



DIFRAÇÃO

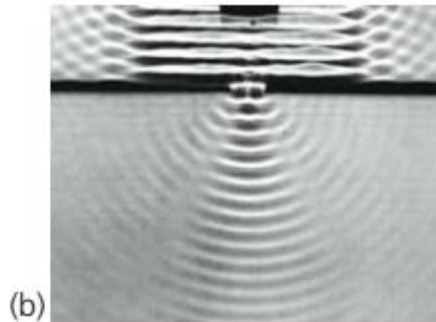
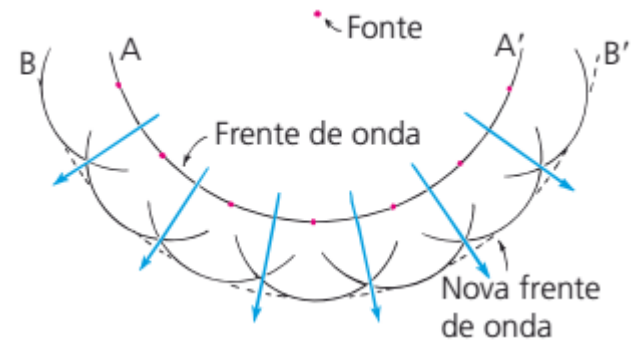
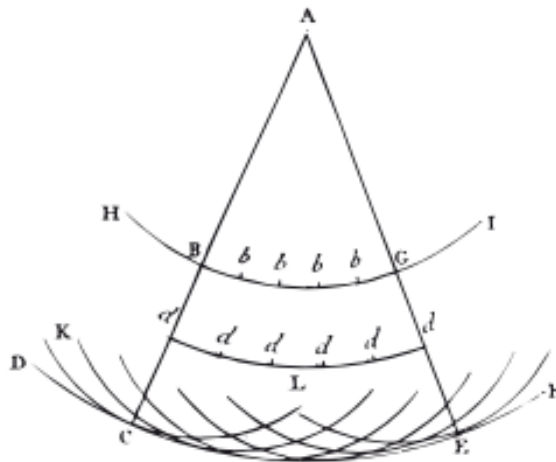
FÍSICA IV. ONDAS

Profa. Dra. Luz Stefany
Murcia-Correa

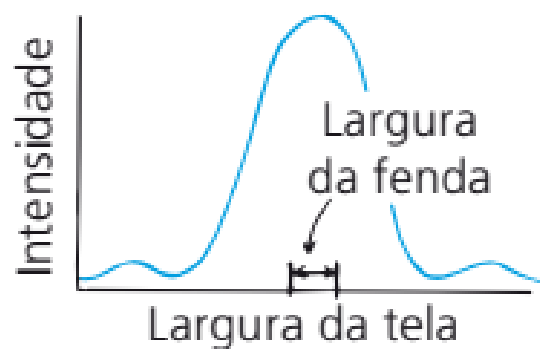
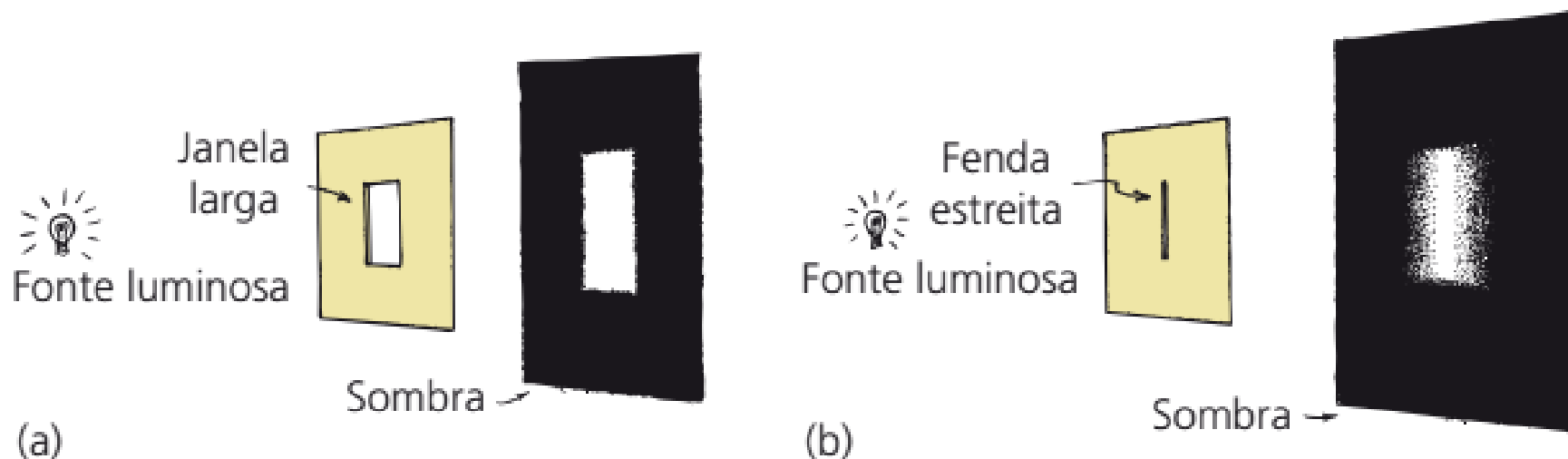
luz.m.correa@unesp.br

