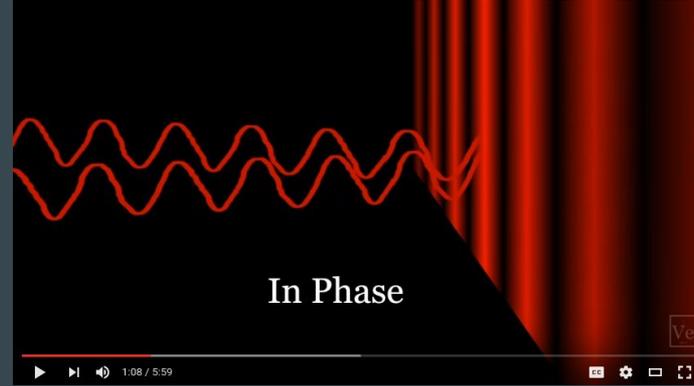
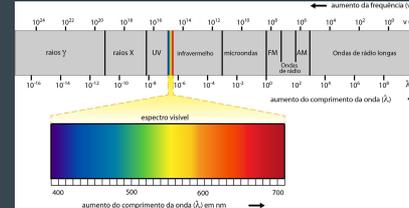
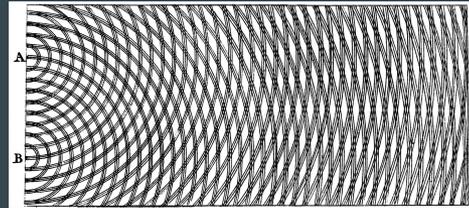
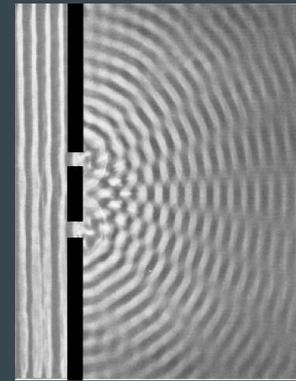
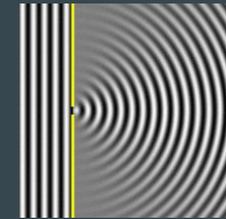
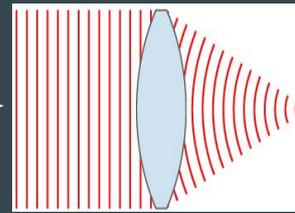
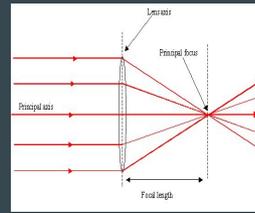
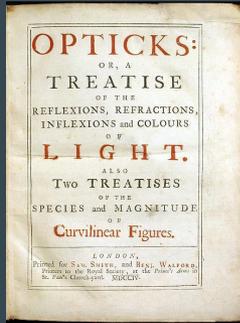
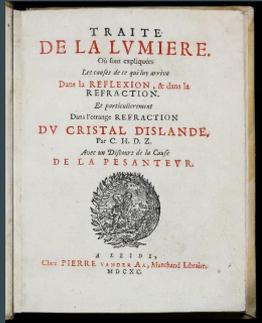


Óptica



Aula 9 - Interferência e Difração
ewout@usp.br

Aula passada

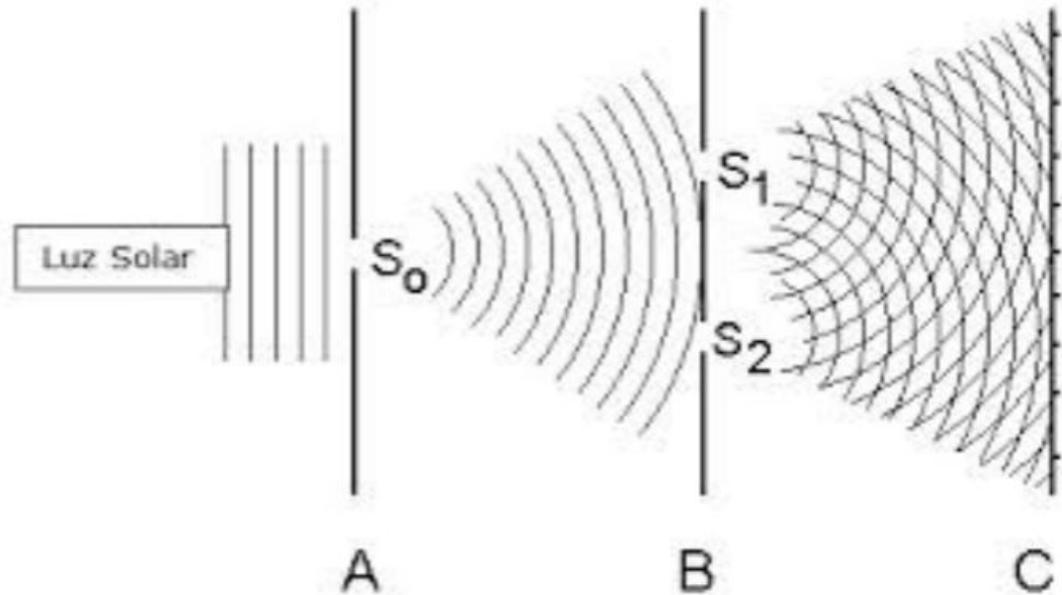


Vocabulário: comprimento de onda, frequência, frente de onda, radiação, superposição, difração, interferência, ‘em fase”, franjas, fenda simples e fenda dupla

Experimento de Young



Thomas Young
(1773-1829)



