

# Vlnová optika



# Optika

- geometrická
- vlnová
- kvantová

periodická funkce

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} = 2\pi\sigma = \frac{\omega}{c}$$

harmonické vlnění  $E(x, t) = E_0 \sin(kx - \omega t)$

monochromatická vlna

reálná fce  $f(t)$ ;  $T$  perioda

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t)$$

Fourierova řada

$$a_0, a_n, b_n \in \mathbb{R}$$

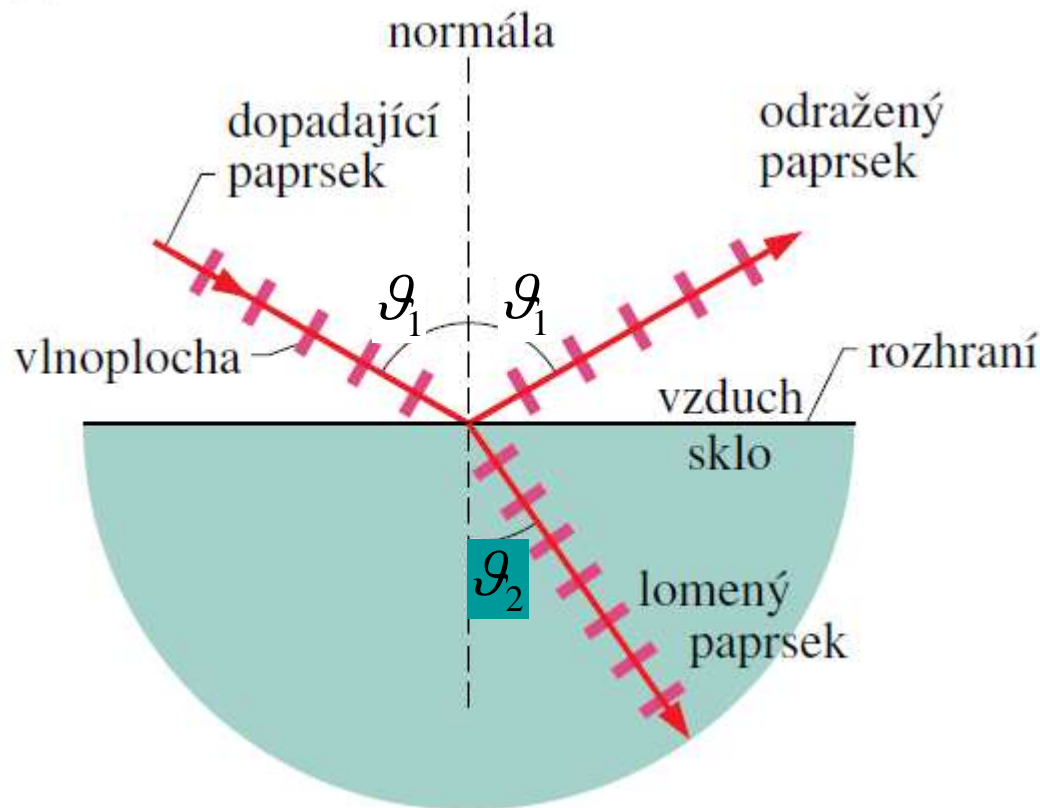
$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

$$r = \frac{E_r}{E_0} \text{ relativní odrazivost}$$

$$t = \frac{E_t}{E_0} \text{ relativní propustnost}$$

$$E_{t1} = E_{t2}, \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}, \quad B_{n1} = B_{n2}$$



$$r_{\perp} = -\frac{\sin(\vartheta_1 - \vartheta_2)}{\sin(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$

$$t_{\perp} = -\frac{2 \cos(\vartheta_1) \sin(\vartheta_2)}{\sin(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$

$$r_{\parallel} = -\frac{\text{tg}(\vartheta_1 - \vartheta_2)}{\text{tg}(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$

$$t_{\parallel} = -\frac{2 \cos(\vartheta_1) \sin(\vartheta_2)}{\sin(\vartheta_1 + \vartheta_2) \cos(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$

Halliday, Resnik, Walker: Fyzika, Prometheus, 2003

## Fresnelovy vztahy

1. Při lomu světla se fáze vlny nemění.
2. Při odrazu na prostředí opticky řidším ( $n_1 > n_2$ ) se fáze odražené vlny nemění.
3. Při odrazu na prostředí opticky hustším ( $n_1 < n_2$ ) se fáze odražené vlny mění o  $\pi$ .

$$R = \frac{P_r}{P_0} = \frac{E_r^2}{E_0^2}$$

reflektance

$$T = \frac{P_t}{P_0} = \frac{E_t^2}{E_0^2}$$

transmitance

## Interference světla

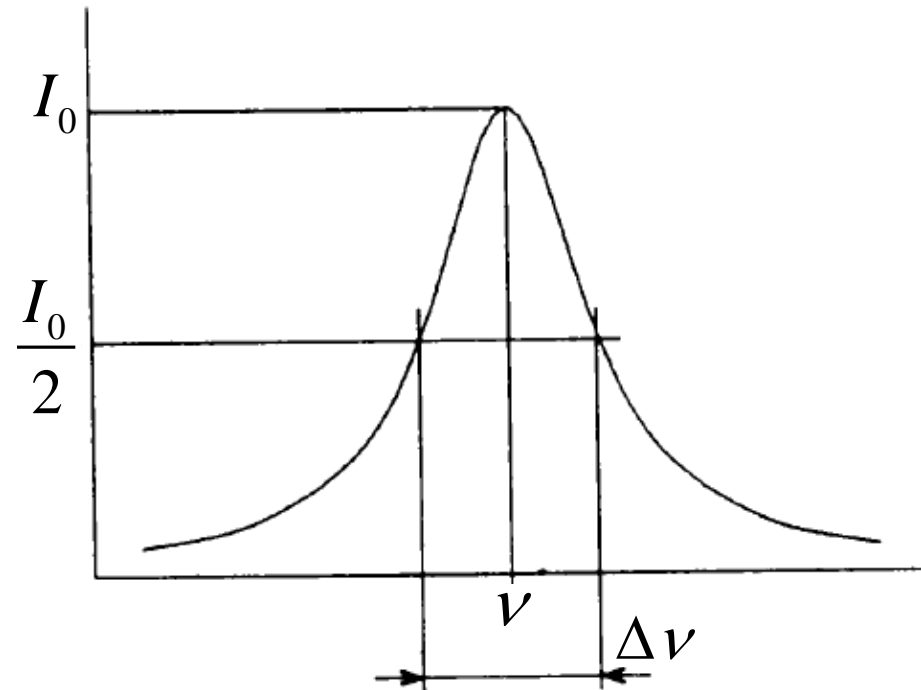
- Zdroje světelných svazků musí být **monochromatické** nebo alespoň **kvazimonochromatické**.

$$\frac{\Delta \nu}{\nu} \ll 1$$

- Zdroje světelných svazků musí být **koherentní**.

