Zadatak 161 (Vlatko, pomorska škola)

Predmet visok 7 cm nalazi se u žarištu konkavnog sfernog zrcala polumjera zakrivljenosti 30 cm. Odredite položaj slike.

Rješenje 161

y = 7 cm, r = 30 cm, a = f predmet je u žarištu zrcala, $f = \frac{r}{2} = \frac{30\ cm}{2} = 15\ cm,$

b = ?

Sferno zrcalo je dio kugline površine, tj. ono je kalota kugle. Jednadžba sfernog zrcala daje svezu između udaljenosti predmeta i slike od sfernog zrcala i fokalne daljine. Sferno zrcalo je dio kugline plohe kojoj je jedna strana glatka, tako da reflektira svjetlost. Sferna zrcala mogu biti udubljena (konkavna) ili izbočena (konveksna).

Uzmemo li kao ishodište tjeme zrcala i označimo li sa a udaljenost predmeta od tjemena, sa b udaljenost slike od tjemena, sa f udaljenost fokusa (žarišta) od tjemena i sa r polumjer zakrivljenosti zrcala, vrijede jednadžbe konjugacije sfernog zrcala:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad , \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r}.$$

Budući da se predmet nalazi u žarištu sfernog zrcala, za udaljenost b slike vrijedi:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \begin{bmatrix} \text{predmet je u} \\ \text{žarištu zrcala} \\ a = f \end{bmatrix} \Rightarrow \frac{1}{f} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = 0 \Rightarrow b = \infty.$$

Rezultat pokazuje da je slika predmeta beskonačno daleko. Slika predmeta ne postoji na konačnoj udaljenosti.

Vježba 161

Predmet visok 5 cm nalazi se u žarištu konkavnog sfernog zrcala polumjera zakrivljenosti 40 cm. Odredite položaj slike.

Rezultat: Slika je beskonačno daleko.

Zadatak 162 (Ivan, srednja škola)

Dvije kugle imaju jednake polumjere. Prva kugla je na 0 °C, a druga na 273 °C. Omjer njihovih snaga zračenja je:

$A.$ 1 : 273 $B.$ 1 : 4 $C.$ 1 : 16 $D.$ 1 : 2

Rješenje 162

$r_1 = r_2 = r$, $t_1 = 0$ °C => $T_1 = 273 + t_1 = (273 + 0)$ K = 273 K,
$t_2 = 273$ °C => $T_2 = 273 + t_2 = (273 + 273)$ K = 546 K, $P_1 : P_2 = ?$

Oplošje kugle polumjera r je:

$$O = 4 \cdot r^2 \cdot \pi.$$

Stefan-Boltzmannov zakon

Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jedinici vremena određuje se zakonom:

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4,$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, S površina tijela i σ Stefan-Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}\ \frac{W}{m^2 \cdot K^4}.$$

Dvije kugle imaju jednake polumjere pa su i njihova oplošja jednaka.

$$S_1 = S_2 = S.$$

Zato vrijedi:

$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{\sigma\cdot S\cdot T_1^4}{\sigma\cdot S\cdot T_2^4} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2}=\frac{\sigma\cdot S\cdot T_1^4}{\sigma\cdot S\cdot T_2^4} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2}=\frac{T_1^4}{T_2^4} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2}=\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^4 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2}=\left(\frac{273\ K}{546\ K}\right)^4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2}=\left(\frac{273\ K}{546\ K}\right)^4 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2}=\left(\frac{1}{2}\right)^4 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2}=\frac{1}{16} \Rightarrow P_1:P_2=1:16.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 162

Dvije kugle imaju jednake polumjere. Prva kugla je na 273 °C, a druga na 819 °C. Omjer njihovih snaga zračenja je:

A. 1 : 273 *B.* 1 : 4 *C.* 1 : 16 *D.* 1 : 2

Rezultat: C.

Zadatak 163 (Kruno, srednja škola)

Paralelan snop svjetlosti valne duljine 600 nm pada okomito na optičku rešetku. Optička rešetka ima 400 pukotina na svaki milimetar duljine. Vidi li se na ogibnoj slici svijetla pruga petog reda?

Rješenje 163

λ = 600 nm = 6 · 10^{-7} m, n = 400, l = 1 mm = 10^{-3} m, k = 5, sin α_5 = ?

