

# Aula 20

Professor:

*Mauricio Kischinhevsky*

## Óptica (Parte 2)

Conteúdo:

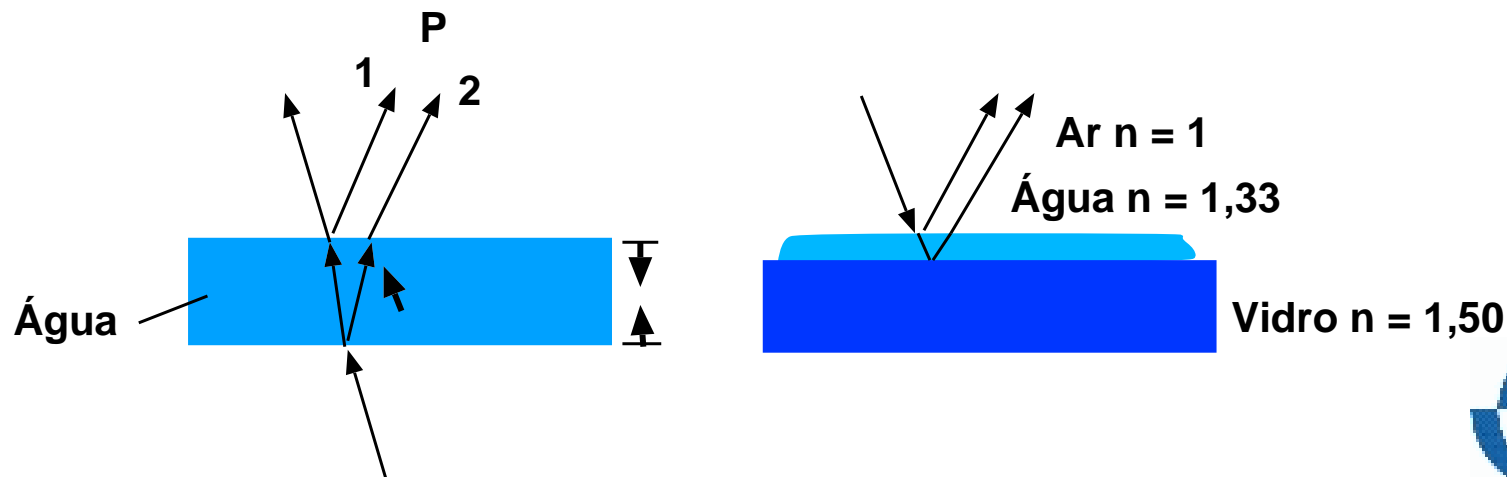
Propagação, reflexão e refração da luz - Parte 2

# Inteferência e difração

## Diferença de fase e coerência

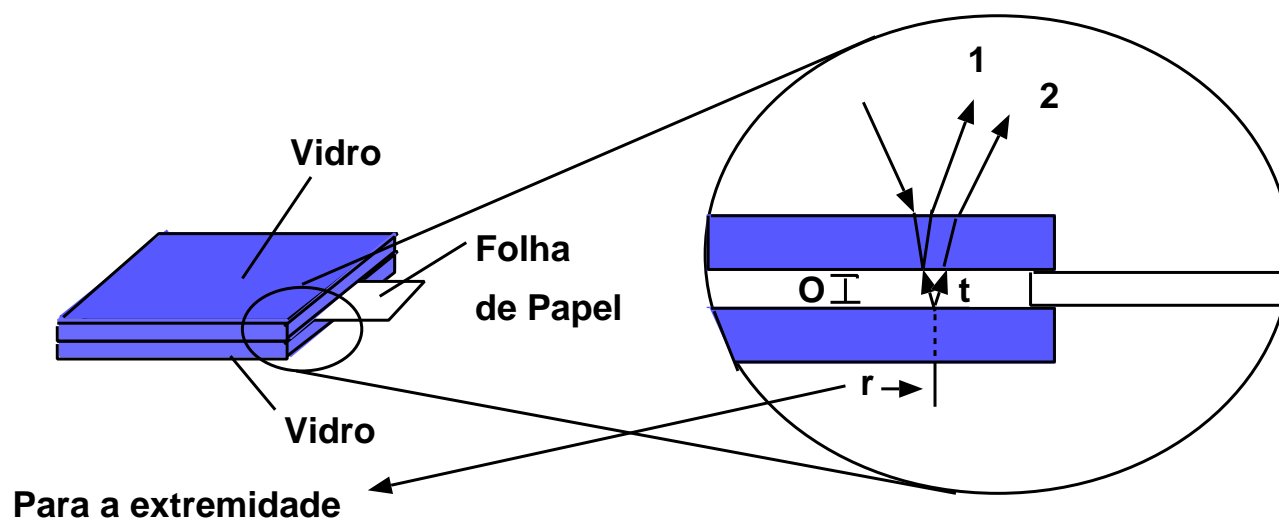
Uma diferença de fase entre duas ondas é, normalmente, o resultado da diferença de caminho de parcelas da mesma onda eletromagnética (o que assegura a coerência). Outra possibilidade é originada na reflexão: "Se a luz, se deslocando em um meio, atinge a superfície de um meio no qual a luz se desloca mais lentamente, existe uma diferença de fase de  $180^\circ$  na luz refletida."

