



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podpora rozvoje praktické výchovy ve fyzice a chemii

SBÍRKA ŘEŠENÝCH FYZIKÁLNÍCH ÚLOH

MECHANIKA

MOLEKULOVÁ FYZIKA A TERMIKA

ELEKTŘINA A MAGNETISMUS

KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

OPTIKA

FYZIKA MIKROSVĚTA

ODRAZ A LOM SVĚTLA

- 1) Index lomu vody je 1,33. Jakou rychlost má paprsek světla ve vodě?
Rychlost světla ve vakuu je $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$n = 1,33$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v = ? (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

Index lomu je dán jako podíl rychlostí šíření světla ve vakuu a v daném prostředí, tzn.

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow$$

$$v = \frac{c}{n}$$

$$v = \frac{3 \cdot 10^8}{1,33} = 225\,563\,909,8$$

$$\underline{\underline{v = 225\,563\,909,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 2,26 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Paprsek světla má ve vodě rychlost $2,26 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

- 2) Světelný paprsek dopadá ze vzduchu do vody pod úhlem $42^{\circ}15'$. Pod jakým úhlem se láme? Index lomu vody je 1,33, index lomu vzduchu je přibližně 1.

$$\alpha = 42^{\circ}15'$$

$$n_2 = 1,33$$

$$n_1 = 1$$

$$\beta = ? (^{\circ})$$

Pro lom světla platí Snellův zákon $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$, který lze zapsat ve tvaru

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow$$

$$\sin \beta = \frac{n_1 \cdot \sin \alpha}{n_2}$$

$$\sin \beta = \frac{1 \cdot \sin 42^{\circ}15'}{1,33} = 0,5055 \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{\beta = 30^{\circ}22'}}$$

Paprsek se láme pod úhlem $30^{\circ}22'$.

- 3) Červené světlo má ve skle rychlost $199\,200\text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ a fialové $196\,700\text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete index lomu pro obě světla. Rychlost světla ve vakuu je $3 \cdot 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$v_{\text{č}} = 199\,200\text{ km} \cdot \text{s}^{-1} = 1,99 \cdot 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{f}} = 196\,700\text{ km} \cdot \text{s}^{-1} = 1,97 \cdot 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$c = 3 \cdot 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$n_{\text{č}} = ?$$

$$n_{\text{f}} = ?$$

Index lomu vypočítáme jako podíl rychlostí šíření světla ve vakuu a v daném prostředí, tzn.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n_{\text{č}} = \frac{c}{v_{\text{č}}}$$

$$n_{\text{č}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,99 \cdot 10^8} = 1,508$$

$$\underline{\underline{n_{\text{č}} = 1,508}}$$

$$n_{\text{f}} = \frac{c}{v_{\text{f}}}$$

$$n_{\text{f}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,97 \cdot 10^8} = 1,523$$

$$\underline{\underline{n_{\text{f}} = 1,523}}$$

Index lomu červeného světla je 1,508, fialového světla 1,523.

- 4) Světelný paprsek dopadá na rozhraní dvou optických prostředí pod úhlem 30° a láme se pod úhlem 18° . O kolik stupňů se změní úhel lomu, jestliže se úhel dopadu zvětší o 15° ?

$$\alpha_1 = 30^\circ$$

$$\beta_1 = 18^\circ$$

$$\alpha_2 = 45^\circ$$

$$\beta_2 = ? (^\circ)$$

Pro lom světla platí Snellův zákon $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$. Pokud změníme úhel dopadu, změní se i úhel lomu, rozhraní dvou optických prostředí však zůstává stejné, tzn.

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad \wedge \quad \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad \Rightarrow$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2} \quad \Rightarrow$$

$$\sin \beta_2 = \frac{\sin \alpha_2 \cdot \sin \beta_1}{\sin \alpha_1}$$

$$\sin \beta_2 = \frac{\sin 45^\circ \cdot \sin 18^\circ}{\sin 30^\circ} = 0,4370 \quad \Rightarrow$$

$$\beta_2 = 25^\circ 54'$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$$

$$\Delta\beta = 25^\circ 54' - 18^\circ = 7^\circ 54'$$

$$\underline{\underline{\Delta\beta = 7^\circ 54'}}$$

Úhel lomu se zvětší o $7^\circ 54'$.

- 5) Světelný paprsek dopadá ze vzduchu na hladinu vody pod úhlem 40° . Pod jakým úhlem má dopadnout na povrch skla, aby úhel lomu byl při dopadu světelného paprsku na hladinu vody a skla stejný? Index lomu vody je 1,33 a skla 1,6.

$$\alpha_1 = 40^\circ$$

$$n_1 = 1,33$$

$$n_2 = 1,6$$

$$\beta_1 = \beta_2$$

$$\alpha_2 = ? (^\circ)$$

Pro světelný paprsek dopadající ze vzduchu do vody platí podle zákona lomu

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{n_1}{n_{vz}} \Rightarrow \sin \beta_1 = \frac{n_{vz} \cdot \sin \alpha_1}{n_1}$$

Pro světelný paprsek dopadající ze vzduchu na povrch skla platí podle zákona lomu

$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2} = \frac{n_2}{n_{vz}} \Rightarrow \sin \beta_2 = \frac{n_{vz} \cdot \sin \alpha_2}{n_2}$$

Index lomu vzduchu se rovná 1 a pro úhly lomu platí $\beta_1 = \beta_2$, tzn.

$$\frac{\sin \alpha_1}{n_1} = \frac{\sin \alpha_2}{n_2} \Rightarrow$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{n_2 \cdot \sin \alpha_1}{n_1}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{1,6 \cdot \sin 40^\circ}{1,33} = 0,773 \Rightarrow$$

$$\alpha_2 = \underline{\underline{50^\circ 38'}}$$

Světelný paprsek by měl dopadnout pod úhlem $50^\circ 38'$.

6) Určete mezní úhel rozhraní skla o indexu lomu 1,5 a vzduchu.

$$n = 1,5$$

$$\alpha_m = ? (^{\circ})$$

Mezní úhel je největší úhel, při kterém ještě nastává lom světla. Platí tedy zákon lomu a je-li opticky řidším prostředím vakuum nebo vzduch, platí:

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{n}$$

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{1,5} = 0,66666 \Rightarrow$$

$$\alpha_m = 41^{\circ}48'$$

Mezní úhel je $41^{\circ}48'$.

- 7) Mezní úhel na rozhraní mezi lihem a vzduchem je 47° . Určete index lomu lihu.

$$\alpha_m = 47^\circ$$

$$n = ?$$

Pro mezní úhel platí

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{n}, \text{ tzn.}$$

$$n = \frac{1}{\sin \alpha_m}$$

$$n = \frac{1}{\sin 47^\circ} = 1,367$$

$$\underline{\underline{n = 1,37}}$$

Index lomu lihu je **1,37**.

OKO

- 8) Člověk vidí nejlépe, když předměty pozoruje ze vzdálenosti 12,5 cm. Jakého druhu je vada jeho oka a jaké čočky do brýlí mu doporučíte? Odpověď zdůvodněte výpočtem.

$$a_1 = 12,5 \text{ cm} = 0,125 \text{ m}$$

$$\varphi = ? \text{ (D)}$$

Normální oko vidí nejlépe předměty ve vzdálenosti 25 cm od oka (konvenční zřaková vzdálenost). Protože je zadaná vzdálenost pouze 12,5 cm, oko je krátkozraké a tato vada se odstraní rozptylkou.