Optička rešetka sastoji se od ekvidistantnih tijesno poredanih pukotina. Udaljenost između dviju pukotina zove se konstanta rešetke. Maksimum rasvjete dobit ćemo interferencijom u smjerovima koji zatvaraju kut α_k s okomicom na optičku mrežicu, tj. ako je

$$k\cdot\lambda=d\cdot\sin\alpha_k,\quad k=1,2,3,\ldots,n.$$

$$\left.\begin{array}{l} d\cdot\sin\alpha_k=k\cdot\lambda \\ d=\frac{l}{n} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{l}{n}\cdot\sin\alpha_k=k\cdot\lambda \Rightarrow \frac{l}{n}\cdot\sin\alpha_k=k\cdot\lambda\ /\cdot\frac{n}{l} \Rightarrow \sin\alpha_k=\frac{k\cdot\lambda\cdot n}{l} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin\alpha_5=\frac{5\cdot 6\cdot 10^{-7}\ m\cdot 400}{10^{-3}\ m} \Rightarrow \sin\alpha_5=1.2 \Rightarrow \left[\ \left|\sin\alpha_k\right|\le 1\ \right] \Rightarrow \begin{cases}\text{svijetlu prugu} \\ \text{5. reda ne vidimo}\end{cases}.$$

Vježba 163

Paralelan snop svjetlosti valne duljine 600 nm pada okomito na optičku rešetku. Optička rešetka ima 400 pukotina na svaki milimetar duljine. Vidi li se na ogibnoj slici svijetla pruga četvrtog reda?

Rezultat: $\sin\alpha_4=0.96 \Rightarrow \begin{cases}\text{svijetlu prugu} \\ \text{4. reda vidimo}\end{cases}.$

Zadatak 164 (MAX, tehnička škola)

Intenzitet Sunčeva elektromagnetskoga zračenja na udaljenosti 1.5 · 10^{11} m od središta Sunca iznosi 1400 W/m^2. Koliki je polumjer Sunca? Uzmite da je Sunce u obliku kugle i da zrači kao crno tijelo temperature 6000 K. Napomena: Površina kugle polumjera R određuje se izrazom $S=4\cdot\pi\cdot R^2$.
(Stefan – Boltzmannova konstanta $\sigma=5.67\cdot 10^{-8}\ \frac{W}{m^2\cdot T^4}$)

Rješenje 164

r_1 = 1.5 · 10^{11} m, I = 1400 W/m^2, T = 6000 K, $\sigma=5.67\cdot 10^{-8}\ \frac{W}{m^2\cdot T^4}$, r_2 = ?

Pri širenju valova kroz sredstvo prenosi se energija u smjeru širenja vala. Intenzitet I vala je energija koju val prenese u jediničnom vremenu kroz jediničnu površinu smještenu okomito na smjer širenja:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = I \cdot A.$$

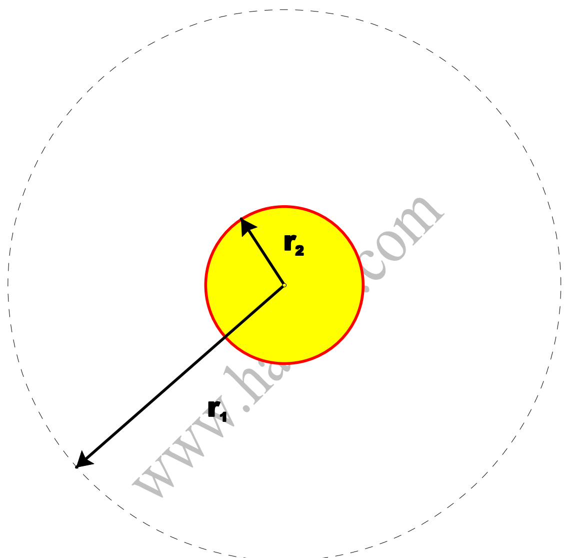
Stefan-Boltzmannov zakon

Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jedinici vremena određuje se zakonom:

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4,$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, A površina tijela i σ Stefan-Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}.$$



Pretpostavimo li da je Sunce u obliku kugle polumjera r_2 i da zrači kao crno tijelo temperature T, njegova snaga zračenja P iznosi:

$$\left.\begin{array}{l} P = \sigma \cdot A \cdot T^4 \\ A = 4 \cdot \pi \cdot r_2^2 \end{array}\right\} \Rightarrow P = \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_2^2 \cdot T^4.$$