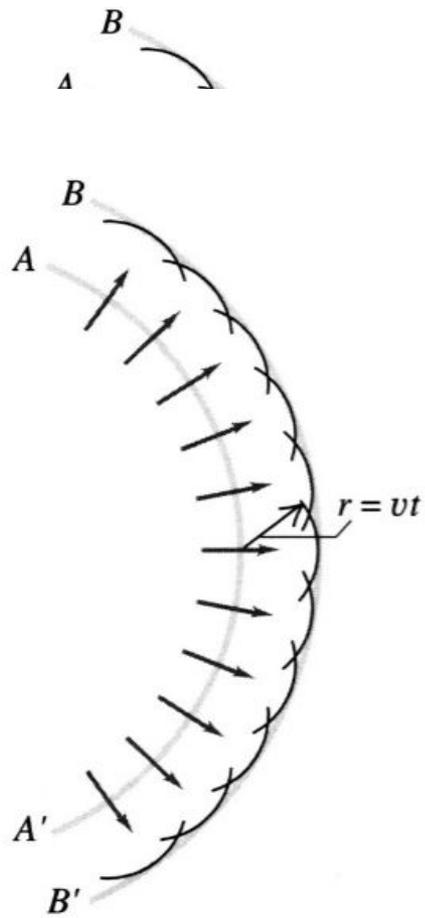
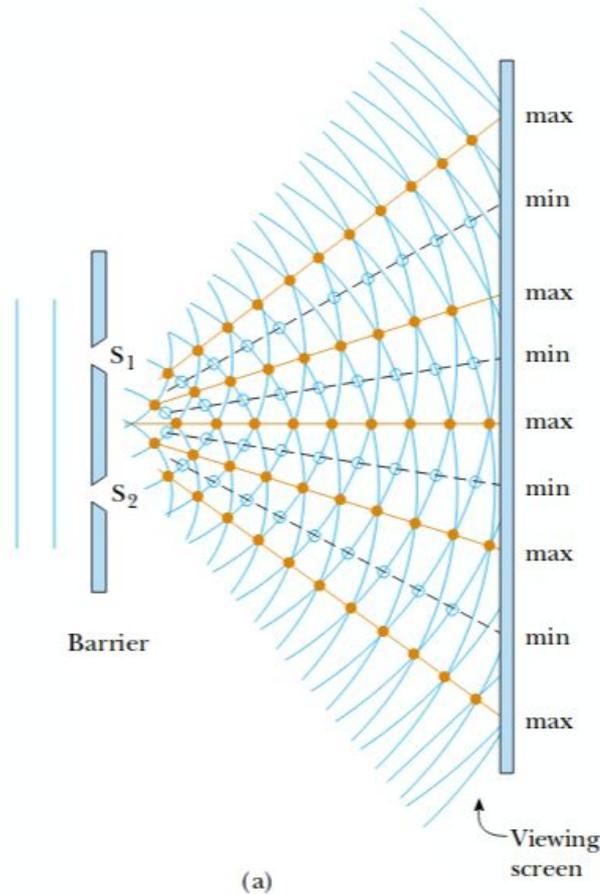
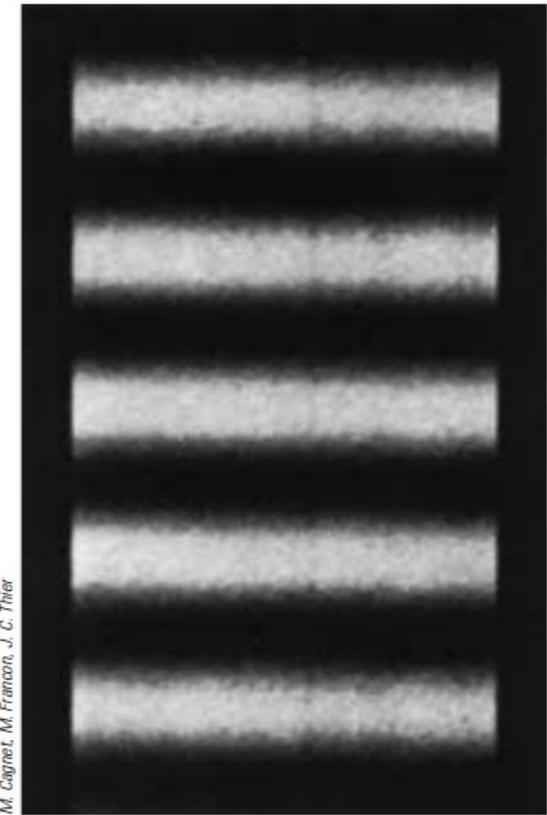


FIGURA 34.26 Aplicação do princípio de Huygens para construir uma nova frente de onda BB' a partir de uma frente de onda AA' .



(a)



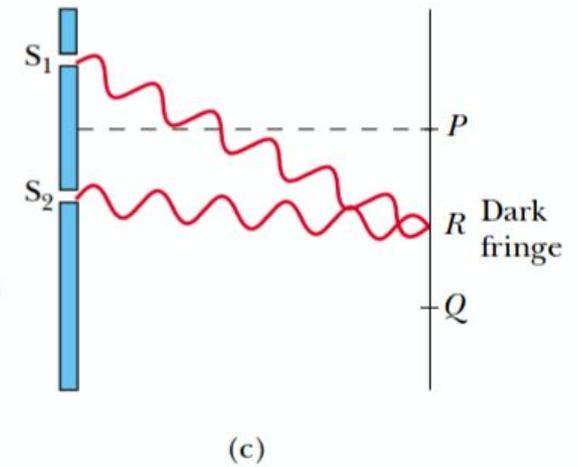
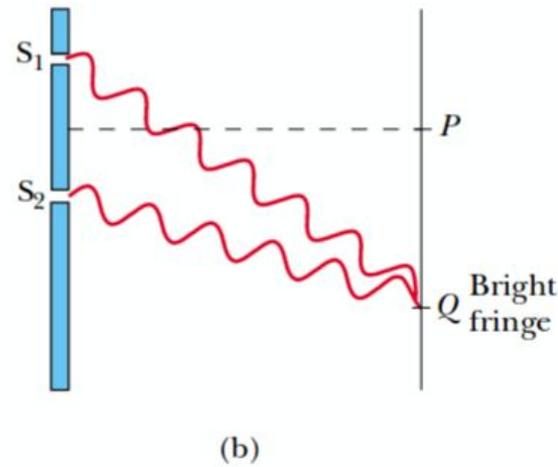
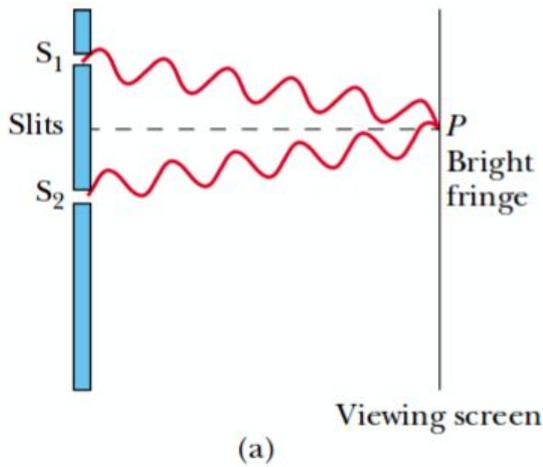
(b)

