

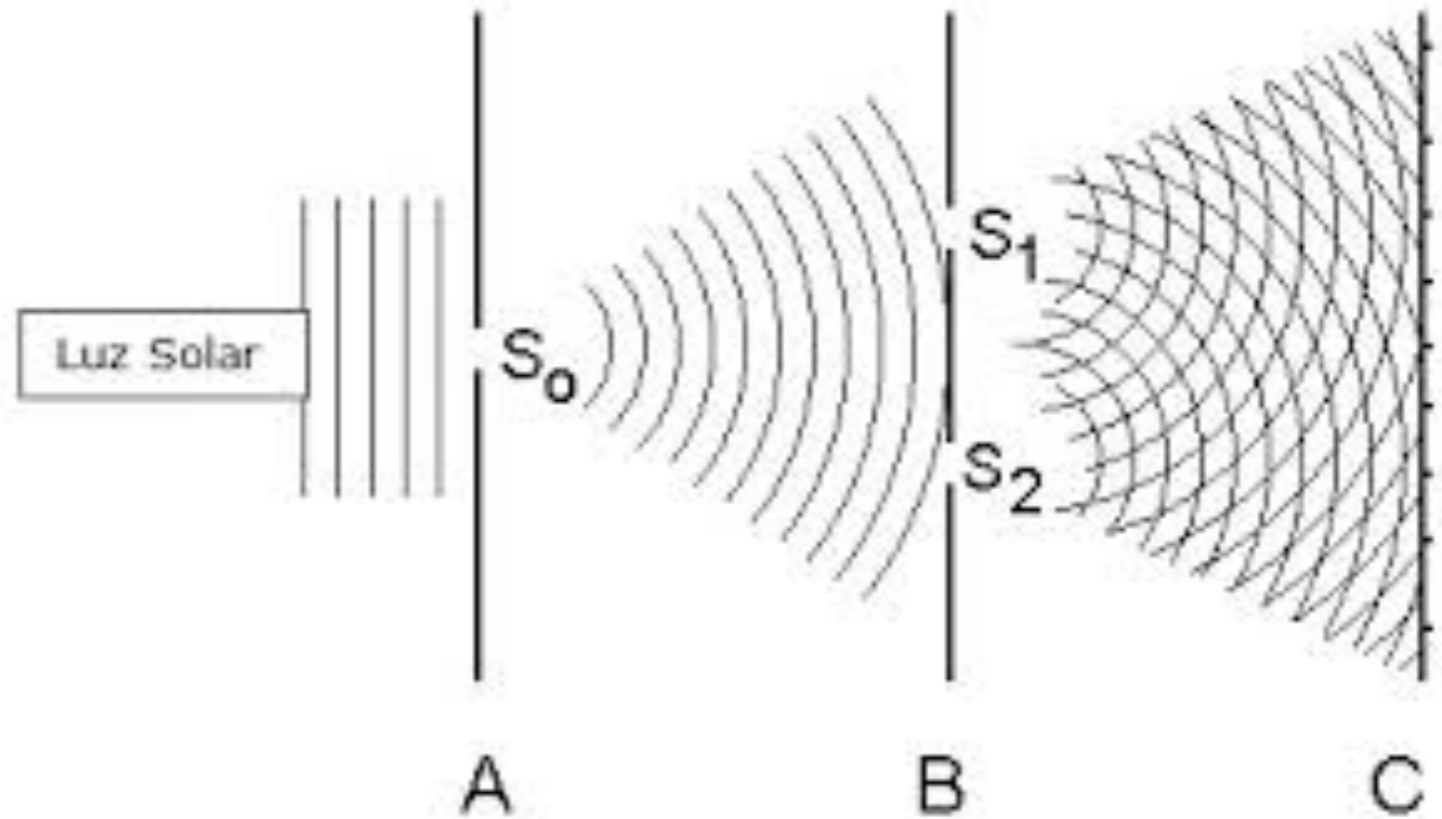
Interferência de ondas de luz

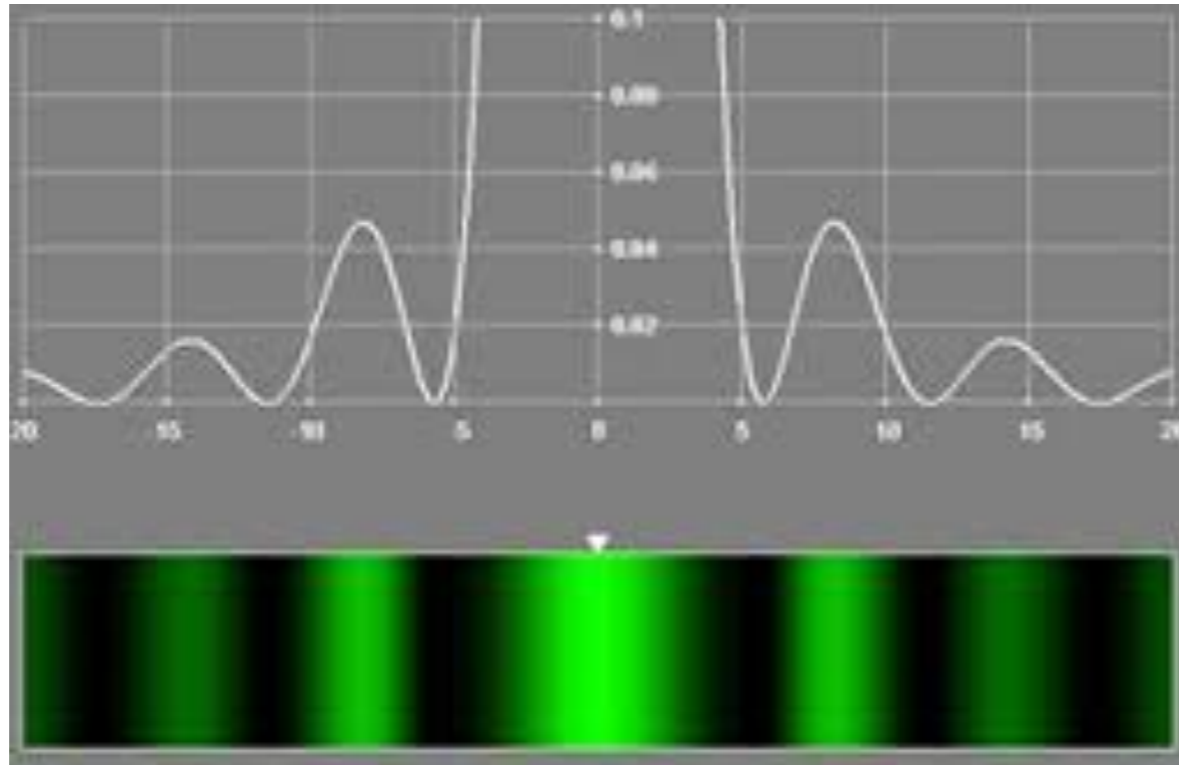
- ✓ Experimento de Young
- ✓ Princípio de Huygens
- ✓ Condições para interferência construtiva e destrutiva
- ✓ Formação de franjas claras e escuras no experimento da fenda dupla
- ✓ Interferência em películas e filmes finos
- ✓ Interferômetro de Michelson

Experimento de Young

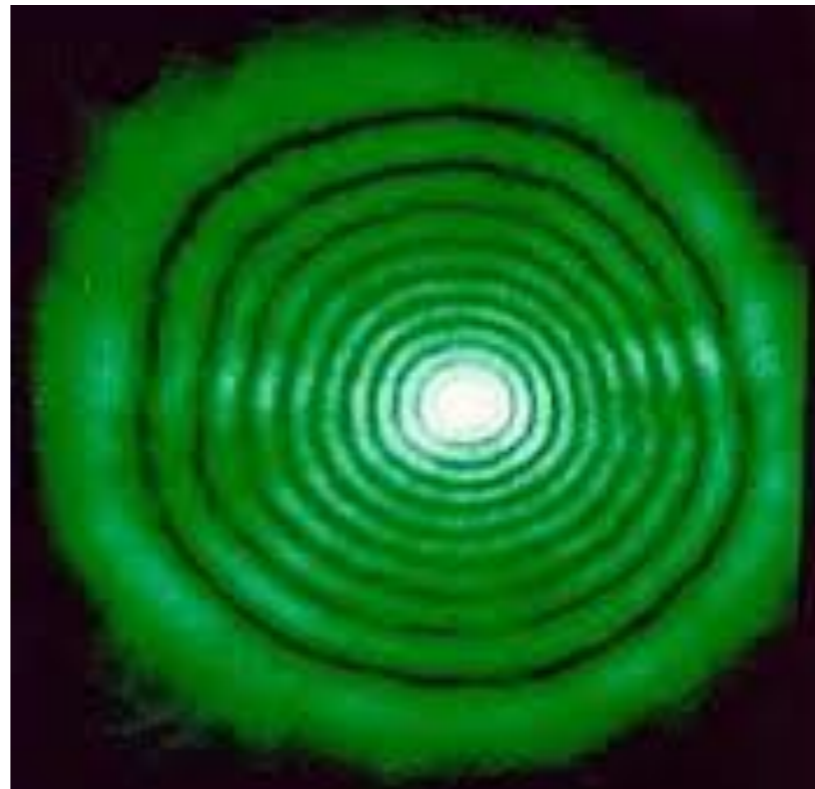


Thomas Young
(1773-1829)





Interferência produzida por fendas duplas



Difração da luz em um orifício circular

Princípio de Huygens

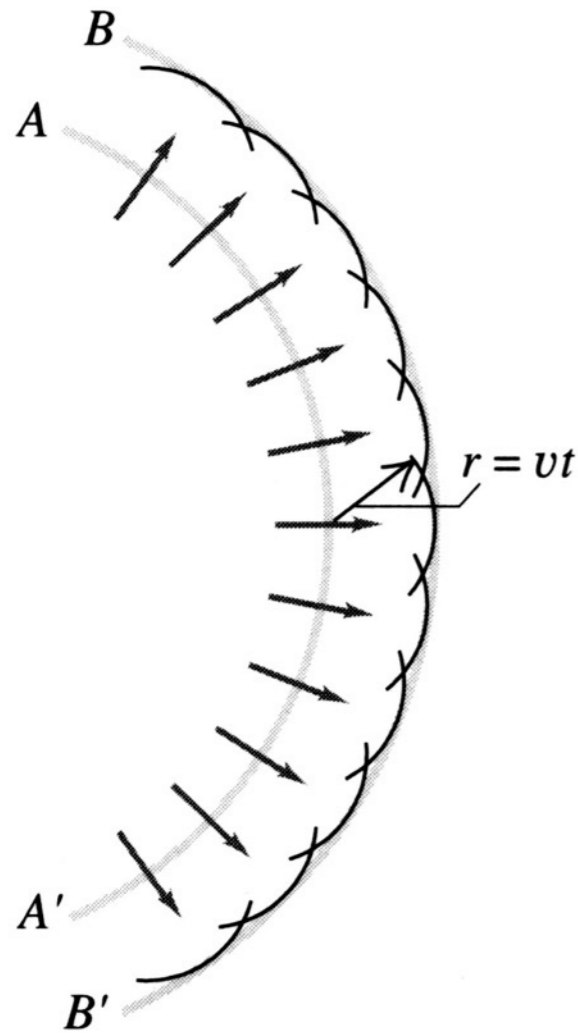
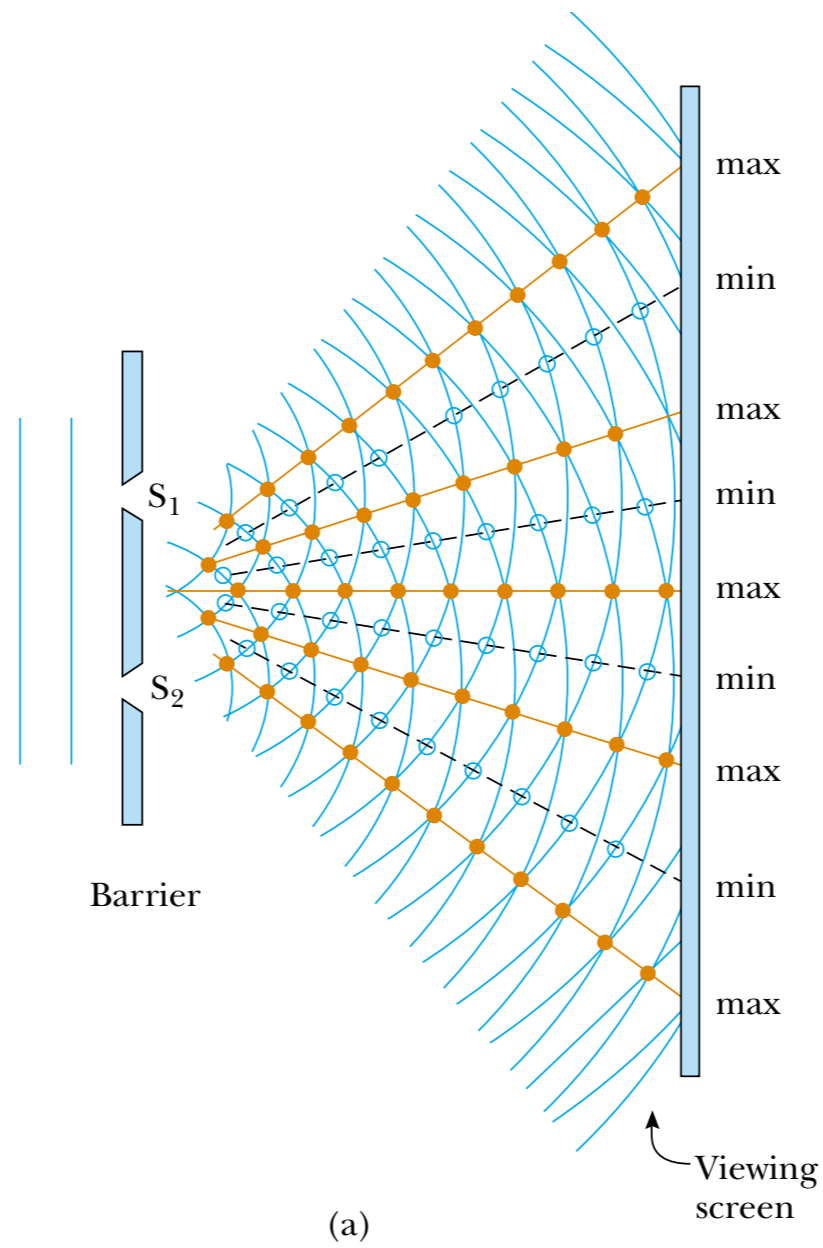
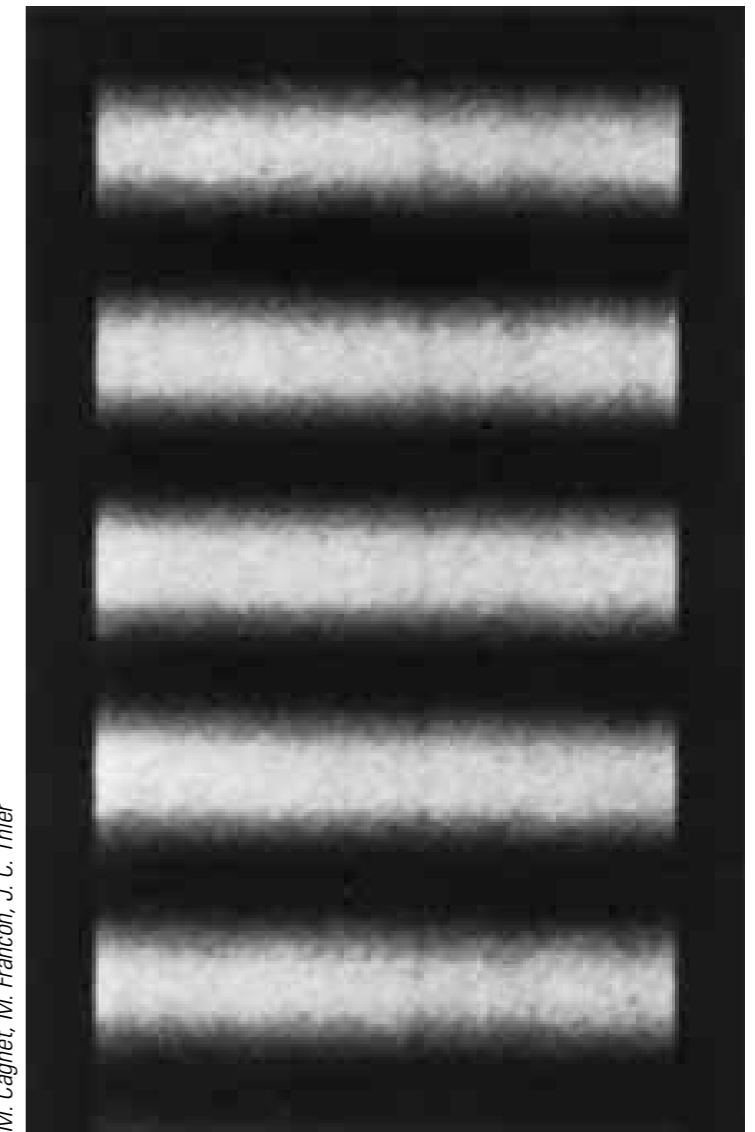