Zbog te snage zračenja P intenzitet I Sunčeva elektromagnetskoga zračenja na udaljenosti r_1 od središta Sunca je:

$$\left.\begin{array}{l} I = \frac{P}{A} \\ A = 4 \cdot \pi \cdot r_1^2 \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} P = I \cdot A \\ A = 4 \cdot \pi \cdot r_1^2 \end{array}\right\} \Rightarrow P = I \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_1^2.$$

Polumjer Sunca r_2 iznosi:

$$\left.\begin{array}{l} P = \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_2^2 \cdot T^4 \\ P = I \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_1^2 \end{array}\right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacije} \end{array}\right] \Rightarrow \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_2^2 \cdot T^4 = I \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_1^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_2^2 \cdot T^4 = I \cdot 4 \cdot \pi \cdot r_1^2 \ / \cdot \frac{1}{\sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot T^4} \Rightarrow r_2^2 = \frac{I \cdot r_1^2}{\sigma \cdot T^4} \Rightarrow r_2^2 = \frac{I \cdot r_1^2}{\sigma \cdot T^4} \ / \sqrt{\ } \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r_2 = \sqrt{\frac{I \cdot r_1^2}{\sigma \cdot T^4}} \Rightarrow r_2 = \frac{r_1}{T^2} \cdot \sqrt{\frac{I}{\sigma}} = \frac{1.5 \cdot 10^{11} \ m}{(6000 \ K)^2} \cdot \sqrt{\frac{1400 \ \frac{W}{m^2}}{5.67 \cdot 10^{-8} \ \frac{W}{m^2 \cdot K^4}}} = 6.55 \cdot 10^8 \ m.$$

Vježba 164

Intenzitet Sunčeva elektromagnetskoga zračenja na udaljenosti $1.5 \cdot 10^8$ km od središta Sunca iznosi 1.4 kW/m^2. Koliki je polumjer Sunca? Uzmite da je Sunce u obliku kugle i da zrači kao crno tijelo temperature 6000 K. Napomena: Površina kugle polumjera R određuje se izrazom $S = 4 \cdot \pi \cdot R^2$. (Stefan – Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \ \frac{W}{m^2 \cdot T^4}$)

Rezultat: $6.55 \cdot 10^8$ m.

Zadatak 165 (Dino, srednja škola)

Kolika je konstanta optičke rešetke koja otklanja zraku zelene živine svjetlosti valne duljine $\lambda = 5.461 \cdot 10^{-4}$ mm u spektru prvog reda za 3° 8'?

Rješenje 165

$\lambda = 5.461 \cdot 10^{-4}$ mm $= 5.461 \cdot 10^{-7}$ m, $k = 1$, $\alpha_1 = 3° \ 8'$, $d = ?$

Optička rešetka sastoji se od ekvidistantnih tijesno poredanih pukotina. Udaljenost između dviju pukotina zove se konstanta rešetke. Maksimum rasvjete dobit ćemo interferencijom u smjerovima koji zatvaraju kut α_k s okomicom na optičku mrežicu, tj. ako je

$$k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_k, \ k = 1, 2, 3, \ldots, n.$$

$$\left.\begin{array}{l} d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda \\ k = 1 \end{array}\right\} \Rightarrow d \cdot \sin \alpha_1 = 1 \cdot \lambda \Rightarrow d \cdot \sin \alpha_1 = \lambda \ / \cdot \frac{1}{\sin \alpha_1} \Rightarrow d = \frac{\lambda}{\sin \alpha_1} =$$

$$= \frac{5.461 \cdot 10^{-7} \ m}{\sin 3^0 8'} = 9.99 \cdot 10^{-6} \ m \approx 10^{-5} \ m.$$

Vježba 165

Kolika je konstanta optičke rešetke koja otklanja zraku zelene živine svjetlosti valne duljine $\lambda = 5.461 \cdot 10^{-5}$ cm u spektru prvog reda za 3° 8'?

Rezultat: 10^{-5} m.

Zadatak 166 (Dino, srednja škola)

Optička rešetka ima 6000 zareza na 1 cm i otklanja monokromatsku svjetlost u spektru drugog reda za 30°. Kolika je valna duljina svjetlosti?

