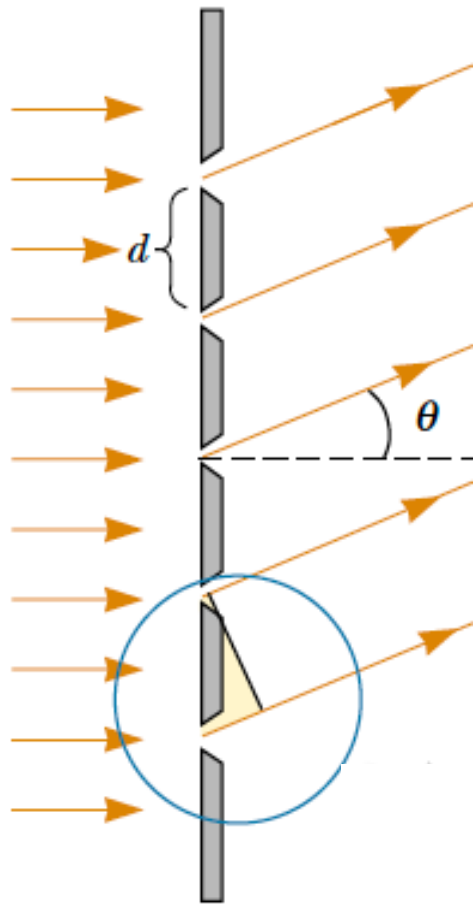


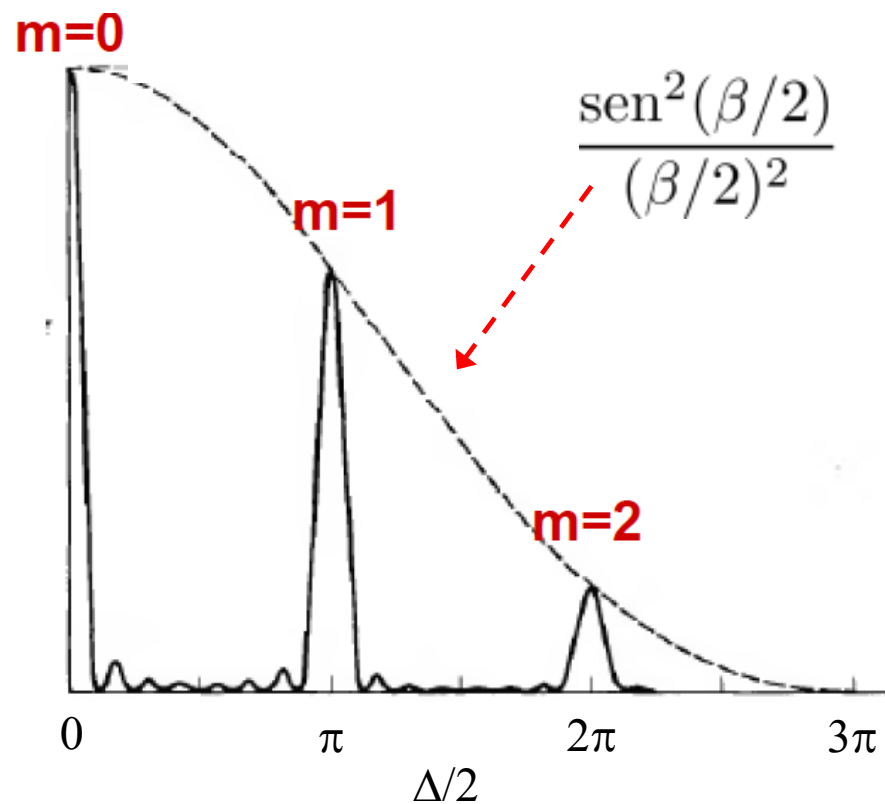


4302212 – Física IV

Difração – V



$$\mathcal{I} = \mathcal{I}_0 \frac{\text{sen}^2(\beta/2)}{(\beta/2)^2} \frac{\text{sen}^2(N\Delta/2)}{\text{sen}^2(\Delta/2)}$$



$$\Delta = kd \text{ sen}\theta$$

$$\beta = k a \text{ sen}\theta$$

Máximos Principais:

$$d \text{ sen}\theta = m\lambda$$

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

Poder de Resolução/Separação

Uma grade de difração pode ser utilizada para distinguir dois comprimentos de onda próximos (*decomposição espectral* da luz não monocromática).