O princípio de Huygens

“Cada ponto de uma frente de onda qualquer pode ser considerado como uma fonte de pequenas ondas secundárias, que dali se espalham divergindo em todas as direções com um mesmo valor de velocidade de propagação”.



A **difração** é o encurvamento dos raios luminosos ao passarem pela borda de um objeto, o que gera uma imagem confusa.



MICROSCÓPIO ÓPTICO



Imagem visualizada diretamente

MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA

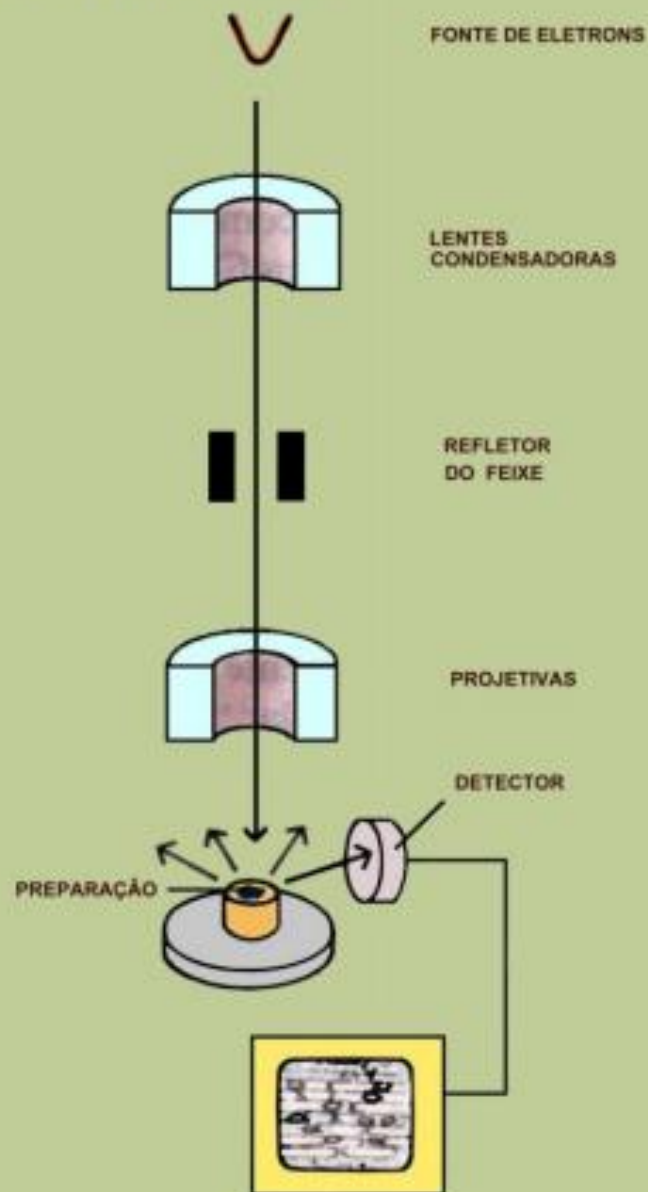
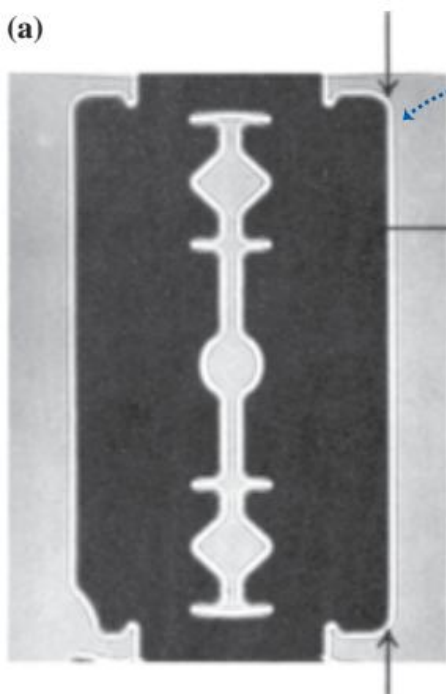


Imagem visualizada em monitor de tv

(a)