Rješenje 166

$n = 6000$, $l = 1$ cm $= 0.01$ m, $k = 2$, $\alpha = 30°$, $\lambda = ?$

Optička rešetka sastoji se od ekvidistantnih tijesno poredanih pukotina. Udaljenost između dviju pukotina zove se konstanta rešetke. Maksimum rasvjete dobit ćemo interferencijom u smjerovima koji zatvaraju kut α_k s okomicom na optičku mrežicu, tj. ako je

$$k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_k, \ k = 1, 2, 3, \ldots, m.$$

Konstanta optičke rešetke d jednaka je razmaku između susjednih pukotina.

$$d = \frac{l}{n}.$$

$$\left. \begin{array}{l} d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda \\ d = \frac{l}{n} \;,\; k = 2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{l}{n} \cdot \sin \alpha_2 = 2 \cdot \lambda \Rightarrow 2 \cdot \lambda = \frac{l}{n} \cdot \sin \alpha_2 \Rightarrow 2 \cdot \lambda = \frac{l}{n} \cdot \sin \alpha_2 \; / \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{l \cdot \sin \alpha_2}{2 \cdot n} = \frac{0.01\ m \cdot \sin 30^0}{2 \cdot 6000} = 4.17 \cdot 10^{-7}\ m.$$

Vježba 166

Optička rešetka ima 12000 zareza na 2 cm i otklanja monokromatsku svjetlost u spektru drugog reda za 30°. Kolika je valna duljina svjetlosti?

Rezultat: $4.17 \cdot 10^{-7}$ m.

Zadatak 167 (Max, gimnazija)

Pri fotografiranju osvjetljivač na fotoaparatu (fleš) osvijetli osobu na udaljenosti 2 m sa 10000 lx. Koliko je osvijetlio osobu koja je udaljena 3 m?

Rješenje 167

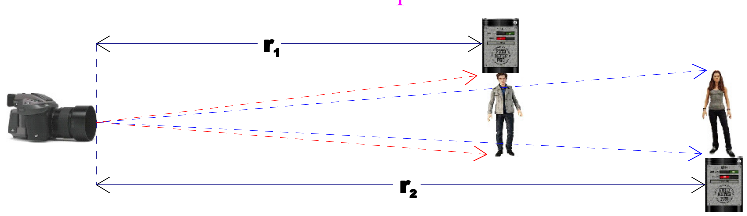
$r_1 = 2$ m, $E_1 = 10000$ lx, $r_2 = 3$ m, $E_2 = ?$

Svjetlost kojom osvjetljavamo neku plohu opisujemo veličinom osvjetljenje, E_S, a iskazujemo je jedinicom luks (znak lx).

Lambertov zakon

Pri točkastom izvoru svjetlosti osvjetljenje je obrnuto razmjerno kvadratu udaljenosti od izvora svjetlosti.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$



$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \; / \cdot E_1 \Rightarrow E_2 = \frac{r_1^2}{r_2^2} \cdot E_1 \Rightarrow E_2 = \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \cdot E_1 =$$

$$= \left(\frac{2\ m}{3\ m} \right)^2 \cdot 10000\ lx = \left(\frac{2\ m}{3\ m} \right)^2 \cdot 10000\ lx = \left(\frac{2}{3} \right)^2 \cdot 10000\ lx = \frac{4}{9} \cdot 10000\ lx = 4444.44\ lx.$$

Vježba 167

Pri fotografiranju osvjetljivač na fotoaparatu (fleš) osvijetli osobu na udaljenosti 4 m sa 10000 lx. Koliko je osvijetlio osobu koja je udaljena 6 m?

Rezultat: 4444.44 lx.

Zadatak 168 (Vesna, gimnazija)

Razmak između objektiva i okulara nekog teleskopa je 210 cm. Okular ima žarišnu daljinu 10 cm. Koliko je sveukupno povećanje teleskopa?