Bez brýlí platí zobrazovací rovnice ve tvaru

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f_1} = \varphi_1 ; \quad \varphi_1 \text{ je optická mohutnost oka.}$$

Jestliže před oko umístíme brýle, vznikne optická soustava o optické mohutnosti $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$; φ_2 je optická mohutnost brýlí.

Platí tedy zobrazovací rovnice ve tvaru

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \varphi_1 + \varphi_2 ; \quad a \text{ je konvenční zřaková vzdálenost.}$$

Po dosazení zobrazovací rovnice bez brýlí do zobrazovací rovnice s brýlemi platí:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a'} + \varphi_2 \quad \Rightarrow$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{a} - \frac{1}{a_1}$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{0,125} = -4$$

$$\underline{\underline{\varphi_2 = -4 \text{ D}}}$$

Do brýlí použijeme rozptylku o optické mohutnosti - 4 D.

- 9) Dalekozraké oko má blízký bod ve vzdálenosti 1 m. Jaké brýle odstraní tuto vadu?

$a = 0,25 \text{ m}$ konvenční zraková vzdálenost

$a' = -1 \text{ m}$ (záporné znaménko platí pro dalekozraké oko)

$\varphi = ? \text{ (D)}$

Platí zobrazovací rovnice

$$\varphi = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$

$$\varphi = \frac{1}{0,25} + \frac{1}{-1} = 3$$

$$\underline{\underline{\varphi = 3 \text{ D}}}$$

Vadu odstraní brýle s optickou mohutností 3 D.

OPTICKÉ PŘÍSTROJE

10) Lupa zvětšuje pětkrát. Jaká je její ohnisková vzdálenost?

$$\gamma = 5$$

$$d = 0,25 \text{ m}$$

$$f = ? \text{ (cm)}$$

Pro úhlové zvětšení lupy platí

$$\gamma = \frac{d}{f} \quad \Rightarrow$$

$$f = \frac{d}{\gamma}$$

$$f = \frac{0,25}{5} = 0,05$$

$$\underline{\underline{f = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}}}$$

Ohnisková vzdálenost lupy je 5 cm.

- 11) Mikroskopem, jehož objektiv má ohniskovou vzdálenost 2 mm a okulár 40 mm, vidíme předmět s úhlovým zvětšením 500. Určete jeho optický interval.

$$f_1 = 2 \text{ mm}$$

$$f_2 = 40 \text{ mm}$$

$$\gamma = 500$$

$$d = 25 \text{ cm} = 250 \text{ mm}$$

$$\Delta = ? (\text{mm})$$

Optický interval je vzdálenost mezi obrazovým ohniskem objektivu a předmětovým ohniskem okuláru.

Pro úhlové zvětšení mikroskopu platí

$$\gamma = \frac{\Delta}{f_1} \cdot \frac{d}{f_2} \Rightarrow$$

$$\Delta = \frac{f_1 \cdot f_2 \cdot \gamma}{d}$$

$$\Delta = \frac{2 \cdot 40 \cdot 500}{250} = 160$$

$$\Delta = \underline{\underline{160 \text{ mm}}}$$

Optický interval mikroskopu je 160 mm.

12) Mikroskopem, jehoř objektiv má ohniskovou vzdálenost 2 mm a okulár 40 mm, vidřme ředmřt s řhlovřm zvřtřenřm 500. V jaké vzdálenosti jsou optické řředry objektivu a okuláru?

$$f = 2 \text{ mm}$$

$$f_0 = 40 \text{ mm}$$

$$\gamma = 500$$

$$d = 25 \text{ cm} = 250 \text{ mm}$$

$$|O_1 O_2| = ? (\text{mm})$$

Pro hledanou vzdálenost platř

$$|O_1 O_2| = f + \Delta + f_0, \text{ kde } \Delta \text{ je optický interval.}$$

Pro řhlové zvřtřenř mikroskopu platř

$$\gamma = \frac{\Delta}{f} \cdot \frac{d}{f_0} \Rightarrow$$

$$\Delta = \frac{f \cdot f_0 \cdot \gamma}{d}$$

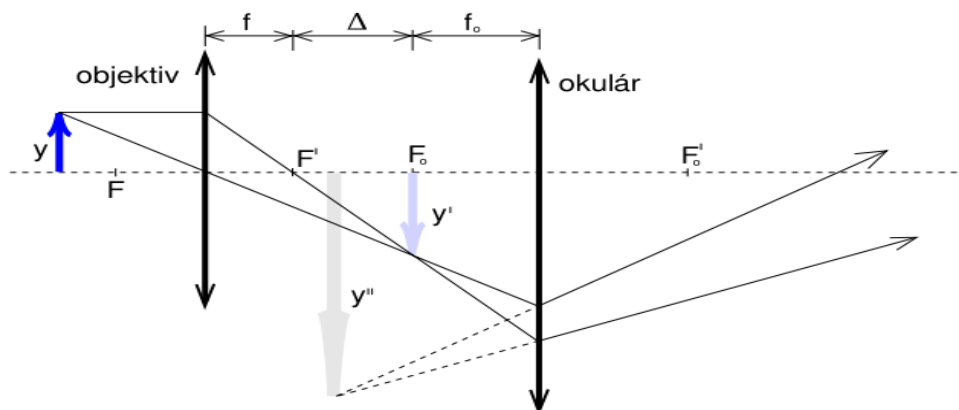
Po dosazenř dostaneme pro hledanou vzdálenost

$$|O_1 O_2| = f + \frac{f \cdot f_0 \cdot \gamma}{d} + f_0$$

$$|O_1 O_2| = 2 + \frac{2 \cdot 40 \cdot 500}{250} + 40 = 202$$

$$\underline{\underline{|O_1 O_2| = 202 \text{ mm}}}$$

Optické řředry okuláru a objektivu jsou ve vzdálenosti 202 mm.



13) Objektiv Keplerova dalekohledu má ohniskovou vzdálenost 1,5 m, okulár 6 cm. V jakém zorném úhlu se v něm jeví Měsíc, jestliže se bez dalekohledu jeví v zorném úhlu $0,5^\circ$?

$$f_1 = 1,5 \text{ m}$$

$$f_2 = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$$

$$\tau = 0,5^\circ$$

$$\tau' = ? (^\circ)$$

Pro úhlové zvětšení Keplerova dalekohledu platí

$$\gamma = \frac{\tau'}{\tau} = \frac{f_1}{f_2} \quad \Rightarrow$$

$$\tau' = \frac{f_1}{f_2} \cdot \tau$$

$$\tau' = \frac{1,5}{0,06} \cdot 0,5 = 12,5$$

$$\tau' = \underline{\underline{12,5^\circ}}$$

Měsíc se jeví v zorném úhlu $12,5^\circ$.

- ❖ Diapozitiv o velikosti 24 mm x 36 mm má být promítán na plátno ve vzdálenosti 8 m od objektivu. Optická mohutnost objektivu je 10 D. Určete rozměry plátna.

$$y_1 = 24 \text{ mm} = 0,024 \text{ m}$$

$$y_2 = 36 \text{ mm} = 0,036 \text{ m}$$

$$a = 8 \text{ m}$$

$$\varphi = 10 \text{ D}$$

$$|y_1'| = ? \text{ (m)}$$

$$|y_2'| = ? \text{ (m)}$$

Stačí vypočítat jeden rozměr, druhý je ve stejném poměru jako u diapozitivu.

