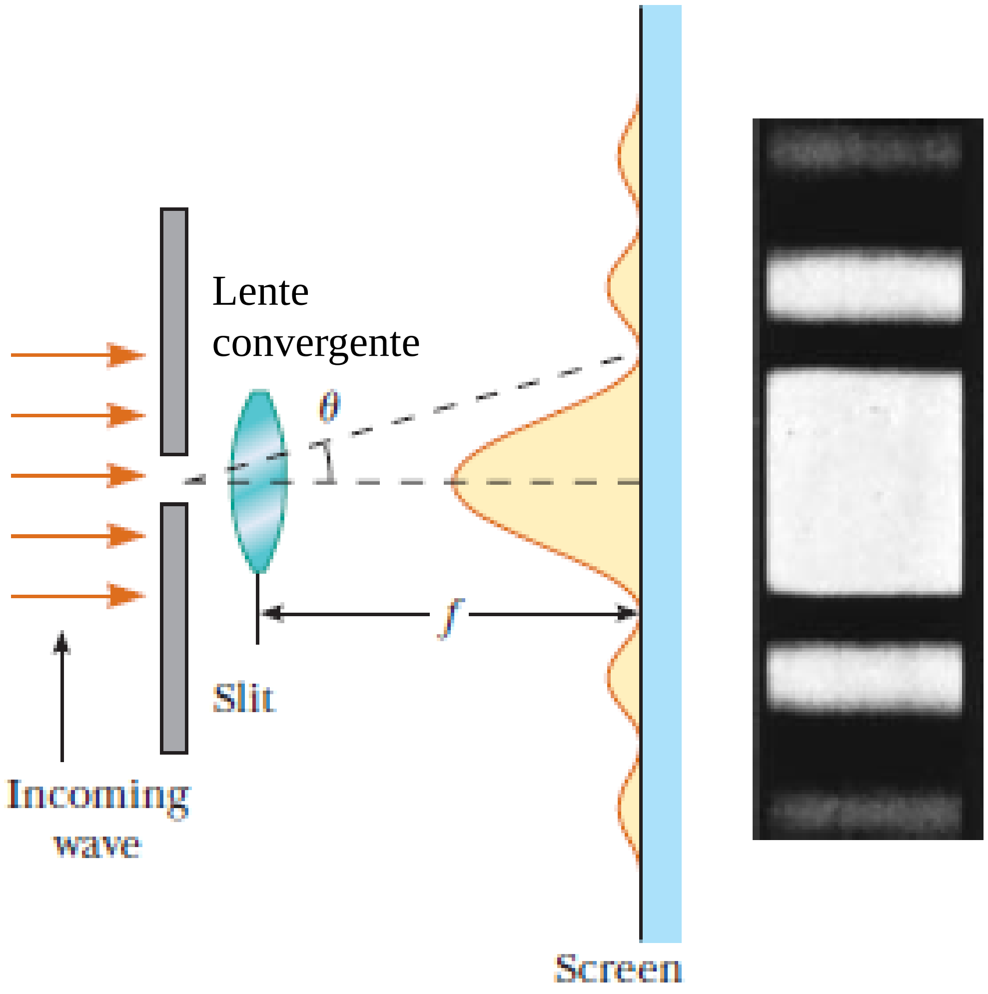
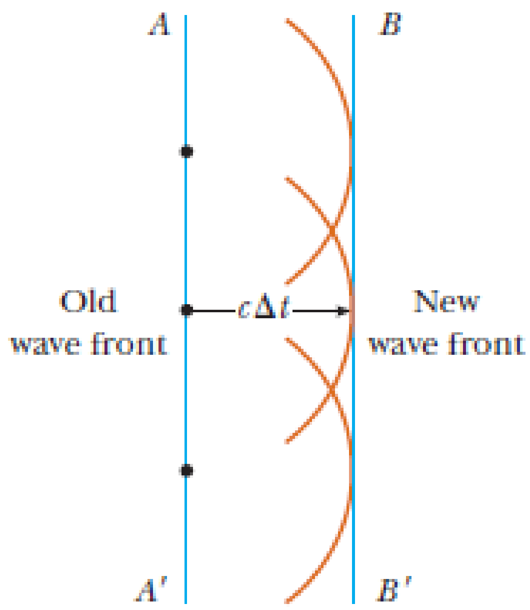
Física IV

Difração de ondas luminosas

Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da Silva

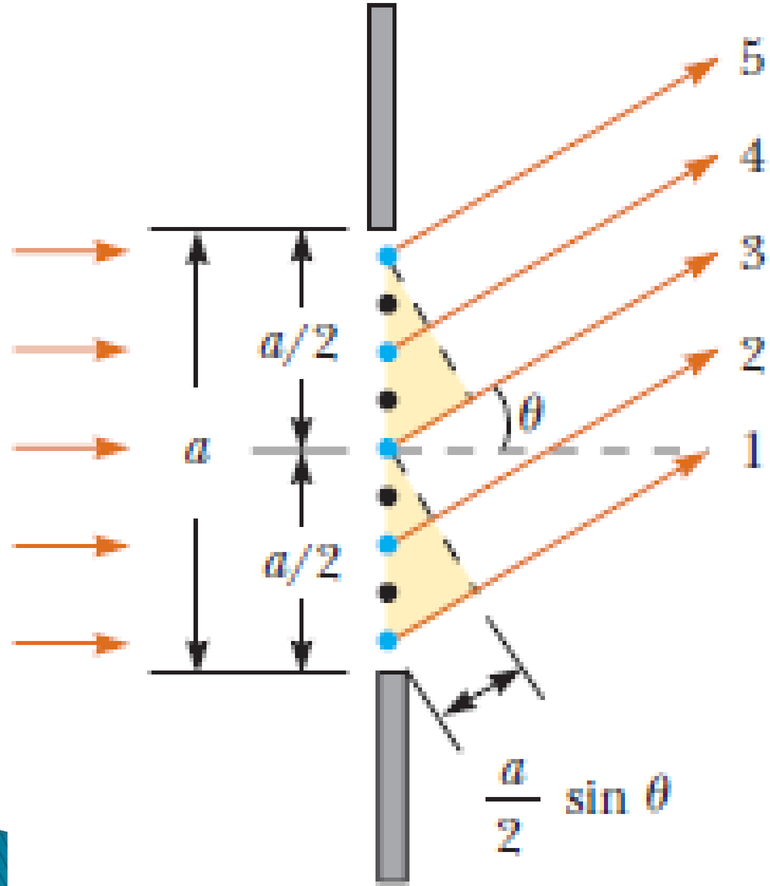
Difração numa fenda simples





Princípio de Huygens

De acordo com o princípio de Huygens, cada segmento da fenda atua como se fosse uma fonte de ondas. Então, a luz que provém de um segmento da fenda pode interferir com a luz de outro segmento, e a intensidade resultante da figura na tela dependerá da direção θ