Rješenje 168

$D = 210$ cm, $f_{ok} = 10$ cm, $M = ?$

Teleskop i dalekozor služe za promatranje dalekih i vrlo dalekih objekata. Ako je predmet u neizmjernosti, udaljenost je objektiva od okulara dana izrazom

$$D = f_{ob} + f_{ok}.$$

Ukupno povećanje M jednako je omjeru fokalne daljine objektiva f_{ob} i okulara f_{ok}.

$$M = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}.$$

Računamo ukupno povećanje M:

$$\left.\begin{array}{l} D = f_{ob} + f_{ok} \\ M = \dfrac{f_{ob}}{f_{ok}} \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} f_{ob} = D - f_{ok} \\ M = \dfrac{f_{ob}}{f_{ok}} \end{array}\right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array}\right] \Rightarrow M = \frac{D - f_{ok}}{f_{ok}} =$$

$$= \frac{210\ cm - 10\ cm}{10\ cm} = 20.$$

Vježba 168

Razmak između objektiva i okulara nekog teleskopa je 220 cm. Okular ima žarišnu daljinu 10 cm. Koliko je sveukupno povećanje teleskopa?

Rezultat: $M = 21.$

Zadatak 169 (Ivana, gimnazija)

Predmet i slika moraju biti udaljeni 1 m. Gdje treba postaviti leću žarišne daljine 16 cm da se dobije realna slika?

Rješenje 169

$d = 1$ m, $f = 16$ cm $= 0.16$ m, $a = ?$, $b = ?$

Leće su prozirna tijela, omeđena dvjema sfernim plohama, od kojih jedna može biti ravnina. Leće širokog ruba jesu divergentne (ili konkavne, ili rastresne), a leće tankog ruba konvergentne (ili konveksne, ili sabirne). Jednadžba je tanke leće

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f},$$

gdje je a udaljenost predmeta i b udaljenost slike od leće, a f fokalna daljina leće.
Prema uvjetu zadatka dobijemo sustav jednadžbi koji preoblikujemo u kvadratnu jednadžbu.

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{b} = \dfrac{1}{f} \\ a + b = d \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} \dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{b} = \dfrac{1}{f} \quad / \cdot a \cdot b \cdot f \\ a + b = d \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} b \cdot f + a \cdot f = a \cdot b \\ a + b = d \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} f \cdot (b + a) = a \cdot b \\ a + b = d \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\left.\begin{array}{l} f\cdot(a+b)=a\cdot b \\ \Rightarrow\ a+b=d \\ b=d-a \end{array}\right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l}\text{metoda}\\ \text{supstitucije}\end{array}\right] \Rightarrow f\cdot d=a\cdot(d-a) \Rightarrow f\cdot d=a\cdot d-a^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a^2-d\cdot a+f\cdot d=0 \Rightarrow \left[\begin{array}{l}\text{kvadratna jednadžba}\\ \text{po varijabli } a\end{array}\right] \Rightarrow \left.\begin{array}{l} a^2-d\cdot a+f\cdot d=0 \\ a=1\ ,\ b=-d\ ,\ c=f\cdot d \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left.\begin{array}{l} a=1\ ,\ b=-d\ ,\ c=f\cdot d \\ a_{1,2}=\dfrac{-b\pm\sqrt{b^2-4\cdot a\cdot c}}{2\cdot a} \end{array}\right\} \Rightarrow a_{1,2}=\frac{-(-d)\pm\sqrt{(-d)^2-4\cdot 1\cdot f\cdot d}}{2\cdot 1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_{1,2}=\frac{d\pm\sqrt{d^2-4\cdot f\cdot d}}{2} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} d=1\ m \\ f=0.16\ m \end{array}\right] \Rightarrow a_{1,2}=\frac{1\pm\sqrt{1^2-4\cdot 0.16\cdot 1}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_{1,2}=\frac{1\pm\sqrt{1-0.64}}{2} \Rightarrow a_{1,2}=\frac{1\pm\sqrt{0.36}}{2} \Rightarrow a_{1,2}=\frac{1\pm 0.6}{2} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} a_1=\dfrac{1+0.6}{2} \\ a_2=\dfrac{1-0.6}{2} \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left.\begin{array}{l} a_1=\dfrac{1.6}{2} \\ a_2=\dfrac{0.4}{2} \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} a_1=0.8 \\ a_2=0.2 \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} a_1=0.8\ m \\ a_2=0.2\ m \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} a_1=0.8\ m \\ a_2=0.2\ m \end{array}\right\}.$$

Računamo b.