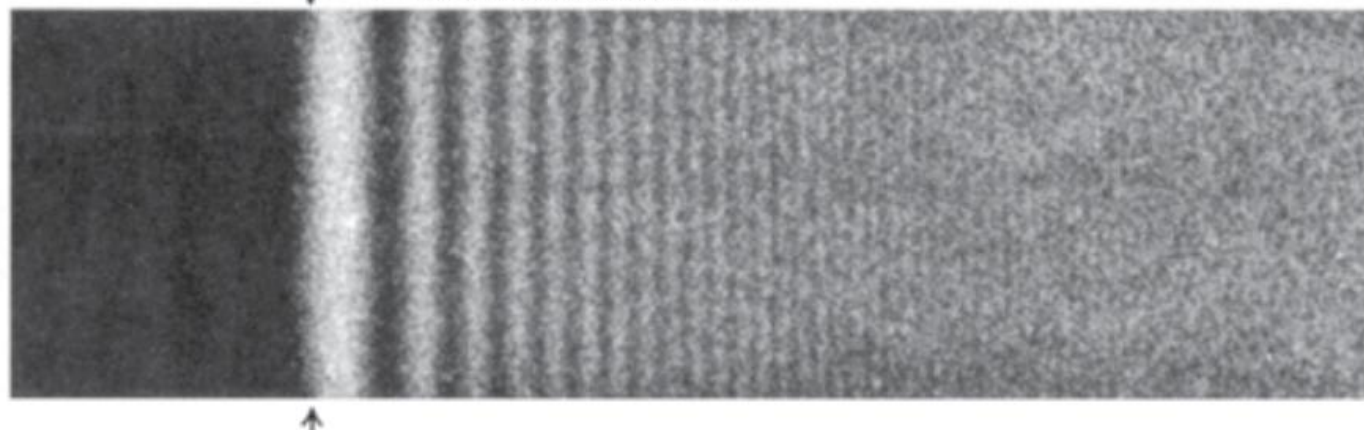


(b)

Fotografia de uma lâmina de barbear iluminada por luz monocromática a partir de uma fonte puntiforme (um buraco de agulha). Note a franja ao redor do contorno da lâmina.

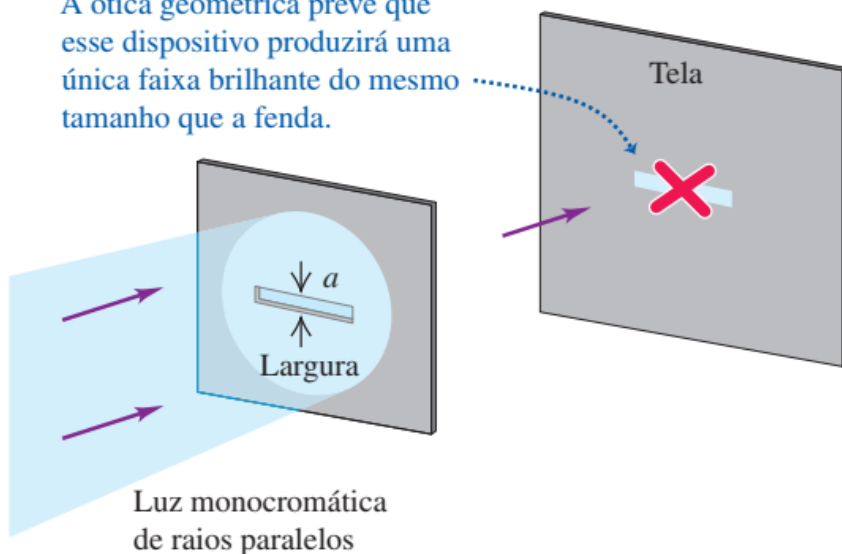
Ampliação da área ao redor da sombra geométrica da lâmina

Posição da sombra *geométrica*



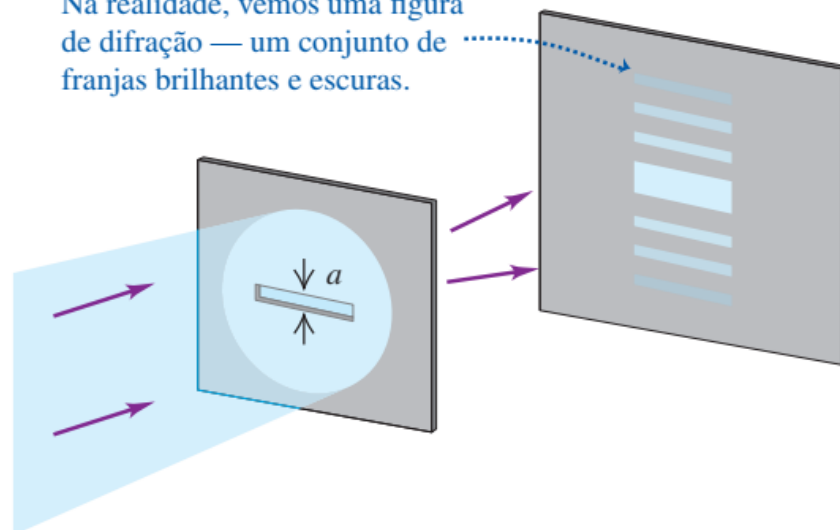
(a) RESULTADO PREVISTO:

A ótica geométrica prevê que esse dispositivo produzirá uma única faixa brilhante do mesmo tamanho que a fenda.