Platí zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \varphi \Rightarrow \frac{1}{a'} = \varphi - \frac{1}{a} = \frac{\varphi \cdot a - 1}{a} \Rightarrow$$

$$a' = \frac{a}{\varphi \cdot a - 1}$$

Dále použijeme vzorec pro příčné zvětšení

$$\frac{y_1'}{y_1} = -\frac{a'}{a} \Rightarrow y_1' = -\frac{a \cdot y_1}{a'}$$

Po dosazení dostaneme

$$y_1' = -\frac{a \cdot y_1}{\frac{a}{\varphi \cdot a - 1}} = -\frac{(\varphi \cdot a - 1) \cdot a \cdot y_1}{a} \Rightarrow$$

$$y_1' = -(\varphi \cdot a - 1) \cdot y_1$$

$$|y_1'| = |-(10 \cdot 8 - 1) \cdot 0,024| = 1,896$$

$$\underline{\underline{y_1' = 1,896 \text{ m} = 1,9 \text{ m}}}$$

Druhý rozměr určíme ze vzájemného poměru velikosti stran diapozitivu a plátna

$$|y_2'| = \frac{y_2}{y_1} \cdot |y_1'|$$

$$|y_2'| = \frac{0,036}{0,024} \cdot 1,9 = 2,85$$

$$\underline{\underline{y_2' = 2,85 \text{ m}}}$$

Rozměry plátna jsou 1,9 m x 2,85 m.

- ❖ Člověk používá brýle s čočkami o optické mohutnosti $+2,75$ D. Určete vzdálenost od oka, ve které by musel držet knihu při čtení bez brýlí.

$$\varphi_2 = +2,75 \text{ D}$$

$$a_1 = ? \text{ (m)}$$

Bez brýlí platí zobrazovací rovnice ve tvaru

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f_1} = \varphi_1 ; \quad \varphi_1 \text{ je optická mohutnost oka.}$$

Jestliže před oko umístíme brýle, vznikne optická soustava o optické mohutnosti $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$; φ_2 je optická mohutnost brýlí.

Platí tedy zobrazovací rovnice ve tvaru

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \varphi_1 + \varphi_2 ; \quad a \text{ je konvenční zřaková vzdálenost.}$$

Po dosazení zobrazovací rovnice bez brýlí do zobrazovací rovnice s brýlemi platí:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a'} + \varphi_2 \Rightarrow$$

$$\frac{1}{a_1} = \frac{1}{a} - \varphi_2 = \frac{1 - a \cdot \varphi_2}{a} \Rightarrow$$

$$a_1 = \frac{a}{1 - a \cdot \varphi_2}$$

$$a_1 = \frac{0,25}{1 - 0,25 \cdot 2,75} = 0,8$$

$$\underline{\underline{a_1 = 0,8 \text{ m}}}$$

Bez brýlí by člověk musel knihu držet ve vzdálenosti 0,8 m.

DUTÁ ZRCADLA

14) Duté zrcadlo má ohniskovou vzdálenost 25 cm. Jaký je jeho poloměr křivosti?

$$f = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

$$r = ? \text{ (m)}$$

Ohnisko dutého zrcadla leží přesně uprostřed mezi jeho vrcholem a středem křivosti, tzn.

$$f = \frac{r}{2} \Rightarrow$$

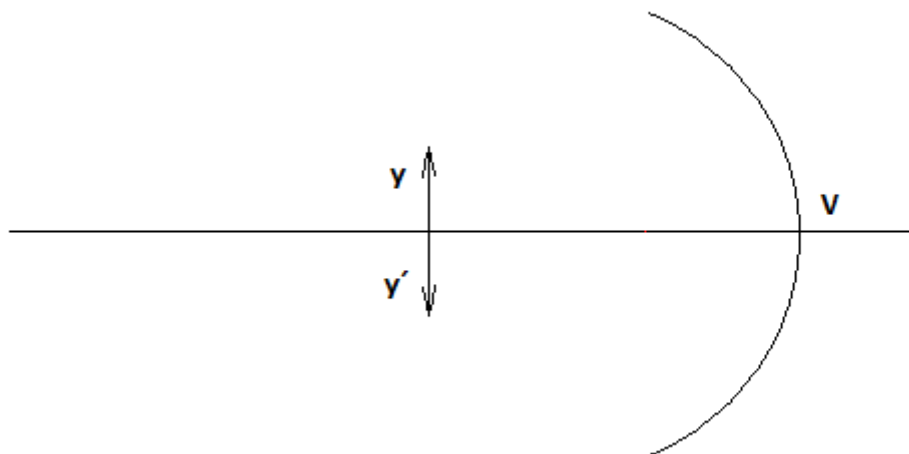
$$r = 2f$$

$$r = 2 \cdot 0,25 = 0,5$$

$$\underline{\underline{r = 0,5 \text{ m}}}$$

Poloměr křivosti daného dutého zrcadla je 0,5 m.

- 15) Předmět i obraz jsou ve vzdálenosti 24 cm před vrcholem dutého zrcadla.
Jaká je ohnisková vzdálenost zrcadla?



$$a = 24 \text{ cm}$$

$$a' = 24 \text{ cm}$$

$$f = ? \text{ (m)}$$

Pro zrcadla platí zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{f} = \frac{a' + a}{a \cdot a'} \Rightarrow$$

$$f = \frac{a \cdot a'}{a' + a}$$

$$f = \frac{24 \cdot 24}{24 + 24} = 12$$

$$\underline{\underline{f = 12 \text{ cm}}}$$

Ohnisková vzdálenost zrcadla je 12 cm.

16) Duté zrcadlo o poloměru křivosti 1 m vytváří zdánlivý obraz předmětu umístěný ve vzdálenosti 3 m za zrcadlem. V jaké vzdálenosti před zrcadlem se nachází obraz?

$$r = 1 \text{ m}$$

$$a' = -3 \text{ m} \dots\dots\dots \text{zdánlivý obraz} - \text{za zrcadlem !!!}$$

$$a = ?(\text{m})$$

Pro zrcadla platí zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

Zároveň platí, že ohnisková vzdálenost je rovna polovině poloměru křivosti, tzn. v našem případě $f = 0,5 \text{ m}$.

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a'} = \frac{a' - f}{f \cdot a'} \Rightarrow$$

$$a = \frac{f \cdot a'}{a' - f}$$

$$a = \frac{0,5 \cdot (-3)}{-3 - 0,5} = 0,428$$

$$\underline{\underline{a = 0,428 \text{ m} = 0,43 \text{ m}}}$$

Obraz se nachází ve vzdálenosti 0,43 m od zrcadla.

17) V jaké vzdálenosti od tváře je třeba umístit duté zrcadlo s ohniskovou vzdáleností 20 cm, aby obraz tváře v zrcadle byl dvojnásobně zvětšený?

$$f = 20 \text{ cm}$$

$$Z = 2$$

$$a = ? \text{ (m)}$$

Pro zvětšení zrcadla platí

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} = -\frac{a' - f}{f} = -\frac{f}{a - f} \Rightarrow$$

$$Z = -\frac{f}{a - f} \Rightarrow Z(a - f) = -f \Rightarrow Z \cdot a - Z \cdot f = -f \Rightarrow$$

$$Z \cdot a = Z \cdot f - f = f(Z - 1) \Rightarrow$$

$$a = \frac{f(Z - 1)}{Z}$$

$$a = \frac{20 \cdot (2 - 1)}{2} = 10$$

$$\underline{\underline{a = 10 \text{ cm}}}$$

Duté zrcadlo je třeba umístit 10 cm od tváře.