- $\left.\begin{array}{l} b=d-a \\ a=0.8\ m \end{array}\right\} \Rightarrow b=1\ m-0.8\ m \Rightarrow b_1=0.2\ m.$
- $\left.\begin{array}{l} b=d-a \\ a=0.2\ m \end{array}\right\} \Rightarrow b=1\ m-0.2\ m \Rightarrow b_2=0.8\ m.$

Postoje dvije mogućnosti:

$$(a_1, b_1)=(0.8\ m, 0.2\ m) \quad , \quad (a_2, b_2)=(0.2\ m, 0.8\ m).$$

Vježba 169

Predmet i slika moraju biti udaljeni 10 dm. Gdje treba postaviti leću žarišne daljine 160 mm da se dobije realna slika?

Rezultat: $(a_1, b_1)=(80\ cm, 20\ cm) \quad , \quad (a_2, b_2)=(20\ cm, 80\ cm).$

Zadatak 169 (Pepa96, opća gimnazija)

Monokromatska svjetlost upada okomito na pukotinu širine $2 \cdot 10^{-3}$ mm. Ako je kut između prvih tamnih pruga oko središnjeg maksimuma 37°, kolika je valna duljina svjetlosti kojom obasjavamo pukotinu?

Rješenje 169

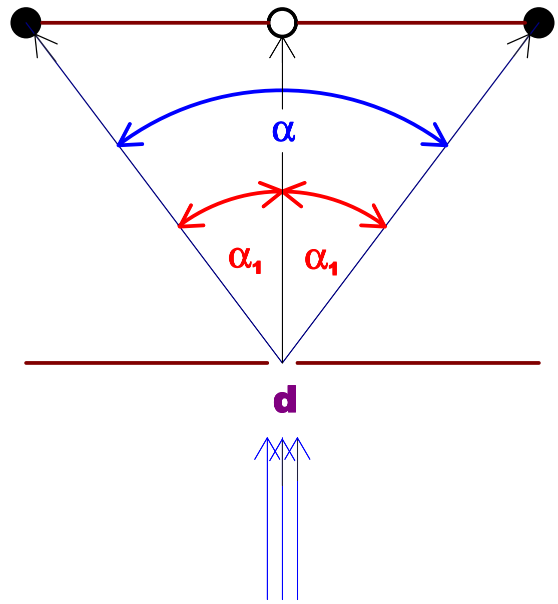
$d = 2 \cdot 10^{-3}$ mm $= 2 \cdot 10^{-6}$ m, $\alpha = 37°$ => $\alpha_1 = \dfrac{\alpha}{2} = 18.5°$, $\lambda = ?$

Ogib ili difrakcija svjetlosti

Pri ogibu na jednoj pukotini minimum svjetlosti nastaje kad je

$$d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda,$$

gdje je d širina pukotine, α_k ogibni kut zrake svjetlosti, λ valna duljina svjetlosti, k = 1, 2, 3, ….



$$d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda \Rightarrow \begin{bmatrix} k = 1 \\ \alpha_1 = 18.5^0 \end{bmatrix} \Rightarrow d \cdot \sin \alpha_1 = 1 \cdot \lambda \Rightarrow d \cdot \sin \alpha_1 = \lambda \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda = d \cdot \sin \alpha_1 = 2 \cdot 10^{-6} \ m \cdot \sin 18.5^0 = 0.000\,000\,635 \ m = 635 \ nm.$$

Vježba 169

Monokromatska svjetlost upada okomito na pukotinu širine $1 \cdot 10^{-3}$ mm. Ako je kut između prvih tamnih pruga oko središnjeg maksimuma 37°, kolika je valna duljina svjetlosti kojom obasjavamo pukotinu?

Rezultat: 317 nm.

Zadatak 170 (Vilim, gimnazija)

Promjer Sunčevog diska na nebu vidi se pod kutom α = 30 '. Pomoću leće žarišne daljine f = 10 cm na papiru dobije se njegova oštra slika. Koliki je polumjer diska na papiru?

Rješenje 170

α = 30 ', f = 10 cm = 0.1 m, r = ?