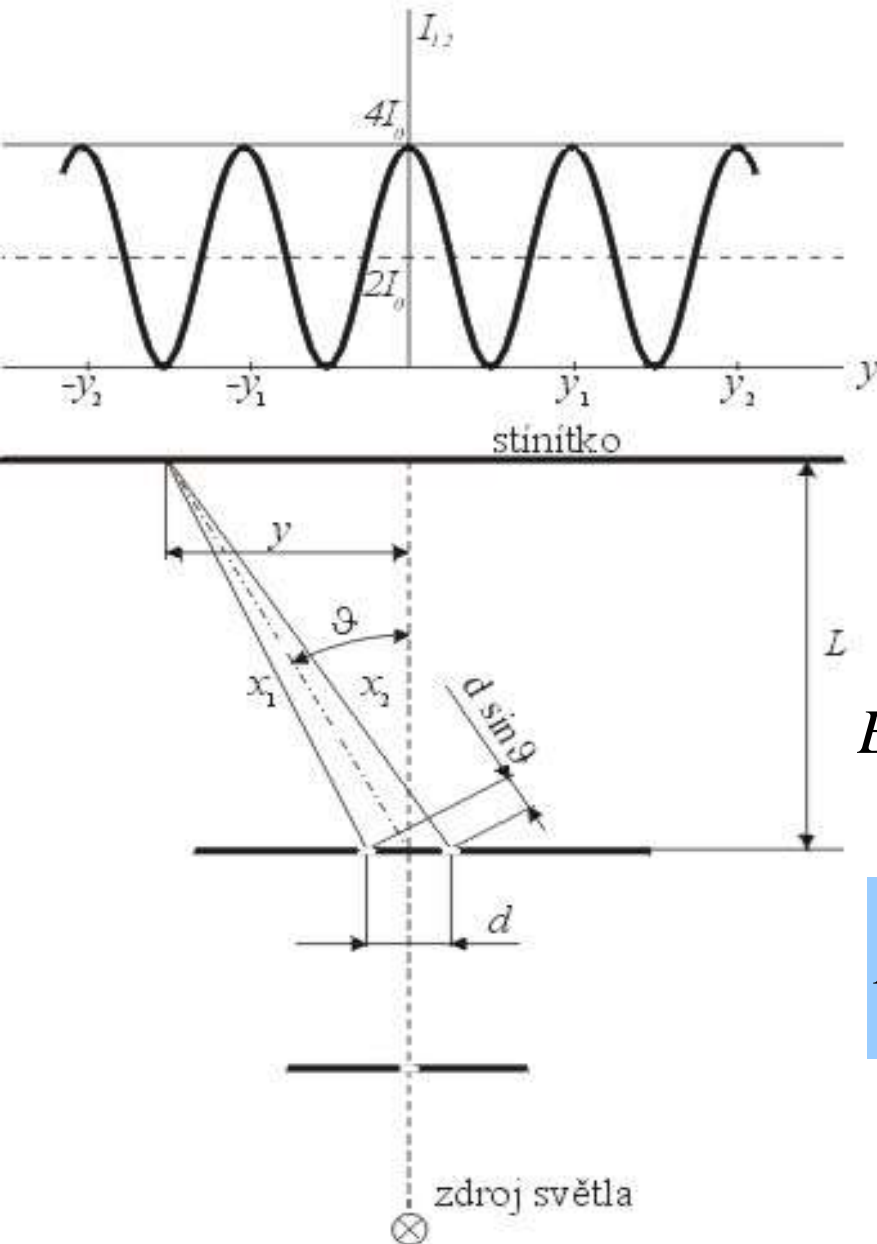
Délka trvání přechodu elektronu z en. vyšší hladiny na hladinu en. nižší v el. obalu atomu  
 $10^{-8} - 10^{-7}$  s

- Interferující svazky se musí překrývat tak, aby bylo umožněno **vektorové sčítání elektrických a magnetických složek** těchto světelných svazků.



$$I \approx 4E_{10}^2 \cos^2 \frac{\delta}{2} \quad \delta = (\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \vec{r} + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

## Dvojštěrbinový experiment



$$\Delta x = x_2 - x_1 = d \sin \vartheta \approx \frac{yd}{L}$$

$$E_{12} = E_1 + E_2$$

$$= E_0 \sin(kx_1 - \omega t) + E_0 \sin(kx_2 - \omega t)$$

$$E_{12} = 2E_0 \cos\left(\frac{\pi d}{L\lambda} y\right) \sin\left(\frac{kx_1 + kx_2}{2} - \omega t\right)$$