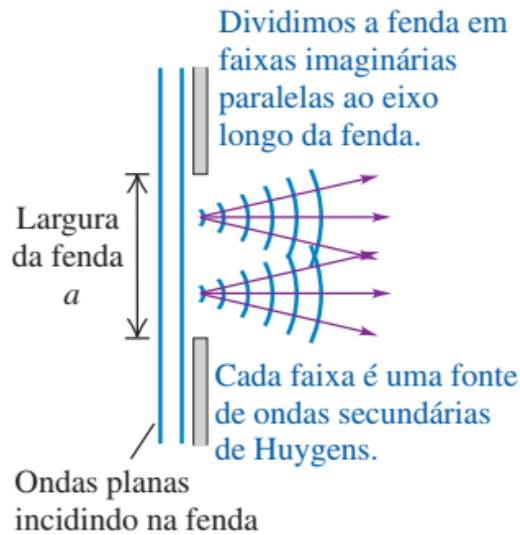
(b) O QUE REALMENTE ACONTECE:

Na realidade, vemos uma figura de difração — um conjunto de franjas brilhantes e escuras.

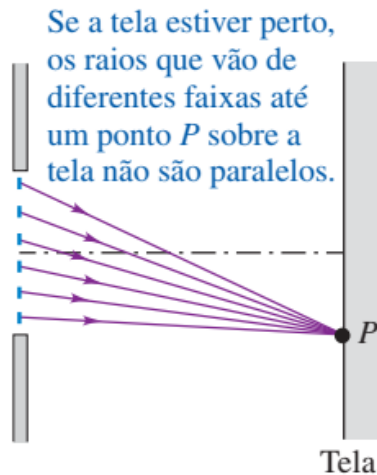


DIFRAÇÃO POR UMA FENDA

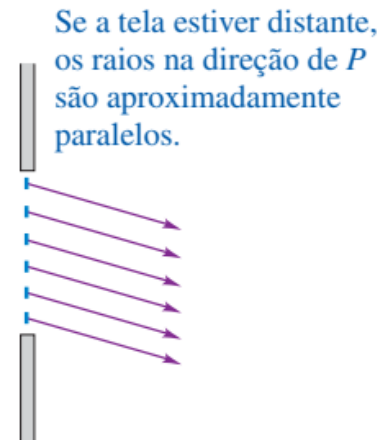
(a) Uma fenda como fonte de ondas secundárias



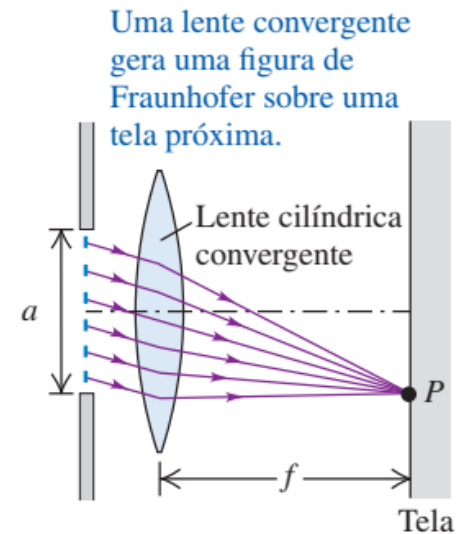
(b) Difração de Fresnel (de campo próximo)