- 18) Dutým zrcadlem o ohniskové vzdálenosti 30 cm byl vytvořen skutečný, desetkrát zvětšený obraz ($|Z| = 10$). Určete vzdálenost předmětu a obrazu od vrcholu zrcadla.

$$f = 30 \text{ cm}$$

$$|Z| = 10$$

$$a = ? \text{ (cm)}$$

$$a' = ? \text{ (cm)}$$

Pro zvětšení zrcadla platí

$$|Z| = \left| \frac{y'}{y} \right| = \left| -\frac{a'}{a} \right| = \left| -\frac{a' - f}{f} \right| = \left| -\frac{f}{a - f} \right| \Rightarrow$$

$$Z = \frac{f}{a - f} \Rightarrow Z(a - f) = f \Rightarrow Z \cdot a - Z \cdot f = f \Rightarrow$$

$$Z \cdot a = Z \cdot f + f = f(Z + 1) \Rightarrow$$

$$a = \frac{f(Z + 1)}{Z}$$

$$a = \frac{30 \cdot (10 + 1)}{10} = 33$$

$$\underline{a = 33 \text{ cm}}$$

$$|Z| = \left| -\frac{a'}{a} \right| \Rightarrow$$

$$Z = \frac{a'}{a} \Rightarrow$$

$$a' = Z \cdot a$$

$$a' = 10 \cdot 33 = 330$$

$$\underline{a' = 330 \text{ cm} = 3,3 \text{ m}}$$

Předmětová vzdálenost je 33 cm, obrazová vzdálenost 3,3 m.

19) Předmět o velikosti 3 cm je ve vzdálenosti 20 cm od vrcholu kulového zrcadla. Jeho obraz je stejně veliký a je ve stejné vzdálenosti od vrcholu, je však převrácený. Jaký je poloměr křivosti zrcadla? O jaké zrcadlo se jedná?

$$y = 3 \text{ cm}$$

$$a = 20 \text{ cm}$$

$$y' = 3 \text{ cm}$$

$$a' = 20 \text{ cm}$$

$$r = ? \text{ (cm)}$$

Pro zrcadla platí zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

Dále platí, že ohnisková vzdálenost je rovna polovině poloměru křivosti, tzn.

$$r = 2f.$$

$$\frac{1}{f} = \frac{a' + a}{a \cdot a'} \Rightarrow$$

$$f = \frac{a \cdot a'}{a' + a}$$

$$f = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = 10$$

$$f = 10 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{r = 20 \text{ cm}}}$$

Převrácený obraz může vytvářet pouze duté zrcadlo.

Poloměr křivosti daného dutého zrcadla je 20 cm.

20) Předmět vysoký 1 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 6 cm od vrcholu dutého kulového zrcadla o poloměru křivosti 4 cm. Určete polohu a vlastnosti obrazu.

$$y = 1 \text{ cm}$$

$$a = 6 \text{ cm}$$

$$r = 4 \text{ cm} \Rightarrow f = 2 \text{ cm}$$

$$a' = ? \text{ (cm)}$$

$$y' = ? \text{ (cm)}$$

$$Z = ?$$

Obrazovou vzdálenost vypočítáme podle zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{a - f}{f \cdot a} \Rightarrow$$

$$a' = \frac{f \cdot a}{a - f}$$

$$a' = \frac{2 \cdot 6}{6 - 2} = 3$$

$$\underline{\underline{a' = 3 \text{ cm}}}$$

Zvětšení obrazu vypočteme podle vztahu

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$$

$$Z = -\frac{3}{6} = -0,5$$

$$\underline{\underline{Z = -0,5}}$$

Výšku obrazu vypočteme podle vztahu

$$y' = |Z| \cdot y$$

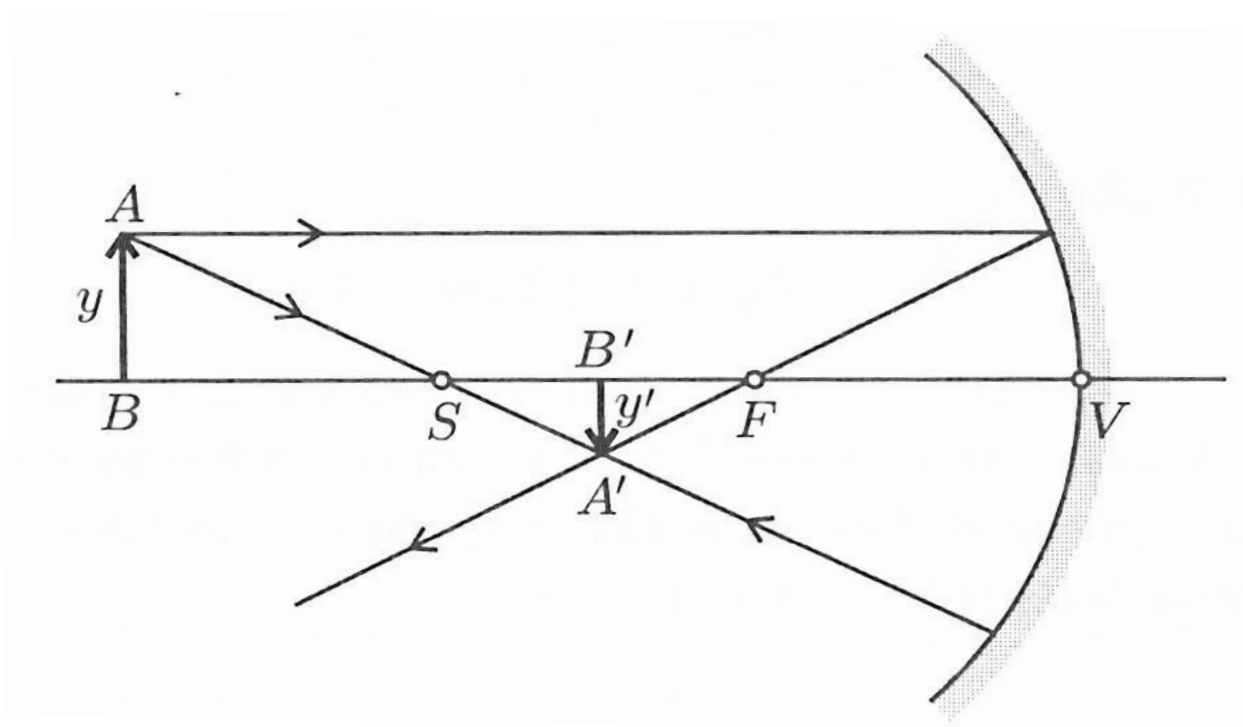
$$y' = 0,5 \cdot 1 = 0,5$$

$$\underline{\underline{y' = 0,5 \text{ cm}}}$$

Obraz předmětu je zmenšený, skutečný a převrácený. Výška obrazu je 0,5 cm, obrazová vzdálenost 3 cm a zvětšení – 0,5.

21) Předmět vysoký 1 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 6 cm od vrcholu dutého kulového zrcadla o poloměru křivosti 4 cm. Pomocí geometrické konstrukce určete polohu a vlastnosti obrazu.

Obraz je zmenšený, převrácený, skutečný.