$$I_{12}(y) = 4I_0 \cos^2\left[\left(\frac{\pi d}{\lambda L}\right) y\right]$$

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

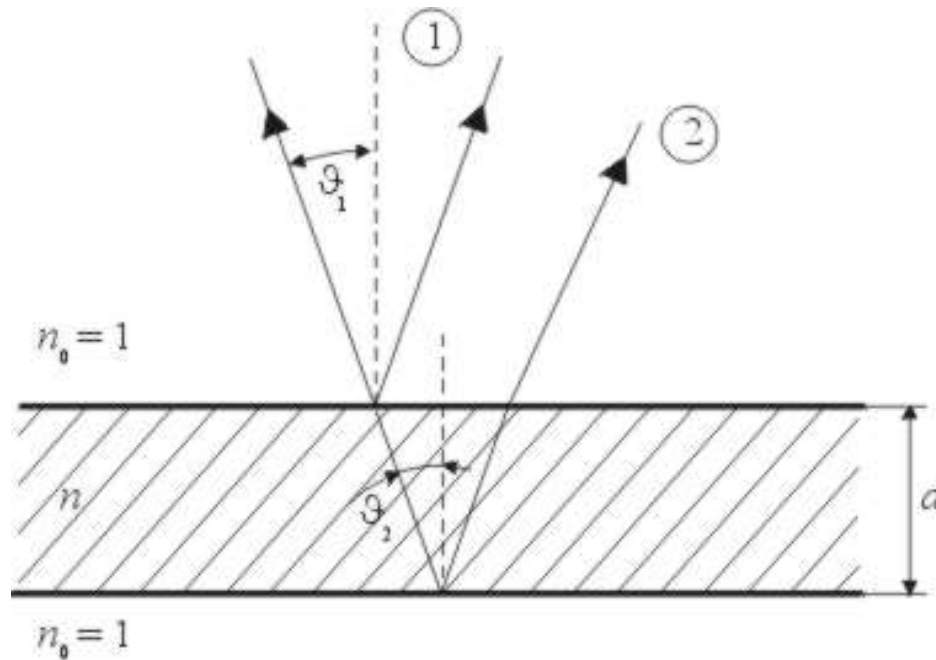


$$I_{12}(y) = 4I_0 \cos^2 \left[ k \frac{\Delta x}{2} \right] = 4I_0 \cos^2 \left[ \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\Delta x}{2} \right] = 4I_0 \cos^2 \left[ \pi \frac{\Delta x}{\lambda} \right]$$

maxima  $\pi \frac{\Delta x}{\lambda} = m\pi \Rightarrow \Delta x = m\lambda$

minima  $\pi \frac{\Delta x}{\lambda} = (2m-1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow \Delta x = (2m-1)\frac{\lambda}{2}$

# Interference na tenkých vrstvách



maximum

$$x_2 - x_1 = \Delta x = 2nd - \frac{\lambda}{2} = m\lambda$$

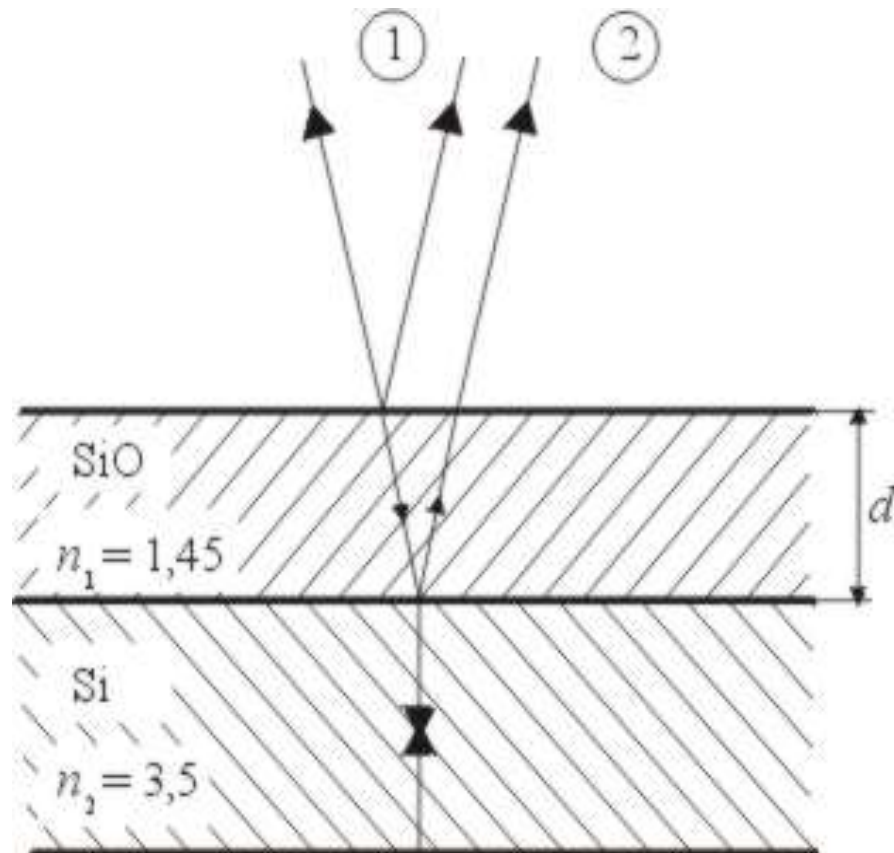
$$d = \frac{\lambda}{2n} \left( m + \frac{1}{2} \right)$$

minimum

$$x_2 - x_1 = \Delta x = 2nd - \frac{\lambda}{2} = (2m - 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$d = \frac{m\lambda}{2n}$$