FIGURA 34.26 Aplicação do princípio de Huygens para construir uma nova frente de onda BB' a partir de uma frente de onda AA' .



(a)



M. Cagnet, M. Francon, J. C. Thier

(b)

Condições para interferência construtiva e destrutiva

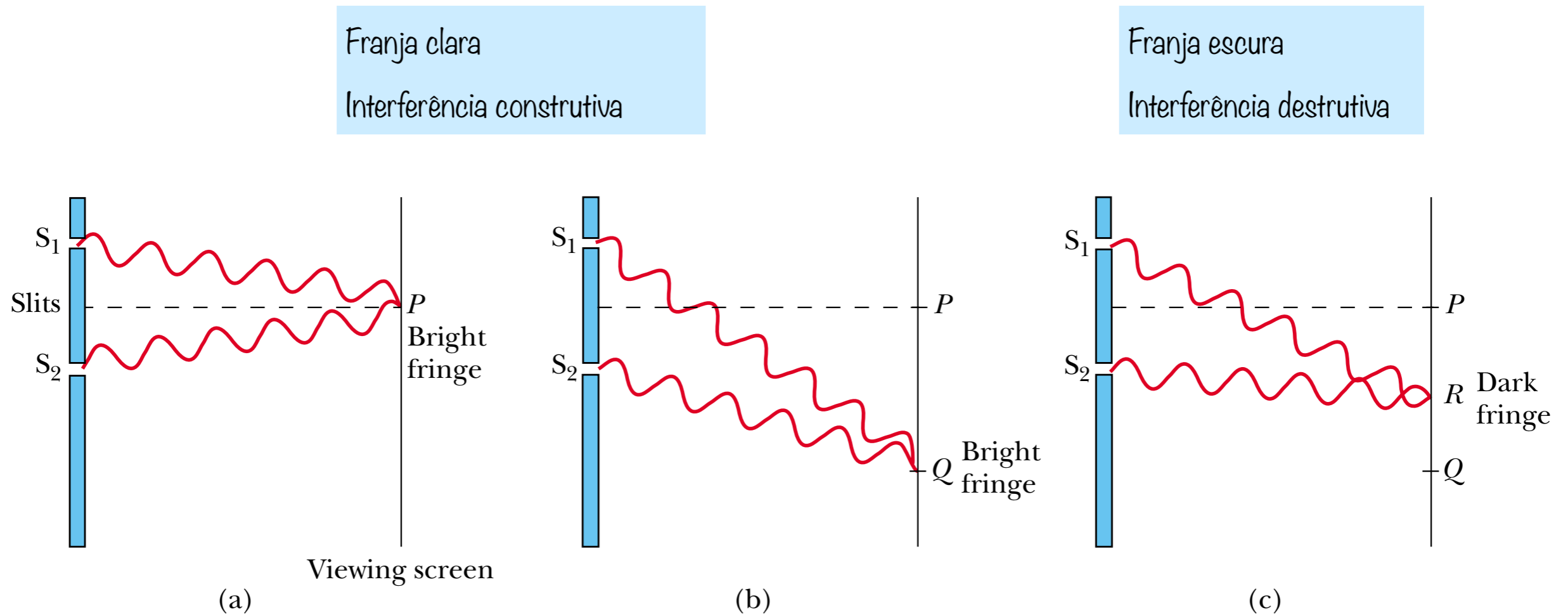
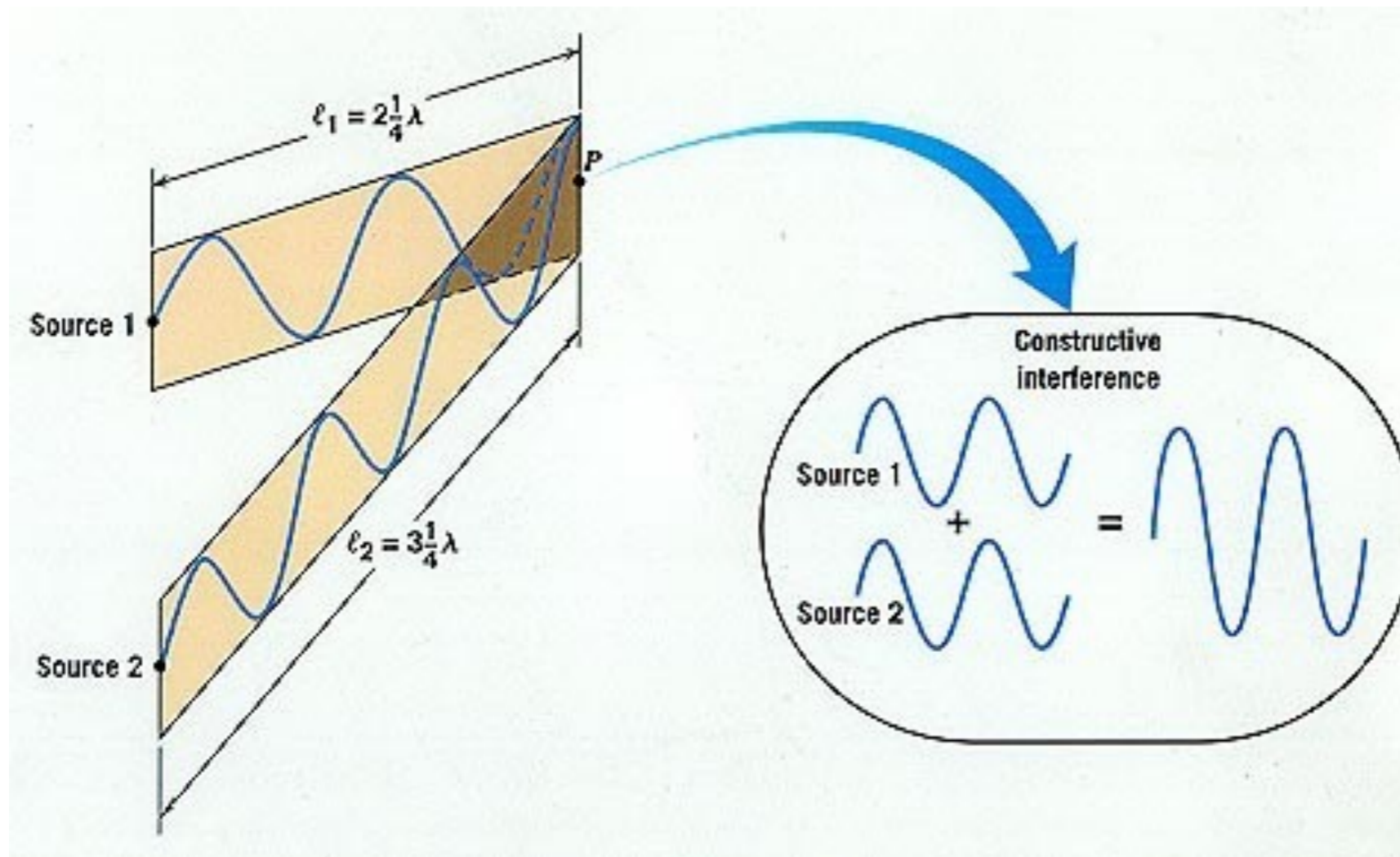


Figure 37.4 (a) Constructive interference occurs at point P when the waves combine. (b) Constructive interference also occurs at point Q . (c) Destructive interference occurs at R when the two waves combine because the upper wave falls half a wavelength behind the lower wave. (All figures not to scale.)