Interferência destrutiva

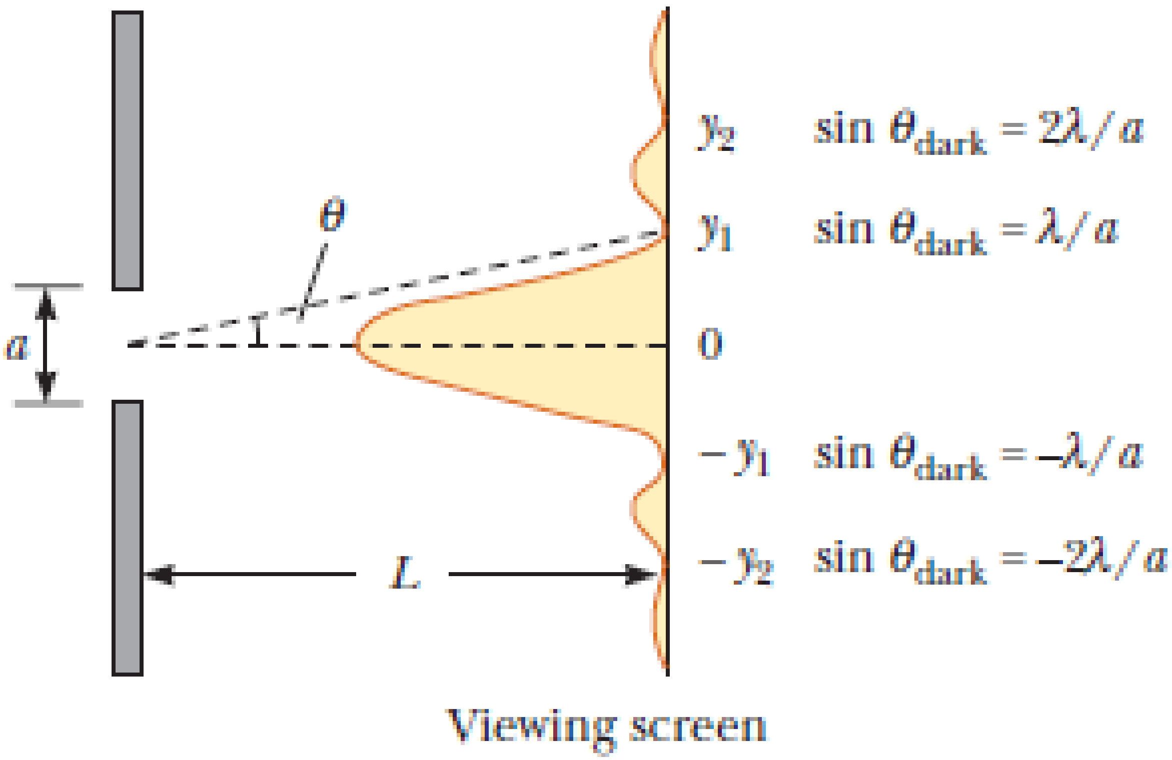
Divisão da fenda em duas metades:

$$\frac{a}{2}sen\theta = \frac{\lambda}{2}$$

$$sen\theta = m\frac{\lambda}{a}$$

$$m = \pm 1,\ \pm 2,\ \pm 3,\ \pm 4,\ ...$$

$L >> a$



Posições para o caso de **interferência destrutiva**

$$sen\theta = m\frac{\lambda}{a}$$

$$m = \pm 1,\ \pm 2,\ \pm 3,\ \pm 4,\ \ldots$$

A posição das regiões de ***interferência construtiva*** *está aproximadamente no meio de duas franjas escuras sucessivas.*

Exemplo:

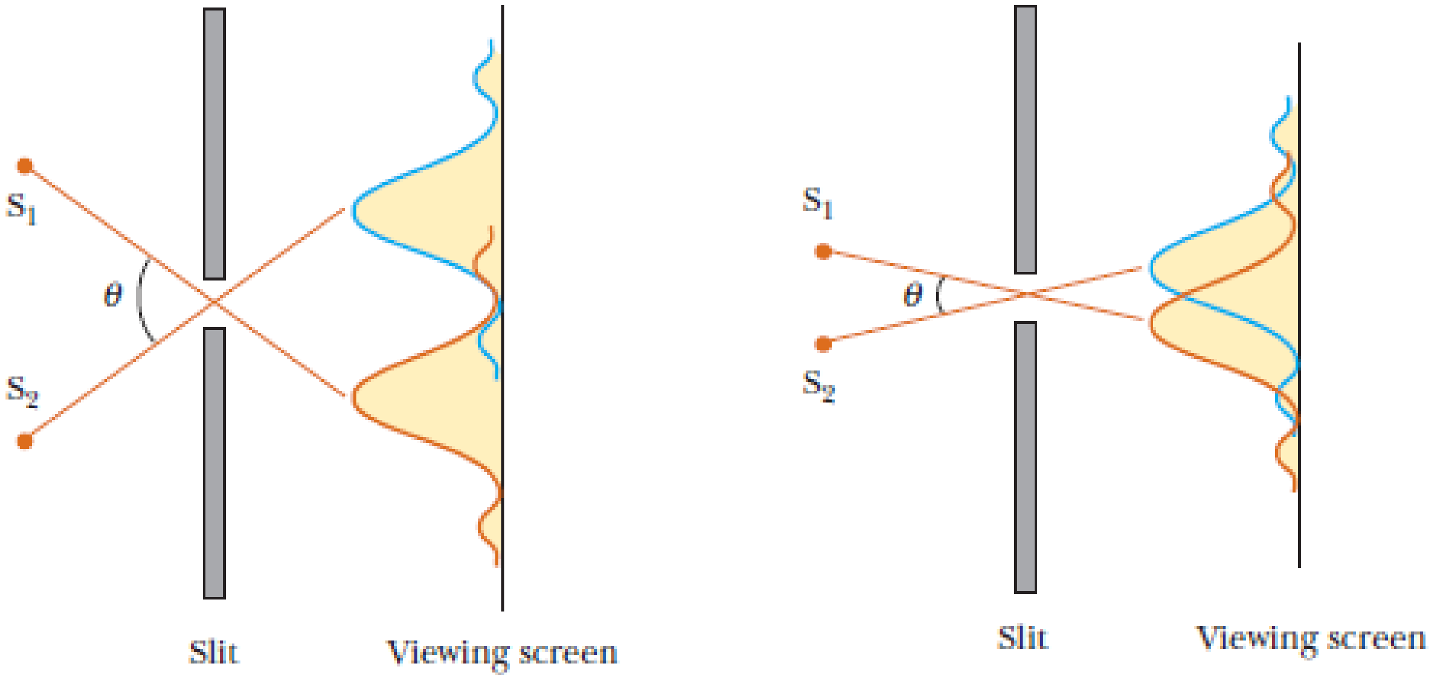
Um feixe de luz de comprimento de onda de 580 nm incide sobre uma fenda de 0,30 mm de largura. A tela de observação está colocada a 2 m da fenda.

a) Achar as posições das primeiras franjas escuras e a largura da franja central.