M. Cagnat, M. Francon, J. C. Thier

Condições para interferência construtiva e destrutiva

Franja clara
Interferência construtiva

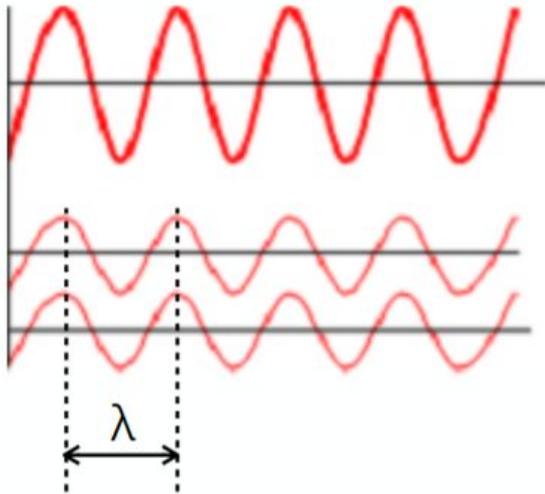
Franja escura
Interferência destrutiva



Duas ondas em fase



Interferência construtiva

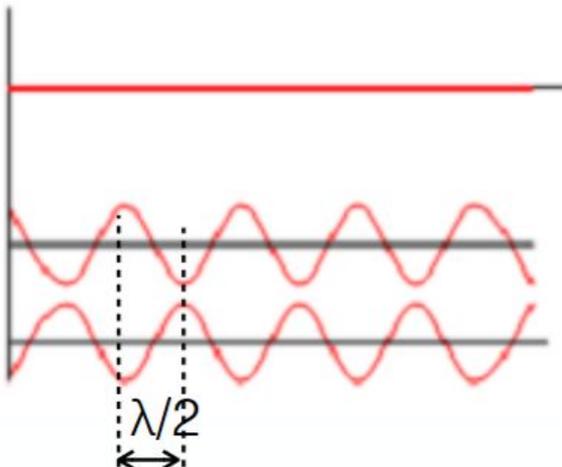


diferença de caminho de λ =diferença de fase de 2π

Duas ondas fora de fase

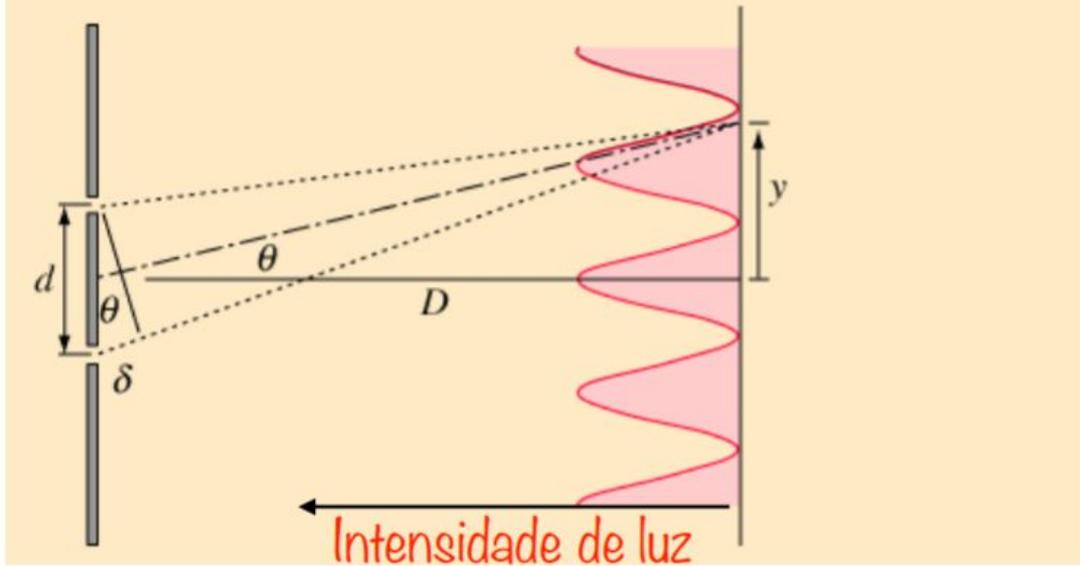


Interferência destrutiva



diferença de caminho de $\lambda/2$ =diferença de fase de π

Para $D \gg d \rightarrow \text{tg}\theta \approx \text{sen}\theta$



$$\delta = d \text{sen}\theta$$

$$\tan\theta = \frac{y}{D}$$

$$\delta \approx \frac{dy}{D}$$

Interferência construtiva ou
máximo de intensidade de luz:

$$\delta = m\lambda = \frac{dy_{max}}{D}$$

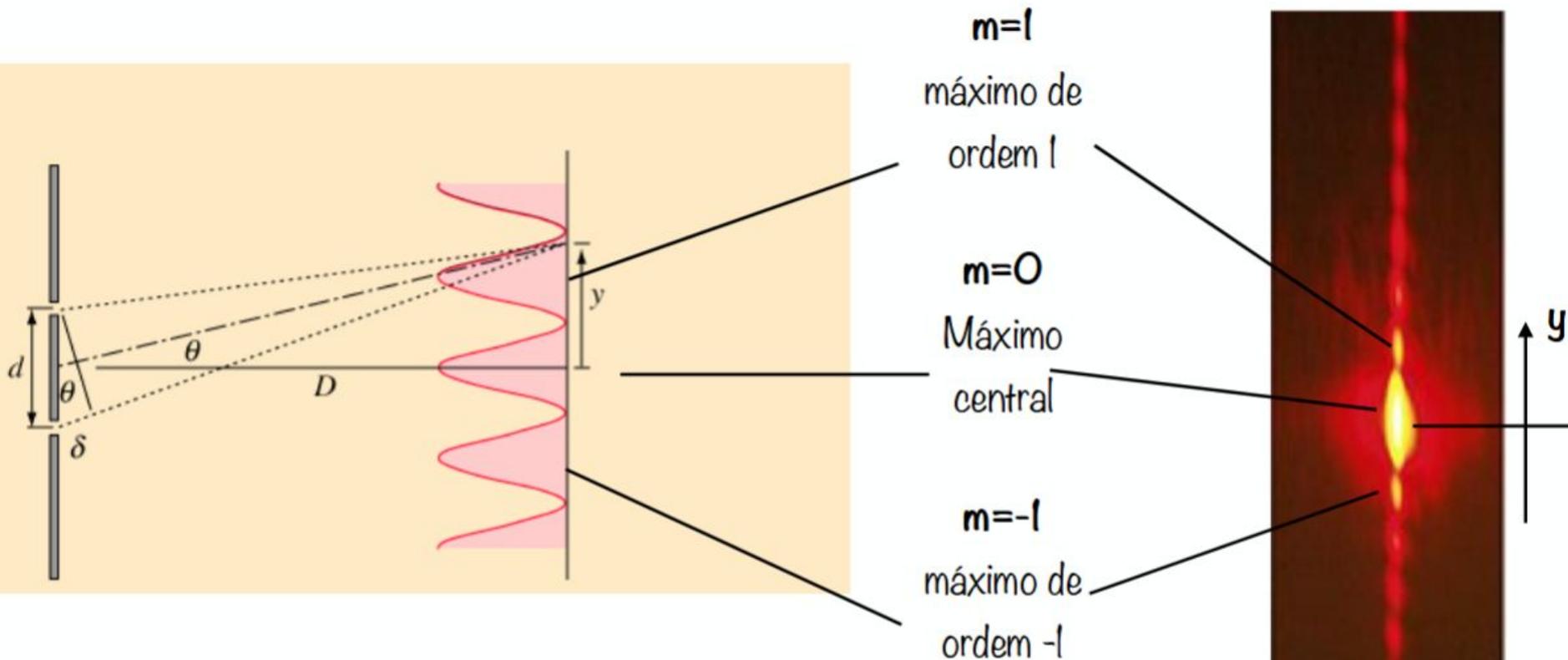
$$m=0,1,2,3,..$$

Interferência destrutiva ou
mínimo de intensidade de luz:

$$\delta = n\frac{\lambda}{2} = \frac{dy_{min}}{D}$$

$$n=1,3,5\dots \text{ (ímpar)}$$

Interferência construtiva= franja clara = máximos de intensidade de luz

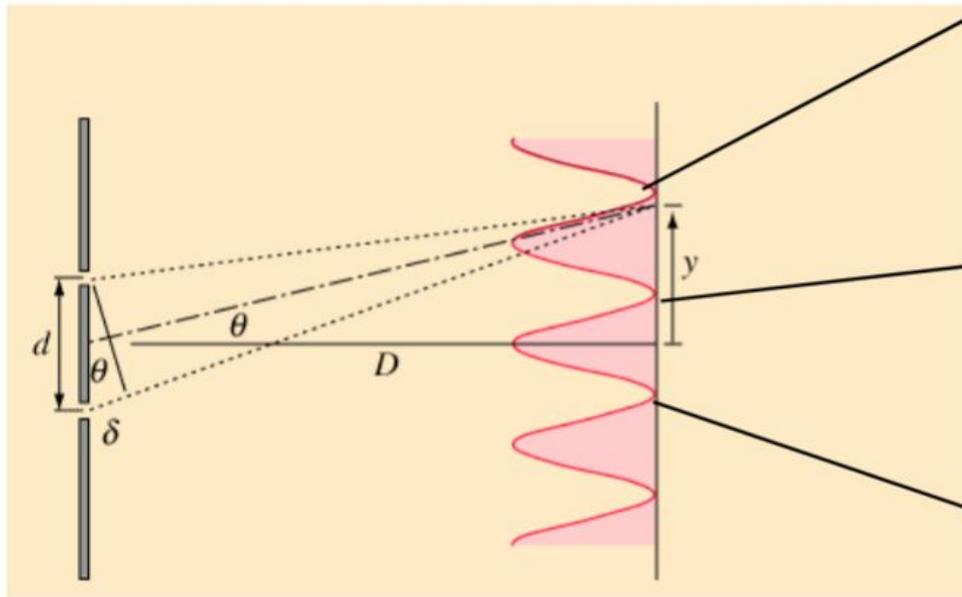


$$m = 0 \quad \delta_0 = 0$$

$$m = \pm 1 \quad \delta_{\pm 1} = \pm \lambda$$

$$m = \pm 2 \quad \delta_{\pm 2} = \pm 2\lambda$$

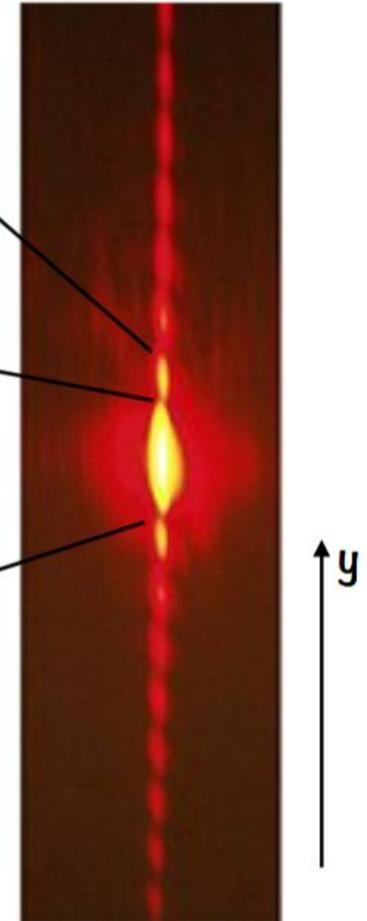
Interferência destrutiva= franja escura = mínimos de intensidade de luz



$m=3$
mínimo de
ordem 3

$m=1$
mínimo de
ordem 1

$m=-1$
mínimo de
ordem -1



$$\delta_{\pm 1} = \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$\delta_{\pm 3} = \pm 3 \frac{\lambda}{2}$$

