

Příklady z geometrické optiky – optické přístroje

a) oko

Příklad 1

Krátkozraký člověk může vidět ostře pouze předměty, které jsou ve vzdálenosti menší než 1 m od něj. Jaká je optická mohutnost čočky, kterou musí použít, aby mohl dobře pozorovat předmět v nekonečnu?

Příklad 2

Při stárnutí oční svaly zajišťující akomodaci oka ztrácejí pružnost a oko zaostřuje čím dál hůře. Dalekozraké oko, neboli oko, které již není schopno akomodovat, vidí ostře pouze předměty ve vzdálenosti 1,0 m. Jaké jsou optické mohutnosti čoček s dvojnásobným ohniskem,

- aby člověk pozoroval vzdálené předměty?
- aby četl noviny ve vzdálenosti 40 cm?

Příklad 3

Dalekozrakost je oční vada, při které je oko příliš „hluboké“ nebo oční čočka není dostatečně konvergentní. Nejmenší vzdálenost, na kterou dalekozraké oko vidí ostře je 0,50 m.

Jaká je optická mohutnost čočky, kterou musí dalekozraký člověk použít, aby mohl číst noviny ze vzdálenosti 25 cm?

Příklad 4

Oční čočka může být přirovnána ke spojné čočce. Obrazy, které vytváří, se objeví na sítnici.

- Normální zdravé oko akomoduje, tedy za pomoci očních svalů mění tvar oční čočky a tím i její ohniskovou vzdálenost. Víme-li, že u normálního oka je vzdálenost mezi optickým středem oční čočky a sítnicí rovna 1,50 cm, určete ohniskovou vzdálenost oční čočky v případě, že:
 - oko pozoruje předmět ve vzdálenosti 6,0 m;
 - oko je zaostřeno na předmět ve vzdálenosti 25 cm.
- Dokažte, že pro vzdálenost větší než 6,0 m můžeme považovat předmětovou vzdálenost za konstantní a rovnou hodnotě vypočítané v části 1a).
- Krátkozraký člověk má oko příliš hluboké. Vzdálenost mezi středem oční čočky a sítnicí je v tomto případě 1,55 cm. Krajní hodnoty ohniskových vzdáleností jsou stejné jako u zdravého oka.
 - Do jaké maximální vzdálenosti můžeme umístit předmět, aby jej krátkozraký člověk pozoroval ostře? Tento bod se nazývá *daleký bod* (*punctum remotum*).
 - Do jaké minimální vzdálenosti můžeme umístit předmět, aby jej krátkozraký člověk pozoroval ostře? Tento bod se nazývá *blízký bod* (*punctum proximum*).
- Vyhledejte definici rozlišovací schopnosti. Rozlišovací schopnost oka je 1'. Jaká je nejmenší vzdálenost mezi dvěma body, které rozliší:
 - zdravé oko;
 - krátkozraké oko?
- Proč krátkozrací lidé mhouří oči, když se dívají do dálky?

b) mikroskop

Příklad 5

Tenká čočka má ohniskovou vzdálenost $5,00 \cdot 10^{-3}$ m. Předmět o velikosti 0,20 mm je umístěn ve vzdálenosti 5,14 mm od optického středu této čočky.

- Jaké jsou vlastnosti obrazu A'B' vytvořeném touto čočkou? Kde se nachází?
- Druhá spojná čočka, jejíž osa je totožná s optickou osou první čočky, má ohniskovou vzdálenost 17 mm. Optické středy čoček jsou ve vzdálenosti 20 cm. A'B' je pro

druhou čočku předmětem. Jaké jsou vlastnosti a poloha obrazu A''B'' vytvořeném druhou čočkou?

- c) Jaký optický přístroj využívá takového zobrazení?

Příklad 6

Mikroskop je subjektivní optický přístroj, který se skládá ze dvou spojných čoček: objektivu (u pozorovaného předmětu) a okuláru (přes který obraz pozorujeme).

- a) Objektiv je spojná čočka o ohniskové vzdálenosti 11,0 mm. Předmět vysoký $1,0 \cdot 10^{-2}$ mm se nachází ve vzdálenosti 12,0 mm od optického středu této čočky. Určete charakteristiky obrazu A'B', který objektiv vytvoří.
- b) Okulár je spojná čočka o ohniskové vzdálenosti 20 mm. Jaká musí být vzdálenost mezi středy čoček, abychom přes okulár pozorovali virtuální obraz A''B'', který je 2000 x větší než předmět? Jaká je orientace tohoto obrazu?

c) dalekohled

Příklad 8 (Keplerův hvězdářský dalekohled)

Astronomický dalekohled se skládá ze dvou tenkých čoček umístěných na společné optické ose. První čočka L_1 (objektiv) je spojná čočka o ohniskové vzdálenosti $f_1 = \overline{O_1F_1'} = 100$ cm. Druhá čočka L_2 (okulár) je spojná čočka o ohniskové vzdálenosti $f_2 = \overline{O_2F_2'} = 10,0$ cm. Obrazové ohnisko objektivu a předmětové ohnisko okuláru jsou totožné. Pozorovatel namíří dalekohled na Měsíc.