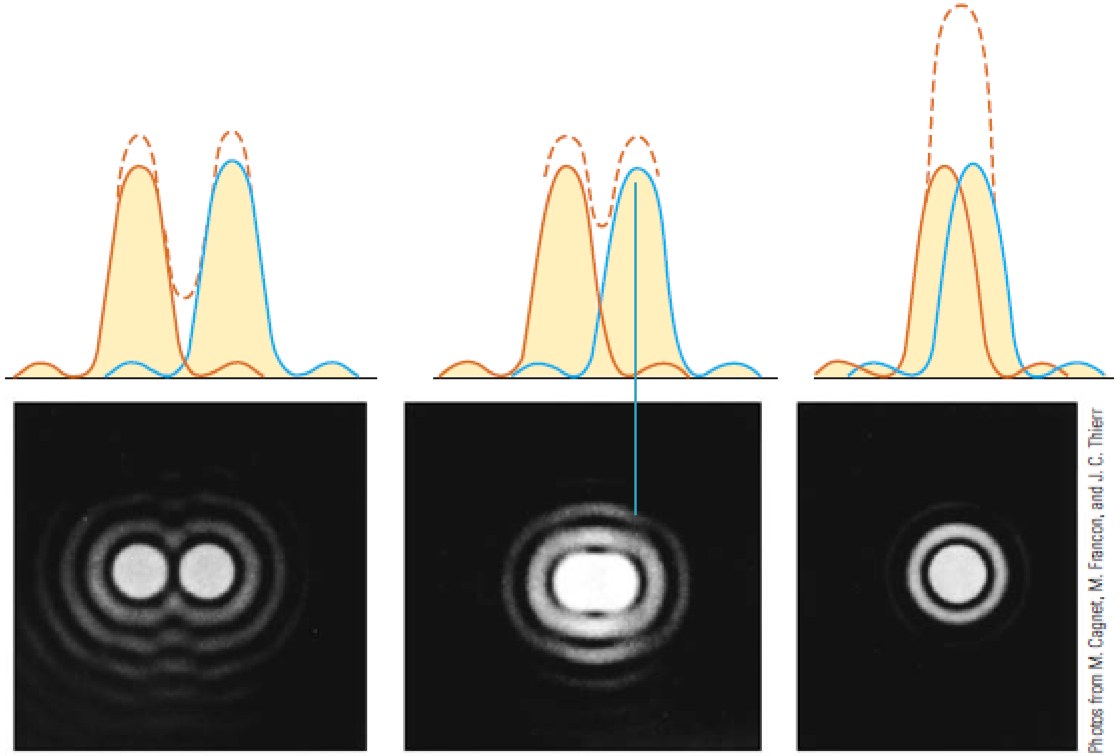
b) Determinar a largura da franja brilhante de primeira ordem.

Resolução de fenda simples e de aberturas circulares

Duas fontes luminosas distantes de uma fenda estreita.
Fontes puntiformes, não coerentes.

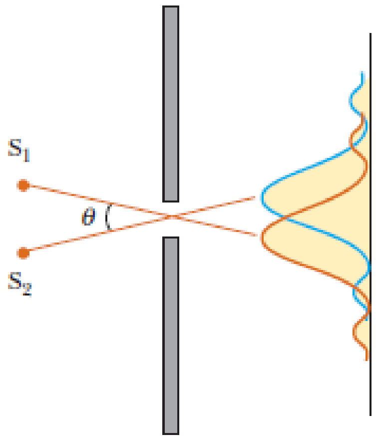


*Quando o máximo central de uma imagem se superpõe ao primeiro mínimo de outra imagem, as duas imagens estão minimamente resolvidas. Esta condição limite de resolução é conhecida como **critério de Rayleigh**.*



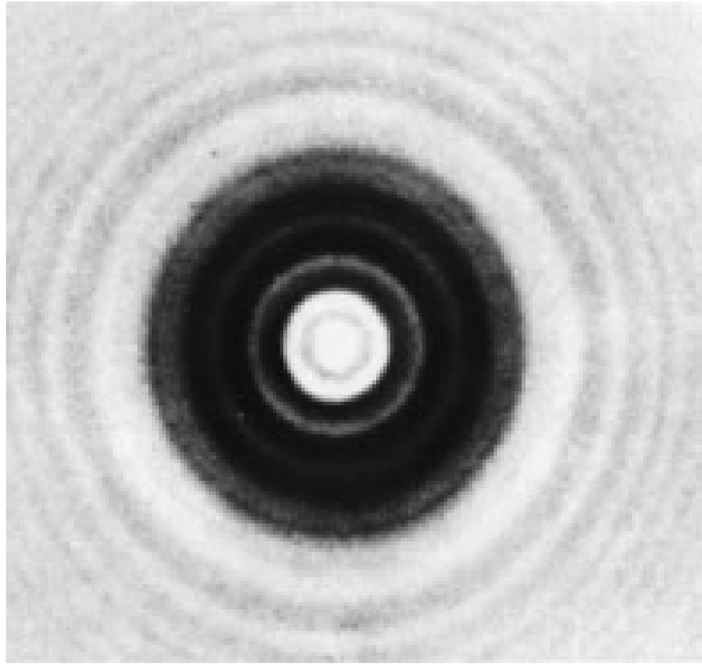
Resolvidas | Minimamente Resolvidas | Não Resolvidas

Primeiro mínimo: $\sin\theta = \frac{\lambda}{a}$



$$sen\ \theta \sim \theta$$

$$\theta_{min} \approx \frac{\lambda}{a}$$



Abertura circular:

$$\theta_{min} = 1.22\frac{\lambda}{D}$$

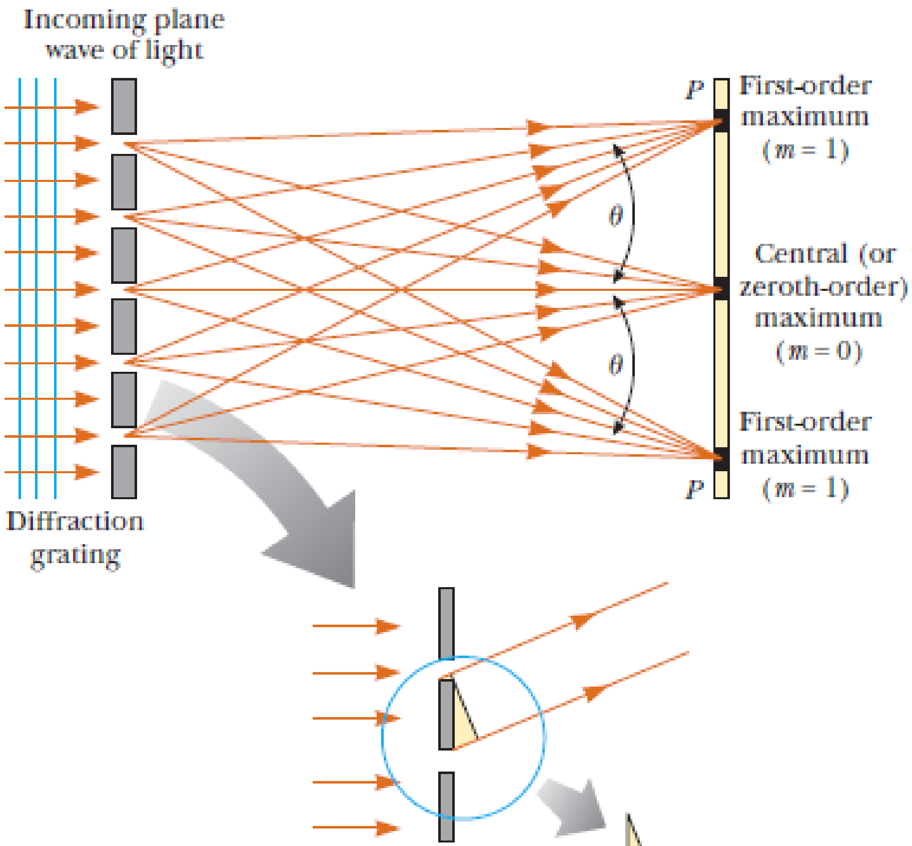
D = diâmetro da abertura

A figura de difração de Fresnel se uma **abertura circular** é constituída por um disco central brilhante envolto por anéis concêntricos, alternadamente brilhantes e escuros.

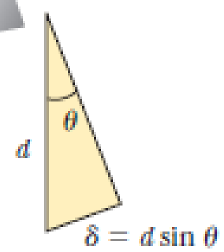
Exemplo:

Para observar um objetivo em um microscópio, usa-se uma lâmpada de sódio com radiação de comprimento de onda 589 nm. Se a abertura da objetiva tiver um diâmetro de 0,9 cm, (a) achar o ângulo limite de resolução. (b) Com luz visível com o comprimento de onda mais apropriado, qual o limite máximo de resolução deste microscópio?

