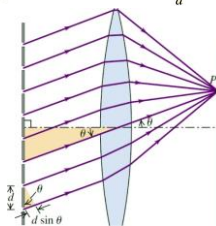
- Cực đại phụ:
$$\sin\theta = (2m+1) \frac{\lambda}{2a}, \quad m = +1, \pm 2, \dots$$



3) Nhiễu xạ nhiều khe hẹp Fraunhofer

- Cực tiểu chính:
$$\sin\theta = m \frac{\lambda}{a}, \quad m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

- Cực đại chính:
$$\sin\theta = k \frac{\lambda}{d}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

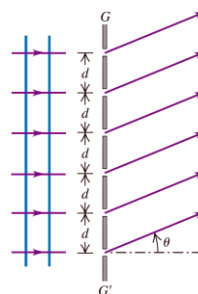


21

TÓM TẮT CÔNG THỨC

4) Cách tử

- Cực đại chính: $\sin\theta = k \frac{\lambda}{d}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$



5) Nhiễu xạ tia X

- Cực đại: $\sin\theta = k \frac{\lambda}{2d}, k = 1, 2, 3, \dots$
(Điều kiện Bragg)