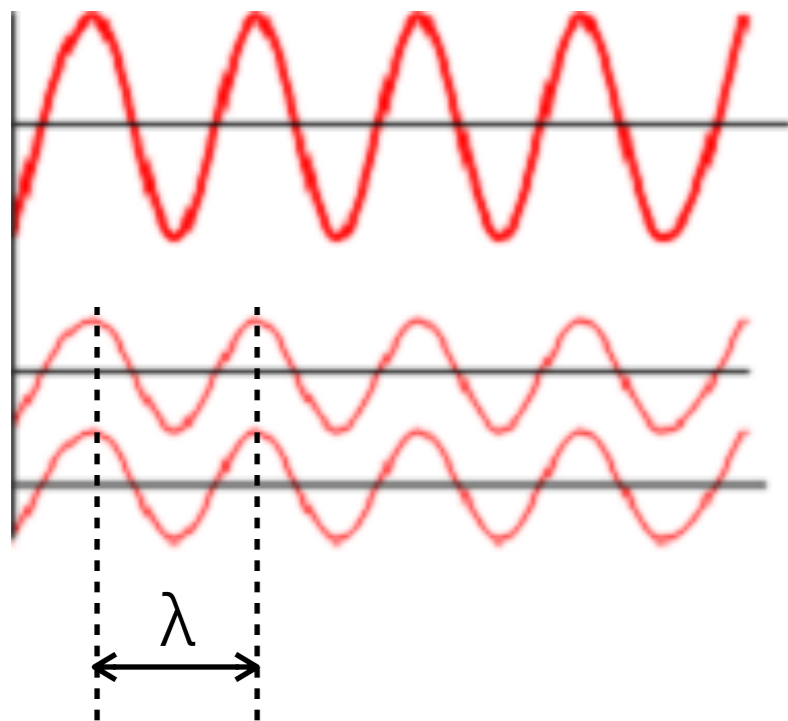
Interferencia construtiva

Diferença de caminho

$0, \lambda, 3\lambda \dots$



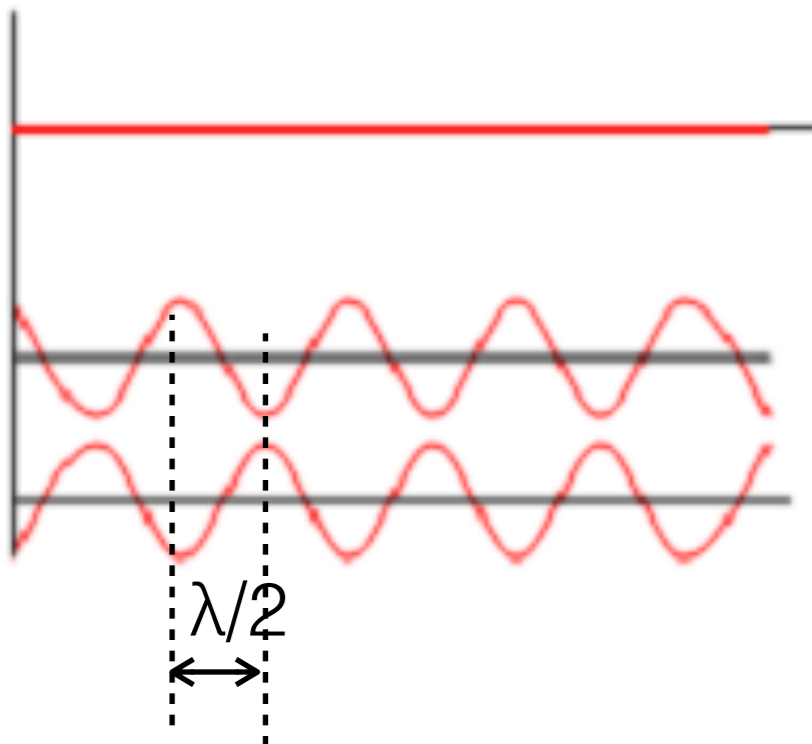
Duas ondas em fase



Interferência construtiva

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

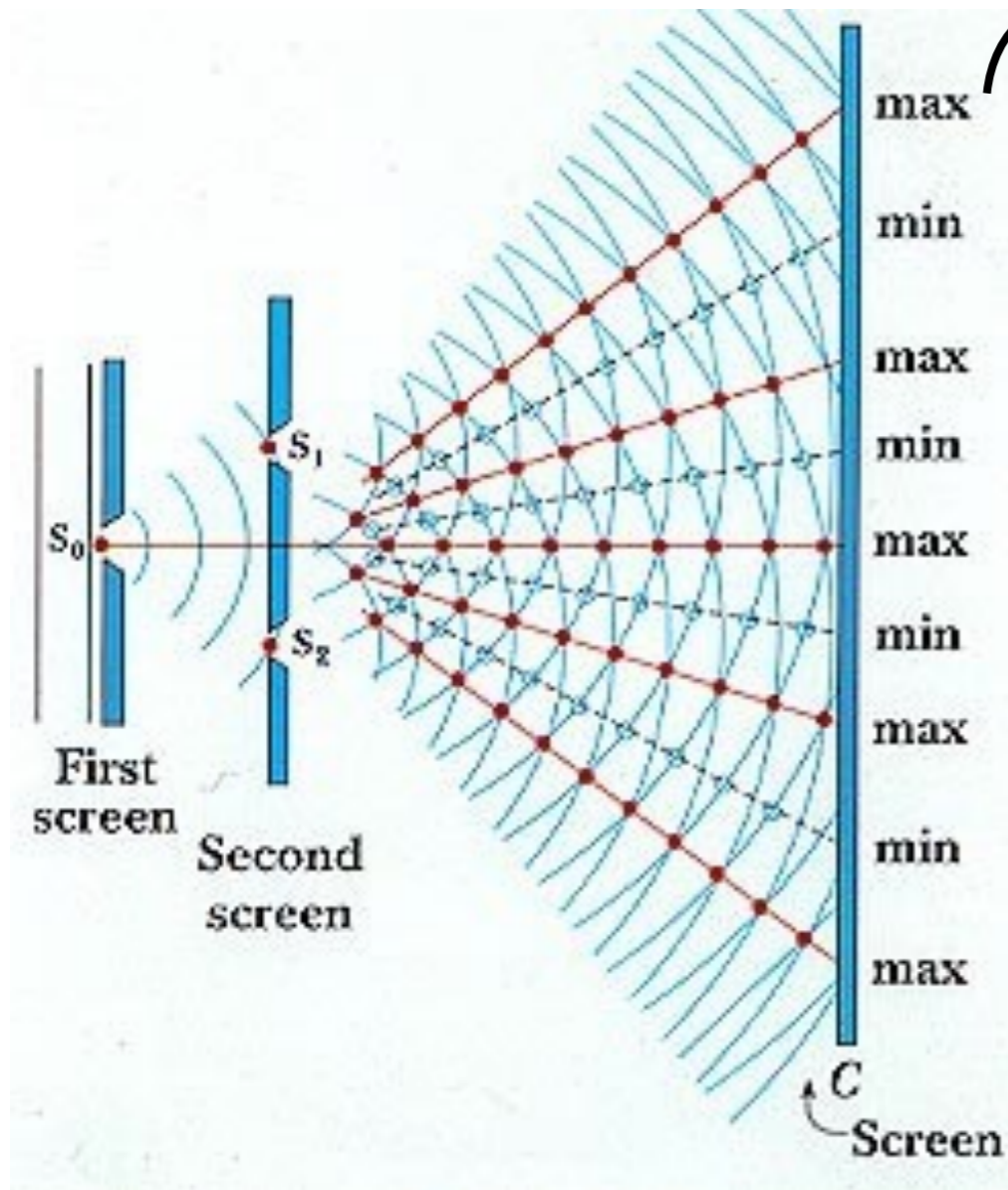
Duas ondas fora de fase



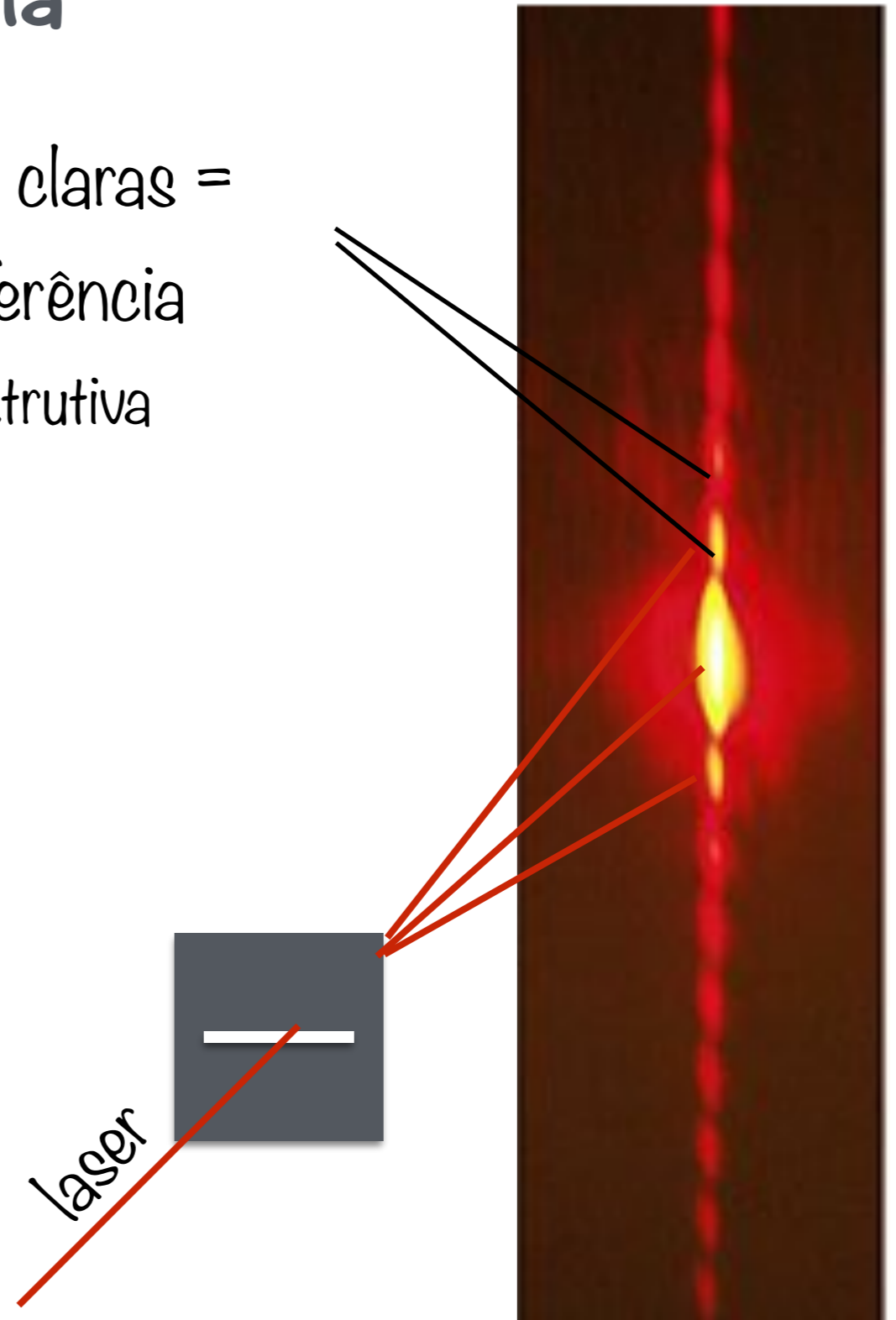
Interferência destrutiva

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

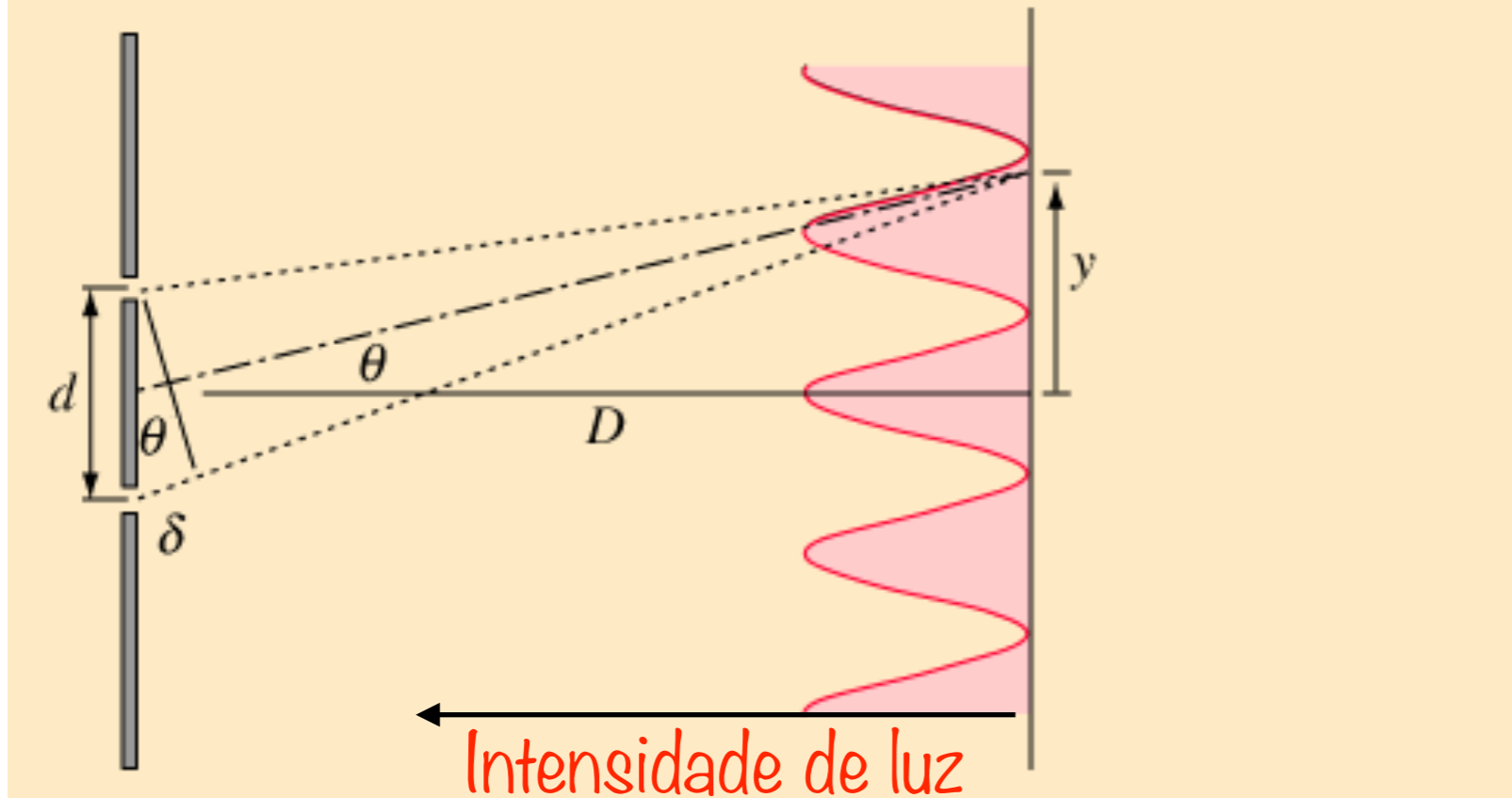
Formação de franjas claras e escuras no experimento da fenda dupla



franjas claras =
interferência
construtiva



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



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

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

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

Interferência construtiva ou
máximo de intensidade de luz:

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

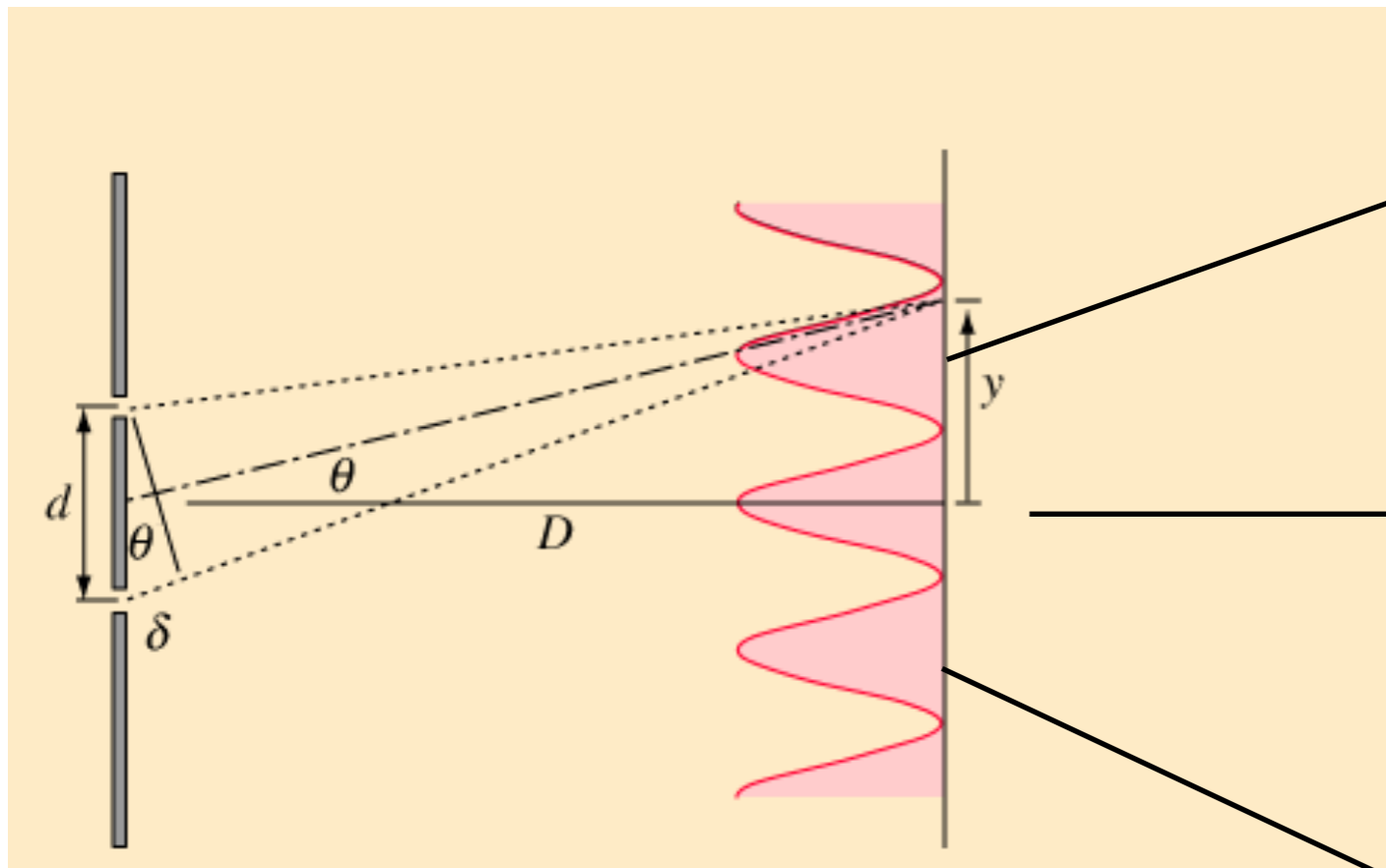
$$m=0,1,2,3,..$$

Interferência destrutiva ou
mínimo de intensidade de luz:

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

$$n=1,3,5 \dots \text{ (ímpar)}$$

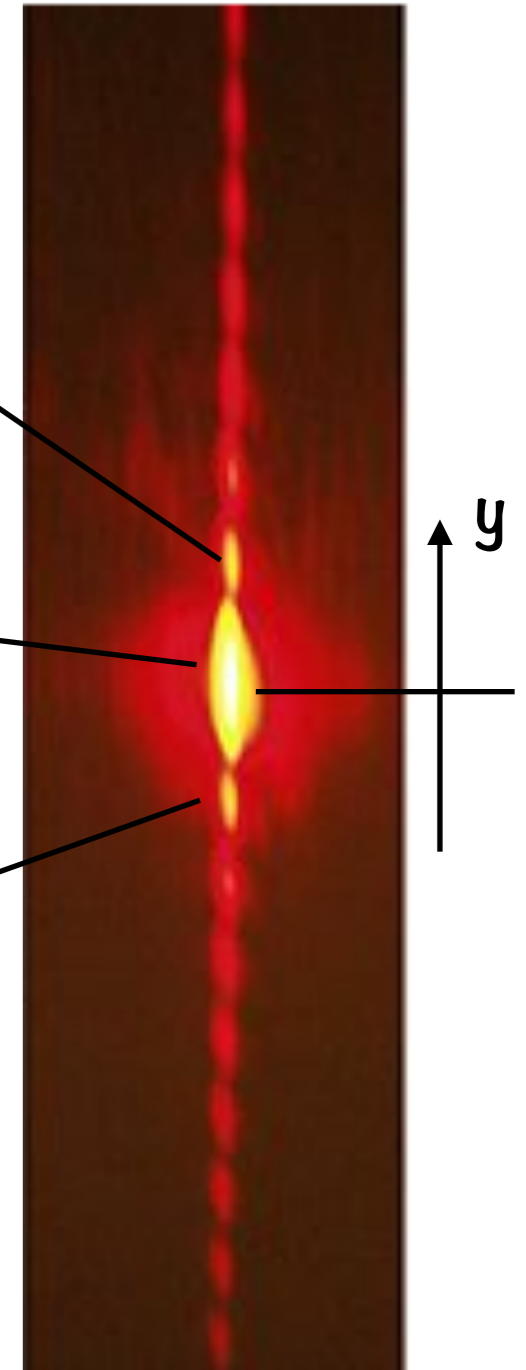
Interferência construtiva = franja clara = máximos de intensidade de luz



$m=1$
máximo de
ordem 1

$m=0$
Máximo
central

$m=-1$
máximo de
ordem -1

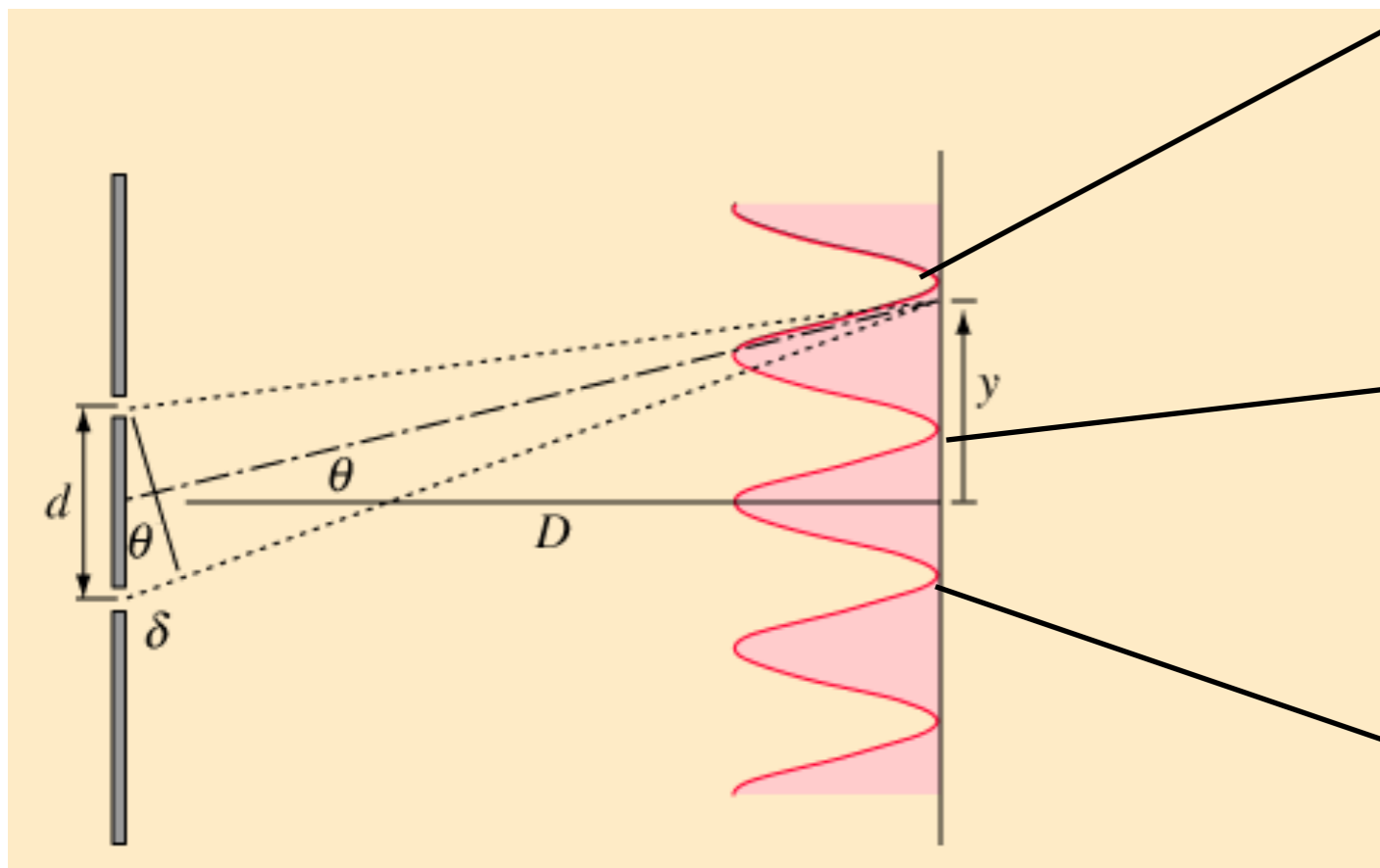


$$m = 0 \quad \delta_0 = 0$$

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

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

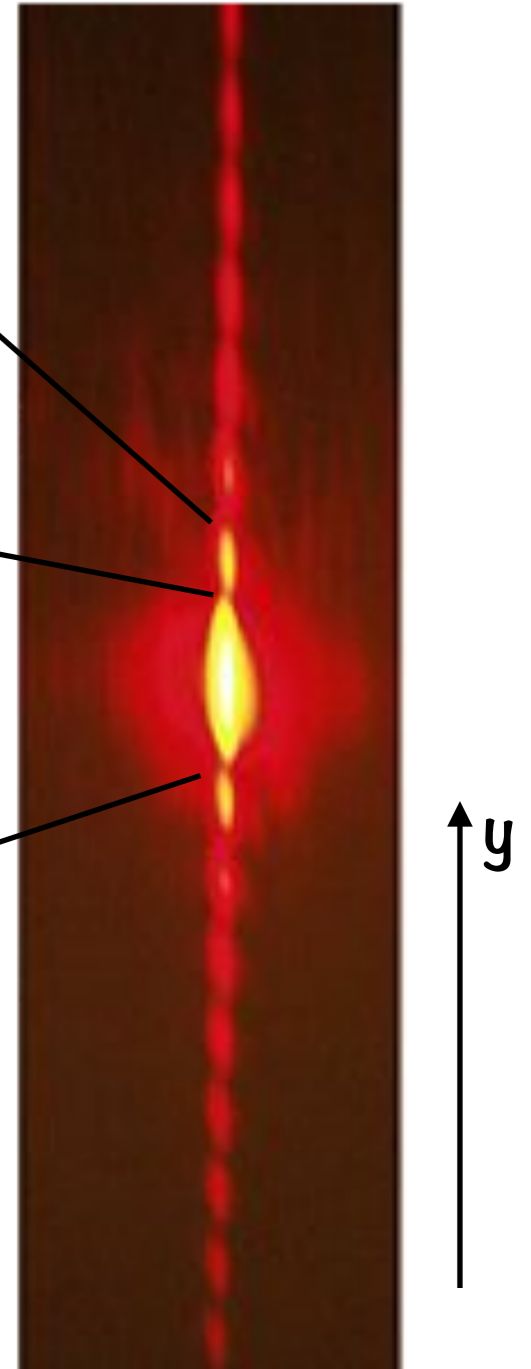
Interferência destrutiva = franja escura = mínimos de intensidade de luz