A rede de difração



Diferença de percurso:

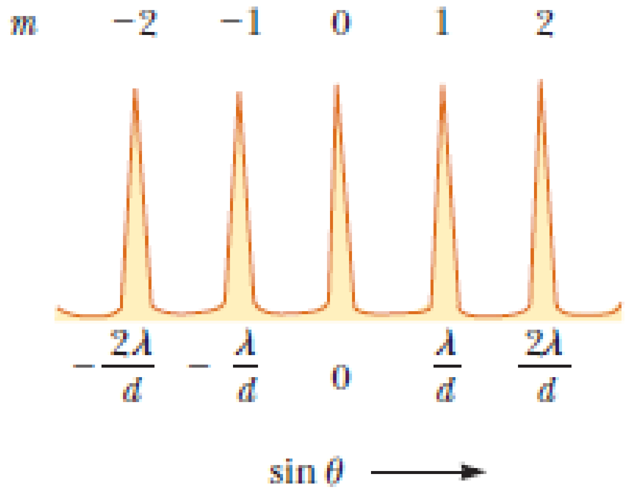


Condição de interferência construtiva:

$$d sen\theta = m\lambda$$

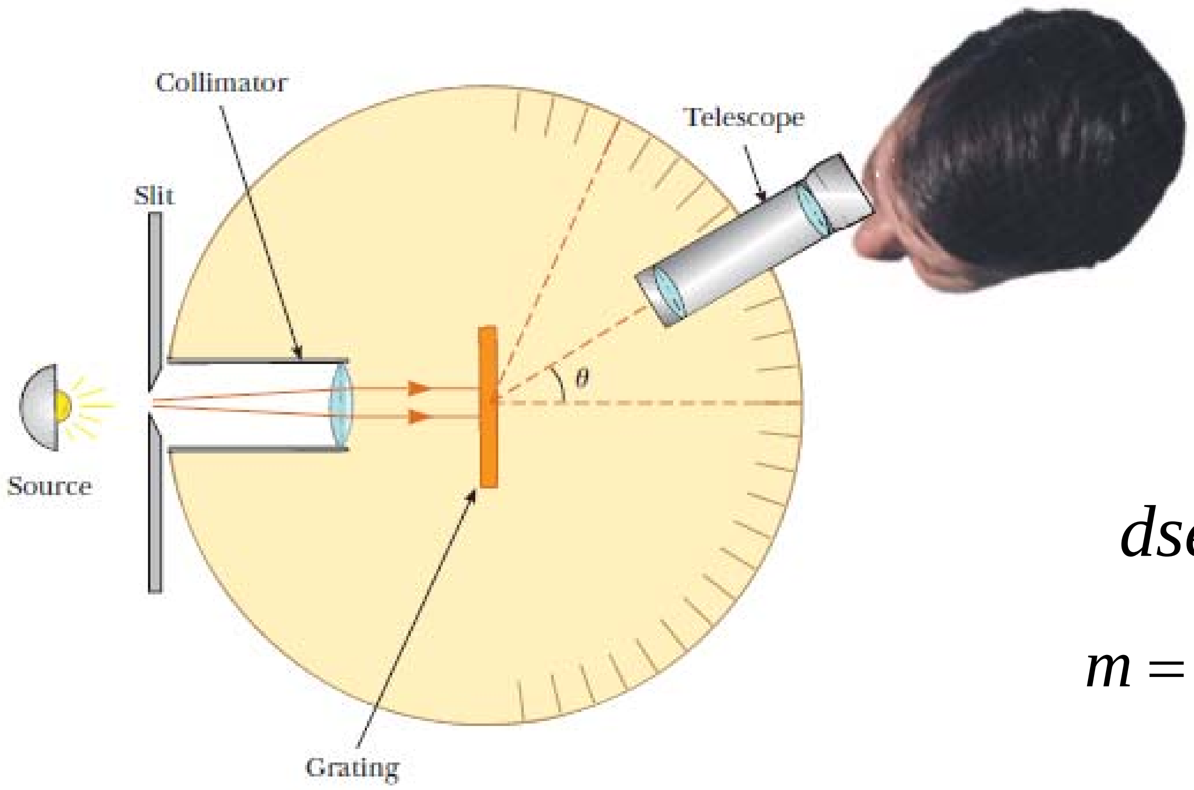
$$m = 0,\ 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$$

Interferência e difração



Espectrômetro de rede de difração

- Usado para analisar o comportamento da luz.