$$\delta_{\pm 5} = \pm 5 \frac{\lambda}{2}$$

Posição dos máximos no eixo y

$$\delta = m\lambda = \frac{dy_{max}}{D}$$

$$m=0,1,2,3,..$$

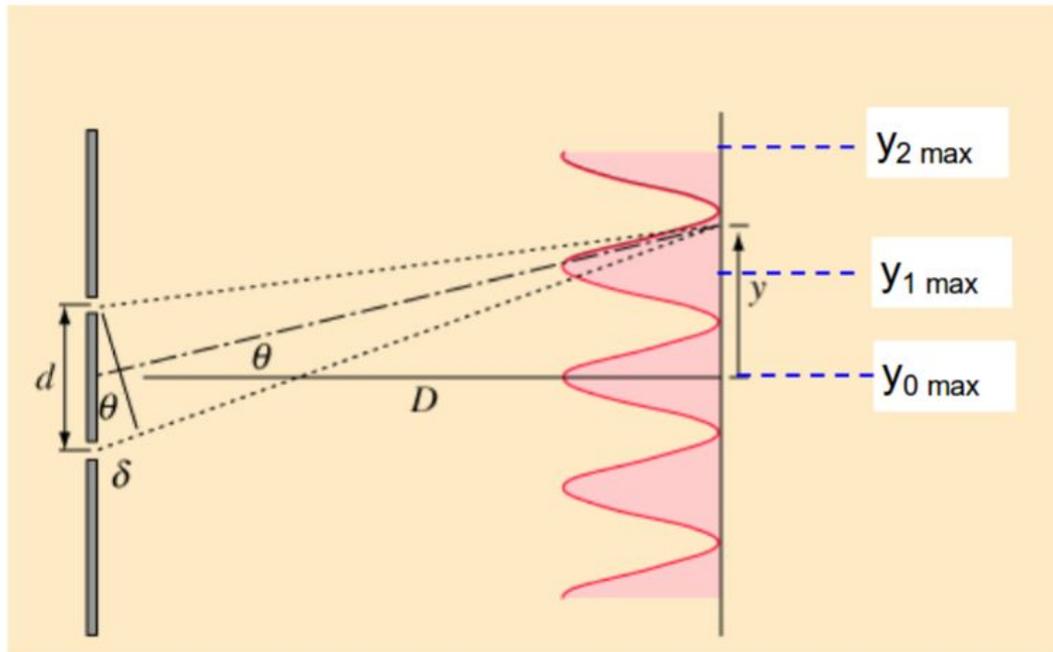


$$y_{max} = m \frac{D\lambda}{d}$$

$$y_{2max} = 2 \frac{D\lambda}{d}$$

$$y_{1max} = \frac{D\lambda}{d}$$

$$y_0 = 0$$



distância entre dois máximos vizinhos

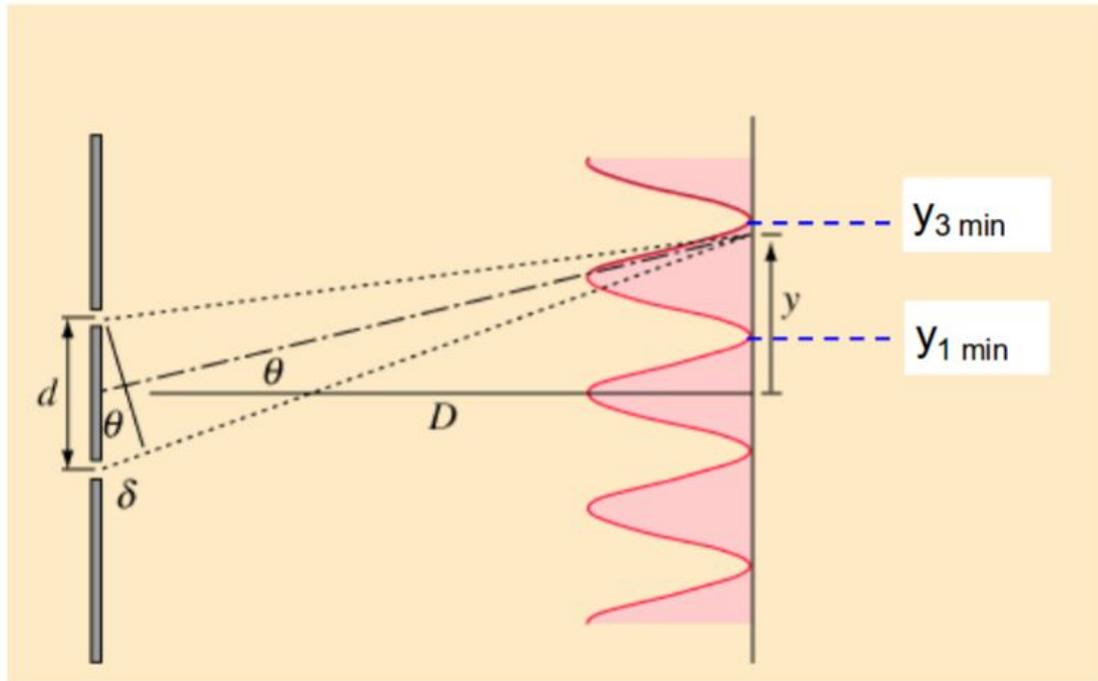


$$\Delta y_{max} = \frac{D\lambda}{d}$$

- ✓ inversamente proporcional a d
- ✓ proporcional a λ

Posição dos mínimos no eixo y

$$\delta = n \frac{\lambda}{2} = \frac{dy_{min}}{D} \quad n=1,3,5 \dots \text{ (ímpar)} \quad \longrightarrow \quad y_{min} = n \frac{D\lambda}{2d}$$



$$y_{3min} = 3 \frac{D\lambda}{2d}$$

$$y_{1min} = \frac{D\lambda}{2d}$$

Distância entre dois
mínimos consecutivos



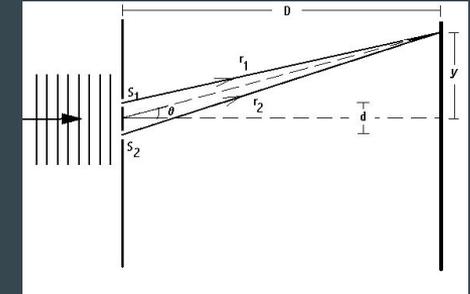
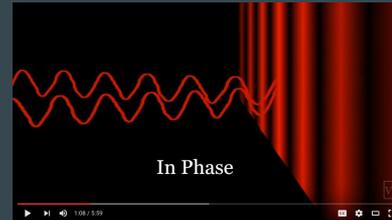
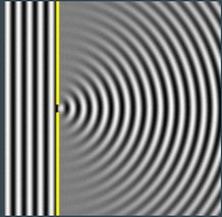
$$\Delta y_{min} = \frac{D\lambda}{d}$$

Resumo fenda dupla

Difração

Interferência

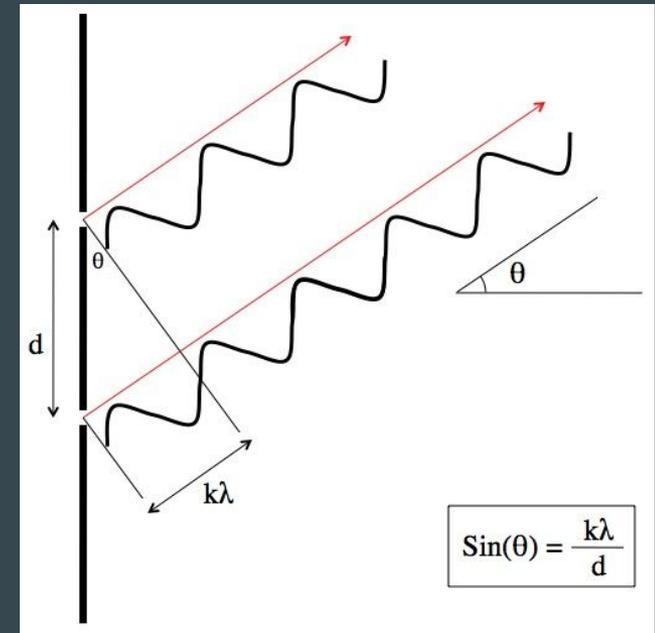
franjas com máximo de intensidade em $\sin \theta_m = m \lambda / d$ ($m=0,1,2$)



Definir os conceitos de difração e interferência, ‘em fase” e aplicar à dedução fenda dupla.

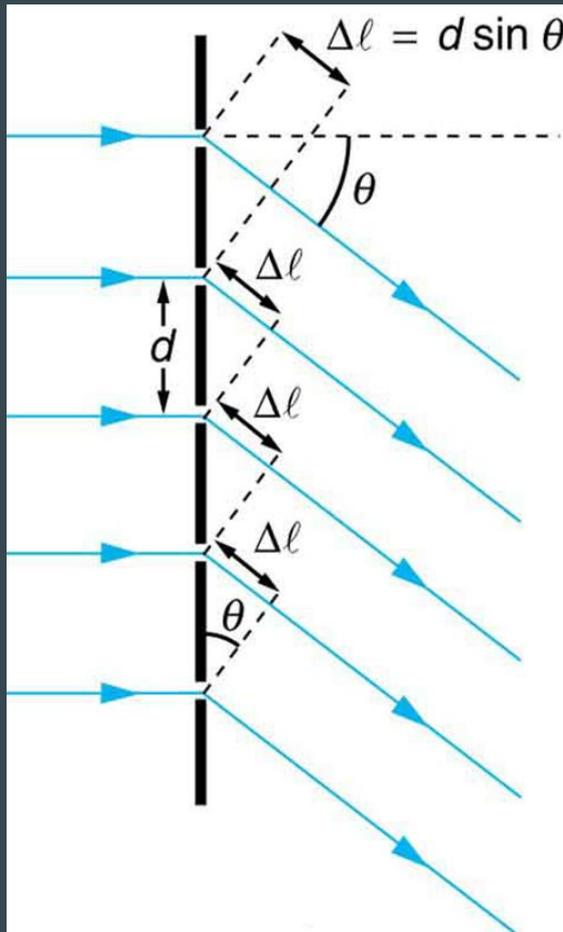
Condição para interferência **construtiva** :
diferença do caminho $\Delta x = m\lambda$ ($m=0,1,2\dots$) ou
diferença de fase $\Delta\phi = \pi$

