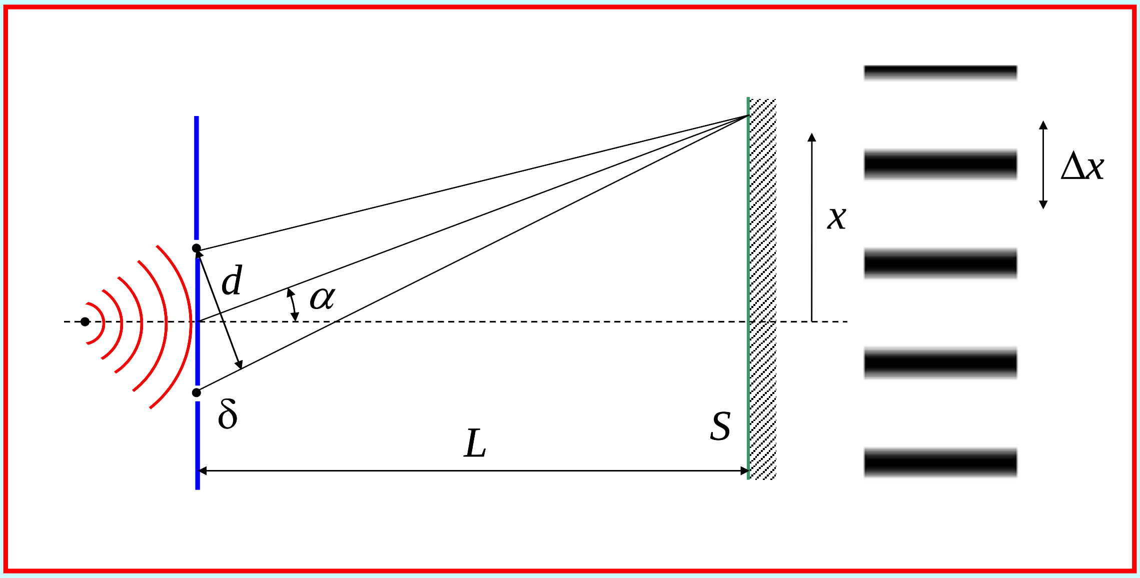
Vlnová optika

10. Vzdálenost dvou štěrbin v Youngově pokusu je $d = 0{,}5\ \mathrm{mm}$ a štěrbiny osvětlujeme světlem o vlnové délce $\lambda = 0{,}6\ \mu\mathrm{m}$. Určete vzdálenost L stínítka od roviny otvorů, jestliže šířka interferenčních proužků na stínítku $\Delta x = 1{,}2\ \mathrm{mm}$.

Řešení:

Pro optický dráhový rozdíl Δ mezi maximy interferenčních proužků platí

$$\Delta = \pm m\lambda, \quad m = 0,1,2,\dots .$$



Dráhový rozdíl v místě x na stínítku je $\delta = xd/L$ a tudíž vzdálenost mezi dvěma sousedními interferenčními proužky