# Antireflexní vrstvy

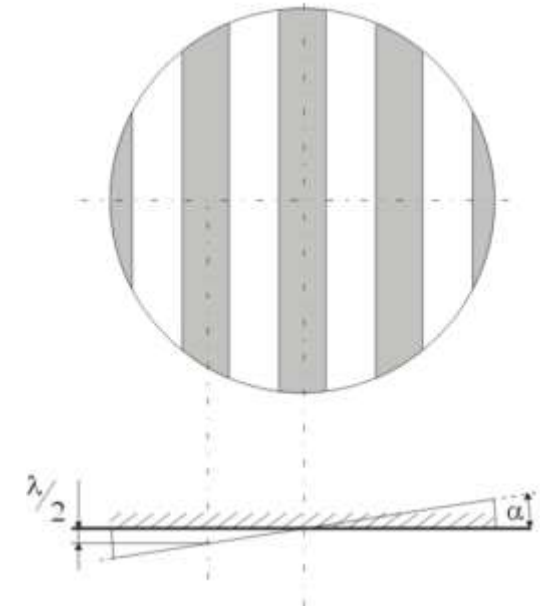
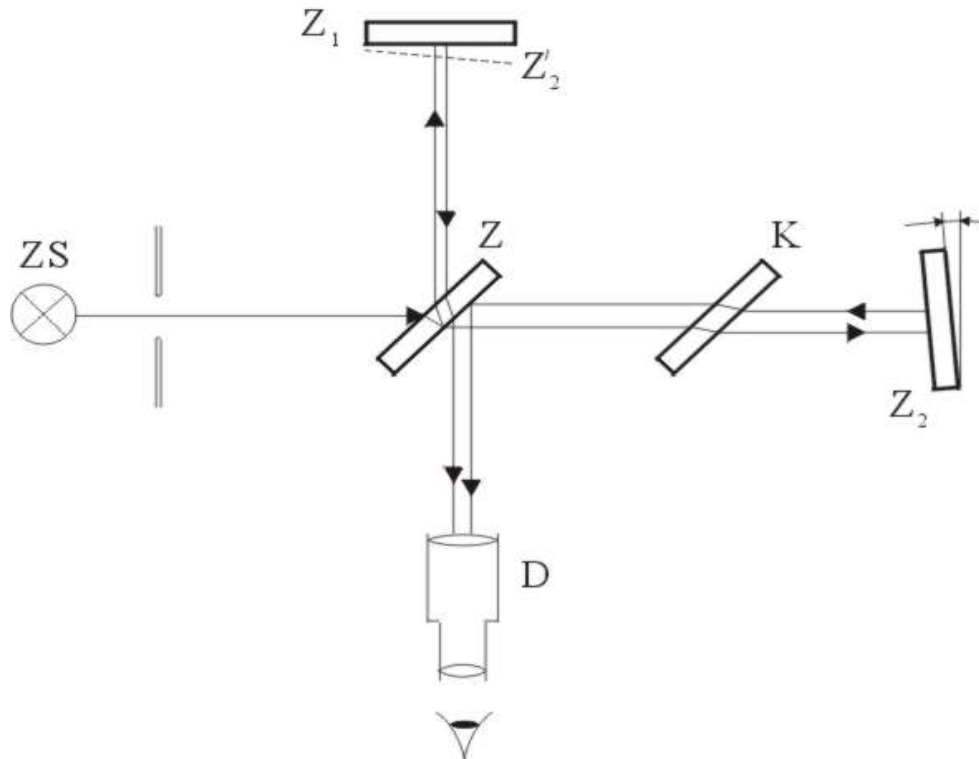


$$x_2 - x_1 = \Delta x = 2nd = (2m - 1) \frac{\lambda}{2} \text{ minimum}$$

# Interferometry

## Michelsonův interferometr

koherenční doba  
koherenční délka



$$\Delta x_{\max} = m\lambda, \quad \Delta x_{\min} = (2m+1)\frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

# Difrakce světla

štěrbina

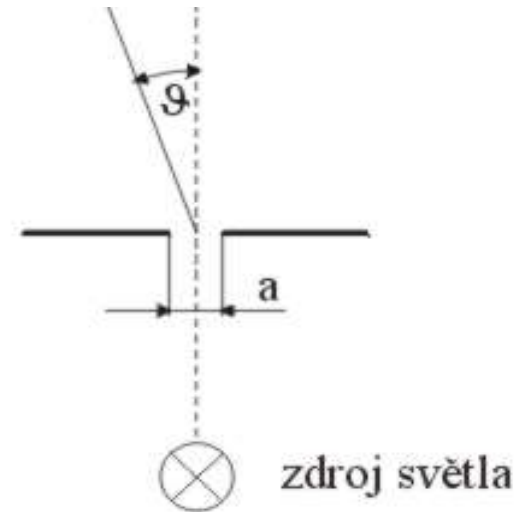
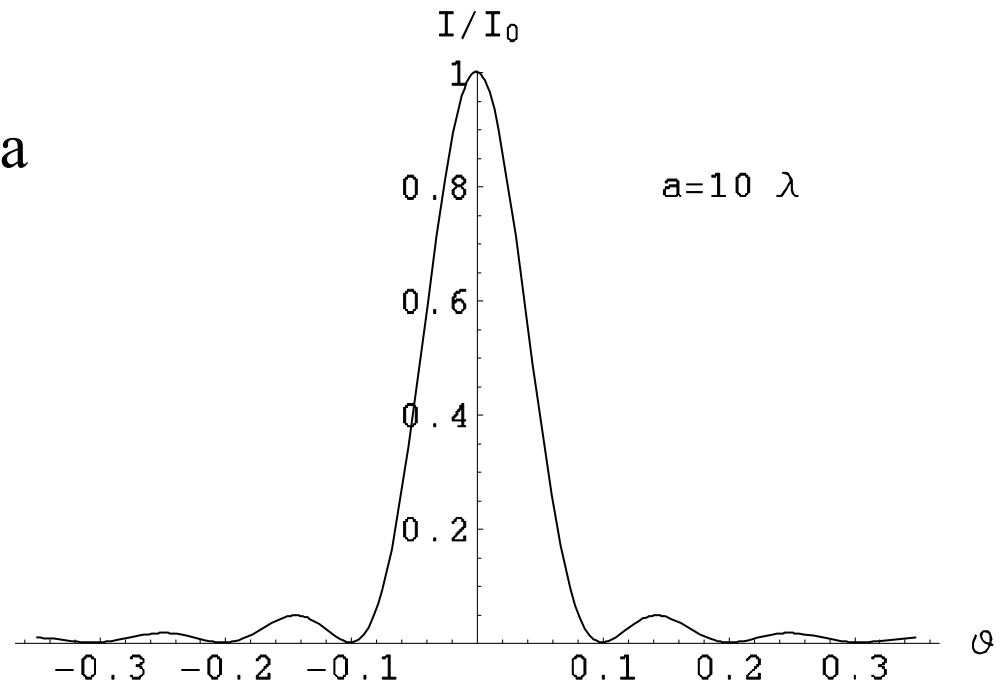
$$I = I_0 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