$m=3$
mínimo de
ordem 3

$m=1$
mínimo de
ordem 1

$m=-1$
mínimo de
ordem -1



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

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

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

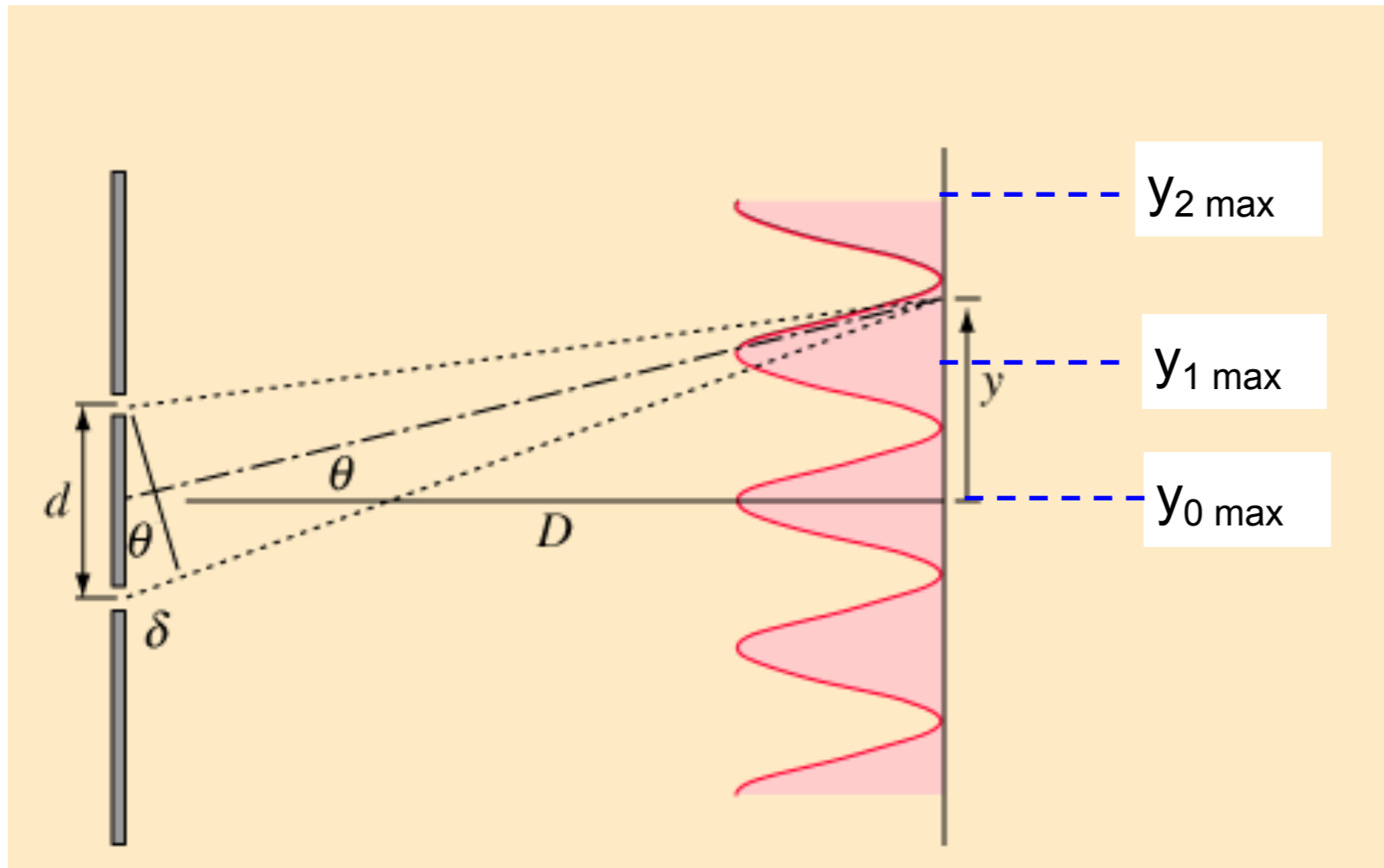
Posição dos máximos no eixo y

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

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



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

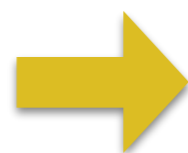


$$y_{2max} = 2 \frac{D\lambda}{d}$$

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

$$y_0 = 0$$

distância entre dois máximos vizinhos

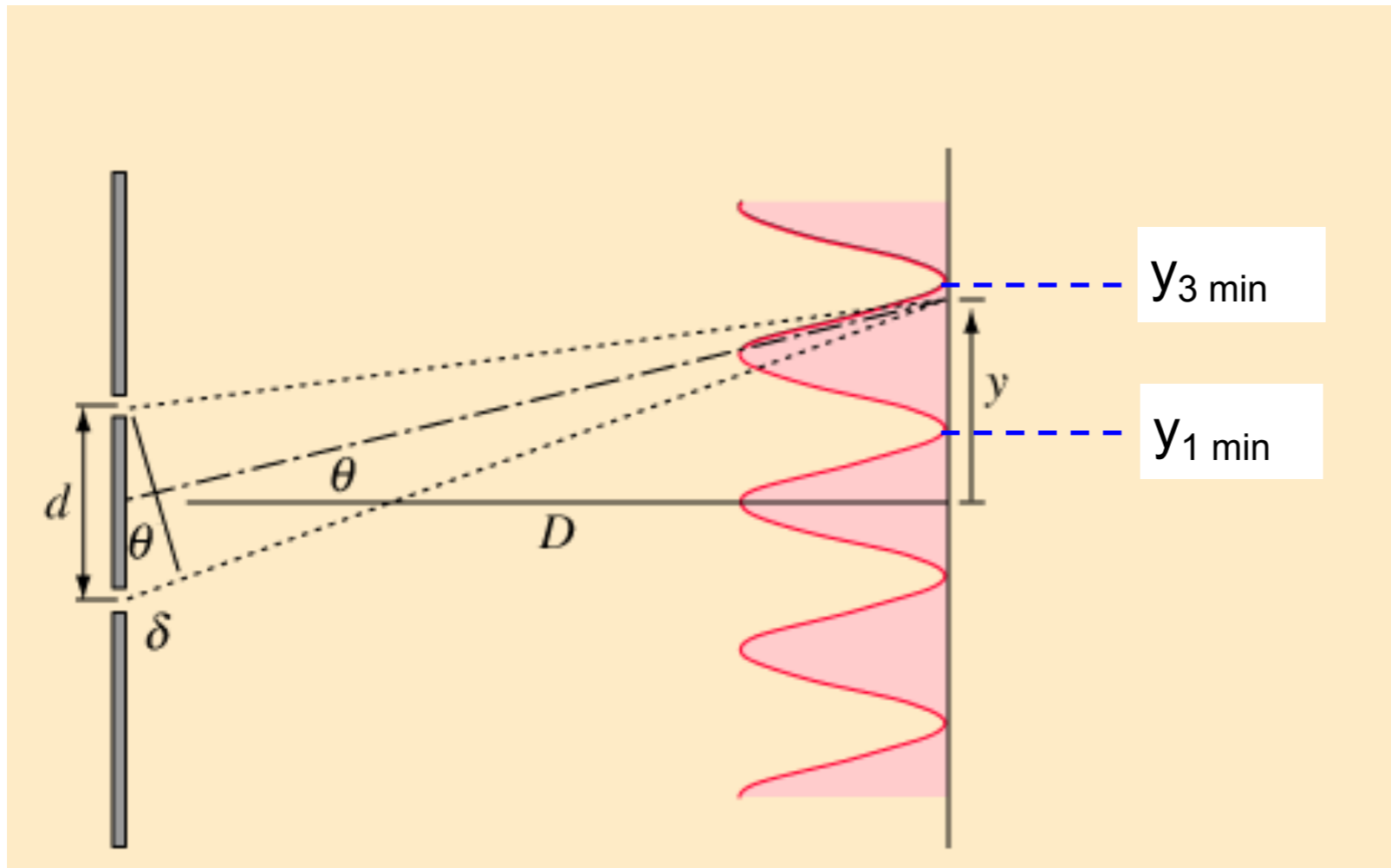


$$\Delta y_{max} = \frac{D\lambda}{d}$$

- ✓ inversamente proporcional a d
- ✓ proporcional a λ

Posição dos mínimos no eixo y

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



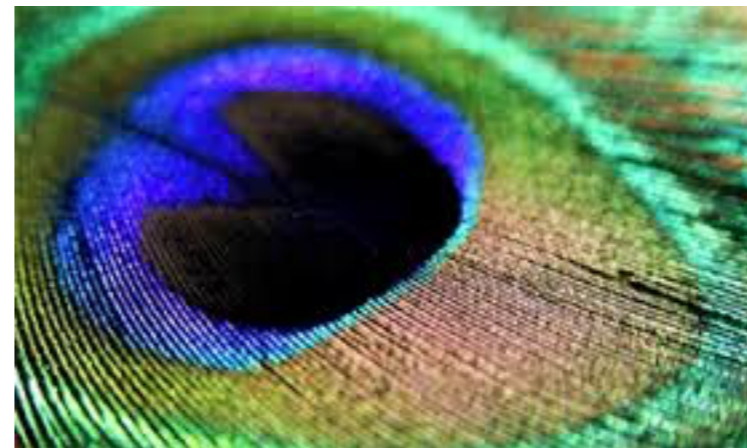
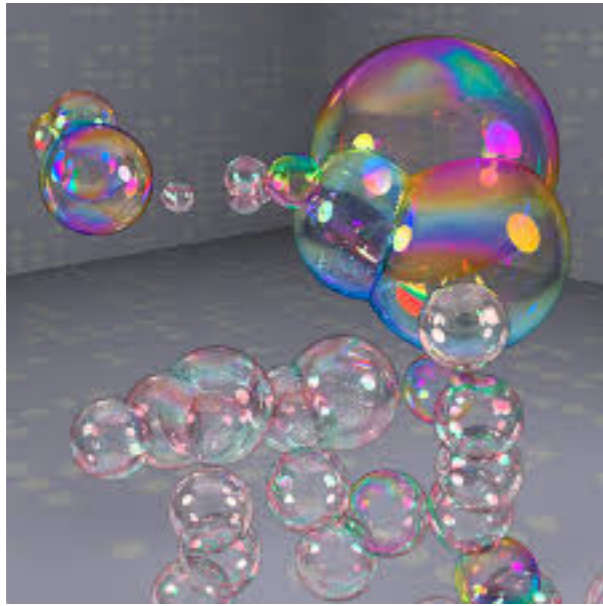
$$y_{3 \text{ min}} = 3 \frac{D\lambda}{2d}$$