- a) Zakreslete schéma dalekohledu s vyznačením O_1 , O_2 a ohnisek F_1 , F_1' , F_2 , F_2' .
- b) Z pohledu pozorovatele na Zemi má Měsíc zdánlivý průměr (zorný úhel) $\alpha = 9,310^3$ rad. Vypočítejte skutečný průměr Měsíce, jestliže víte, že se nachází ve vzdálenosti $3,8 \cdot 10^5$ km od Země.
- c) Necht' AB značí průměr Měsíce, přičemž bod A necht' leží na optické ose dalekohledu. Určete vlastnosti obrazu A_1B_1 průměru Měsíce značeného AB, který je vytvořen čočkou L_1 (poloha, velikost, směr, ...).
- d) Pripusťme, že se A_1B_1 nachází přesně v ohnisku F_2 . Obraz A_1B_1 se stává předmětem pro okulár (L_2)m který vytvoří obraz A_2B_2 . Sestrojte průchod paprsků přes čočku L_2 (v měřítku) a ověřte, že obraz A_2B_2 je v nekonečnu.
- e) Necht' α_2 značí úhel, pod kterým vidíme A_2B_2 přes dalekohled. Vypočítejte jeho hodnotu α_2 .
- f) Úhlové zvětšení γ optické soustavy je poměr zorného úhlu výsledného obrazu a zorného úhlu, pod kterým pozorujeme předmět pouhým okem. Vypočítejte hodnotu úhlového zvětšení γ a porovnejte ji s teoretickou hodnotou $\chi = \frac{f_1}{f_2}$.

Příklad 8 (Galileův pozemský dalekohled = divadelní kukátko)

Galileův dalekohled se skládá ze dvou tenkých čoček, které leží na společné optické ose. První čočka L_1 je spojka o ohniskové vzdálenosti $f_1 = \overline{O_1F_1'} = 0,80$ m. Druhá čočka L_2 je rozptylka o ohniskové vzdálenosti $f_2 = \overline{O_2F_2'} = -0,080$ m.

Pozorovatel obrátí dalekohled k předmětu AB velikosti $h = 0,7$ m umístěnému ve vzdálenosti $D = 50$ m od dalekohledu. Bod A, pata předmětu, leží na optické ose.

- a) Určete polohu obrazu A'B' vytvořeného z předmětu AB čočkou L_1 . Jaká je velikost tohoto obrazu ?
- b) Na základě výsledku předchozí otázky vytvořte schéma situace vyznačením: čočky L_1 , jejích ohnisek a obrazu A'B'.

- c) $A'B'$ vytváří předmět pro čočku L_2 . Ta je umístěna ve vzdálenosti $d = O_1O_2 = 0,70$ m za čočkou L_1 .
- Do obrázku znázorněte obě čočky, jejich ohniska a obraz $A'B'$. Jaké jsou vlastnosti předmětu $A'B'$ pro čočku L_2 ?
 - Zkonstruuje obraz $A''B''$ předmětu $A'B'$ vytvořený čočkou L_2 .
 - Vypočítejte polohu obrazu $A''B''$ a porovnejte s předchozím výsledkem.
- d) Vypočítejte
- zorný úhel α , pod kterým vidí předmět AB pozorovatel, jehož oko je umístěno v předmětové ohnisku F_2 druhé čočky.
 - zorný úhel α'' , pod kterým stejný pozorovatel vidí obraz $A''B''$ (jeho oko je stále v bodě F_2).
- e) Definice úhlového zvětšení optické soustavy říká, že jde o poměr zorného úhlu, pod kterým pozorujeme předmět přes optickou soustavu a zorného úhlu, pod kterým pozorujeme předmět pouhým okem. Vypočítejte úhlové zvětšení daného přístroje.
- f) Dalekohled je vhodné používat, jestliže oko nemusí akomodovat, tedy konečný obraz musí ležet v nekonečnu. Takový obraz dostaneme, když budeme posunovat čočku L_2 vzhledem k čočce L_1 .
- Jaká je vzdálenost mezi optickými středy čoček?
 - Jaké je úhlové zvětšení Galileova dalekohledu za těchto podmínek?