Condição para interferência **destrutiva** :
 $\Delta x = (m+1/2)\lambda$ ou $\Delta\phi = \pi/2$

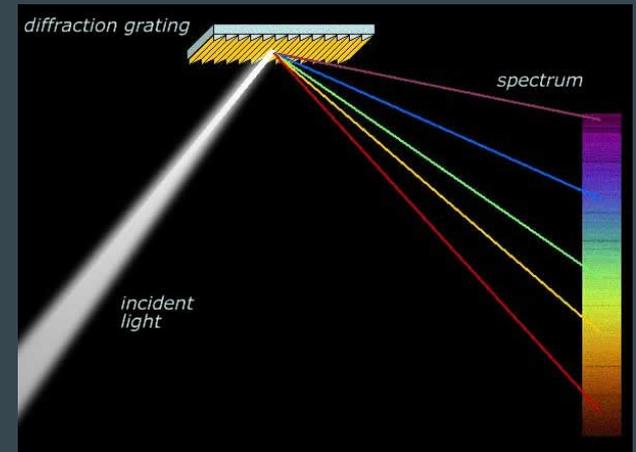


Repetição: “grades de difração”

Interferência construtiva se $d \sin(\theta_m) = m\lambda$

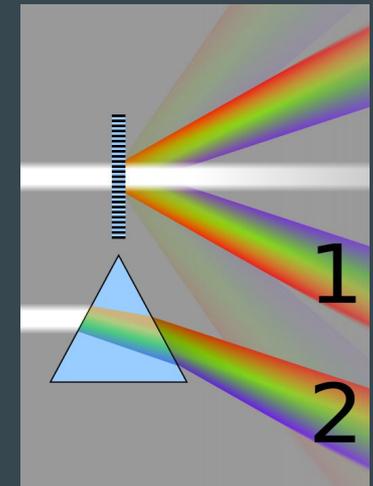


funciona para
reflexão também!



Não confundir com
dispersão!

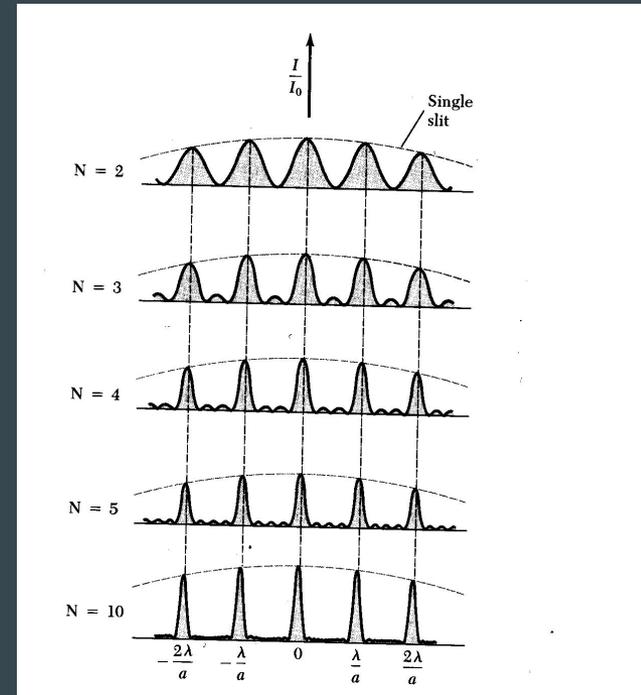
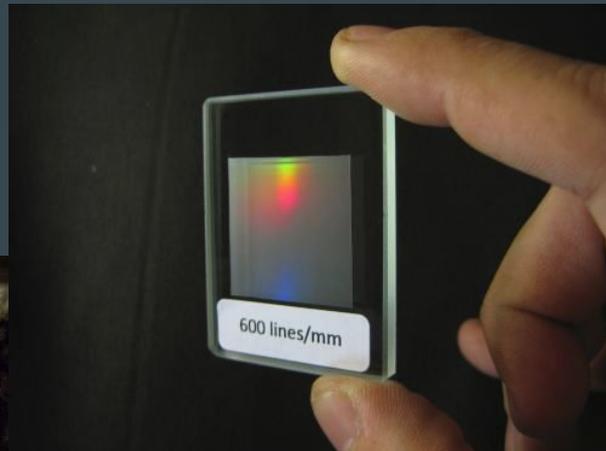
1 ≠ 2