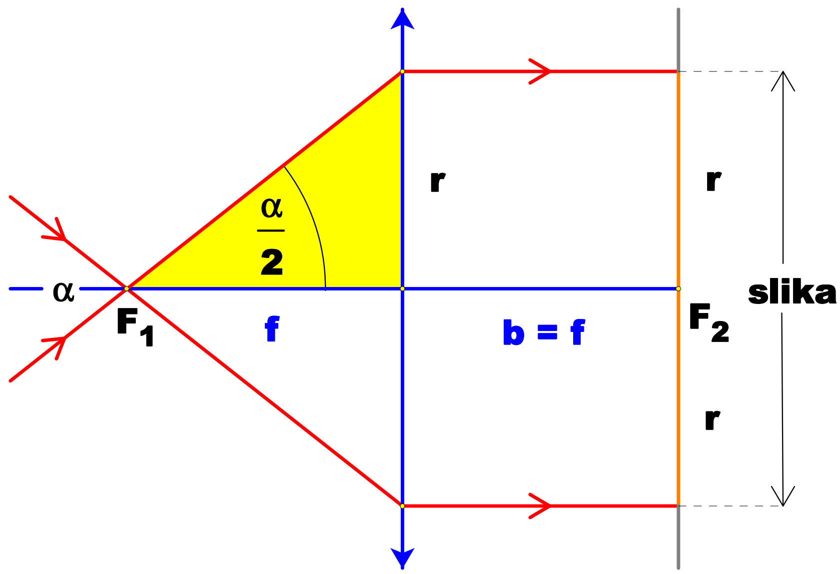
Leće su prozirna tijela, omeđena dvjema sfernim plohama, od kojih jedna može biti ravnina. Leće širokog ruba jesu divergentne (ili konkavne, ili rastresne), a leće tankog ruba konvergentne (ili konveksne, ili sabirne). Jednadžba je tanke leće

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f},$$

gdje je a udaljenost predmeta i b udaljenost slike od leće, a f fokalna daljina leće.
Zbog velike udaljenosti pretpostavljamo da se Sunce nalazi u beskonačnosti, tj. a = ∞. Tada uvrštavanjem u jednadžbu leće dobijemo

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow 0 + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = f.$$

Udaljenost slike od leće jednaka je fokalnoj daljini leće.
Uočimo pravokutan trokut čije su katete r i f te pomoću funkcije tangens izračunamo r.



$$tg\frac{\alpha}{2}=\frac{r}{f}\ \Rightarrow\ tg\frac{\alpha}{2}=\frac{r}{f}\ /\cdot f\ \Rightarrow\ r=f\cdot tg\frac{\alpha}{2}=0.1\ m\cdot tg\frac{30'}{2}=0.1\ m\cdot tg\,15'=0.000436\ m=0.436\ mm.$$

Vježba 170

Kako je velika slika (promjer) Sunca koju stvara konvergentna leća fokalne daljine 50 cm? Prividni promjer Sunca α = 32'.

Rezultat: 0.465 cm.

Zadatak 171 (Ero, gimnazija)

Kod Newtonovih stakala polumjer zakrivljenosti leće je 3.5 m. Koliki je promjer drugog svijetlog kolobara, ako staklo obasjamo monokromatskom svjetlošću valne duljine $5.085\cdot10^{-7}$ m?

Rješenje 171

R = 3.5 m, λ = $5.085\cdot10^{-7}$ m, d_2 = ?

Newtonova stakla, Newtonovi kolobari nastaju refleksijom na plohama plankonveksne leće i planparalelne ploče. (Umjesto toga mogu se uzeti primjerice konkavna i konveksna strana različittih polumjera zakrivljenosti dviju leća). Kod Newtonovih kolobara se u monokromatskoj svjetlosti dobivaju tamni i svijetli kolobari, a u polikromatskoj svjetlosti obojeni. U reflektiranom svjetlu polumjer svijetlog kolobara k – tog reda iznosi:

$$r_k=\sqrt{\frac{(2\cdot k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2\cdot n}}\ ,\ k=1,\ 2,\ 3,\ \ldots,$$