22) Předmět vysoký 0,5 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 1 cm od vrcholu dutého kulového zrcadla o poloměru křivosti 4 cm. Určete polohu a vlastnosti obrazu.

$$y = 0,5 \text{ cm}$$

$$a = 1 \text{ cm}$$

$$r = 4 \text{ cm} \Rightarrow f = 2 \text{ cm}$$

$$a' = ? \text{ (cm)}$$

$$y' = ? \text{ (cm)}$$

$$Z = ?$$

Obrazovou vzdálenost vypočítáme podle zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{a - f}{f \cdot a} \Rightarrow$$

$$a' = \frac{f \cdot a}{a - f}$$

$$a' = \frac{2 \cdot 1}{1 - 2} = -2$$

$$\underline{\underline{a' = -2 \text{ cm}}}$$

Zvětšení obrazu vypočteme podle vztahu

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$$

$$Z = -\frac{(-2)}{1} = 2$$

$$\underline{\underline{Z = 2}}$$

Výšku obrazu vypočteme podle vztahu

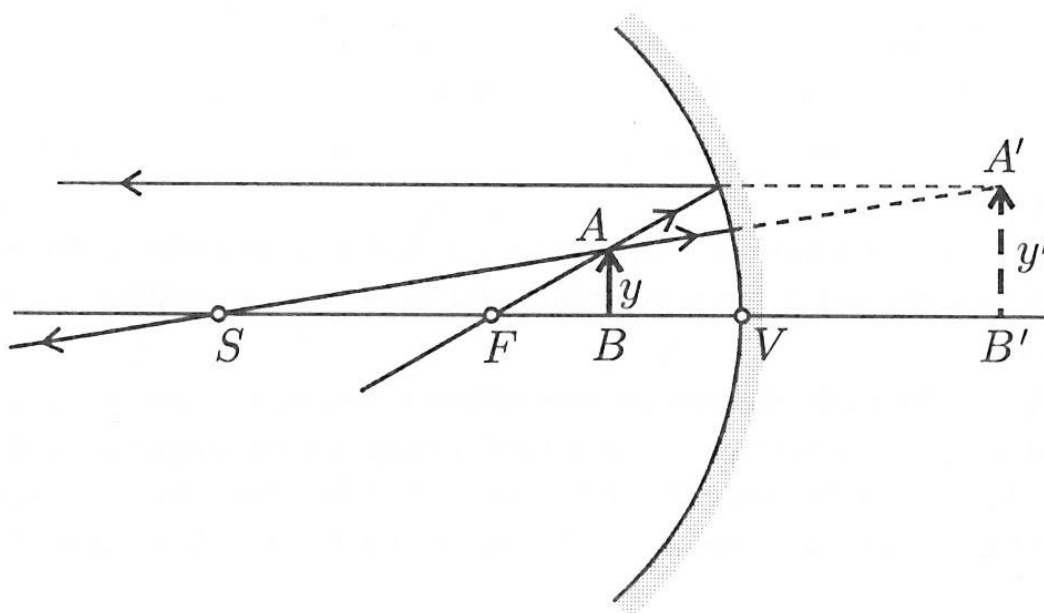
$$y' = |Z| \cdot y$$

$$y' = 2 \cdot 0,5 = 1$$

$$\underline{\underline{y' = 1 \text{ cm}}}$$

Obraz předmětu je zvětšený, zdánlivý a vzpřímený. Výška obrazu je 1 cm, obrazová vzdálenost - 2 cm a zvětšení 2.

23) Předmět vysoký 0,5 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 1 cm od vrcholu dutého kulového zrcadla o poloměru křivosti 4 cm. Pomocí geometrické konstrukce určete polohu a vlastnosti obrazu.



Obraz je zvětšený, přímý, neskutečný.

VYPUKLÁ ZRCADLA

24) Vypuklé zrcadlo má ohniskovou vzdálenost 30 cm. Jaký je jeho poloměr křivosti?

$f = -30 \text{ cm} = -0,3 \text{ m}$ vyplývá ze znaménkové konvence

$r = ? \text{ (m)}$

Ohnisko vypuklého zrcadla leží přesně uprostřed mezi jeho vrcholem a středem křivosti, tzn.

$$f = \frac{r}{2} \Rightarrow$$

$$r = 2f$$

$$r = 2 \cdot (-0,3) = -0,6$$

$r = -0,6 \text{ m}$

Poloměr křivosti daného vypuklého zrcadla je 0,6 m.

25) Předmět je ve vzdálenosti 40 cm před vypuklým zrcadlem o poloměru křivosti 20 cm. Určete zvětšení daného zrcadla.

$$a = 40 \text{ cm}$$

$$r = -20 \text{ cm} \Rightarrow f = -10 \text{ cm}$$

$$Z = ?$$

Pro příčné zvětšení vypuklého zrcadla platí:

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} = -\frac{a' - f}{f} = -\frac{f}{a - f} \Rightarrow$$

$$Z = -\frac{f}{a - f}$$

$$Z = -\frac{(-10)}{40 - (-10)} = 0,2$$

$$\underline{\underline{Z = 0,2}}$$

Zvětšení vypuklého zrcadla je 0,2.

26) Předmět vysoký 1 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 2 cm od vrcholu dutého kulového zrcadla o poloměru křivosti 4 cm. Určete polohu a vlastnosti obrazu.

$$y = 1 \text{ cm}$$

$$a = 2 \text{ cm}$$

$$r = -4 \text{ cm} \Rightarrow f = -2 \text{ cm}$$

$$a' = ? \text{ (cm)}$$

$$y' = ? \text{ (cm)}$$

$$Z = ?$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{a - f}{f \cdot a} \Rightarrow$$

$$a' = \frac{f \cdot a}{a - f}$$

$$a' = \frac{-2 \cdot 2}{2 - (-2)} = -1$$

$$\underline{\underline{a' = -1 \text{ cm}}}$$

Zvětšení obrazu vypočteme podle vztahu

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$$

$$Z = -\frac{(-1)}{2} = 0,5$$

$$\underline{\underline{Z = 0,5}}$$

Výšku obrazu vypočteme podle vztahu

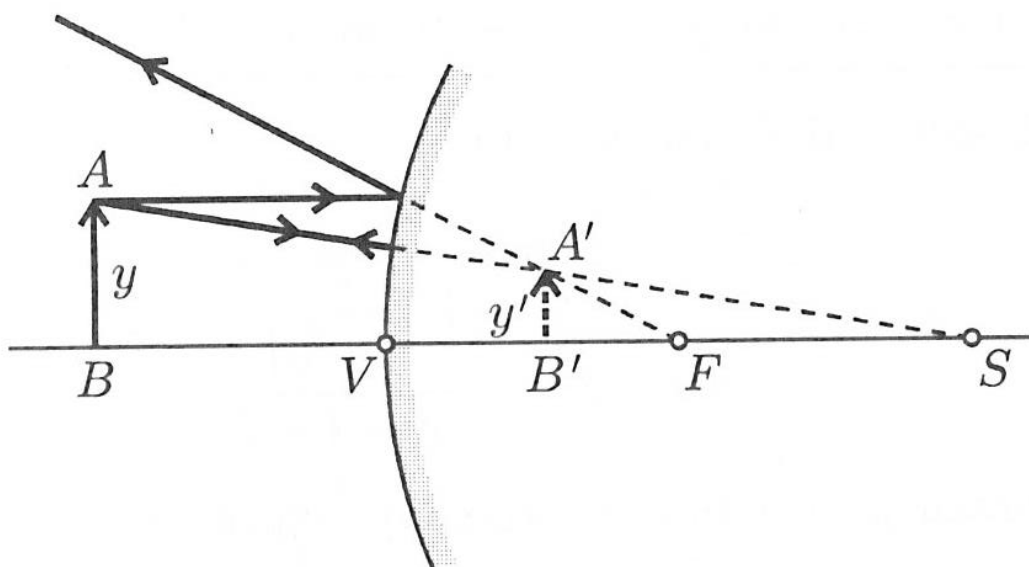
$$y' = |Z| \cdot y$$

$$y' = 0,5 \cdot 1 = 0,5$$

$$\underline{\underline{y' = 0,5 \text{ cm}}}$$

Obraz předmětu je zmenšený, zdánlivý a vzpřímený. Výška obrazu je 0,5 cm, obrazová vzdálenost -1 cm a zvětšení 0,5.