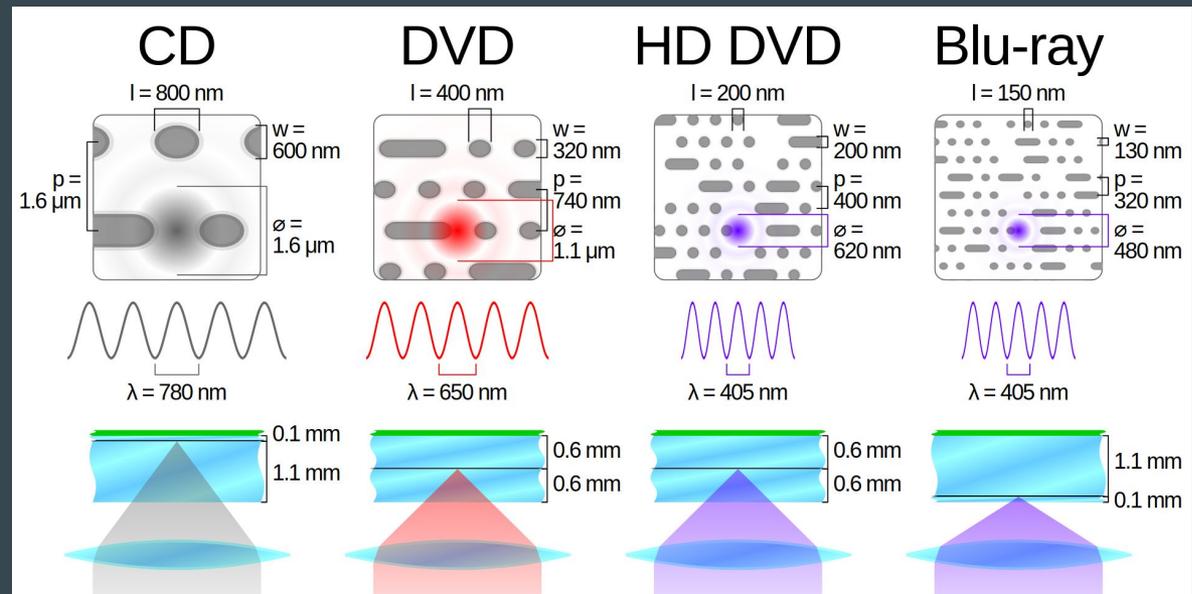
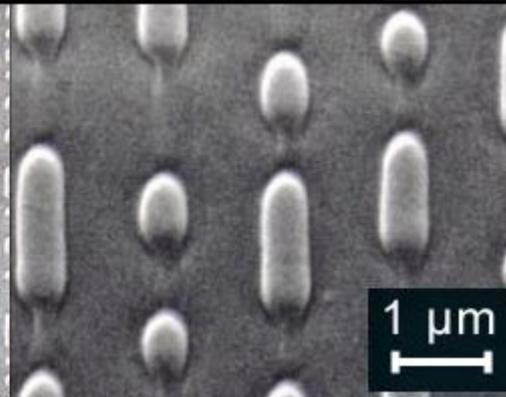
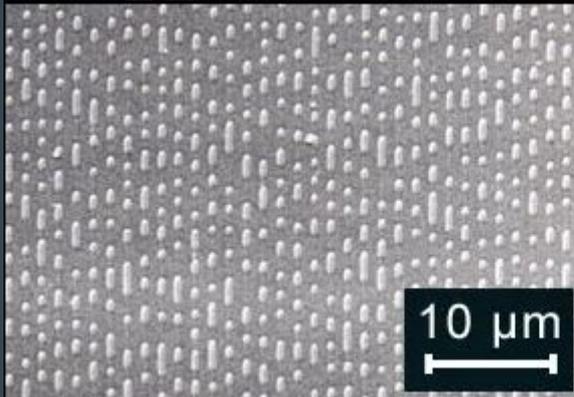
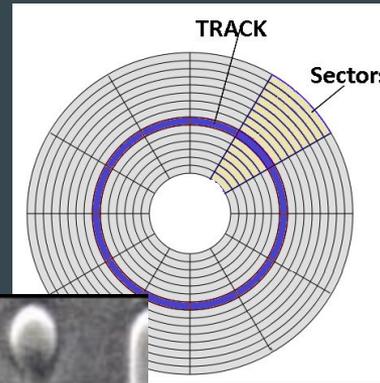
Repetição das estruturas de difração

Os ângulos de interferência (construtiva) não mudam, mas a intensidade dos máximos fica mais bem definida.

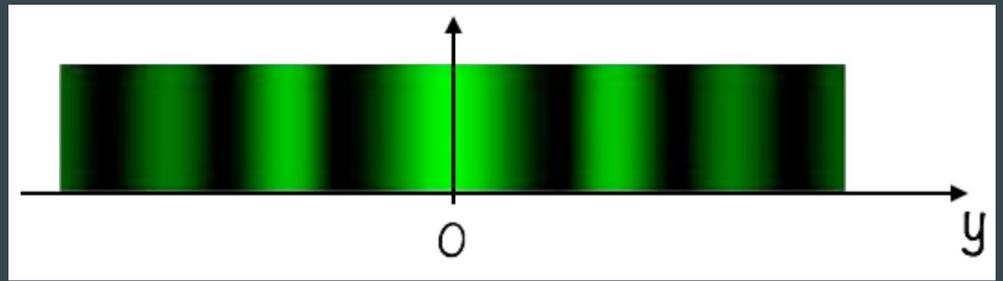
Útil na prática! (espectroscopia)



Exercício: determinar distância entre faixas de



Ex. 4 da lista 4



A figura acima corresponde a um padrão de interferência observado em um anteparo, quando um feixe laser de **comprimento de onda 532 nm** atravessa duas fendas estreitas, **separadas por uma distância de 200 μm** . O anteparo está colocado a **1,20 cm** das fendas.

- Identifique na figura quantas ordens são visíveis e identifique-as.
- Localize cada uma dessas ordens, identificando os valores de y que correspondem aos máximos observados.
- Se a distância entre as fendas for duplicada, o que acontece com a distância entre os máximos?
- Se o laser verde for substituído por um laser vermelho, com comprimento de onda igual a 650 nm, a distância entre os mínimos aumenta ou diminui? Por que?

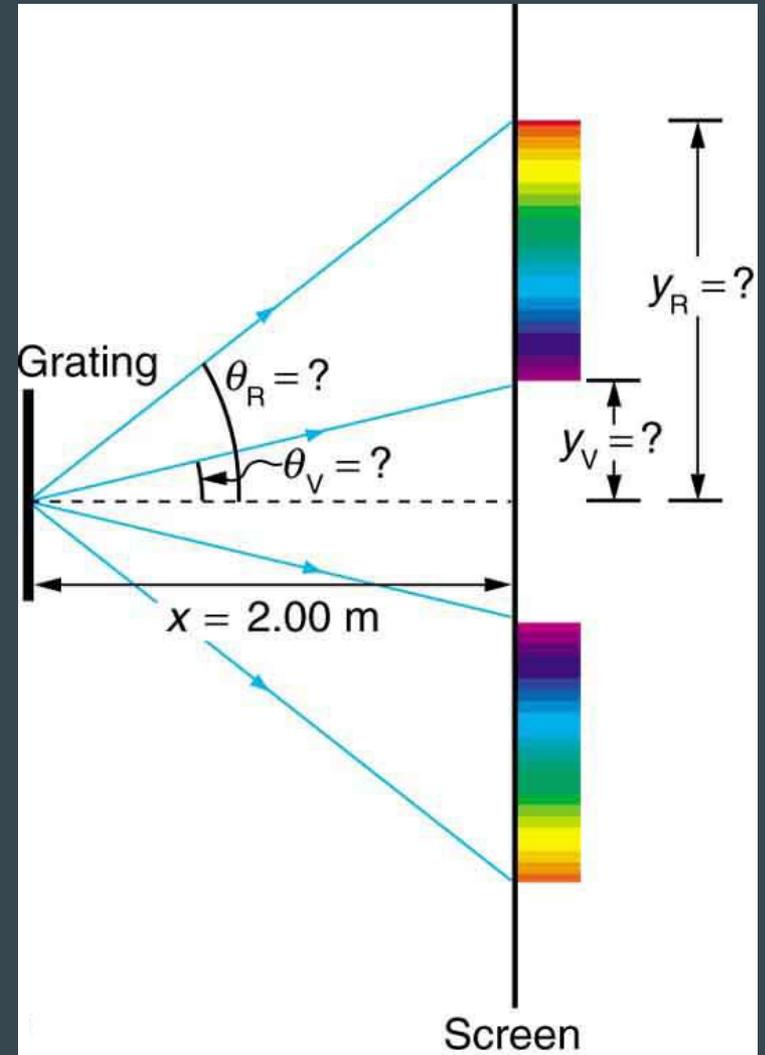
Exercício

Grade de difração com 10 mil linhas / cm. Qual é o ângulo da linha de difração de primeira ordem para luz vermelho, e para luz violeta?