$$\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$$

a pro vzdálenost L poté obdržíme

$$L = \frac{d\Delta x}{\lambda} = 1\ \mathrm{m}.$$

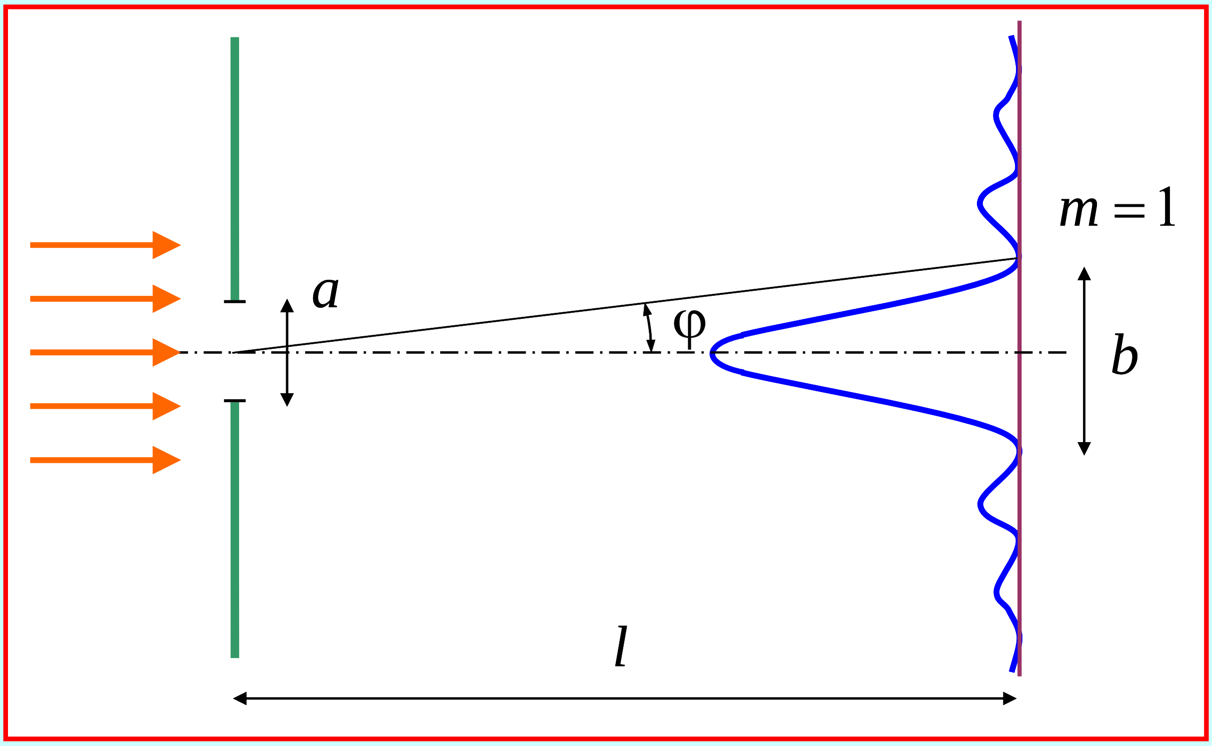
11. Na štěrbinu o šířce $a = 0{,}1\ \mathrm{mm}$ dopadá kolmo monochromatické světlo o vlnové délce $\lambda = 0{,}5\ \mu\mathrm{m}$. Difrakční obrazec je pozorován na stínítku. Určete vzdálenost l štěrbiny od roviny stínítka, jestliže šířka centrálního difrakčního maxima je $b = 1\ \mathrm{cm}$.

Řešení:

Pro první minimum intenzity difrakčního obrazce ($m = 1$) platí

$$a \sin\varphi = \pm m\lambda \quad \Rightarrow \quad \sin\varphi = \frac{\lambda}{a},$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sin\varphi}{\sqrt{1-\sin^2\varphi}} = \frac{\lambda}{\sqrt{a^2-\lambda^2}}.$$



Vzdálenost stínítka poté vyjádříme v závislosti na šířce centrálního difrakčního maxima jako

$$l = \frac{b}{2\operatorname{tg}\varphi} = \frac{b\sqrt{a^2-\lambda^2}}{2\lambda} = 1\ \mathrm{m}.$$