27) Předmět vysoký 1 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 2 cm od vrcholu dutého kulového zrcadla o poloměru křivosti 4 cm. Pomocí geometrické konstrukce určete polohu a vlastnosti obrazu.



Obraz je zmenšený, vzpřímený, neskutečný.

- ❖ Svíčka o velikosti 2 cm je umístěna 24 cm před vrcholem vypuklého zrcadla. Zrcadlo vytváří obraz veliký 1 cm. Určete poloměr křivosti zrcadla.

$$y = 2 \text{ cm}$$

$$a = 24 \text{ cm}$$

$$y' = 1 \text{ cm}$$

$$r = ? \text{ (cm)}$$

Pro vypuklé zrcadlo platí zobrazovací rovnice a rovnice pro zvětšení:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{a \cdot a'}{a' + a}$$

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} \quad \Rightarrow \quad a' = -\frac{a \cdot y'}{y}$$

Po dosazení do zobrazovací rovnice dostaneme

$$f = \frac{a \cdot \left(-\frac{a \cdot y'}{y}\right)}{\left(-\frac{a \cdot y'}{y}\right) + a} = \frac{-\frac{a^2 \cdot y'}{y}}{\frac{-a \cdot y' + a \cdot y}{y}} = \frac{-a^2 \cdot y'}{-a \cdot y' + a \cdot y} = \frac{-a^2 \cdot y'}{-a(y' - y)} \quad \Rightarrow$$

$$f = \frac{a \cdot y'}{y' - y}$$

$$f = \frac{24 \cdot 1}{1 - 2} = -24$$

$$f = -24 \text{ cm}$$

$$r = 2f$$

$$\underline{\underline{r = -48 \text{ cm}}}$$

Poloměr křivosti daného zrcadla je – 48 cm.

ČOČKY

28) Určete ohniskové vzdálenosti čoček, jsou-li jejich optické mohutnosti 2 D, 16 D, - 4 D, - 12 D.

$$\varphi_1 = 2 \text{ D}$$

$$\varphi_2 = 16 \text{ D}$$

$$\varphi_1 = -4 \text{ D}$$

$$\varphi_1 = -12 \text{ D}$$

$$f_{1-4} = ? \text{ (m)}$$

Optická mohutnost je převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti čočky:

$$\varphi = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow$$

$$f = \frac{1}{\varphi}$$

$$f_1 = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\underline{\underline{f_1 = 0,5 \text{ m}}}$$

$$f_2 = \frac{1}{16} = 0,0625$$

$$\underline{\underline{f_2 = 0,0625 \text{ m} = 6,2 \text{ cm}}}$$

$$f_3 = \frac{1}{-4} = -0,25$$

$$\underline{\underline{f_3 = -0,25 \text{ m}}}$$

$$f_4 = \frac{1}{-12} = -0,0833$$

$$\underline{\underline{f_4 = -0,0833 \text{ m} = -8,3 \text{ cm}}}$$

Ohniskové vzdálenosti daných čoček jsou 0,5 m; 6,2 cm; - 0,25 m; - 8,3 cm.

29) Předmět vysoký 1,5 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 4 cm od spojky o ohniskové vzdálenosti 1,5 cm. Určete polohu a vlastnosti obrazu.

$$y = 1,5 \text{ cm}$$

$$a = 4 \text{ cm}$$

$$f = 1,5 \text{ cm}$$

$$a' = ? \text{ (cm)}$$

$$y' = ? \text{ (cm)}$$

$$Z = ?$$

Obrazovou vzdálenost vypočítáme podle zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{a - f}{f \cdot a} \quad \Rightarrow$$

$$a' = \frac{f \cdot a}{a - f}$$

$$a' = \frac{1,5 \cdot 4}{4 - 1,5} = 2,4$$

$$\underline{\underline{a' = 2,4 \text{ cm}}}$$

Zvětšení obrazu vypočteme podle vztahu

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$$

$$Z = -\frac{2,4}{4} = -0,6$$

$$\underline{\underline{Z = -0,6}}$$

Výšku obrazu vypočteme podle vztahu

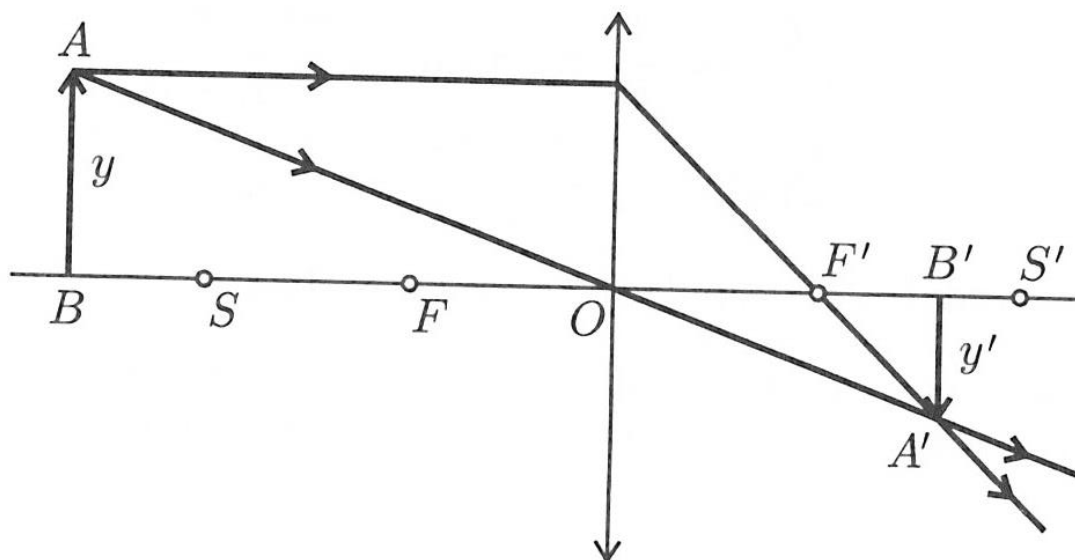
$$y' = |Z| \cdot y$$

$$y' = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9$$

$$\underline{\underline{y' = 0,9 \text{ cm}}}$$

Obraz předmětu je zmenšený, skutečný a převrácený. Výška obrazu je 0,9 cm, obrazová vzdálenost 2,4 cm a zvětšení – 0,6.

30) Předmět vysoký 1,5 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 4 cm od spojky o ohniskové vzdálenosti 1,5 cm. Pomocí geometrické konstrukce určete polohu a vlastnosti obrazu.



Obraz je zmenšený, převrácený, skutečný.