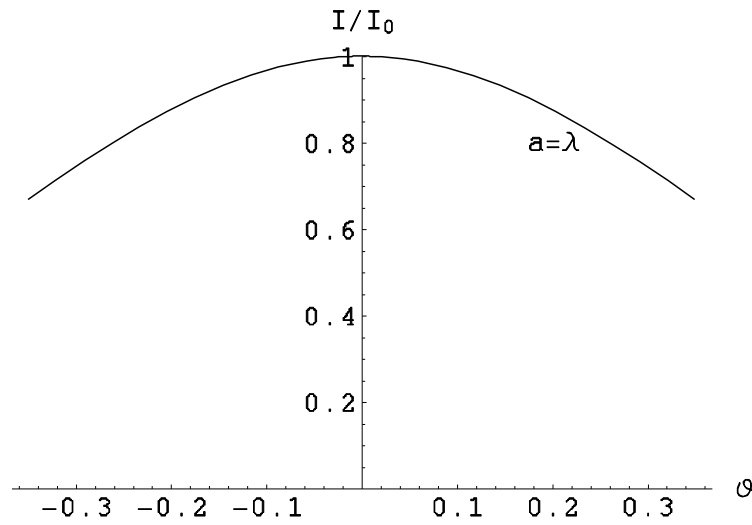
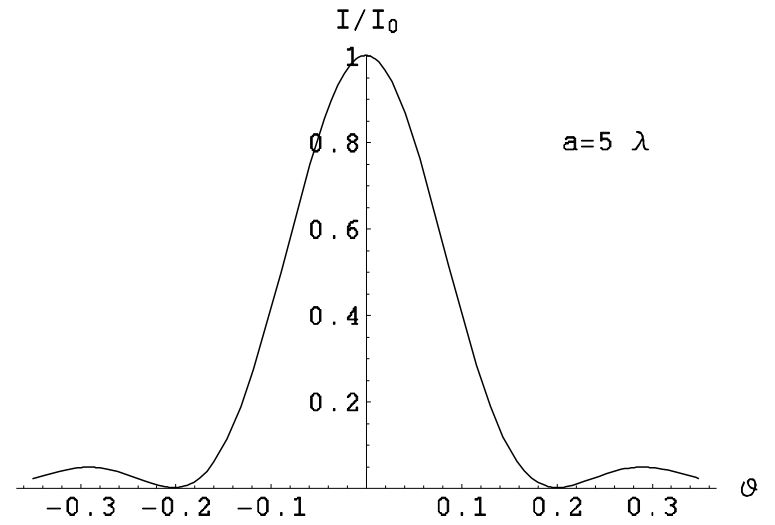
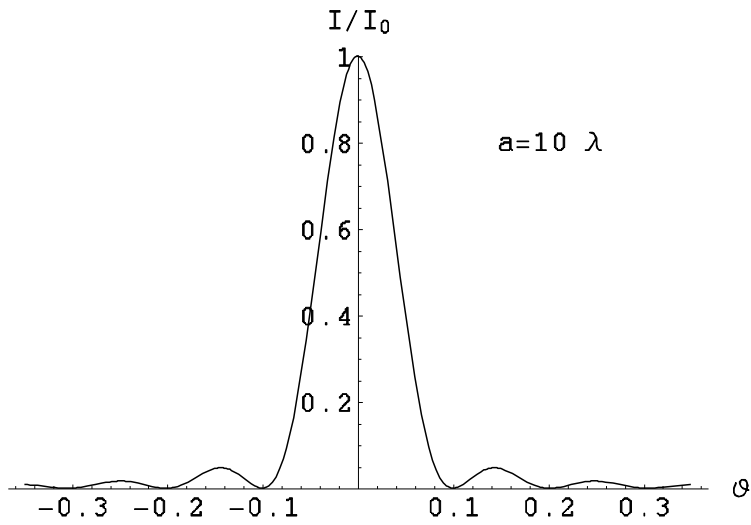
$$\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \vartheta$$

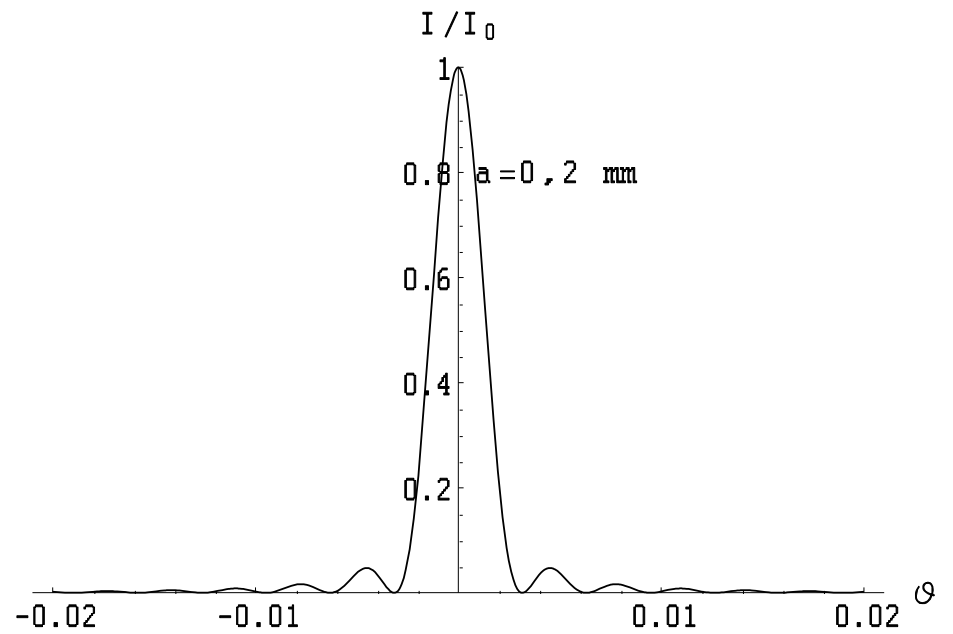
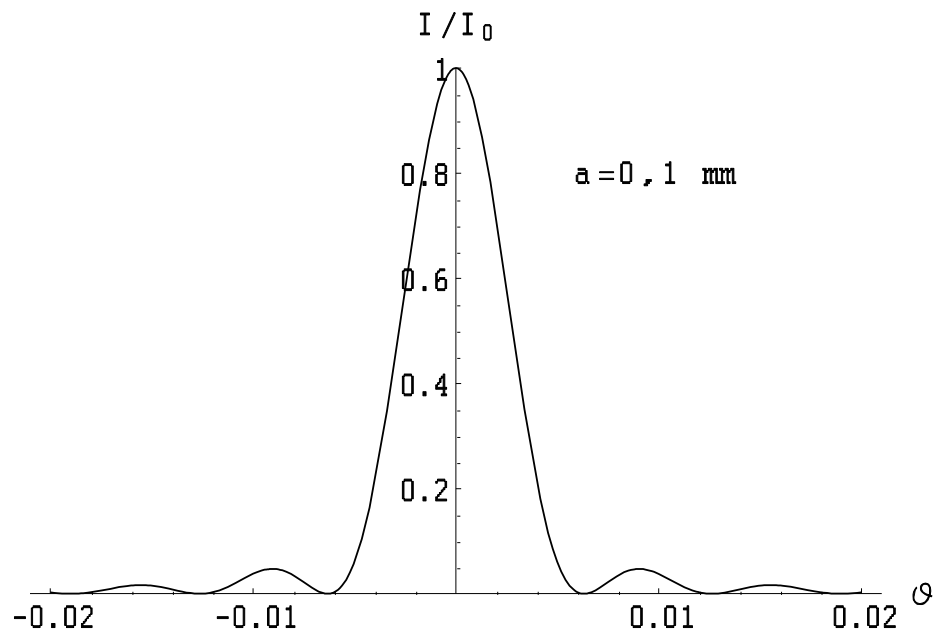
$$a \sin \vartheta_m = \pm m \lambda,$$