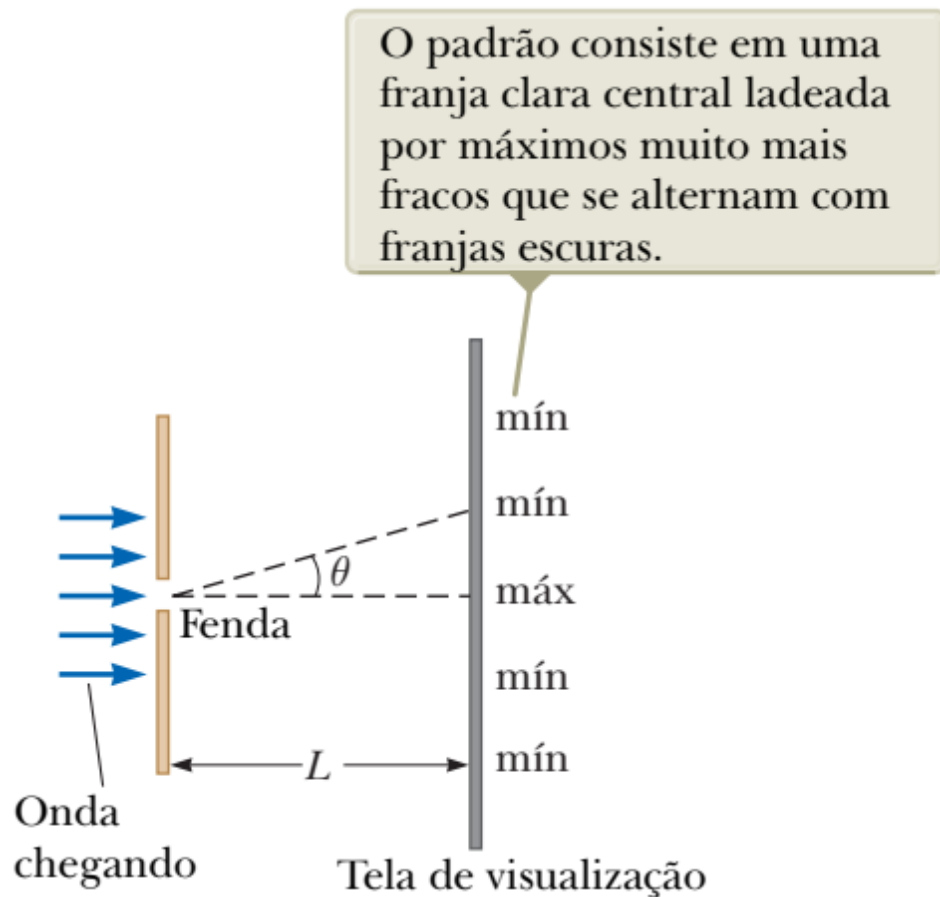


(c) Difração de Fraunhofer (de campo distante)

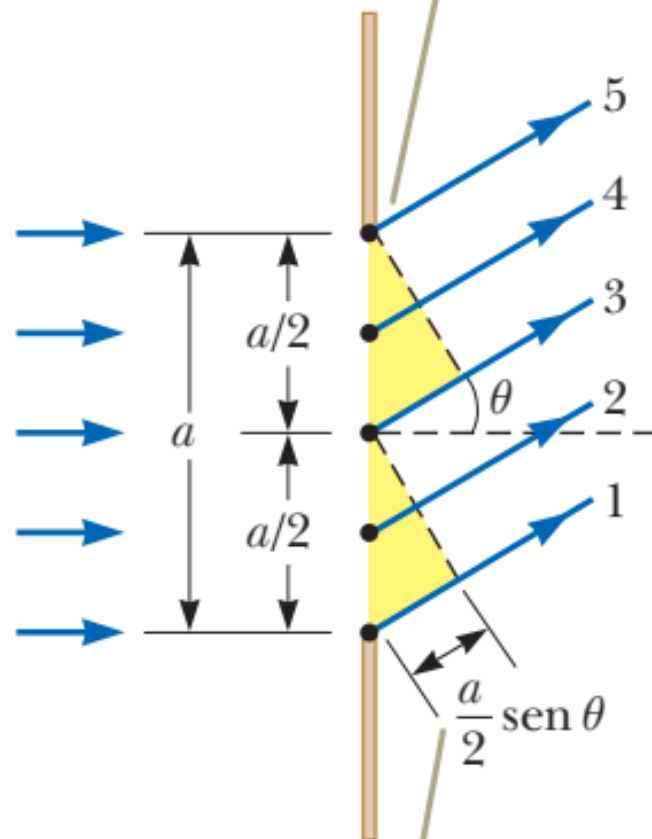


(d) Imagem de uma difração de Fraunhofer





Cada porção da fenda atua como uma fonte pontual de ondas de luz



A diferença de caminho entre os raios 1 e 3, 2 e 4 ou 3 e 5 é $(a/2) \text{ sen } \theta$

DIFRAÇÃO POR UMA FENDA

Quando a luz passa por uma fenda estreita, de largura a , produz, em uma tela de observação, uma figura de difração de uma fenda que consiste em um máximo central (franja clara) e uma série de franjas claras laterais separadas por mínimos cujas posições angulares são dadas pela equação:

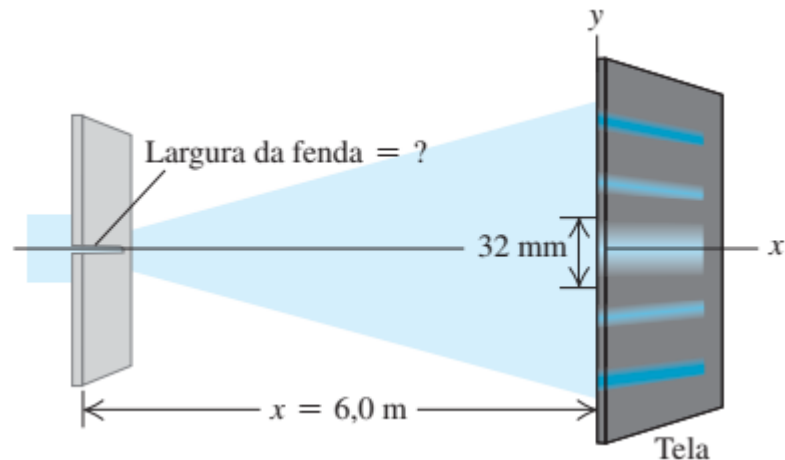
$$a \sin \theta = m\lambda, \quad \text{para } m = 1, 2, 3, \dots \quad (\text{mínimos}) \quad \text{Franjas escuras}$$

em que θ é o ângulo do mínimo em relação ao eixo central e λ é o comprimento de onda da luz.

Em um experimento de difração por uma fenda, as franjas escuras correspondem às posições para as quais a diferença de percurso $a \sin \theta$ entre os raios superior e inferior é igual a $\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$

EXEMPLO:

Você faz um feixe de luz de laser de 633 nm incidir sobre uma fenda estreita e observa a figura de difração sobre uma tela situada a uma distância igual a 6,0 m. Você verifica que a distância entre o centro do primeiro mínimo acima do máximo central e o centro do primeiro mínimo abaixo do máximo central é de 32 mm. Qual é a largura da fenda?

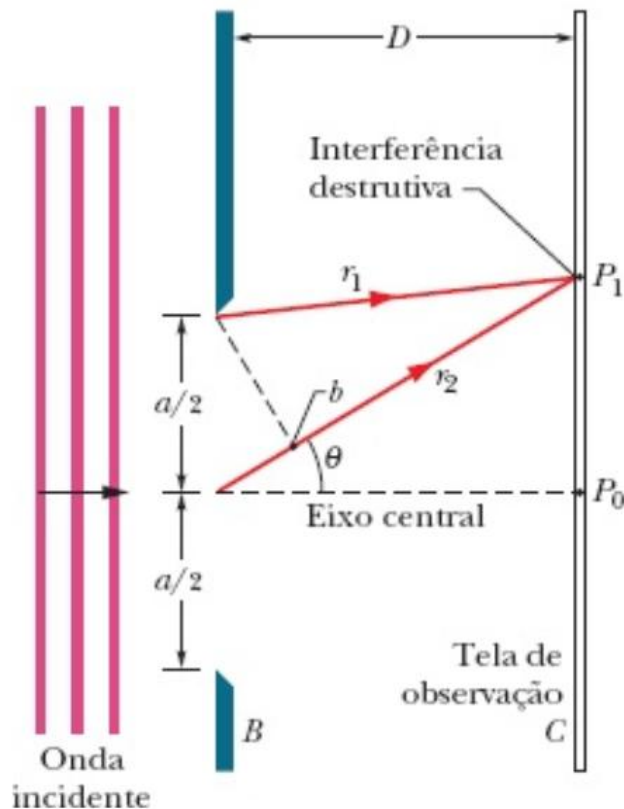


$$a = \frac{x\lambda}{y_1} = \frac{(6,0 \text{ m})(633 \times 10^{-9} \text{ m})}{16 \times 10^{-3} \text{ m}} = 2,4 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,24 \text{ mm}$$

INTENSIDADE DA LUZ DIFRATADA POR UMA FENDA

QUALITATIVO:

Estes dois raios se cancelam mutuamente em P_1 , e o mesmo acontece com todos os outros pares de raios.