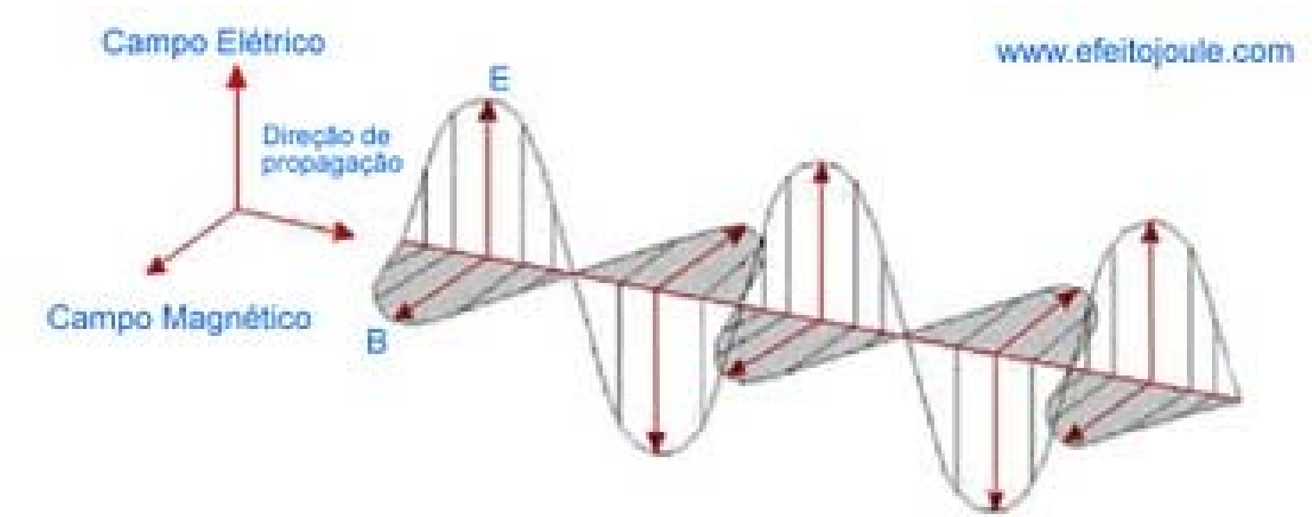


$$d\,sen\,\theta = m\lambda$$

$$m = 0,\ 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$$

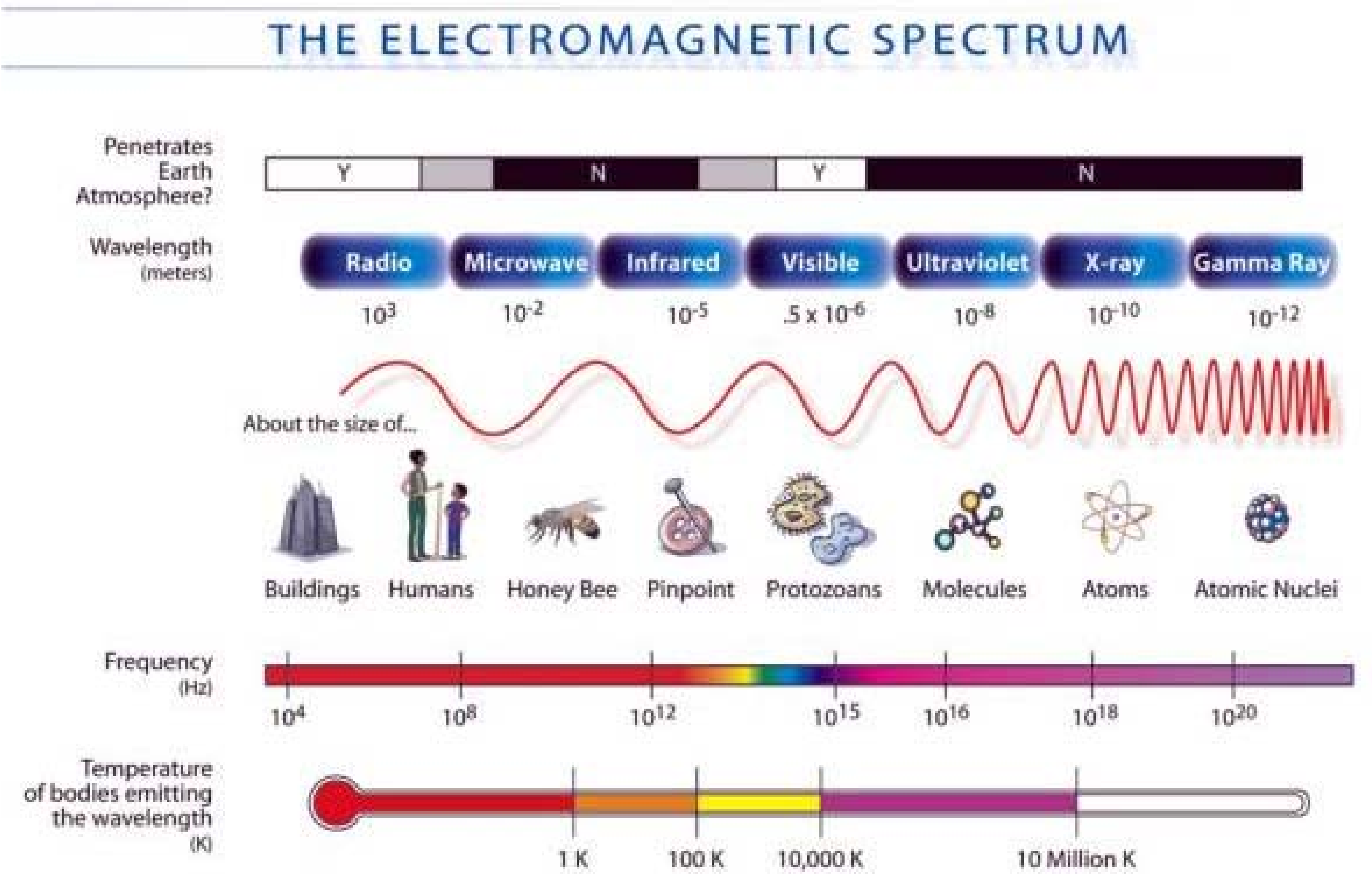
Raios X

Raio X é radiação eletromagnética com comprimento de onda no intervalo de 10^{-11} a 10^{-8} m (0,1 a 100 Å), resultante da colisão de elétrons produzidos em um catodo aquecido contra elétrons de anodo metálico.



$$E = hf$$

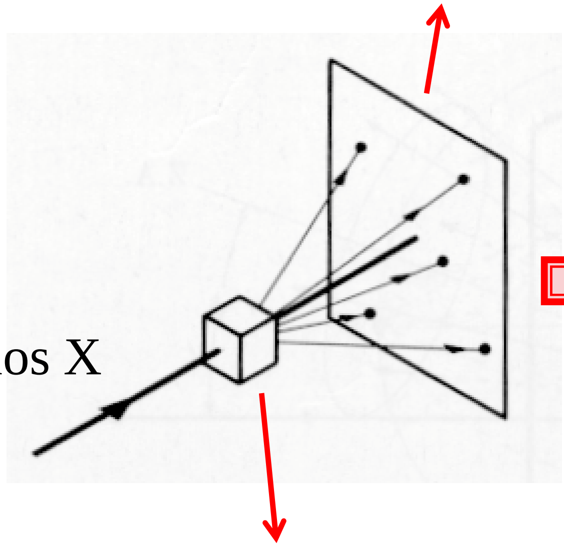
h= 6,625 x 10^{-34} J.s
(constante de Planck)


THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM
Penetrates Earth Atmosphere?
Y
N
Y
N
Wavelength (meters)
Radio
Microwave
Infrared
Visible
Ultraviolet
X-ray
Gamma Ray
10^3
10^-2
10^-5
.5 x 10^-6
10^-8
10^-10
10^-12
About the size of...
Buildings
Humans
Honey Bee
Pinpoint
Protozoans
Molecules
Atoms
Atomic Nuclei
Frequency (Hz)
10^4
10^8
10^12
10^15
10^16
10^18
10^20
Temperature of bodies emitting the wavelength (K)
1 K
100 K
10,000 K
10 Million K