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

Distância entre dois
mínimos consecutivos

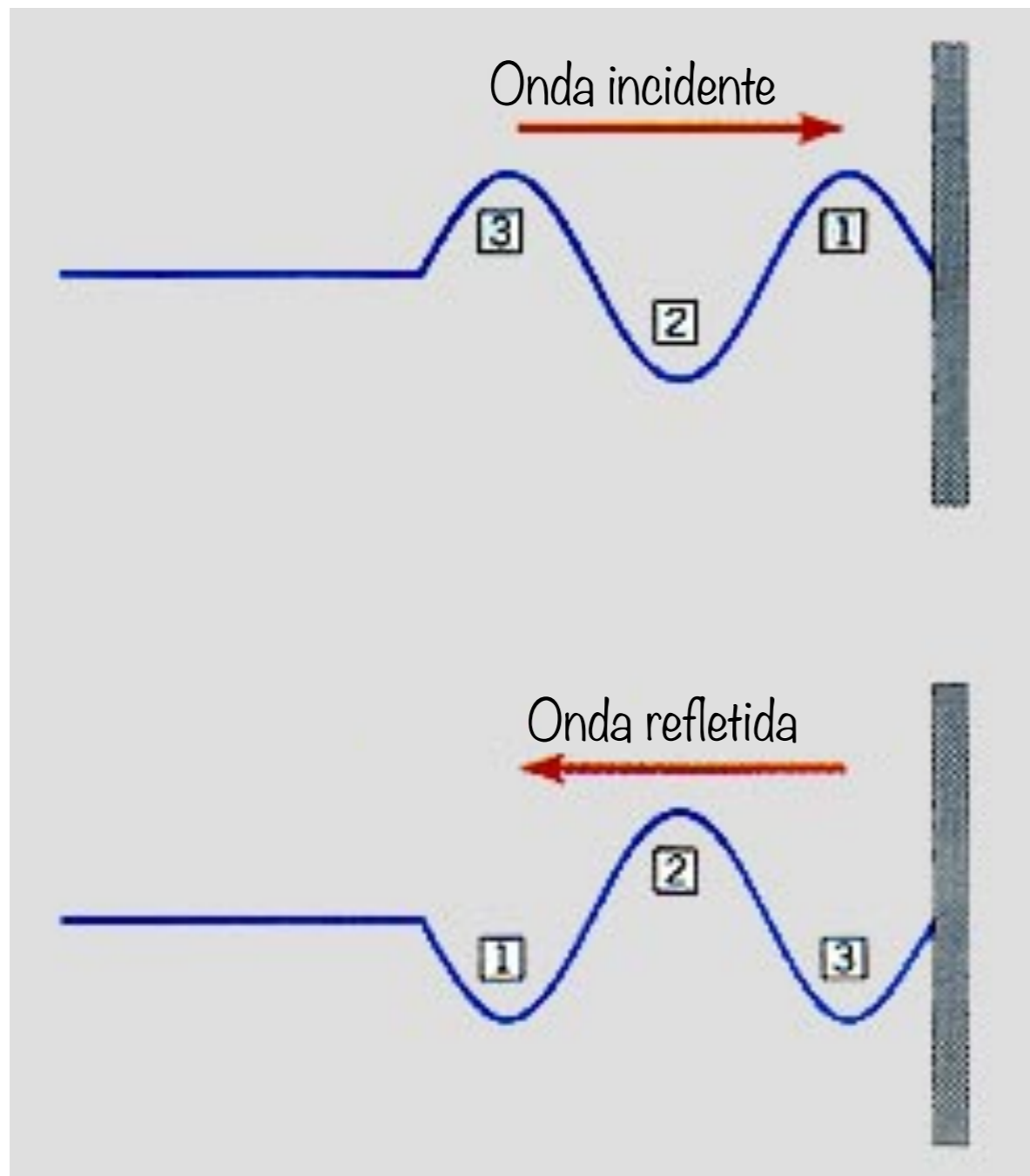
$$\Delta y_{min} = \frac{D\lambda}{d}$$

Interferência em películas e filmes finos



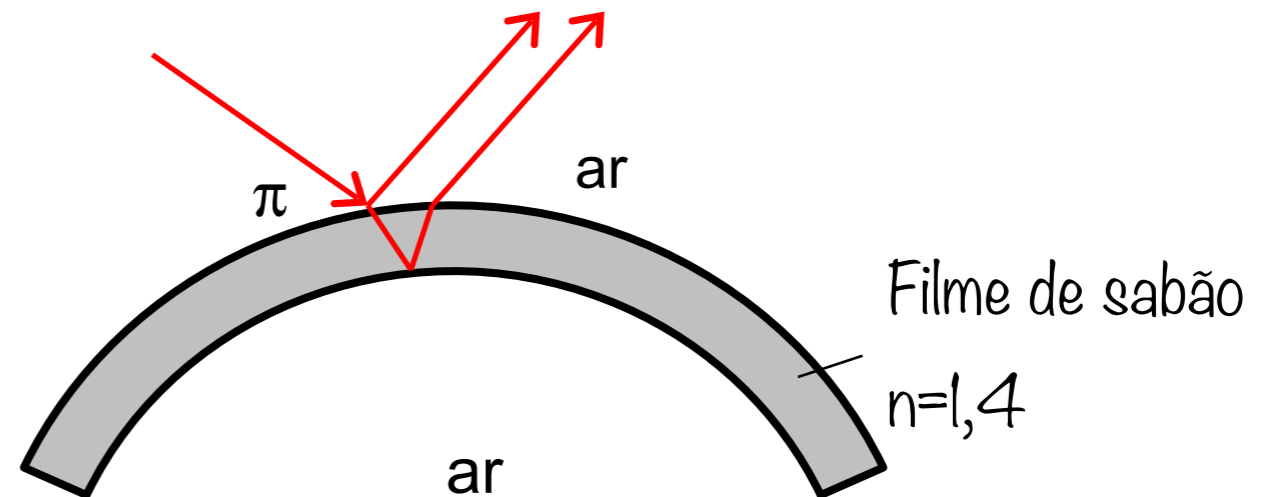
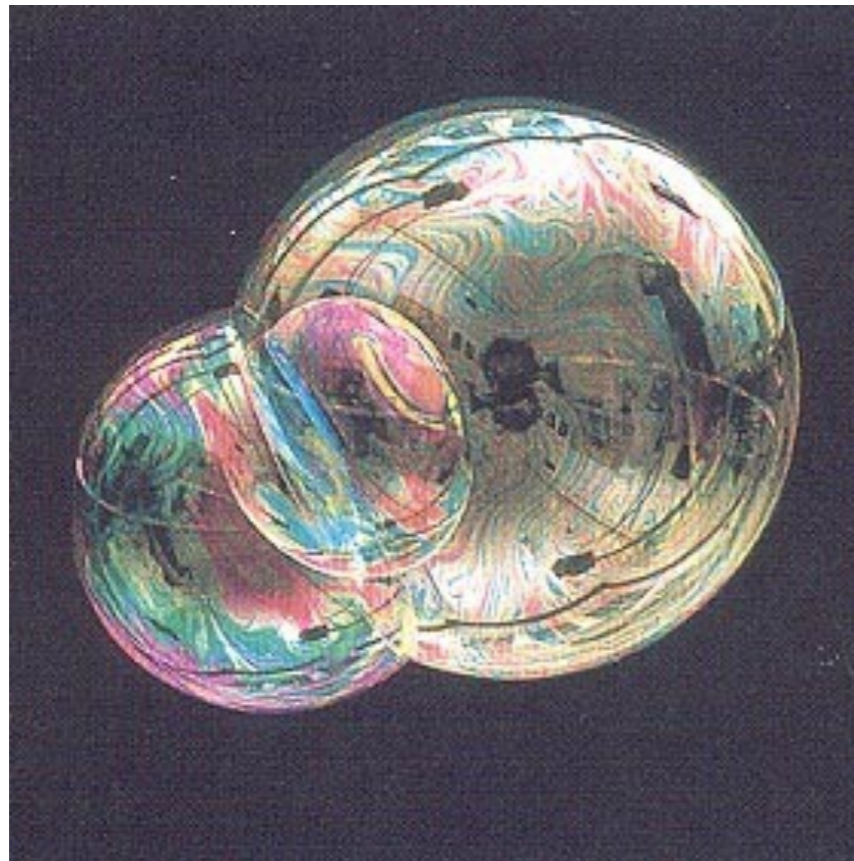
Physclips www.animations.physics.unsw.edu.au

Mudança de fase na onda por reflexão



Mudança de fase de π (ou $\lambda/2$) quando a onda refletida na interface entre dois meios, sendo que o segundo meio tem índice de refração maior que o primeiro.

Interferência na bolha de sabão



Para incidência normal

$$\delta = \frac{\lambda}{2} + 2dn$$

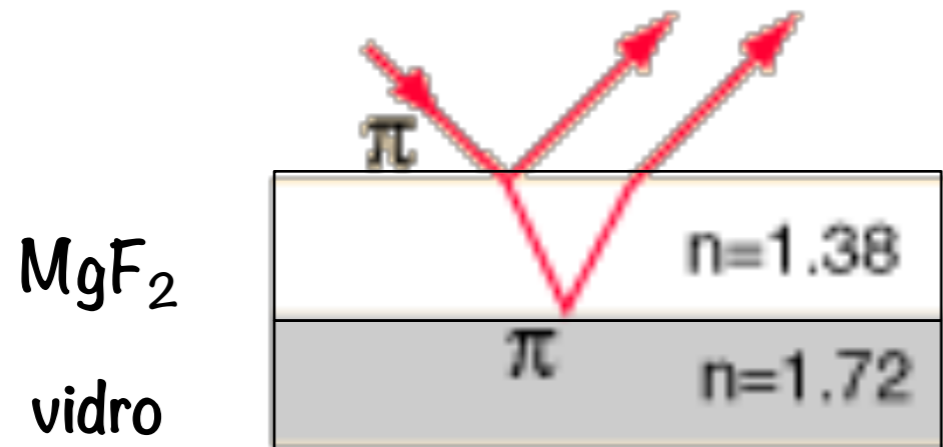
Interferência construtiva, franja clara:

$$d = (m - 1) \frac{\lambda}{4n}$$

$$\delta = \frac{\lambda}{2} + 2dn = m\lambda \quad \longrightarrow \quad \begin{aligned} \lambda + 4dn &= 2m\lambda \\ (2m - 1)\lambda &= 4dn \end{aligned}$$

Camadas antirefletoras

para recobrimento de lentes de óculos, objetivas fotográficas, objetivas de microscópio



$$\delta = 2n_{MgF_2}d$$

Para que a reflexão seja destrutiva

$$2n_{MgF_2}d = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$$

$$d = (2m + 1)\frac{\lambda}{4n_{MgF_2}}$$

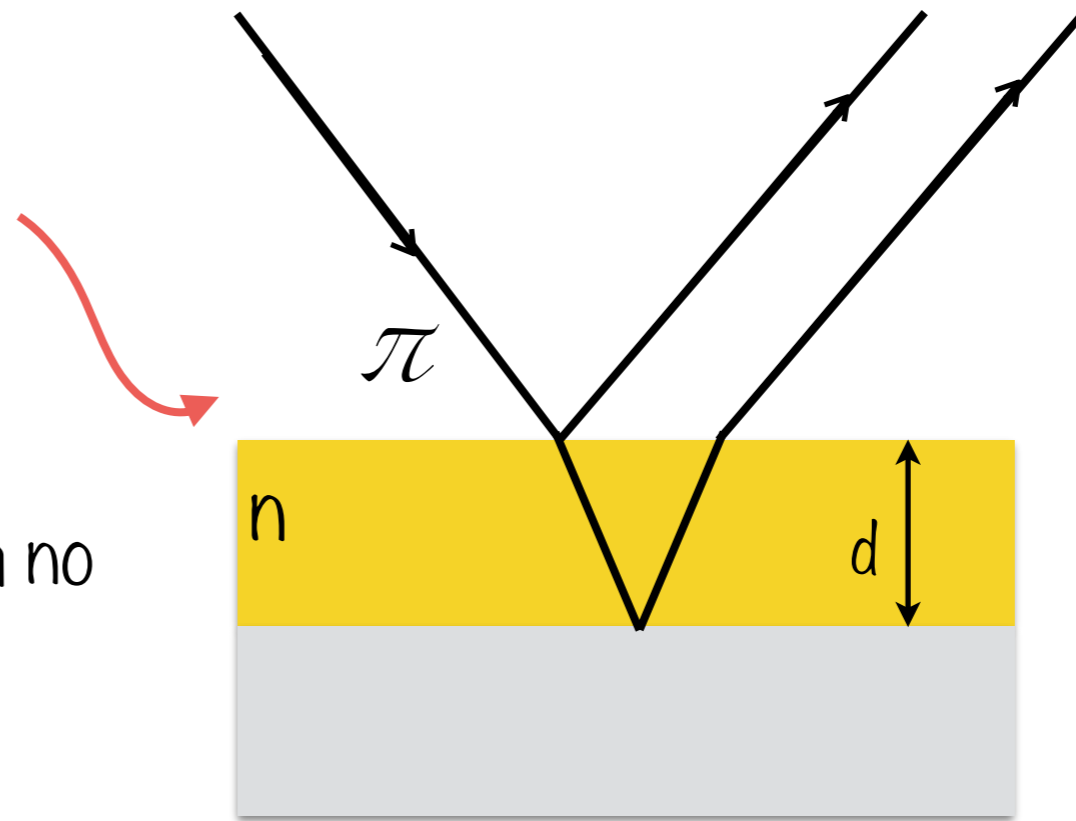
Usando-se $\lambda=550\text{nm}$, $m=0$

$$d \cong 100\text{nm}$$

Película de óleo sobre a água

Na reflexão na interface ar-óleo há mudança de fase de π = diferença de caminho de $\lambda/2$

Para incidência normal a onda refratada no óleo percorre a distancia $2d$ a mais.

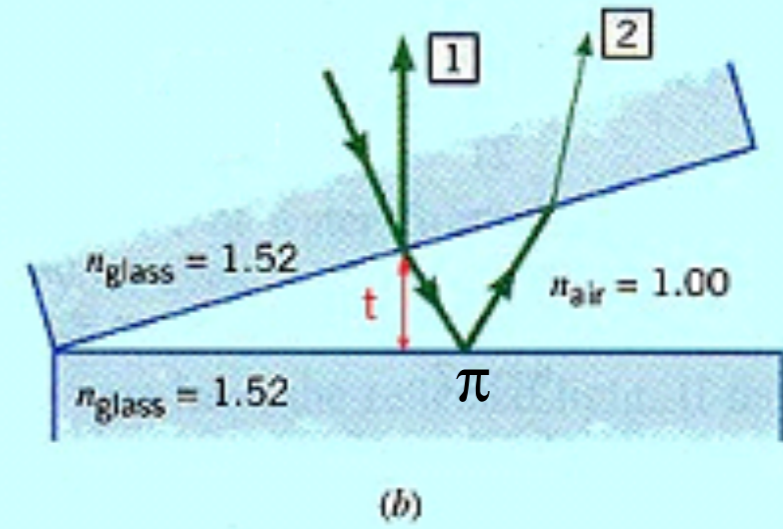
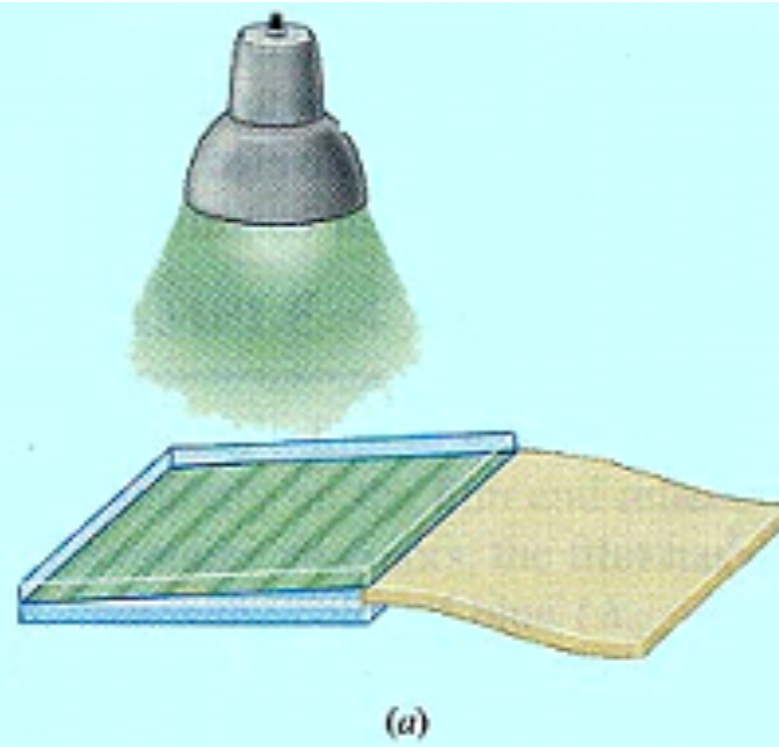


$$\delta = \frac{\lambda}{2} + 2dn \quad \text{Interferência construtiva para } \delta = m\lambda \quad m = 0, 1, 2, 3 \dots$$