Posição angular (θ) e largura das franjas ($\delta\theta$) para o comprimento de onda λ :

$$\theta \approx \text{sen}\theta = \frac{m\lambda}{d}$$

$$\frac{1}{2}\Delta = \pm \frac{\pi}{N} \implies \delta\theta \approx \frac{\lambda}{Nd}$$

Poder de Resolução/Separação

Dispersão da grade de difração:

$$D \equiv \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d} \quad (\text{maior } D, \text{ maior a capacidade de separar diferentes } \lambda)$$

Poder Separador: Para λ e $\lambda' = \lambda + \delta\lambda$, o poder de resolução/separação é

$$S \equiv \frac{\lambda}{\delta\lambda}$$

Critério de Rayleigh (máximo de λ' coincide com mínimo de λ):

$$S = mN = \frac{Nd \sin\theta}{\lambda} \approx \frac{Nd\theta}{\lambda} \quad (\text{número de comprimentos de onda contidos na diferença de caminho } Nd\theta)$$

Exercício: Uma lâmpada de vapor de sódio emite luz amarela composta por dois comprimentos de onda, 589.00 nm e 589.59 nm. (a) Qual deve ser o poder separador (S) de uma grade de difração para resolver os dois comprimentos de onda? (b) Para resolver esses comprimentos em segunda ordem ($m = 2$), quantas fendas devem ser iluminadas?

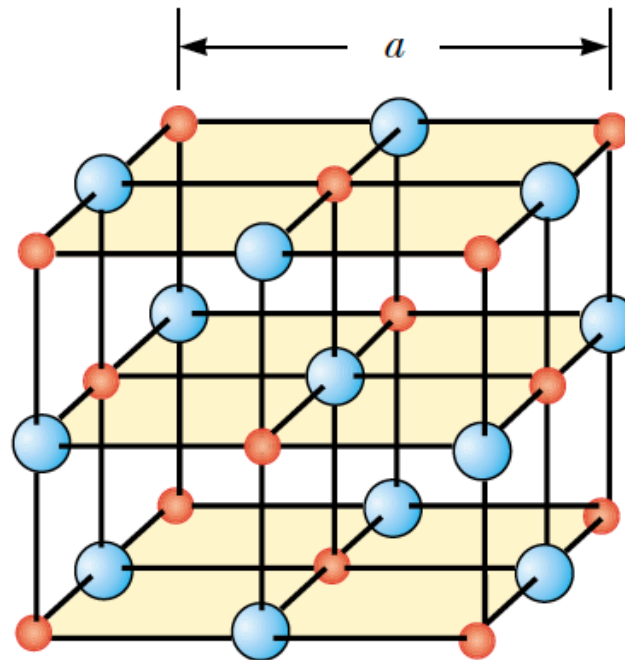
$$S = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = \frac{589.00}{(589.59 - 589.00)} = 998.3$$

$$N = \frac{S}{m} = \frac{998.3}{2} \approx 499$$

Difração de Raios X

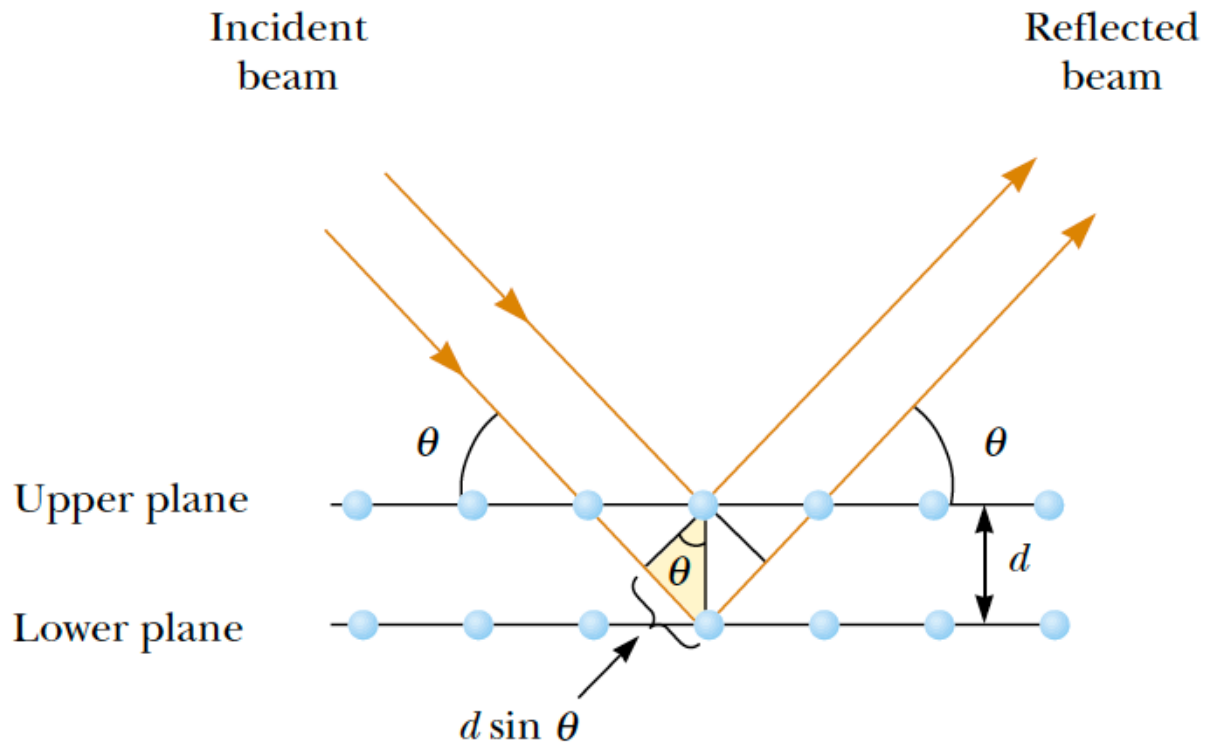
Raios X: Ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda ~ 1 Angstrom (Röntgen, 1895).