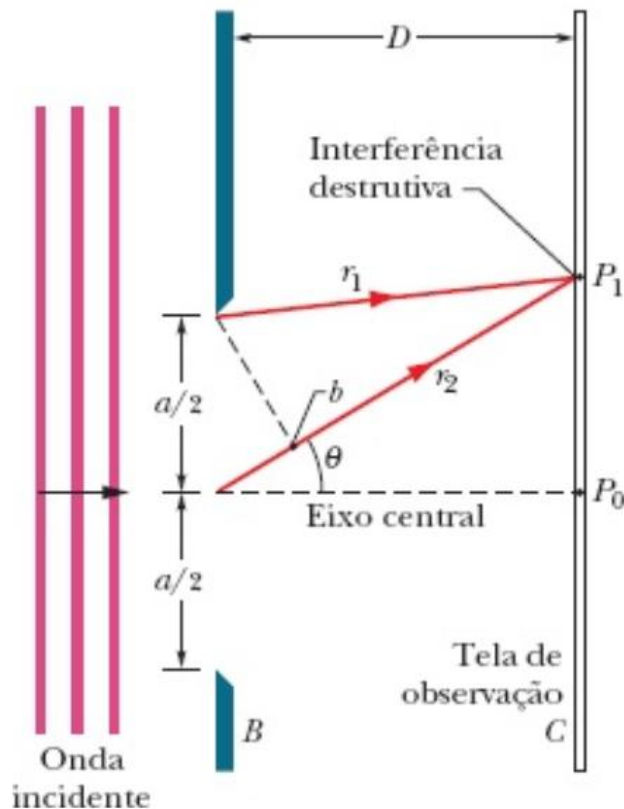


$$\left(\begin{array}{c} \text{diferença} \\ \text{de fase} \end{array} \right) = \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) \left(\begin{array}{c} \text{diferença} \\ \text{de percurso} \end{array} \right).$$

$$\Delta\phi = \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) (\Delta x \sin \theta).$$

QUANTITATIVO:

Estes dois raios se cancelam mutuamente em P_1 , e o mesmo acontece com todos os outros pares de raios.



Intensidade $I(\theta)$ da figura de difração em função de θ :

$$I(\theta) = I_m \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \phi = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$$

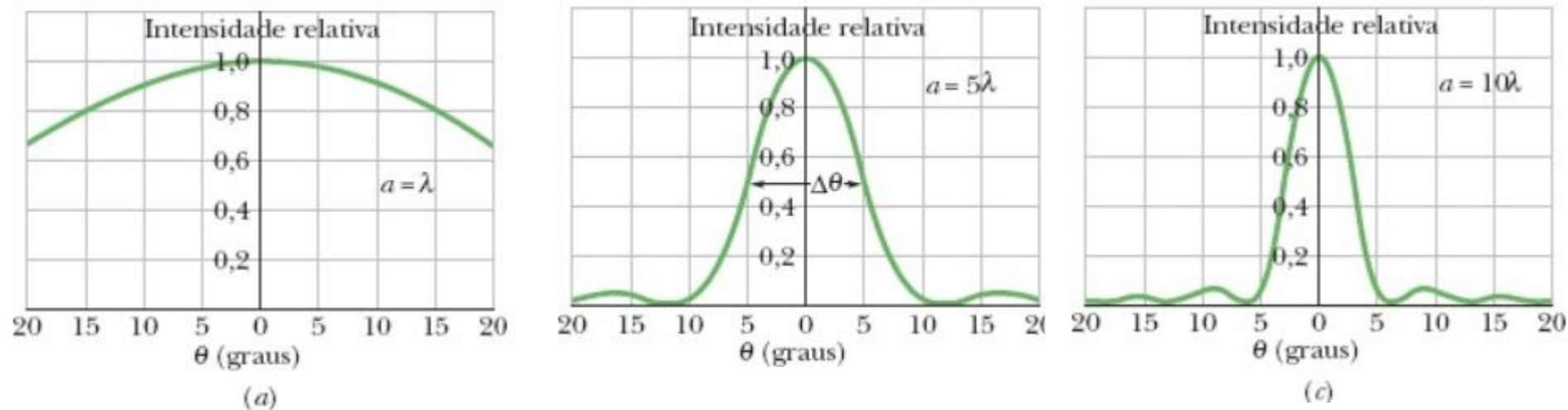
$$\alpha = m\pi$$

Mínimos de intensidade

$$\alpha = \left(m + \frac{1}{2} \right) \pi$$

Máximos de intensidade

Intensidade relativa da difração de uma fenda em função de θ para três valores da razão a/λ . Quanto mais larga é a fenda, mais estreito é o máximo central.



Observe que a largura do máximo central diminui quando a largura da fenda aumenta, ou seja, os raios luminosos são menos espalhados pela fenda. Os máximos secundários também ficam mais estreitos (e diminuem de intensidade). Quando a largura da fenda a é muito maior que o comprimento de onda λ , os máximos secundários desaparecem e o fenômeno não pode mais ser considerado como difração por uma fenda.

EXEMPLO:

Determine as intensidades dos três primeiros máximos secundários da figura de difração de uma fenda da figura, expressas como porcentagens da intensidade do máximo central.