31) Předmět vysoký 1,5 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 3 cm od rozptylky o ohniskové vzdálenosti 2 cm. Určete polohu a vlastnosti obrazu.

$$y = 1,5 \text{ cm}$$

$$a = 3 \text{ cm}$$

$$f = -2 \text{ cm}$$

$$a' = ? \text{ (cm)}$$

$$y' = ? \text{ (cm)}$$

$$Z = ?$$

Obrazovou vzdálenost vypočítáme podle zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{a'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{a - f}{f \cdot a} \quad \Rightarrow$$

$$a' = \frac{f \cdot a}{a - f}$$

$$a' = \frac{-2 \cdot 3}{3 - (-2)} = -1,2$$

$$\underline{\underline{a' = -1,2 \text{ cm}}}$$

Zvětšení obrazu vypočteme podle vztahu

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$$

$$Z = -\frac{(-1,2)}{3} = 0,4$$

$$\underline{\underline{Z = 0,4}}$$

Výšku obrazu vypočteme podle vztahu

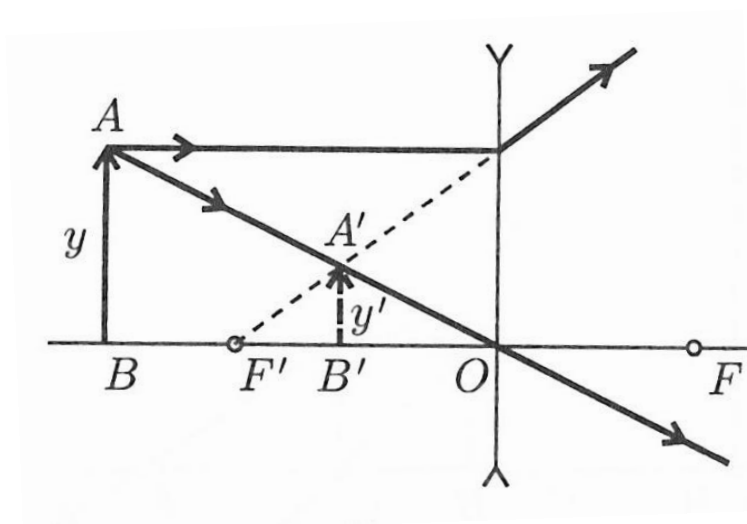
$$y' = |Z| \cdot y$$

$$y' = 0,4 \cdot 1,5 = 0,6$$

$$\underline{\underline{y' = 0,6 \text{ cm}}}$$

Obraz předmětu je zmenšený, zdánlivý a vzpřímený. Výška obrazu je 0,6 cm, obrazová vzdálenost – 1,2 cm a zvětšení 0,4.

32) Předmět vysoký 1,5 cm stojí kolmo na optickou osu ve vzdálenosti 3 cm od rozptylky o ohniskové vzdálenosti 2 cm. Pomocí geometrické konstrukce určete polohu a vlastnosti obrazu.



Obraz je zmenšený, přímý, neskutečný.

33) Do jaké vzdálenosti od rozptylky s optickou mohutností -5 D je třeba umístit předmět, abychom získali čtyřikrát zmenšený obraz?

$$\varphi = -5 \text{ D}$$

$$Z = \frac{1}{4}$$

$$a = ? \text{ (cm)}$$

Pro zvětšení u čoček platí

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} = -\frac{a' - f}{f} = -\frac{f}{a - f} \Rightarrow$$

$$Z = -\frac{f}{a - f}$$

Ohnisková vzdálenost čočky je převrácená hodnota optické mohutnosti, tzn.

$$f = \frac{1}{\varphi}$$

$$Z = -\frac{\frac{1}{\varphi}}{a - \frac{1}{\varphi}} = -\frac{\frac{1}{\varphi}}{\frac{a \cdot \varphi - 1}{\varphi}} = -\frac{1}{a \cdot \varphi - 1}$$

$$Z(a \cdot \varphi - 1) = -1$$

$$Z \cdot a \cdot \varphi - Z = -1$$

$$Z \cdot a \cdot \varphi = -1 + Z$$

$$a = \frac{Z - 1}{Z \cdot \varphi}$$

$$a = \frac{\frac{1}{4} - 1}{\frac{1}{4} \cdot (-5)} = 0,6$$

$$\underline{\underline{a = 0,6 \text{ m}}}$$

Předmět je třeba umístit 0,6 m před rozptylku.

34) Tenká čočka vytvoří obraz předmětu umístěného ve vzdálenosti 30 cm před čočkou ve vzdálenosti 20 cm za čočkou. Jaká je ohnisková vzdálenost čočky?

$$a = 30 \text{ cm}$$

$$a' = 20 \text{ cm}$$

$$f = ? \text{ (cm)}$$

Pro čočky platí zobrazovací rovnice

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{a' + a}{a \cdot a'} \quad \Rightarrow$$

$$f = \frac{a \cdot a'}{a' + a}$$

$$f = \frac{30 \cdot 20}{20 + 30} = 12$$

$$\underline{\underline{f = 12 \text{ cm}}}$$

Ohnisková vzdálenost čočky je 12 cm.

35) Dvojvypuklá čočka se stejnými poloměry křivosti 20 cm je vyrobena ze skla o indexu lomu 1,5. Jakou ohniskovou vzdálenost má čočka?

$$r_1 = r_2 = 20 \text{ cm}$$

$$n_1 = 1 \text{index lomu vzduchu}$$

$$n_2 = 1,5$$

$$f = ? \text{ (cm)}$$

Pro ohniskovou vzdálenost čočky platí

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1,5}{1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right) = 0,5 \cdot \frac{2}{20} = 0,05$$

$$f = \frac{1}{0,05} = 20$$

$$\underline{\underline{f = 20 \text{ cm}}}$$

Čočka má ohniskovou vzdálenost 20 cm.

- 36) Určete optickou mohutnost a ohniskovou vzdálenost tenké dvojbypuklé čočky umístěné ve vzduchu, jestliže její optické plochy mají stejný poloměr křivosti 0,5 m. Index lomu skla čočky je 1,5, index lomu vzduchu je přibližně 1.

$$r_1 = r_2 = 0,5 \text{ m}$$

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1,5$$

$$\varphi = ? \text{ (D)}$$

$$f = ? \text{ (m)}$$

Pro optickou mohutnost čočky platí

$$\varphi = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

V tomto případě lze vzorec díky zadaným hodnotám zjednodušit na

$$\varphi = \frac{1}{f} = (n_2 - 1) \cdot \left(\frac{2}{r_1} \right)$$

$$\varphi = (1,5 - 1) \cdot \left(\frac{2}{0,5} \right) = 2$$

$$\underline{\underline{\varphi = 2 \text{ D}}}$$

$$f = \frac{1}{\varphi}$$

$$f = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\underline{\underline{f = 0,5 \text{ m}}}$$

Optická mohutnost čočky je 2 D, ohnisková vzdálenost 0,5 m.

Poznámka: V tomto příkladu je lepší převést zadané veličiny na základní jednotky (v paprskové optice se tak nemusí dít pokaždé), jednotkou optické mohutnosti je totiž 1 dioptrie, respektive 1 m^{-1} .

37) Dvojvypuklá čočka se stejnými poloměry křivosti vyrobená ze skla o indexu lomu 1,5, má ve vodě o indexu lomu 1,33 optickou mohutnost 2 D. Určete poloměry křivosti.

$$n_1 = 1,33$$

$$n_2 = 1,5$$

$$\varphi = 2 \text{ D}$$

$$r_1 = r_2 = r = ? \text{ (m)}$$

Pro optickou mohutnost platí

$$\varphi = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

Protože $r_1 = r_2 = r$, pak platí

$$\varphi = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \frac{2}{r} \Rightarrow$$

$$r = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \frac{2}{\varphi}$$

$$r = \left(\frac{1,5}{1,33} - 1 \right) \cdot \frac{2}{2} = 0,1278$$

$$\underline{\underline{r = 0,1278 \text{ m} = 12,8 \text{ cm}}}$$

Poloměry křivosti dané čočky jsou 12,8 cm.