Difração de Raios X: von Laue (1912), Friedrich & Knipping (1912), W. Bragg & L. Bragg (1913).



$$a = 0.5627 \text{ nm}$$

Estrutura do cristal de NaCl (átomos de Na em laranja, átomos de Cl azul)



Lei de Bragg: Condição para máximos de intensidade refletida

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

Exercício: O cristal de iodeto de potássio (KI) tem uma estrutura cúbica, semelhante à do NaCl, com espaçamento de 0.353 nm entre os planos atômicos. Um experimento de difração realizado com raios X monocromáticos mostra um máximo de primeira ordem quando o ângulo de incidência é 8.15° . Qual o comprimento de onda da radiação?

Lei de Bragg:

$$\lambda = 2d \operatorname{sen}\theta = 2 \times 0.353 \times \operatorname{sen}\left(\frac{8.15 \times \pi}{180}\right)$$

$$\lambda = 0.100 \text{ nm}$$

Em geral, a intensidade corresponde à difração por uma grade 3D.

Posição dos átomos na rede 3D do cristal: \mathbf{a} , \mathbf{b} e \mathbf{c} são vetores característicos do cristal, enquanto (n, p, q) são números inteiros.

$$\mathbf{r} = n\mathbf{a} + p\mathbf{b} + q\mathbf{c}$$

Sendo \mathbf{u}_0 a direção de propagação da onda incidente, e \mathbf{u} a direção da onda difratada (\mathbf{u} define um ponto de observação distante):

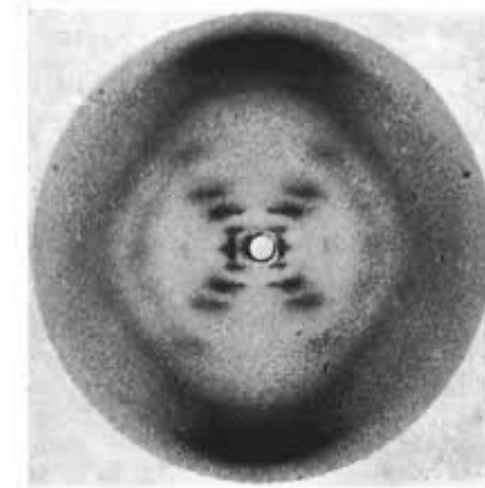
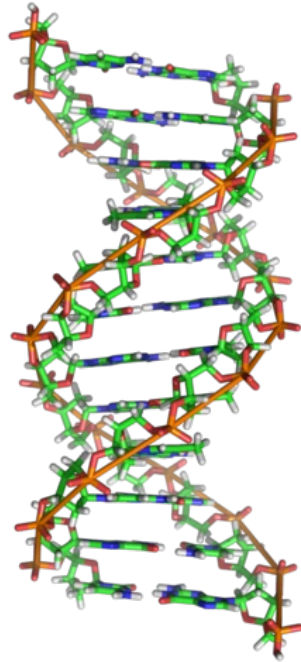
$$\mathcal{I} = \mathcal{I}_0 \frac{\text{sen}^2(N\Delta_a/2)}{\text{sen}^2(\Delta_a/2)} \frac{\text{sen}^2(P\Delta_b/2)}{\text{sen}^2(\Delta_b/2)} \frac{\text{sen}^2(Q\Delta_c/2)}{\text{sen}^2(\Delta_c/2)}$$

$$\Delta_a = k(\hat{\mathbf{u}} - \hat{\mathbf{u}}_0) \cdot \mathbf{a} ; \quad \Delta_b = k(\hat{\mathbf{u}} - \hat{\mathbf{u}}_0) \cdot \mathbf{b} ; \quad \Delta_c = k(\hat{\mathbf{u}} - \hat{\mathbf{u}}_0) \cdot \mathbf{c}$$

Máximos principais (Condições de Laue):

$$\Delta_a = m_a \lambda ; \quad \Delta_b = m_b \lambda ; \quad \Delta_c = m_c \lambda$$

Estrutura do DNA



https://en.wikipedia.org/wiki/Photo_51

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A-DNA,_B-DNA_and_Z-DNA.png



Francis Harry
Compton Crick
(1916-2004)



James Dewey
Watson
(1928 -)



Maurice Hugh
Frederick Wilkins
(1916-2004)



Rosalind Franklin
(1920-1958)

Nobel de Fisiologia e Medicina (1962)