As localizações dos máximos secundários são, portanto, dadas aprox. por

$$\alpha = \left(m + \frac{1}{2}\right)\pi$$

$$\frac{I}{I_m} = \left(\frac{\text{sen}\alpha}{\alpha}\right)^2 = \left(\frac{\text{sen}\left(m + \frac{1}{2}\right)\pi}{\left(m + \frac{1}{2}\right)\pi}\right)^2$$

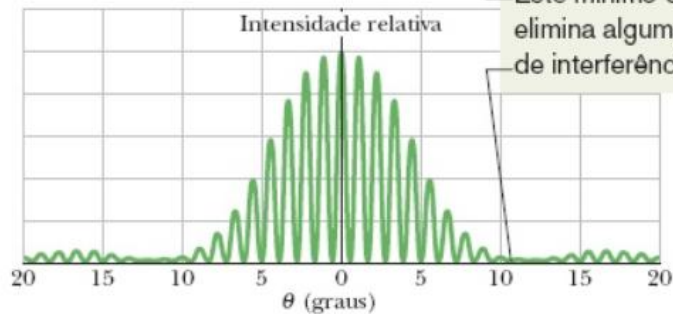
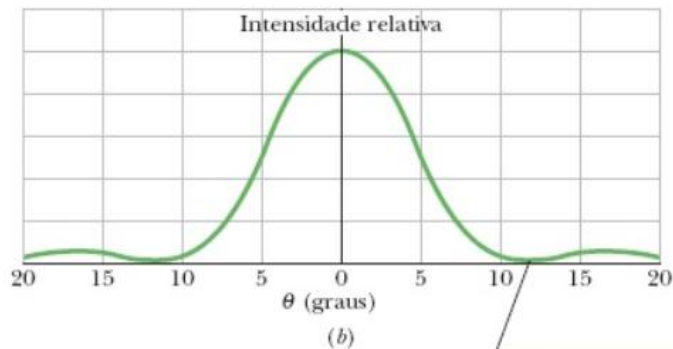
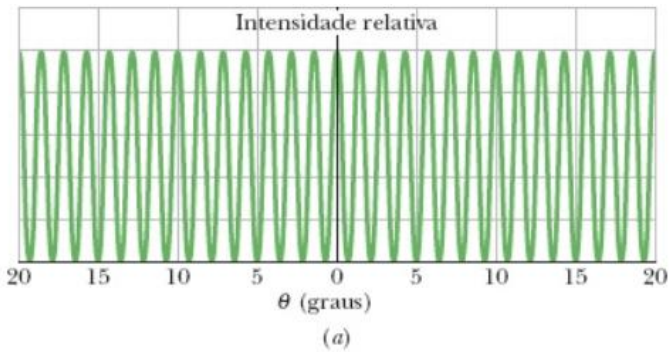
Para $m=1$, $\frac{I_1}{I_m} = 4,5\%$ Para $m=2$ e $m=3$, $\frac{I_2}{I_m} = 1,6\%$ e $\frac{I_3}{I_m} = 0,83\%$

Esta figura de difração apareceu em uma tela de observação quando a luz que havia passado por uma fenda vertical estreita chegou à tela. A difração fez com que o feixe luminoso se alargasse perpendicularmente à maior dimensão da fenda, produzindo uma figura de interferência constituída por um máximo central e máximos secundários (ou laterais) menos intensos, separados por mínimos.

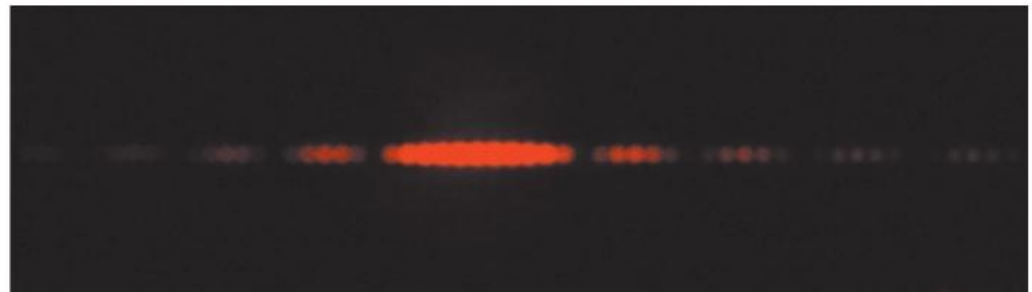
DIFRAÇÃO POR DUAS FENDAS

Na prática, a condição $a \ll \lambda$ nem sempre é satisfeita.

Quando as fendas são relativamente largas, a interferência da luz proveniente das duas fendas produz franjas claras de diferentes intensidades. Isso acontece porque a intensidade das franjas produzidas por interferência é modificada pela difração sofrida pela luz ao passar pelas fendas.



Este mínimo de difração elimina algumas franjas de interferência.



(a) Difração de uma única fenda.

(b) Interferência em sistema real de duas fendas.

INTENSIDADE DA LUZ DIFRATADA POR DUAS FENDAS

$$I(\theta) = I_m (\cos^2 \beta) \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

$$\beta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta$$

$$\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$$

d é a distância entre os centros das fendas, e a é a largura das fendas.

Fator de interferência: associado à interferência da luz que passa pelas duas fendas

Fator de Difração: associado à difração causada pelas fendas