Figuras características

Filme fotográfico

Raios X



Policristal

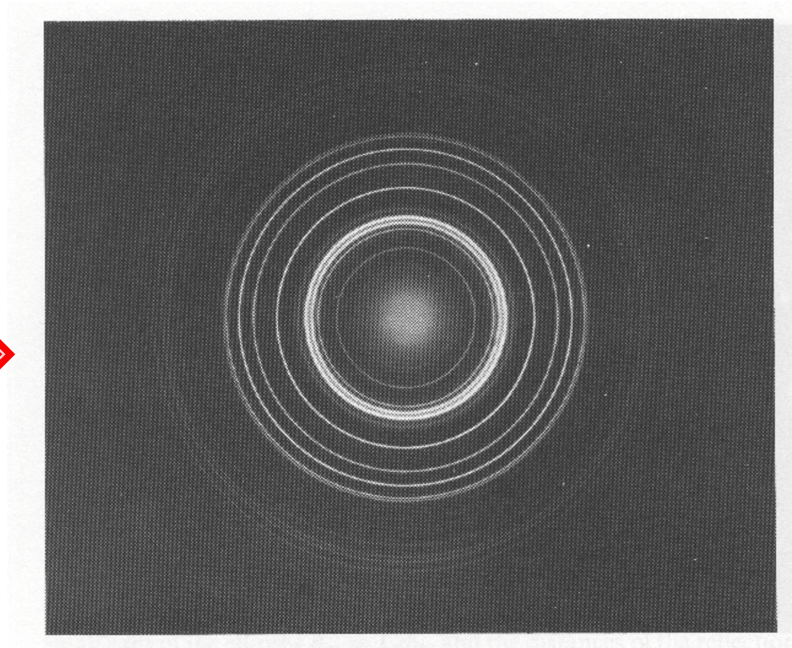
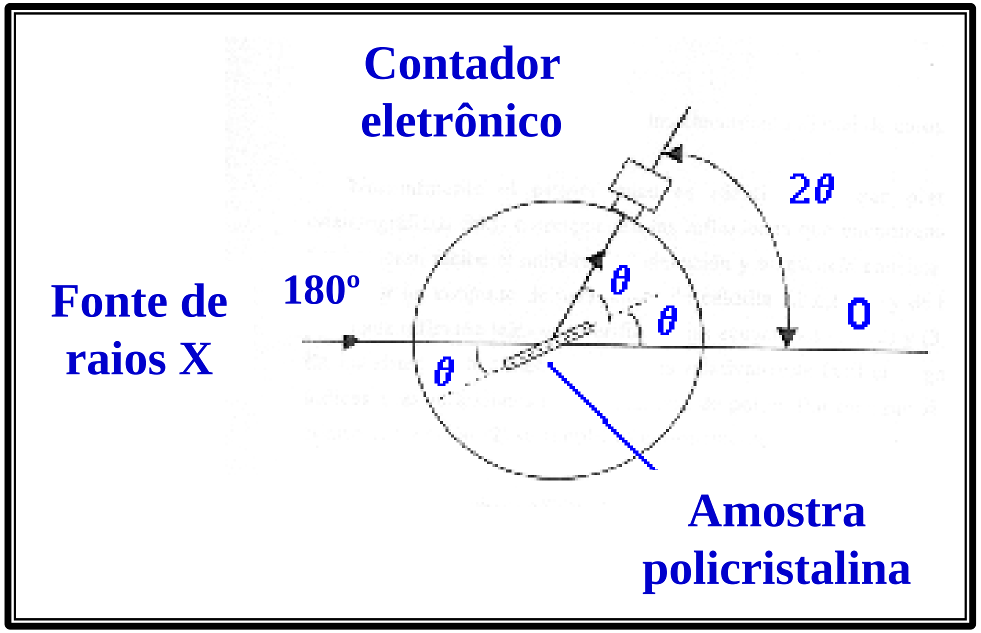
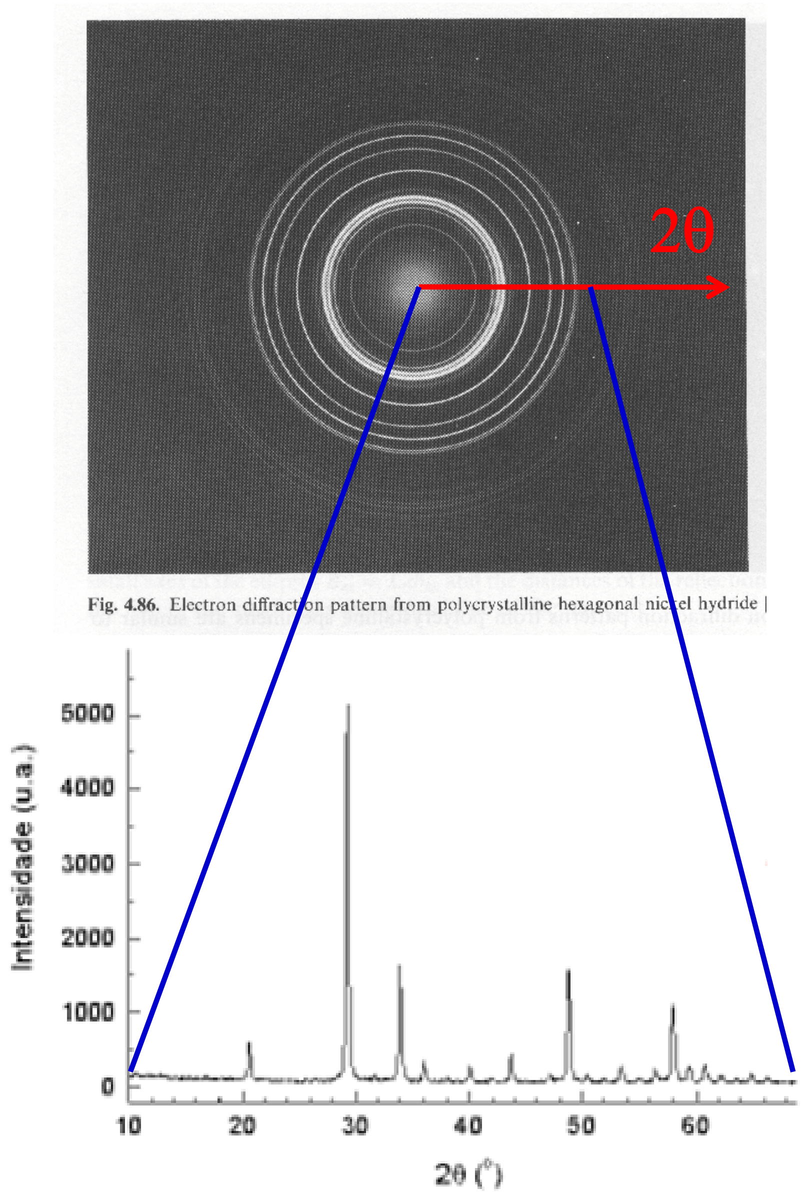