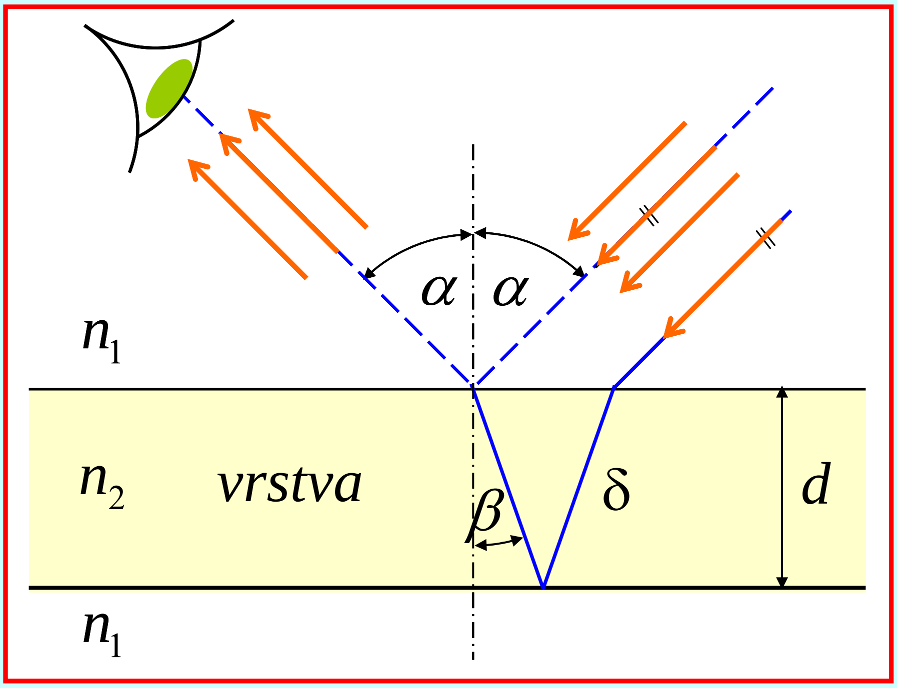
12. Rovinná tenká vrstva (např. mydlinová blána) se při pozorování v odraženém světle jeví zabarvená do modra, přičemž odražené paprsky sleduje pozorovatel v úhlu $\alpha_1 = 45^\circ$ od normály k rovině blány. Vypočtěte minimální tloušťku d, kterou taková vrstva může mít, a určete barvu, kterou bude pozorovatel sledovat, jestliže úhel pozorování $\alpha_2 = 0^\circ$. Index lomu vrstvy $n_2 = 1{,}33$ a vlnová délka modrého světla $\lambda_1 = 435\ \mathrm{nm}$.

Řešení:

Tenká vrstva odráží jednobarevné světlo určité vlnové délky nejvíce v okamžiku, kdy je splněna následující podmínka (konstruktivní interference odražených paprsků)

$$\Delta\varphi = 2nd\cos\beta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}, \qquad k = 0,1,2,\ldots,$$

kde β je příslušný úhel lomu dopadajících paprsků v tenké vrstvě a $n = n_2 / n_1$, $n_1 = 1$.



Užitím zákona lomu $\sin\alpha = n\sin\beta$ dostaneme

$$\cos\beta = (\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha})/n$$

a pro tloušťku vrstvy pak platí

$$d = \frac{(2k+1)\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}.$$

Minimální tloušťku vrstvy $d_{min} = 96\,\mathrm{nm}$ najdeme pro $k = 0$, $\alpha_1 = 45^\circ$. Pokud půjde o kolmý dopad paprsků $\alpha_2 = 0^\circ$, potom pro vlnovou délku světla, kterou bude pozorovatel sledovat platí $\lambda = 4dn = 513{,}6\ \mathrm{nm}$.

13. Určete, pod jakým úhlem φ nad horizontem se musí nacházet Slunce, aby paprsky odražené od vodní hladiny jezera byly maximálně polarizované. Index lomu vody $n = 1{,}33$.

Řešení:

Úplné polarizace odraženého světla dosáhneme tím, jestliže úhel dopadu paprsků ε bude roven tzv.Brewsterovu úhlu ε_B (odražené světlo je lineárně polarizované), pro který platí

$$\mathrm{tg}\,\varepsilon_B = n \qquad \Rightarrow \qquad \varepsilon_B = \mathrm{arctg}\, n$$

Pro úhel φ Slunce nad horizontem poté platí $\varphi = \pi/2 - \varepsilon_B = \pi/2 - \mathrm{arctg}\, n \doteq 36^\circ 56'$.