Resposta:

$$\sin(\theta) = m\lambda/d, m=1, d=1 \mu\text{m} \rightarrow$$

$$\theta_{\text{violeta}} = 22^\circ \quad \theta_{\text{vermelho}} = \underline{49^\circ}$$

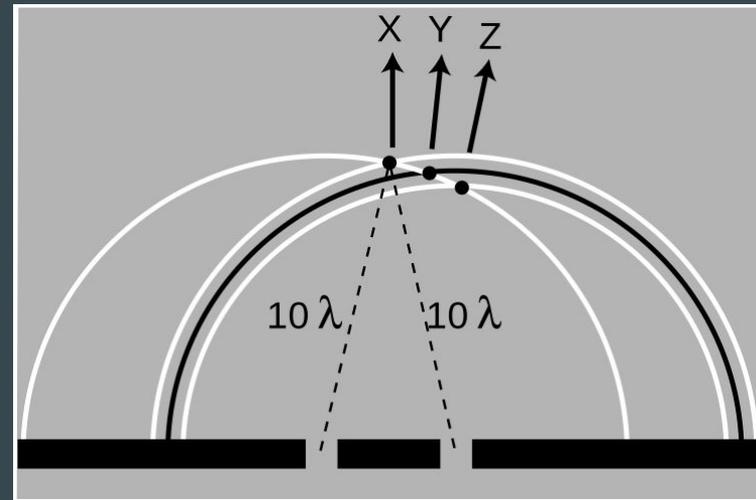
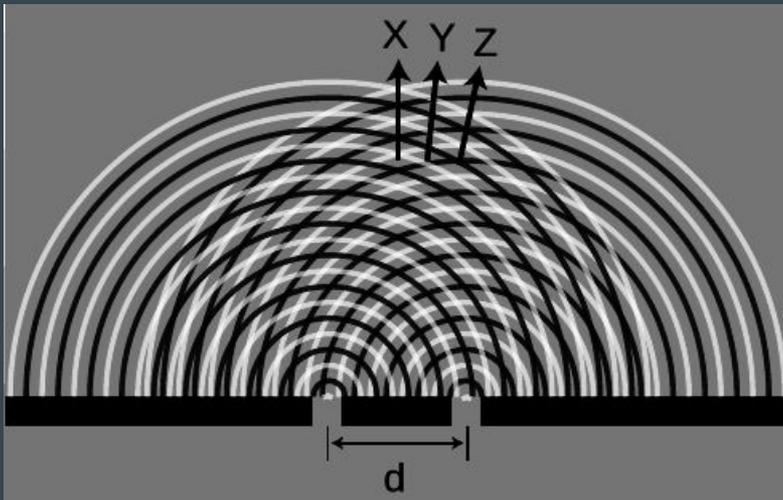


Crédito: [College Physics](#). OpenStax CNX licenciado sob CC-BY

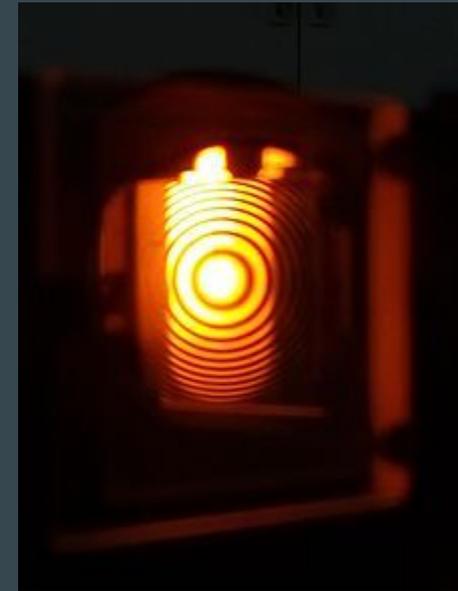
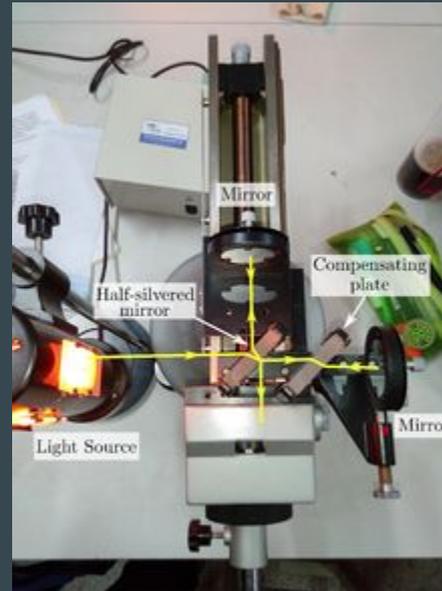
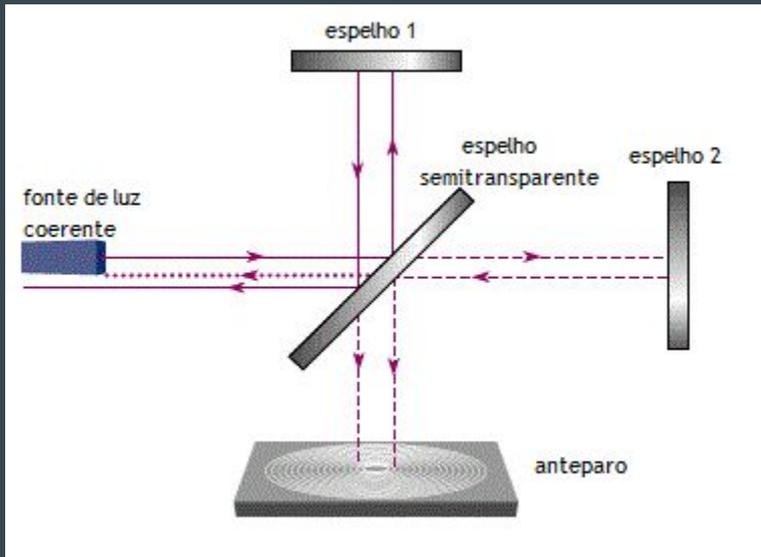
Exercício: interferência sem aproximações. Duas fontes de ondas ($\lambda = 1 \text{ cm}$), separada por 2 cm .

Construir o ângulo do primeiro máximo por causa de interferência construtiva.

Comparar com a aproximação $\sin(\theta) = \lambda/d$ ($d = \text{distância entre fendas}$).



Interferômetros de Michelson



Experimento de Michelson- Morley (1887) -> relatividade de Einstein

LIGO, detecção de ondas gravitacionais