Um filme fino de ar pode possibilitar a formação de franjas de interferência entre as ondas refletidas diretamente e aquelas que trafegam distâncias (pouco) maiores, como no caso dos anéis de Newton.



## Exemplo:

Um filme de ar na forma de cunha é feito colocando-se um pequeno pedaço de papel entre as extremidades de duas placas planas de vidro, como mostrado na figura abaixo. A luz com comprimento de onda  $500\text{nm}$  incide normalmente sobre o vidro e franjas de interferência são observadas por reflexão. Se o ângulo  $\theta$  feito pelas placas é  $3 \times 10^{-4}$  radianos, quantas franjas escuras de interferência por centímetro serão observadas?



## Resposta:

Encontra-se o número de franjas por centímetro determinando a distância horizontal  $x$  até a  $m$ -ésima franja e resolvendo para  $m/x$ . Como o raio refletido da placa inferior possui um deslocamento de fase de  $180^\circ$ , o ponto de contato (onde a diferença de caminho é nula) será escuro. A primeira franja escura após esse ponto ocorre quando  $2 \cdot t = \lambda'$ , em que  $\lambda'$  é o comprimento de onda no filme de ar e  $t$  é a separação entre as placas no ponto  $x$ . Sendo o ângulo pequeno  $\theta \sim t/x$ .

Portanto, a  $m$ -ésima franja escura ocorre quando a diferença de caminho  $2 \cdot t$  é igual a  $m$  comprimentos de onda.

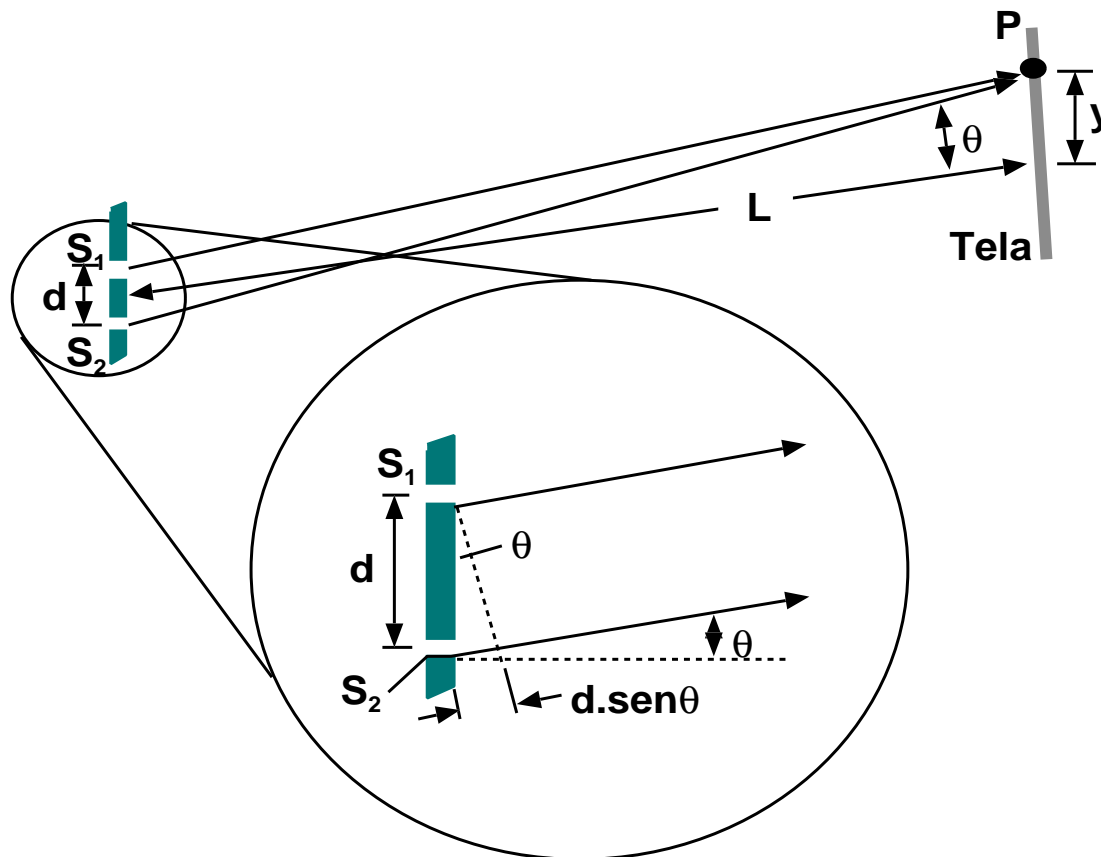
$$2 \cdot t = m \cdot \lambda' = m \cdot \lambda,$$