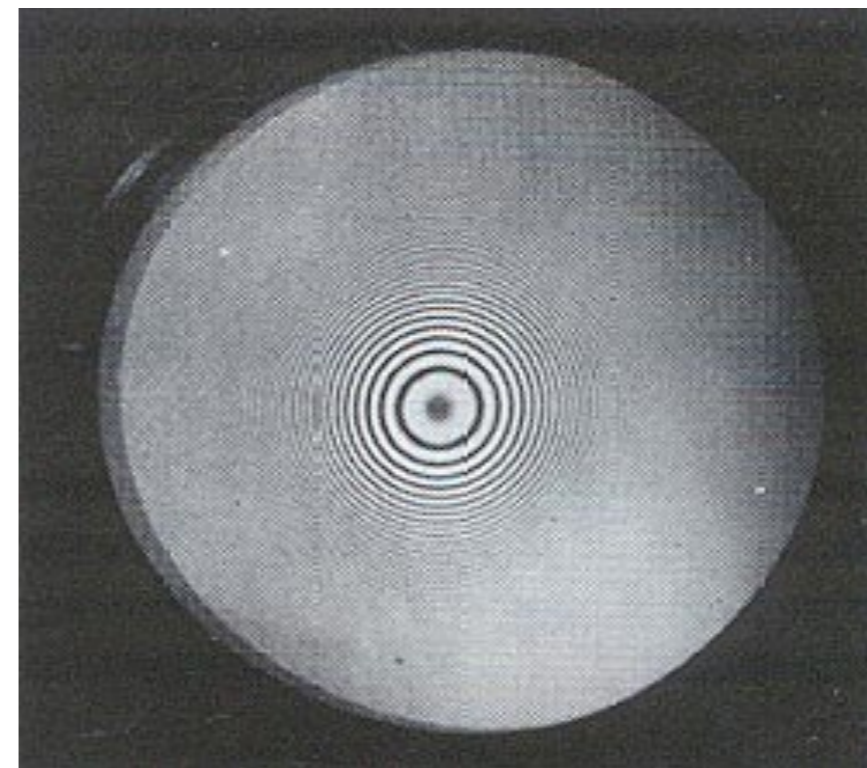
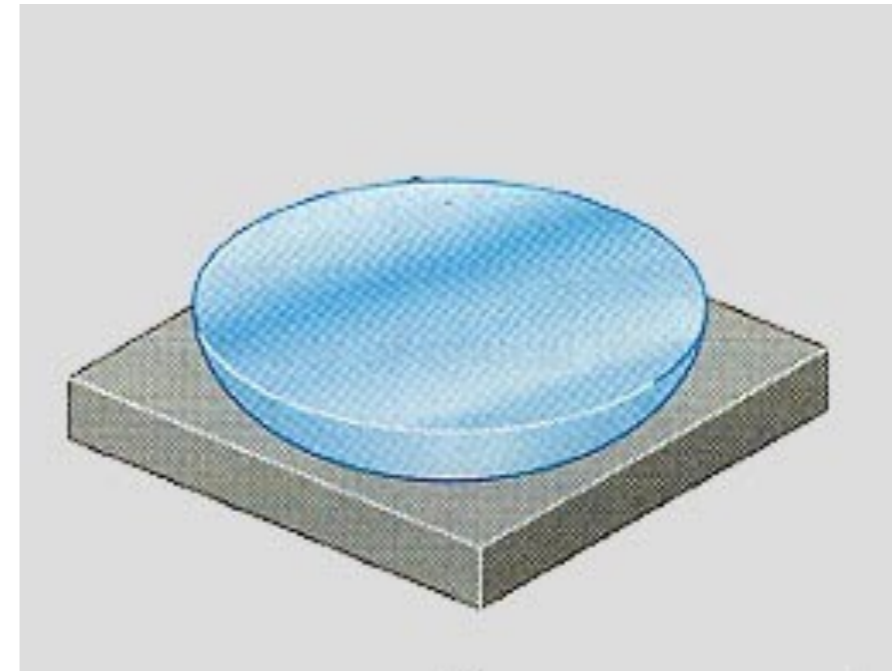
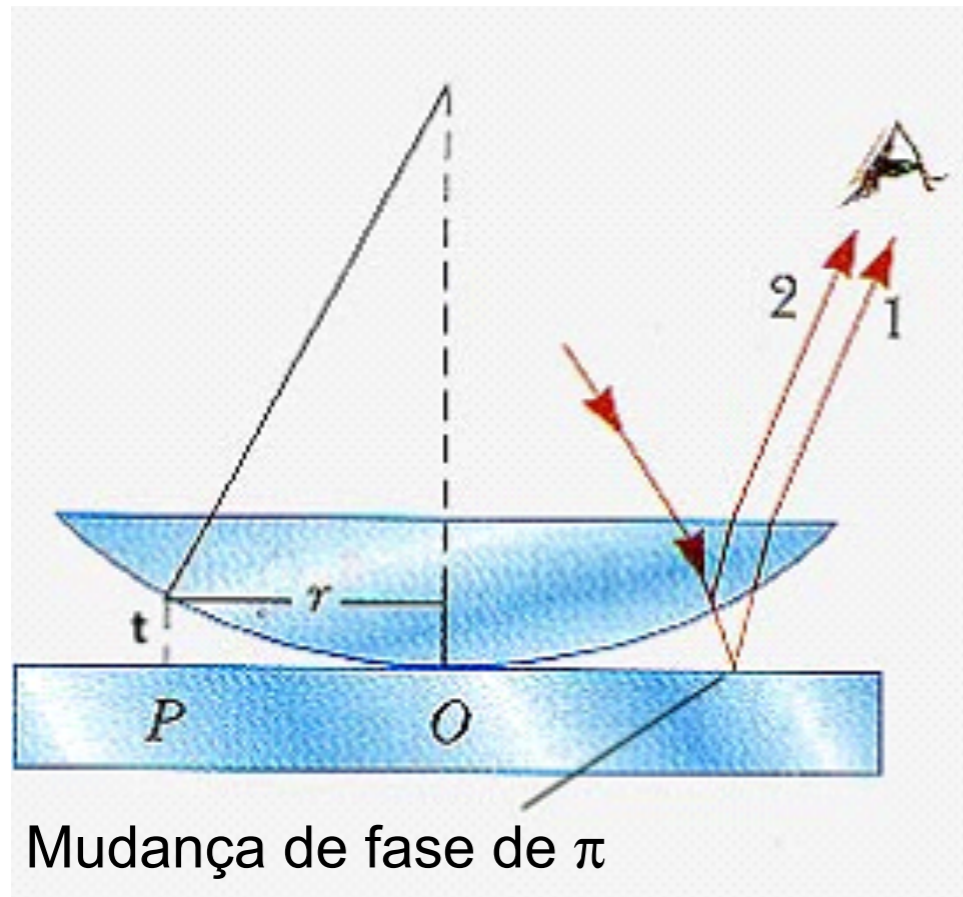
$$2m\lambda = \lambda + 4dn$$

$$\frac{(2m - 1)\lambda}{4n} = d$$

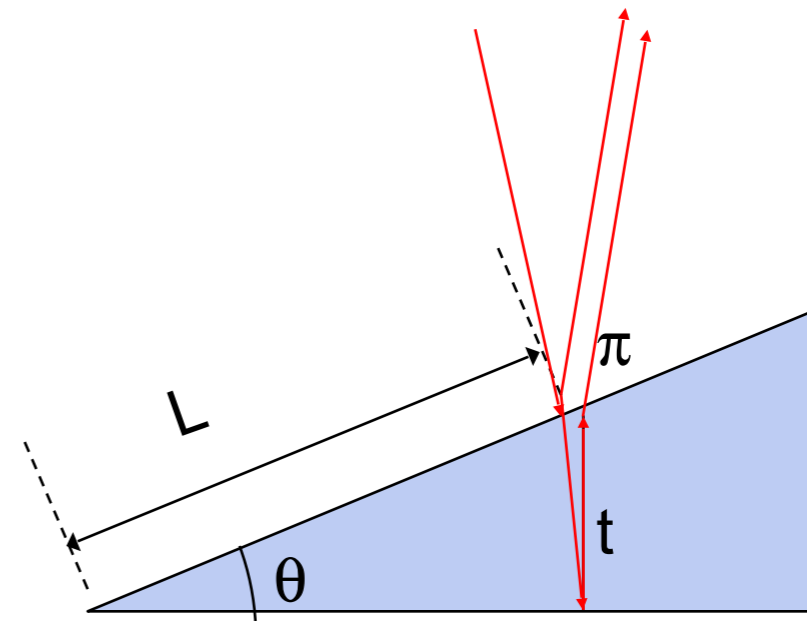
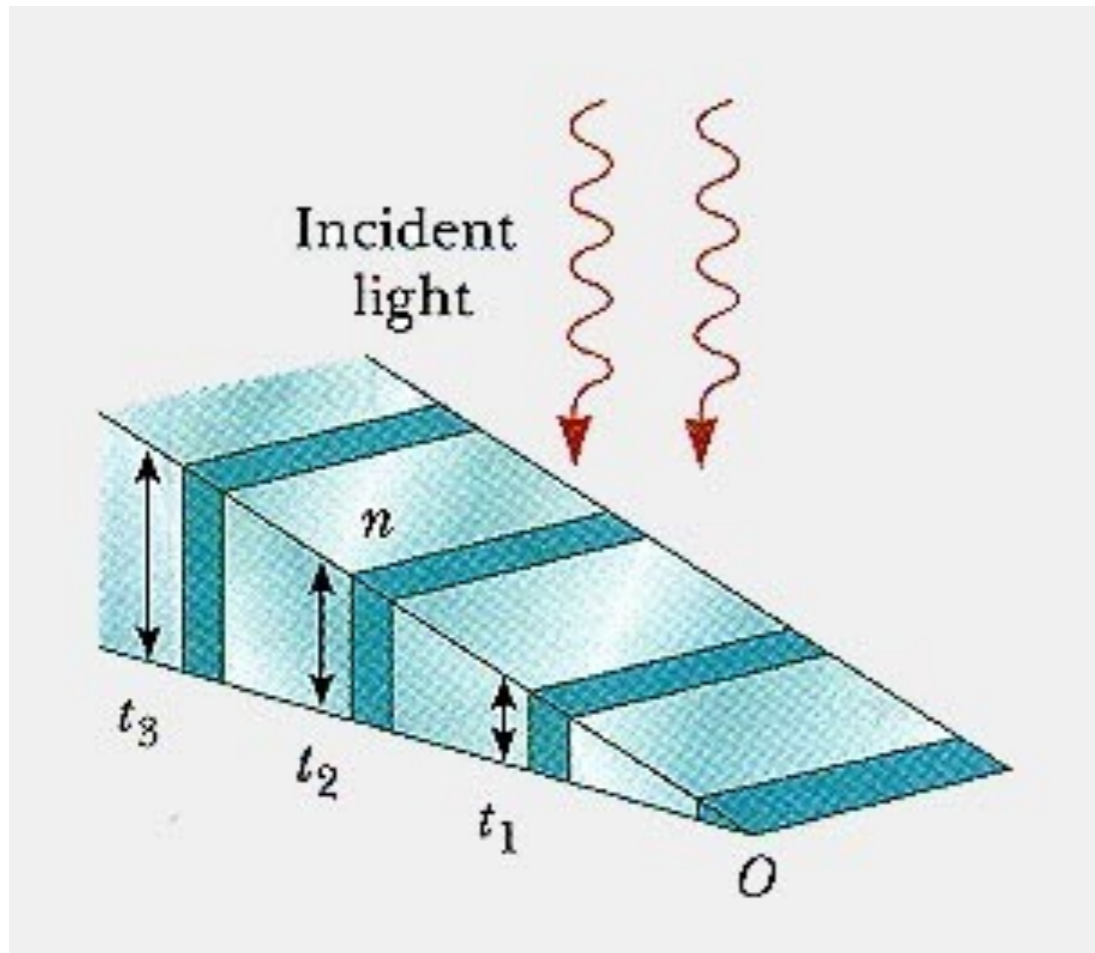
Cunha de ar



Cunha de ar



Cunha de ar



$$\cos\theta = \frac{t}{L} \quad \delta = 2nt + \frac{\lambda}{2}$$

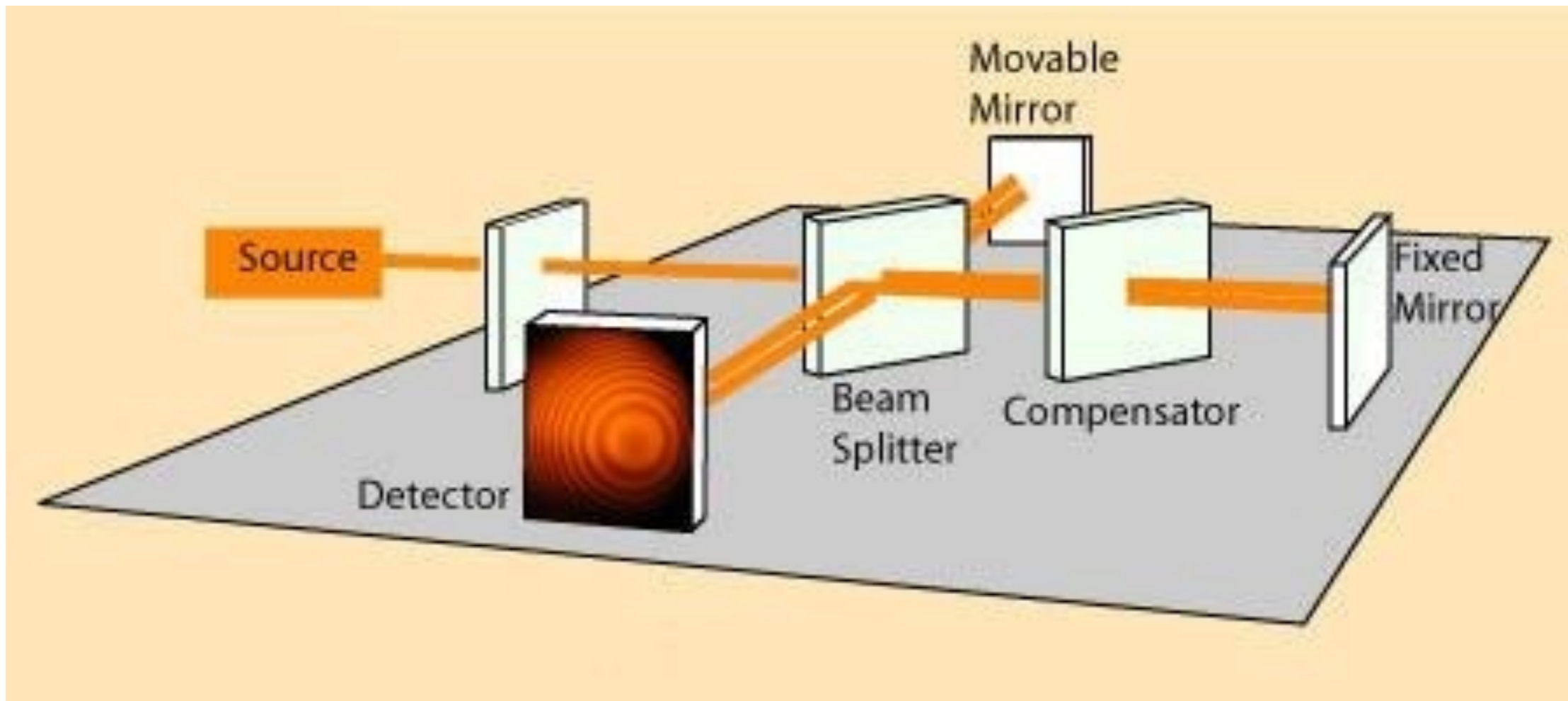
$$\delta - \frac{\lambda}{2} = 2nt = 2nL \cos\theta$$

$$\delta = 2nL \cos\theta + \frac{\lambda}{2} = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad m = 1, 2, 3 \dots$$