VLNOVÁ DÉLKA A FREKVENCE SVĚTLA

38) Vypočítejte frekvenci fialového světla, je-li jeho vlnová délka 390 nm.

Rychlost světla ve vakuu je $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$\lambda = 390 \text{ nm} = 390 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$f = ? \text{ (Hz)}$$

Pro vlnovou délku ve vakuu platí:

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{390 \cdot 10^{-9}} = 7,69 \cdot 10^{14}$$

$$\underline{\underline{f = 7,69 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}}$$

Frekvence fialového světla je $7,69 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.

- 39) Na průhledné optické prostředí, které má index lomu 1,2, dopadá světlo o frekvenci $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. Jakou má světlo v tomto prostředí vlnovou délku? Rychlost světla ve vakuu je $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$n = 1,2$$

$$f = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\lambda = ? \text{ (m)}$$

Pro vlnovou délku světla v daném průhledném optickém prostředí platí

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Ze vztahu pro index lomu platí

$$v = \frac{c}{n}$$

Dosazením toho vzorce do vztahu pro vlnovou délku dostáváme

$$\lambda = \frac{\frac{c}{n}}{f} \Rightarrow$$

$$\lambda = \frac{c}{fn}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{14} \cdot 1,2} = 5 \cdot 10^{-7}$$

$$\underline{\underline{\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}}}$$

Vlnová délka světla je $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

INTERFERENCE SVĚTLA

- 40) Dva koherentní světelné paprsky dopadají do určitého bodu s dráhovým rozdílem $3 \mu\text{m}$. Zjistěte, zda v tomto bodě nastává interferenční maximum. Řešte pro červené monofrekvenční světlo o vlnové délce 750 nm .

$$\Delta l = 3 \mu\text{m} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 750 \text{ nm} = 750 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$N = ?$$

Aby v daném bodě nastalo interferenční maximum, musí se dráhový rozdíl obou paprsků rovnat sudému počtu půlvln, tzn.

$$N = \frac{\Delta l}{\frac{\lambda}{2}} \Rightarrow$$

$$N = \frac{2\Delta l}{\lambda}$$

$$N = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{750 \cdot 10^{-9}} = 8$$

$$\underline{\underline{N = 8}}$$

V daném místě nastává pro červené světlo interferenční maximum, protože dráhový rozdíl je roven sudému násobku (8) půlvln.

- 41) Dva koherentní světelné paprsky dopadají do určitého bodu s dráhovým rozdílem $3 \mu\text{m}$. Zjistěte, zda v tomto bodě nastává interferenční minimum. Řešte pro fialové monofrekvenční světlo o vlnové délce 400 nm .

$$\Delta l = 3 \mu\text{m} = 3 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$\lambda = 400 \text{ nm} = 400 \cdot 10^{-9} \text{m}$$

$$N = ?$$

Aby v daném bodě nastalo interferenční minimum, musí se dráhový rozdíl obou paprsků rovnat lichému počtu půlvln, tzn.

$$N = \frac{\Delta l}{\frac{\lambda}{2}} \Rightarrow$$

$$N = \frac{2\Delta l}{\lambda}$$

$$N = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{400 \cdot 10^{-9}} = 8$$

$$\underline{\underline{N = 15}}$$

V daném místě nastává pro fialové světlo interferenční minimum, protože dráhový rozdíl je roven lichému násobku (15) půlvln.

OHYB SVĚTLA

42) Monofrekvenční světlo o vlnové délce 500 nm dopadá kolmo na optickou mřížku o periodě 10^{-2} mm. Určete úhel, o který se odchyluje maximum prvního řádu od směru kolmého k rovině mřížky.

$$\lambda = 500 \text{ nm} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$b = 10^{-2} \text{ mm} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$k = 1$$

$$\alpha = ? (^{\circ})$$

Monofrekvenční světlo dopadající kolmo na optickou mřížku se zesiluje ve směrech, pro které platí

$$\sin \alpha = k \frac{\lambda}{b}$$

$$\sin \alpha = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot 10^{-5}} = 0,05 \quad \Rightarrow$$

$$\underline{\underline{\alpha = 2^{\circ}52'}}$$

Maximum prvního řádu se od kolmého směru odchyluje o úhel $2^{\circ}52'$.

- 43) V ohybovém obrazci, který se vytvoří za mřížkou při kolmém dopadu monofrekvenčního světla, vzniká maximum druhého řádu pod ohybovým úhlem 14° . Pod jakým ohybovým úhlem vzniká maximum třetího řádu?

$$\alpha_2 = 14^\circ$$

$$k_2 = 2$$

$$k_3 = 3$$

$$\alpha_3 = ? (^\circ)$$

Pro ohybová maxima na mřížce platí

$$\sin \alpha_2 = k_2 \frac{\lambda}{b}$$

$$\sin \alpha_3 = k_3 \frac{\lambda}{b}$$

Jednoduchou úpravou dostáváme

$$\frac{\sin \alpha_3}{\sin \alpha_2} = \frac{k_3}{k_2} \Rightarrow$$

$$\sin \alpha_3 = \frac{k_3}{k_2} \sin \alpha_2$$

$$\sin \alpha_3 = \frac{3}{2} \sin 14^\circ = 0,363$$

$$\alpha_3 = \underline{\underline{21^\circ 16'}}$$

Maximum třetího řádu vzniká pod úhlem $21^\circ 16'$.

-
- 7) Vypočtete, pod jakým úhlem vzniká maximum 2. řádu při osvětlení ohybové mřížky s periodou $2 \mu\text{m}$ světlem o vlnové délce 750 nm .
-

$$b = 2 \mu\text{m} = 2 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

$$\lambda = 750 \text{ nm} = 750 \cdot 10^{-9} \text{m}$$

$$k = 2$$

$$\alpha = ?$$

Při řešení budeme vycházet z podmínky pro ohybové maximum na optické mřížce:

$$b \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda$$

Z této podmínky vyjádříme sinus ohybového úhlu α :

$$\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{b}$$

$$\sin \alpha_k = \frac{2 \cdot 750 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-6}} = 0,75$$

$$\underline{\underline{\alpha_k = 48^\circ 35'}}$$

Ohybové maximum 2. řádu vzniká pod ohybovým úhlem $48,6^\circ$.

- ❖ Na ohybovou mřížku dopadá žluté světlo o vlnové délce 590 nm. Určete, kolik vrypů má mřížka na 1 mm délky, jestliže se světlo ve směru ke 3. maximu odchyluje od směru kolmého k rovině mřížky o úhel 60° .

$$\lambda = 590 \text{ nm} = 590 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$k = 3$$

$$\alpha_k = 60^\circ$$

$$N = ?$$

Z rovnice pro ohybové maximum na optické mřížce vyjádříme mřížkovou konstantu:

$$b \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda$$

$$b = \frac{k \cdot \lambda}{\sin \alpha_k}$$

$$b = \frac{3 \cdot 590 \cdot 10^{-9}}{\sin 60^\circ} = 2,044 \cdot 10^{-6}$$

$$b = 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Počet vrypů na 1 mm délky vypočteme tak, že 1 mm vydělíme mřížkovou konstantou. Je třeba mít na paměti, že všechny veličiny musí být vyjádřeny v základních jednotkách!

$$N = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{b}$$

$$N = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{2,04 \cdot 10^{-6}} = 490,2$$

$$\underline{\underline{N \doteq 490}}$$

Ohybová mřížka má přibližně 490 vrypů na jeden mm délky.