a espessura se relaciona com o ângulo  $\theta$ ,  $t = \frac{x \cdot \theta}{1}$   $\rightarrow m = \frac{2 \cdot t}{\lambda} = \frac{2 \cdot x \cdot \theta}{\lambda}$

$$\frac{m}{x} \cdot \frac{2 \cdot \theta}{\lambda} \cdot \frac{2 \cdot (3 \times 10^4)}{5 \times 10^5 m} = 1200 m^{-1} = 12 cm^{-1}.$$

## Padrão de interferência em duas fendas.

Padrões de interferência da luz de duas ou mais fontes podem ser observados apenas se as fontes são coerentes. No experimento de Young são usadas duas fendas como fonte de luz coerente. Quando a diferença de caminho igual a um número inteiro de comprimentos de onda, a interferência é construtiva.



## Continuação:

Logo, os máximos de interferência são encontrados em ângulos conforme  $d \cdot \sin(\theta_m) = m \cdot \lambda, m = 0, 1, 2, \dots$ , onde  $m$  é o número de ordem. Os mínimos estão em

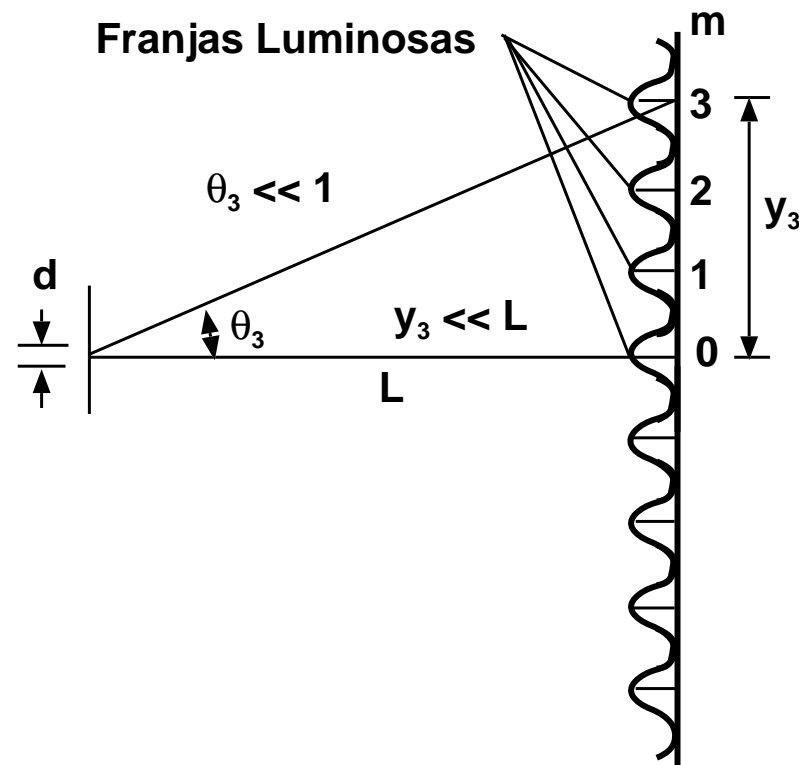
$$d \cdot \sin(\theta_m) = (m + \frac{1}{2}) \cdot \lambda, m = 0, 1, 2, \dots$$

## Exemplo:

Duas fendas estreitas, separadas por 1,5nm, são iluminadas por uma luz amarela com comprimento de onda de 589nm a partir de uma lâmpada de sódio. Encontre o espaçamento das franjas claras observadas sobre uma tela afastada de 3m.

**Resposta:**

A distância medida ao longo da tela até a m-ésima franja pode ser imediatamente obtida. Note que  $L=3\text{m}$ ,  $d=1,5\text{nm}$  e  $\lambda=589\text{nm}$ . Assim, e de acordo com a figura,



Espaçamento das franjas (ex: franja 3  $\frac{y_3}{3}$ ,  $d \cdot \sin(\theta_3) = 3 \cdot \lambda$