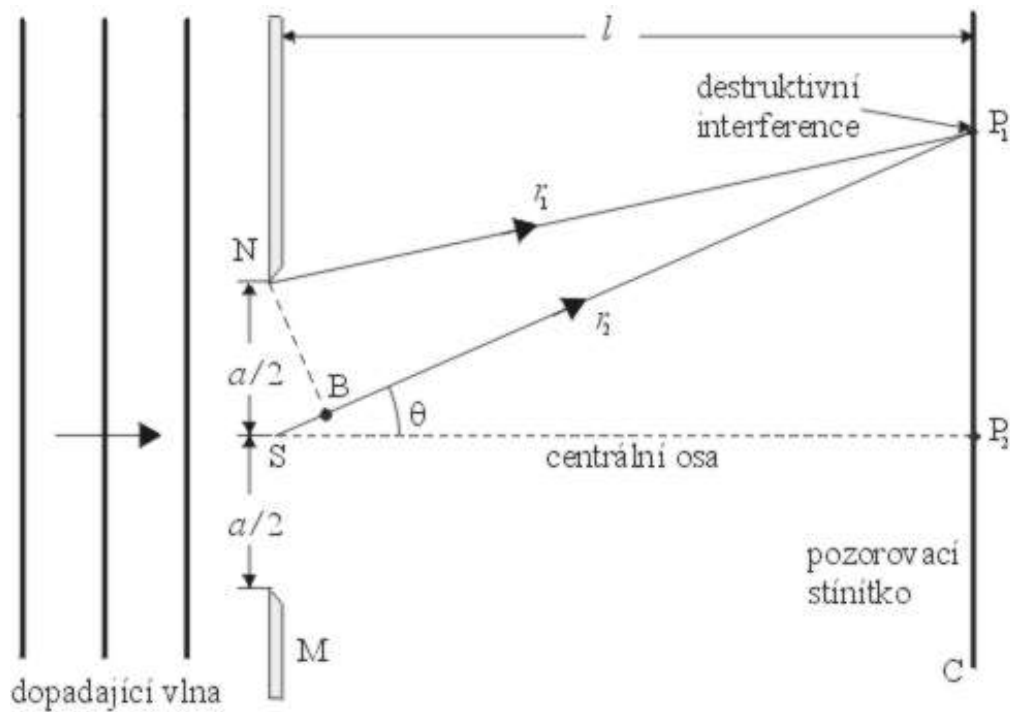
$$m = 1, 2, 3, \dots$$

minima









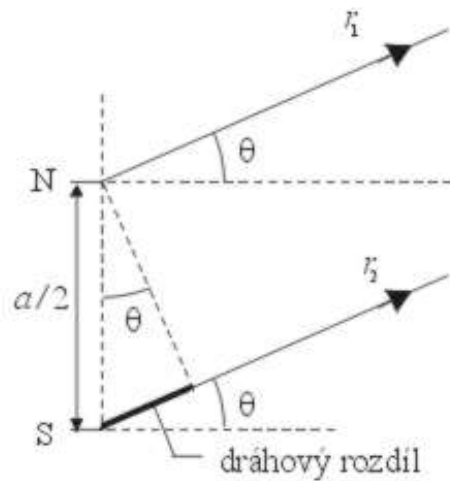
$$a \sin \vartheta_m = \pm m\lambda, m = 1, 2, 3, \dots$$