Franjas escuras:

$$2nL \cos\theta = m\lambda \rightarrow L = \frac{m\lambda}{2n \cos\theta},$$

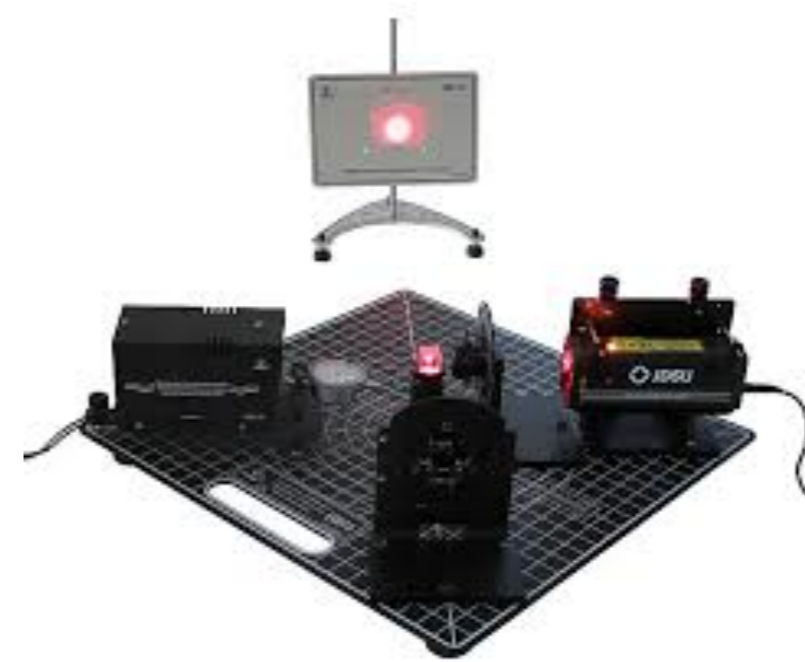
Interferômetro de Michelson



Experimento de Michelson - Morley

Importância histórica

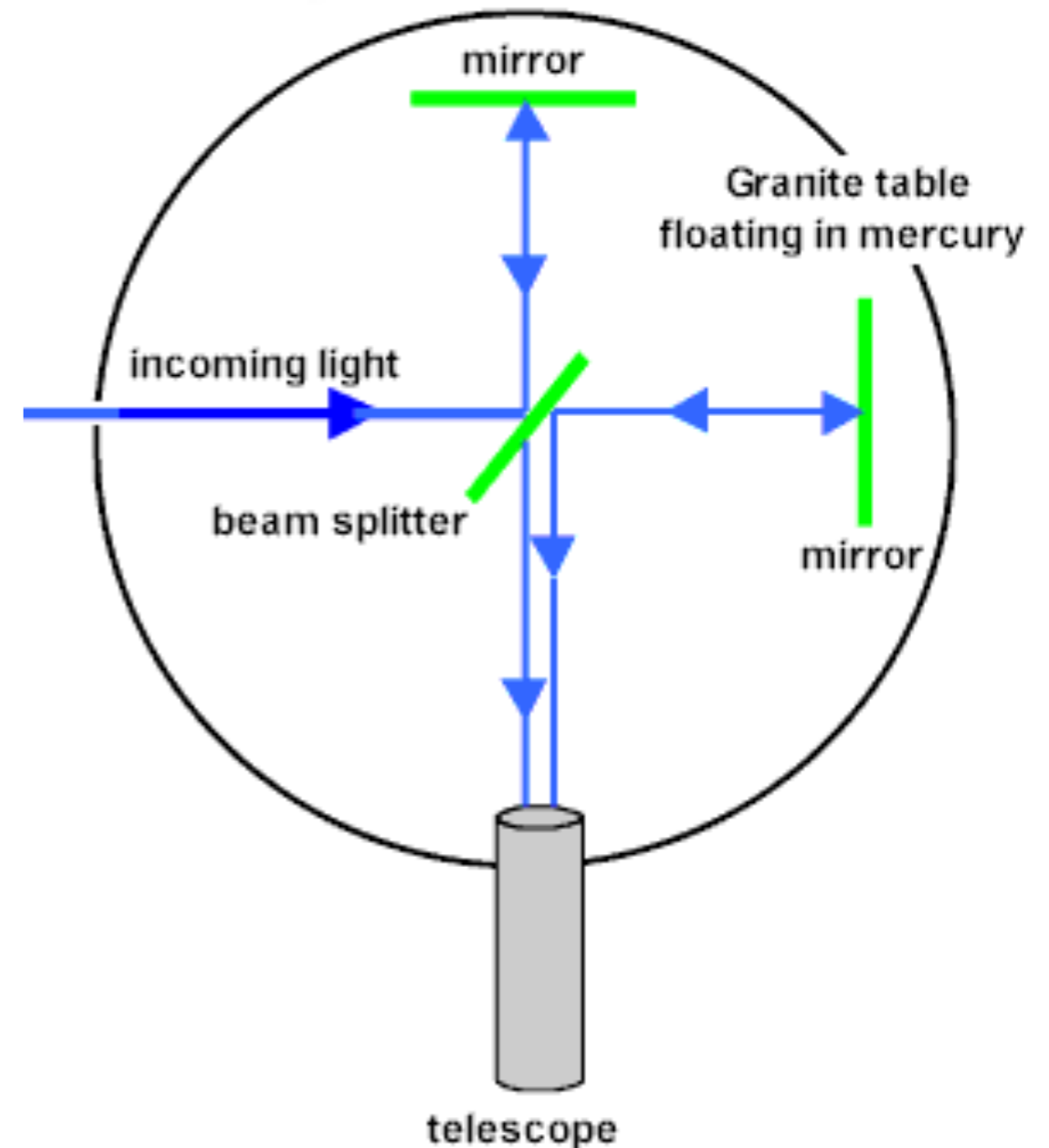
objetivo de determinar a velocidade da luz medida na Terra que se move em relação ao éter



A.A. Michelson
1852 - 1931

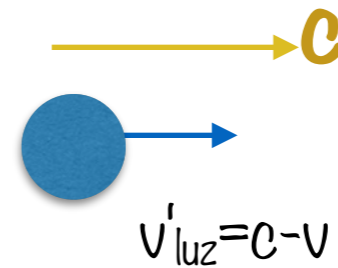
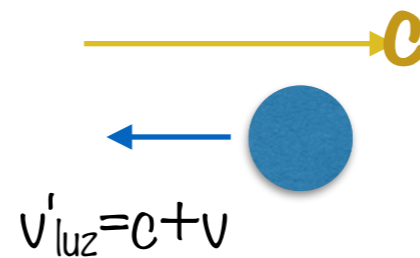


E.W. Morley
1838 - 1923



Experimento de Michelson - Morley

Eter { material que preenche o universo
referencial absoluto onde a velocidade da luz é c



v = Velocidade da Terra no eter

v'_{luz} = velocidade da luz medida na Terra

Exemplo

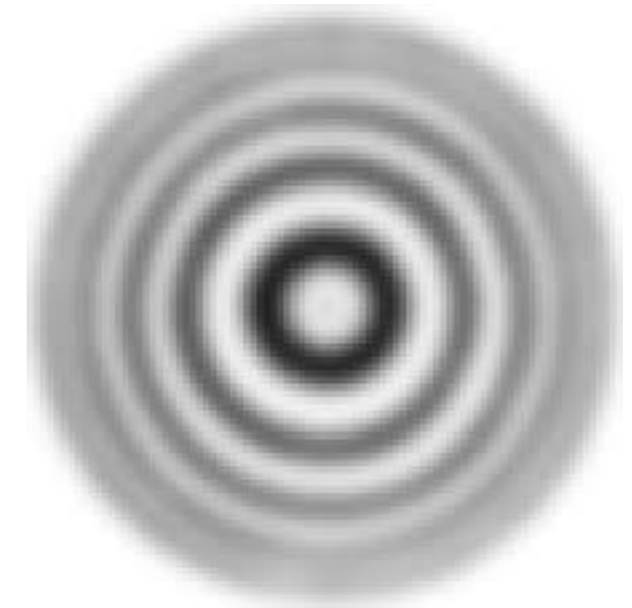
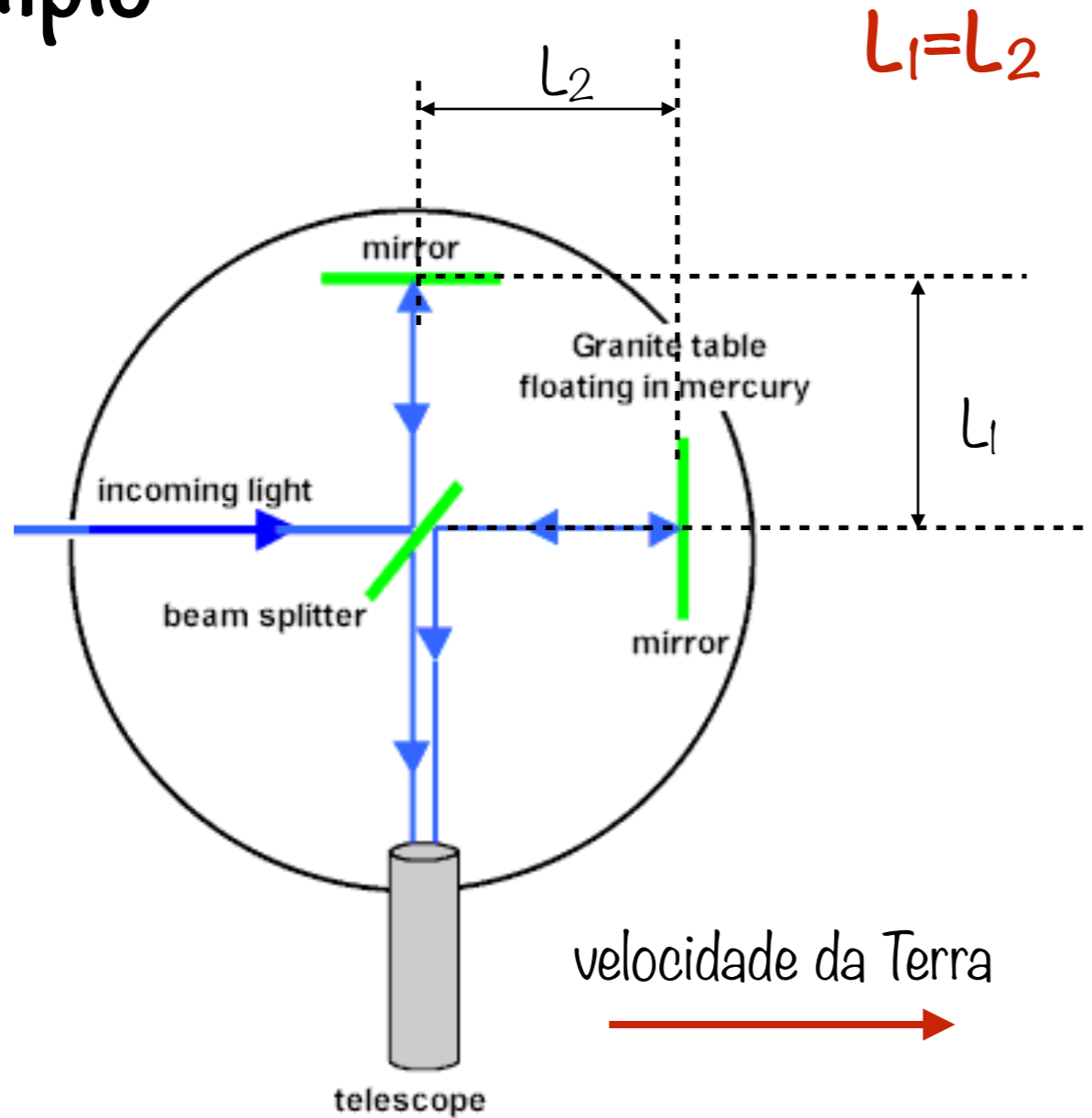
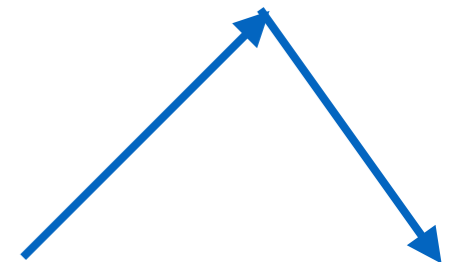


Figura de interferência observada

- O caminho percorrido pelo raio no braço L_1 é maior e esse raio se atrasa em relação ao raio que vai para o braço L_2 .
- Se não existe atraso de um raio em relação ao outro - interferência sempre construtiva



Experimento de Michelson - Morley

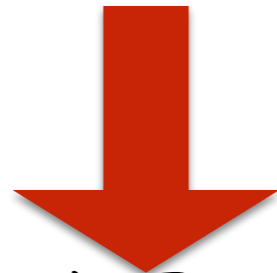
Implicações desse experimento-

- ✓ princípio da Relatividade de Galileu - existiria um referencial absoluto e privilegiado - eter
- ✓ as leis físicas dependeriam do referencial

Resultado do experimento

Para qualquer orientação do interferômetro e em diferentes lugares do planeta, no centro, observa-se sempre uma franja clara, interferência construtiva

- velocidade da luz é sempre a mesma independente do movimento do observador



um dos postulados da Teoria da Relatividade