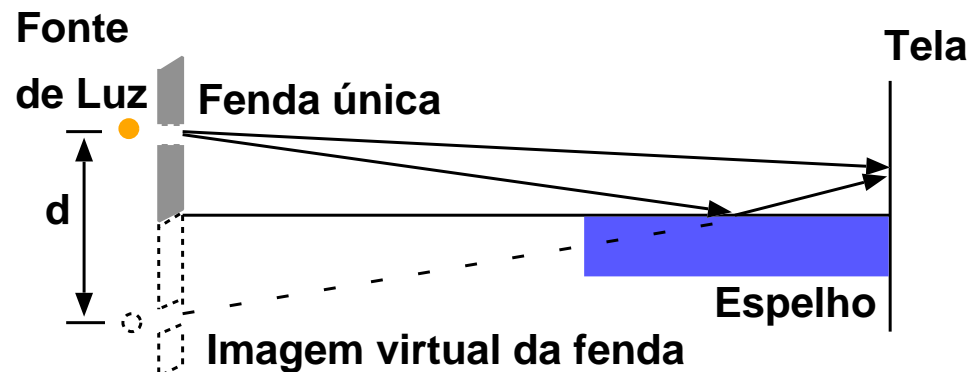
$$\sin(\theta_3) \approx \tan(\theta_3) = \frac{y_3}{L} \rightarrow \frac{y_3}{3} = 1,18\text{mm}.$$

## Intensidade na interferência

Este cálculo se faz a partir da soma das ondas eletromagnéticas defasadas. Em seguida, como a intensidade é proporcional ao quadrado da amplitude, obtemos:

$$I = 4 \cdot I_0 \cos^2\left(\frac{1}{2}\delta\right).$$

Espelho de Lloyd para produção de figura de interferência de duas fendas.

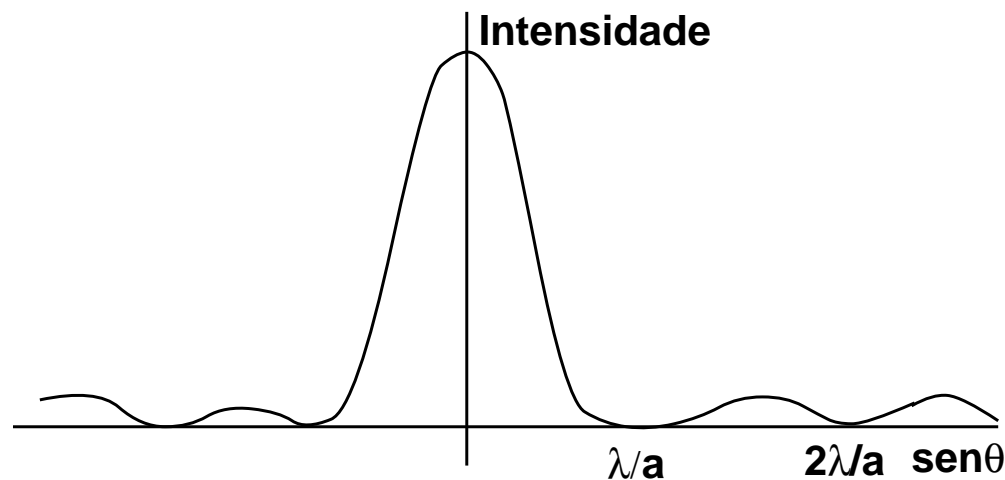




## Padrão de difração de uma fenda única

Quando a fenda é muito estreita, como considerado anteriormente, podem ser consideradas fontes pontuais de ondas circulares. Quando a fenda não é tão estreita, a intensidade se reduz quando se afasta da parte à frente da fenda. A maior parte da intensidade da luz é concentrada no máximo de difração central. Os primeiros zeros na intensidade ocorrem em ângulos especificados por (observe a influência da razão  $\lambda/a$ ):

$$\sin(\delta_1) = \frac{\lambda}{a}.$$



## Exemplo:

Considere uma demonstração sobre difração por fenda simples, feita com um feixe laser de comprimento de onda  $700\text{nm}$  que passa por uma fenda de  $0,2\text{mm}$  de largura e atinge uma tela  $6\text{m}$  afastada. Encontre a largura do máximo central sobre a tela, ou seja, a distância entre o mínimo acima e o mínimo abaixo do máximo central.

## Resposta:

A meia largura do máximo central se relaciona com o ângulo, sendo o ângulo relacionado ao comprimento de onda e à largura da fenda. Assim,

$$\tan(\theta_1) = \frac{y_1}{L}, \sin(\theta_1) = \frac{\lambda}{a}$$

$$2y_1 = 2L \tan(\theta_1) = 2L \tan \left[ \sin^{-1} \left( \frac{\lambda}{a} \right) \right]$$

$$= 2 \cdot (6m) \cdot \tan \left[ \sin^{-1} \left( \frac{700 \times 10^9 m}{0,0002m} \right) \right] = 4,2 \times 10^2 m = 4,2cm.$$