$$\frac{a}{2} \sin \vartheta_1 = \frac{\lambda}{2} \quad 1. \text{ minimum}$$

$$a \sin \vartheta_1 = \lambda$$

$$\frac{a}{4} \sin \vartheta_2 = \frac{\lambda}{2} \quad 2. \text{ minimum}$$

$$a \sin \vartheta_2 = 2\lambda$$



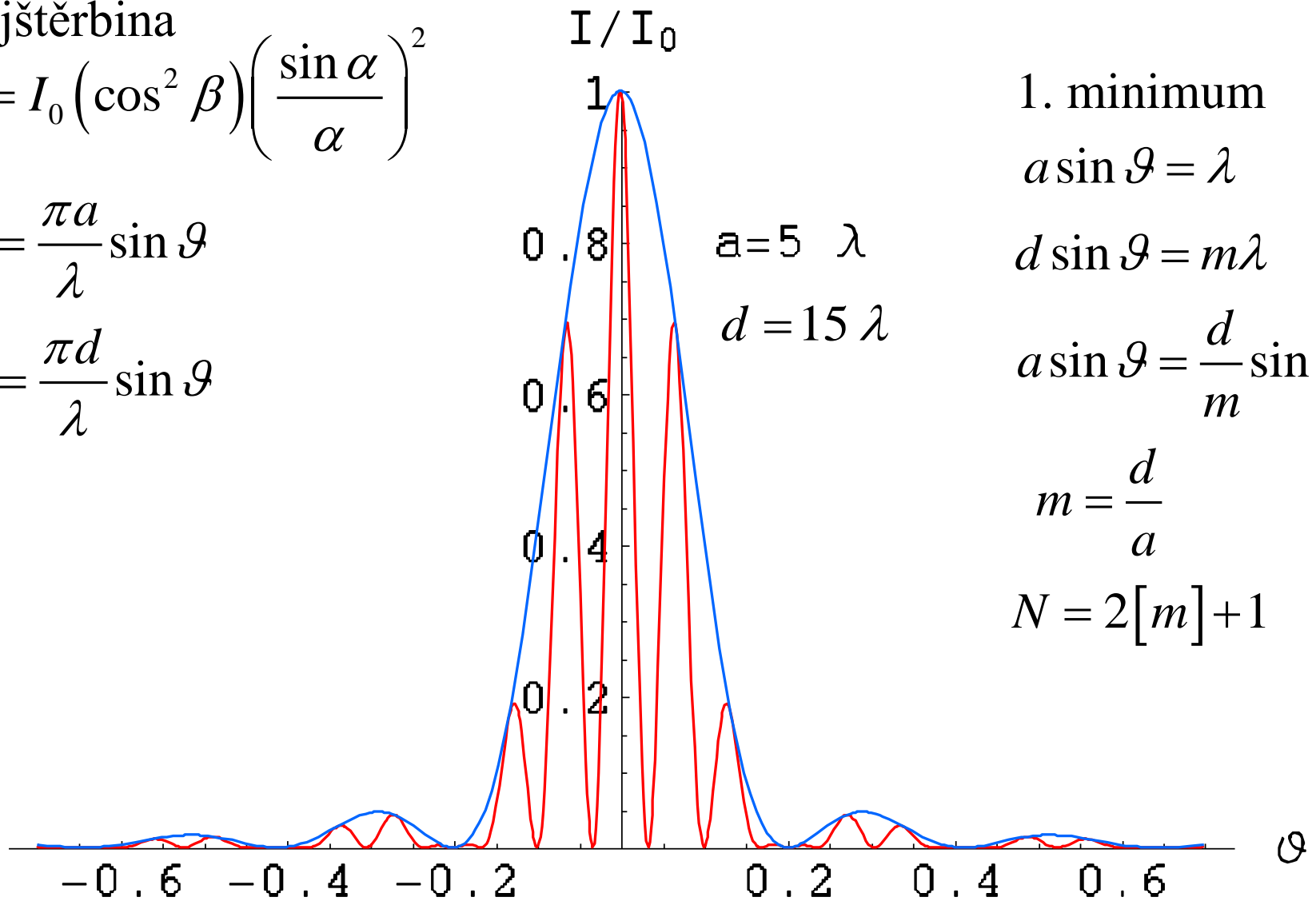


# Dvojšterbina

$$I = I_0 (\cos^2 \beta) \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$$

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

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



1. minimum

$$a \sin \vartheta = \lambda$$

$$d \sin \vartheta = m \lambda$$

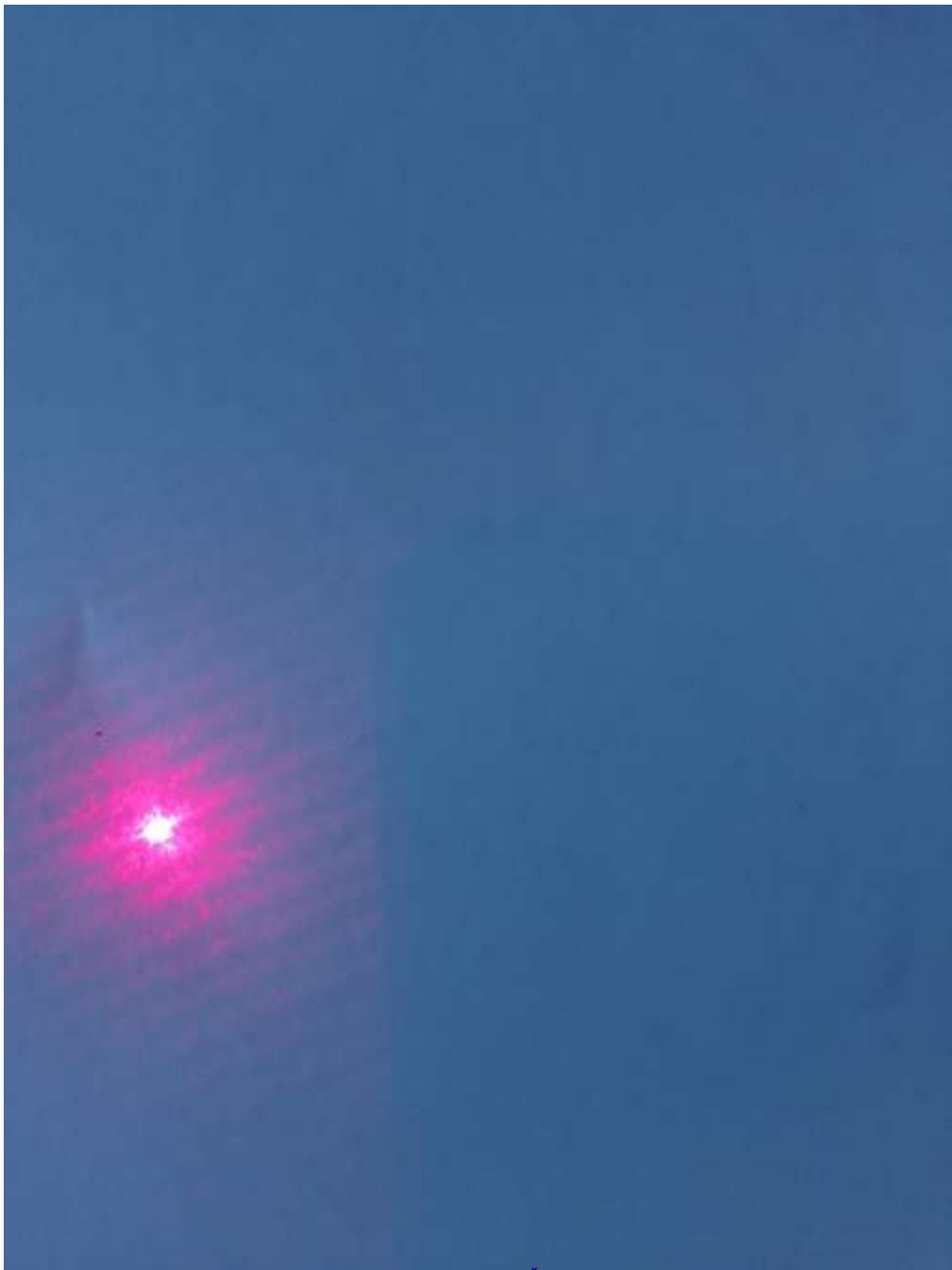
$$a \sin \vartheta = \frac{d}{m} \sin \vartheta$$