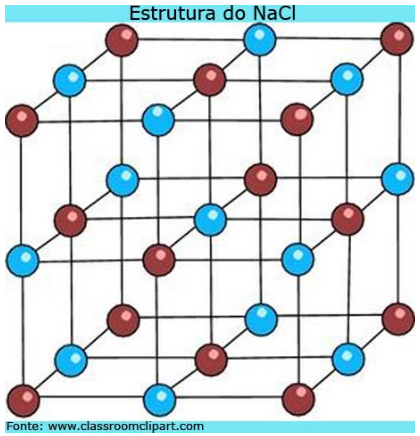
Figura de interferências característica

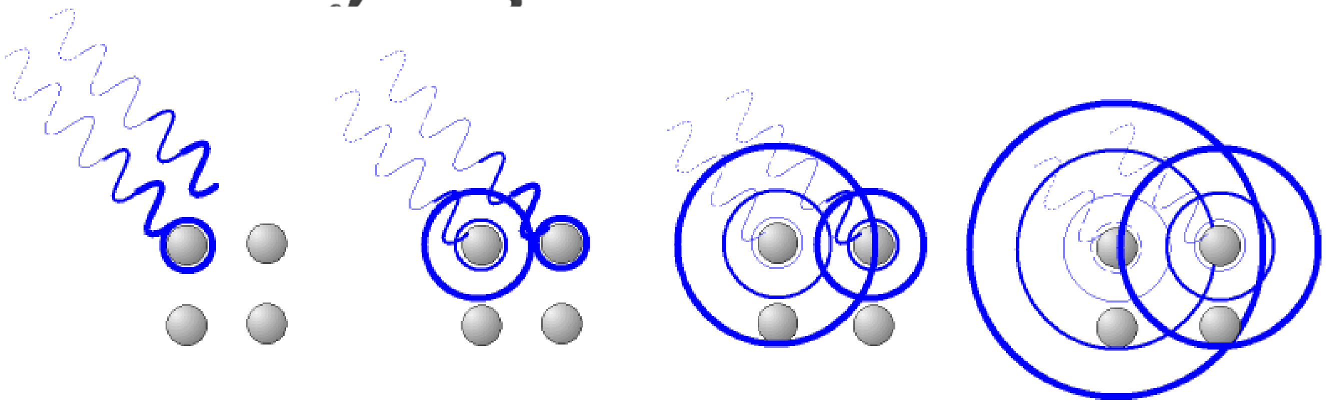
Geometria Bragg-Bretano

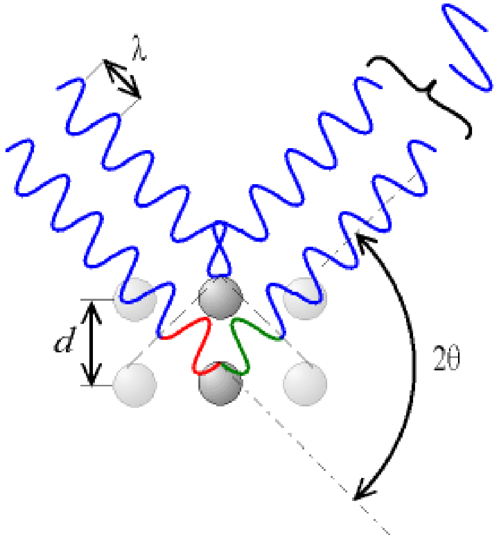




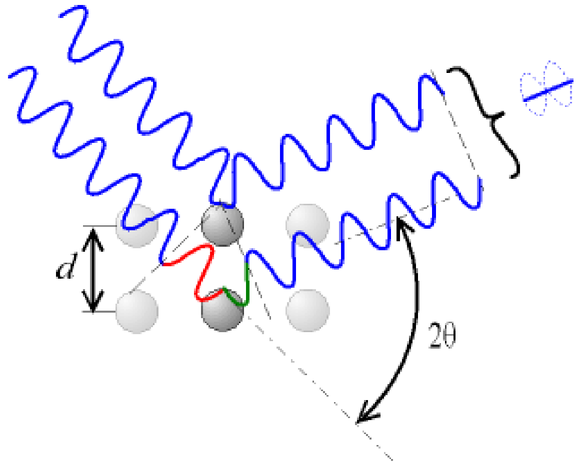
Difração







Interferência construtiva



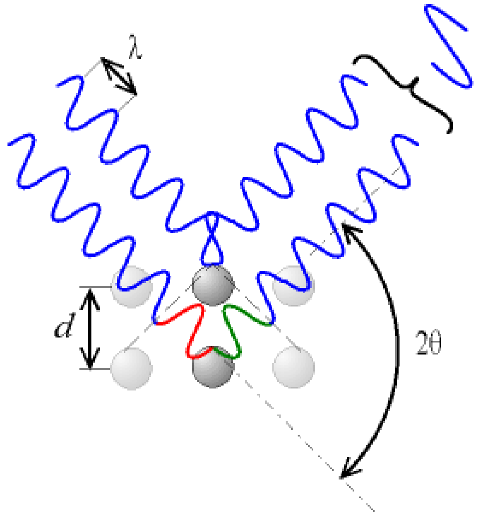
Interferência destrutiva

Lei de Bragg

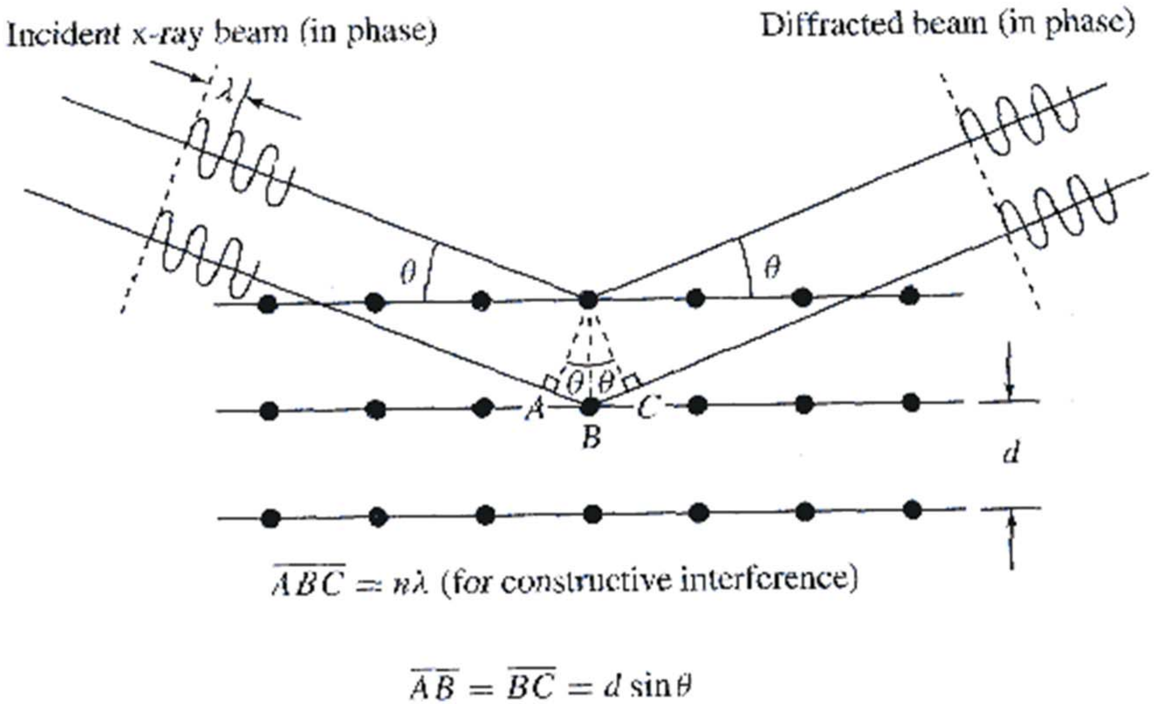
$$2\,d\,\text{sen}\,\theta = n\,\lambda$$

d = distância interplanar

n = ordem da reflexão (número inteiro)



Interferência
construtiva



Posição dos picos

Planos de Bragg

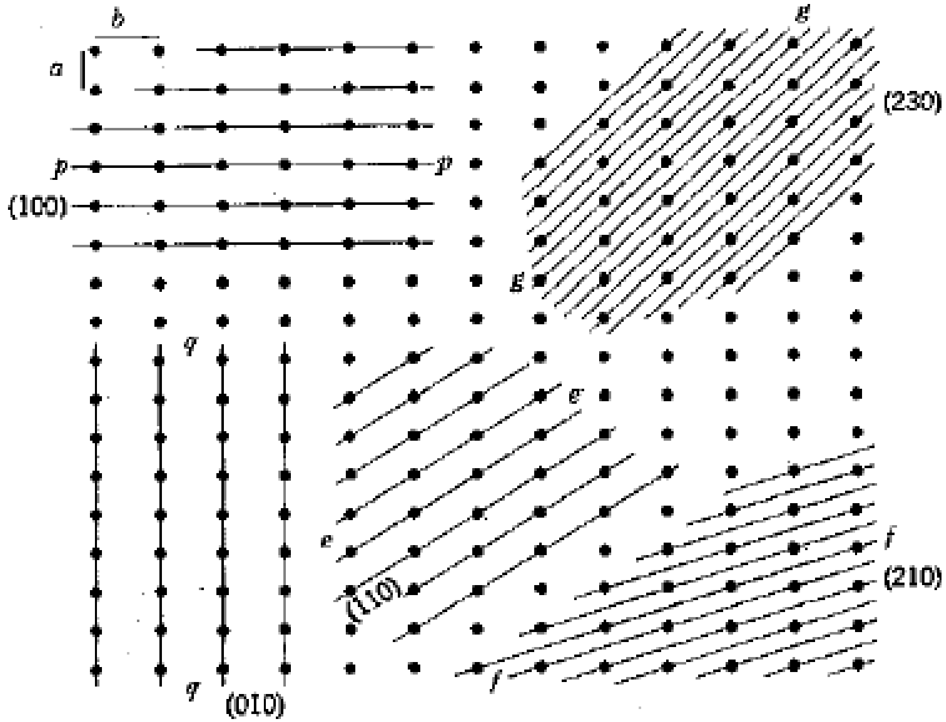
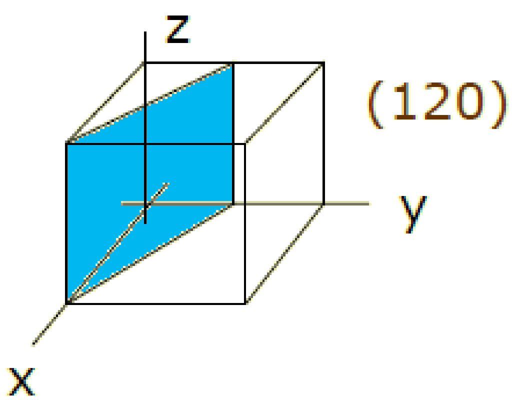


Fig. 1-30. Plane traces on an *ab* section of an orthorhombic net.