$$m = \frac{d}{a}$$

$$N = 2[m] + 1$$

$\vartheta$

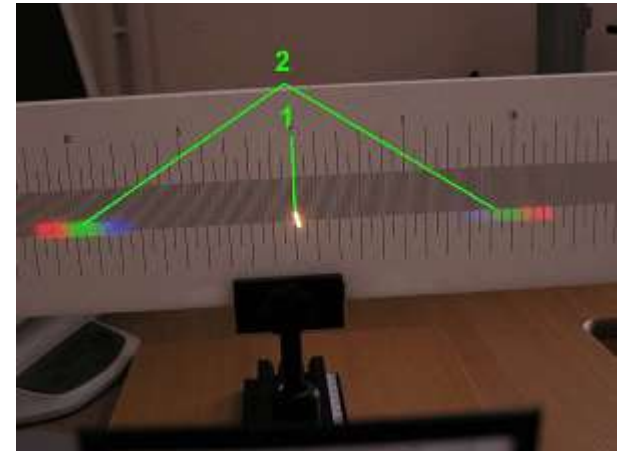
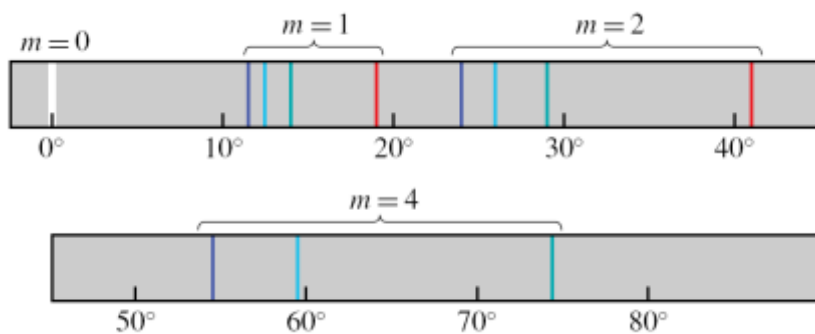
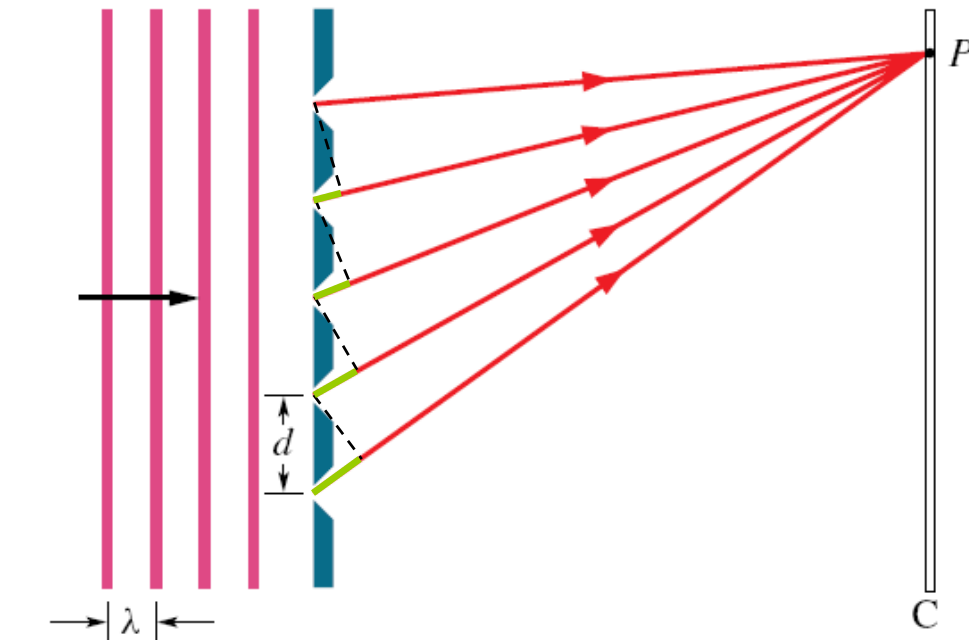




# Difrakční mřížka

$$d \sin \alpha = k \lambda$$

maxima

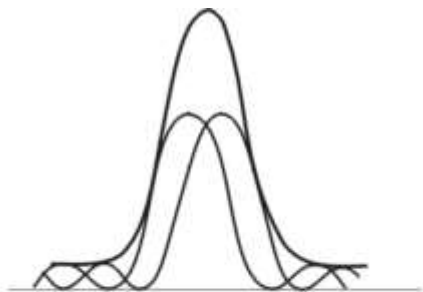


Halliday, Resnik, Walker: Fyzika,  
Prometheus, 2003

# Rozlišovací schopnost

udává nejmenší úhlovou vzdálenost dvou svítících bodů, které optická soustava ještě zobrazuje jako dva body

praxe – rozlišovací mez



Rayleighovo kritérium

$$\Delta \vartheta_r = 1,22 \frac{\lambda}{d}$$