Índices de Miller



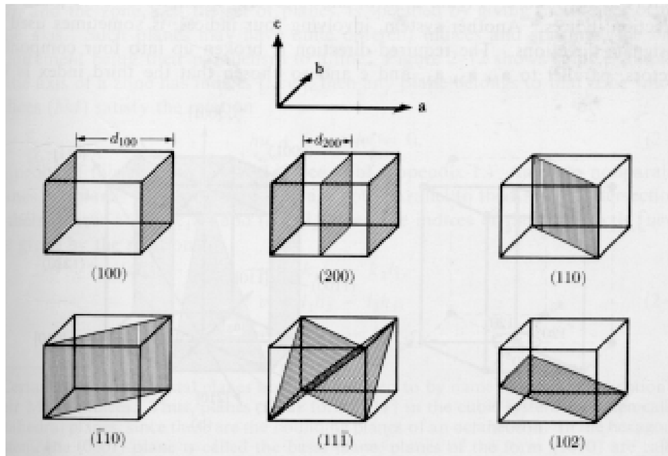
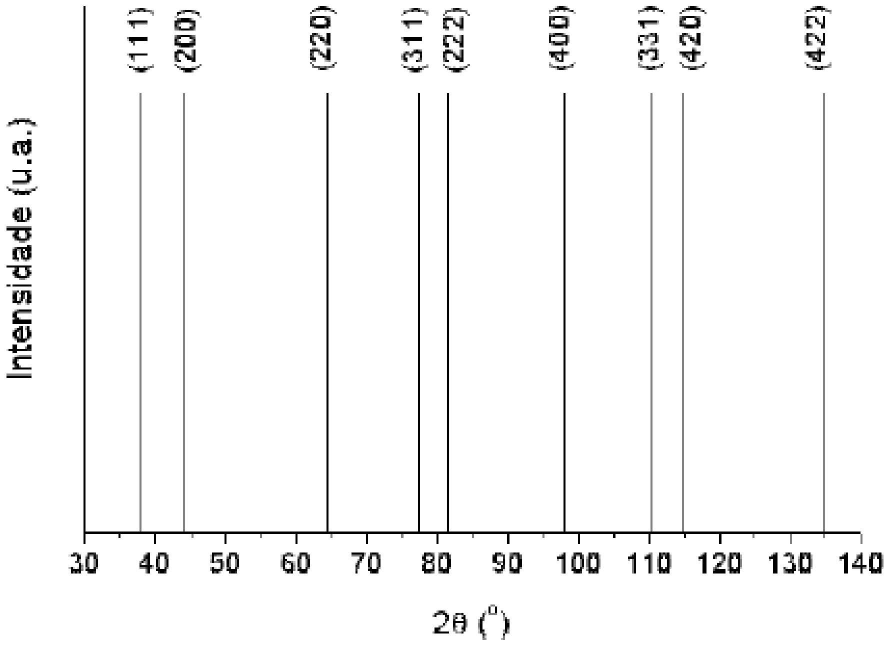


Fig. 2-10 Miller indices of lattice planes. The distance *d* is the plane spacing.

Exemplo: Prata (Ag)



Radiação de Cu

l (Cu k_{α}) = 1,54184 Å

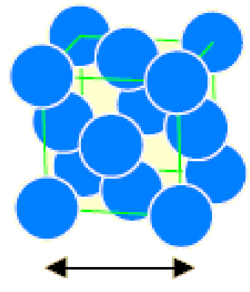
$$\lambda = 2.d.sen\theta$$

(*hkl*)	*d* (Å)	2θ (°)
(111)	2,359	38,11
(200)	2,043	44,30
(220)	1,445	64,44
(311)	1,232	77,39
(222)	1,180	81,53
(400)	1,021	97,88
(331)	0,9374	110,51
(420)	0,9137	114,92
(422)	0,8341	134,87

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}.$$

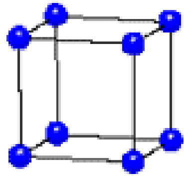
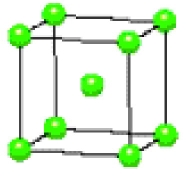
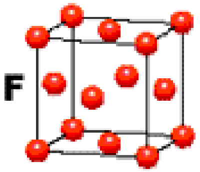
Rede: cúbica de face centrada

a = 4,0862 Å



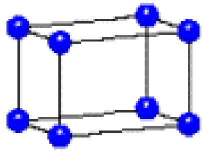
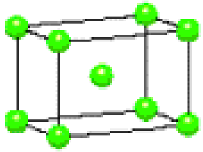
Cálculo de d_{hkl}

CÚBICO
a = b = c
α = β = γ = 90°

P  I  F 

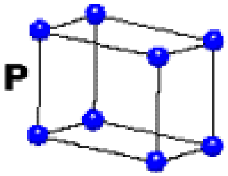
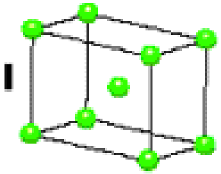
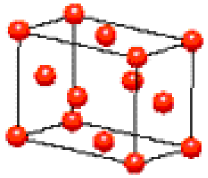
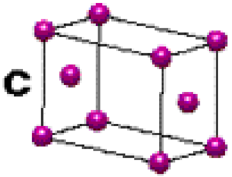
$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}.$$

TETRAGONAL
a = b ≠ c
α = β = γ = 90°

P  I 

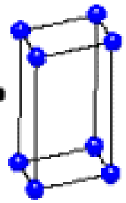
$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}.$$

ORTORÓMBICO
a ≠ b ≠ c
α = β = γ = 90°

P  I  F  C 

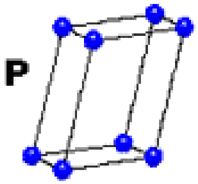
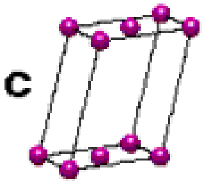
$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}.$$

HEXAGONAL
a = b ≠ c
α = β = 90°
γ = 120°

P 

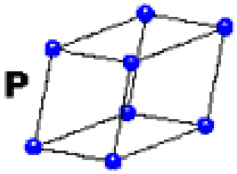
$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{4}{3}\left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2}\right) + \frac{l^2}{c^2}.$$

MONOCLÍNICO
a ≠ b ≠ c
α = γ = 90°
β ≠ 120°

P  C 

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{\mathrm{sen}^2\beta}\left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2\,\mathrm{sen}^2\beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2h\cdot l\cos\beta}{a\cdot c}\right)$$

TRICLÍNICO
a ≠ b ≠ c
α ≠ β ≠ γ ≠ 90°

P 

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{1}{(1 + 2\cos\alpha\cos\beta\cos\gamma - \cos^2\alpha - \cos^2\beta - \cos^2\gamma)}$$
$$\times\left\{\frac{h^2\sin^2\alpha}{a^2} + \frac{k^2\sin^2\beta}{b^2} + \frac{l^2\sin^2\gamma}{c^2} + \frac{2hk}{ab}(\cos\alpha\cos\beta - \cos\gamma)\right.$$
$$\left. + \frac{2kl}{bc}(\cos\beta\cos\gamma - \cos\alpha) + \frac{2lh}{ac}(\cos\gamma\cos\alpha - \cos\beta)\right\}.$$

X-Ray Diffraction, B.E. Warren