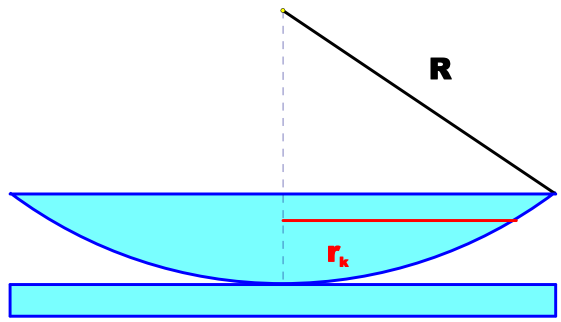
gdje je R polumjer zakrivljenosti leće, λ valna duljina svjetlosti, n indeks loma sredstva koje se nalazi između stakala. U reflektiranom svjetlu polumjer svijetlog kolobara k – tog reda ako je između leća sloj zraka iznosi:

$$r_k=\sqrt{\frac{(2\cdot k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2}}\ ,\ k=1,\ 2,\ 3,\ \ldots,$$

gdje je R polumjer zakrivljenosti leće, λ valna duljina svjetlosti.
Računamo promjer drugog kolobara.

$$\left.\begin{array}{l} d_k=2\cdot r_k \\ r_k=\sqrt{\dfrac{(2\cdot k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2}} \end{array}\right\}\Rightarrow d_k=2\cdot\sqrt{\frac{(2\cdot k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2}}\Rightarrow\begin{bmatrix} k=2 \\ R=3.5\ m \\ \lambda=5.085\cdot10^{-7}\ m\end{bmatrix}\Rightarrow$$

$$\Rightarrow d_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{(2 \cdot 2 - 1) \cdot 3.5\ m \cdot 5.085 \cdot 10^{-7}\ m}{2}} = 3.268 \cdot 10^{-3}\ m = 3.268\ mm.$$



Vježba 171

Kod Newtonovih stakala polumjer zakrivljenosti leće je 350 cm. Koliki je promjer drugog svijetlog kolobara, ako staklo obasjamo monokromatskom svjetlošću valne duljine $5.085 \cdot 10^{-7}$ m?

Rezultat: 3.268 mm.

Zadatak 172 (Emma, gimnazija)

Koliki je polumjer zakrivljenosti leće kod Newtonovih kolobara ako 20. svijetli kolobar ima polumjer 9.21 mm, a stakla su obasjana monokromatskom svjetlošću valne duljine $5.431 \cdot 10^{-4}$ mm?

Rješenje 172

$k = 20$, $r_{20} = 9.21$ mm $= 9.21 \cdot 10^{-3}$ m, $\lambda = 5.431 \cdot 10^{-4}$ mm $= 5.431 \cdot 10^{-7}$ m, $R = ?$

Newtonova stakla, Newtonovi kolobari nastaju refleksijom na plohama plankonveksne leće i planparalelne ploče. (Umjesto toga mogu se uzeti primjerice konkavna i konveksna strana različittih polumjera zakrivljenosti dviju leća). Kod Newtonovih kolobara se u monokromatskoj svjetlosti dobivaju tamni i svijetli kolobari, a u polikromatskoj svjetlosti obojeni. U reflektiranom svjetlu polumjer svijetlog kolobara k – tog reda iznosi:

$$r_k = \sqrt{\frac{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda}{2 \cdot n}} \quad , \quad k = 1, 2, 3, \ldots ,$$

gdje je R polumjer zakrivljenosti leće, λ valna duljina svjetlosti, n indeks loma sredstva koje se nalazi između stakala. U reflektiranom svjetlu polumjer svijetlog kolobara k – tog reda ako je između leća sloj zraka iznosi:

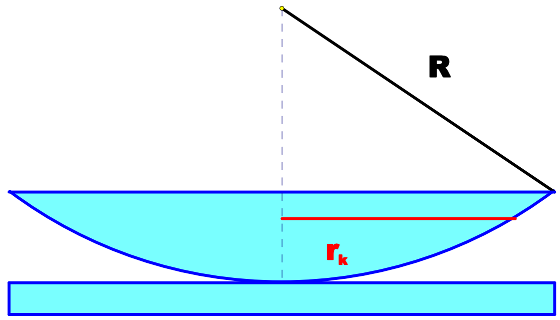
$$r_k = \sqrt{\frac{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda}{2}} \quad , \quad k = 1, 2, 3, \ldots ,$$

gdje je R polumjer zakrivljenosti leće, λ valna duljina svjetlosti.
Računamo polumjer zakrivljenosti leće.

$$r_k = \sqrt{\frac{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda}{2}} \Rightarrow r_k = \sqrt{\frac{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda}{2}} \ /^2 \Rightarrow r_k^2 = \frac{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r_k^2 = \frac{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda}{2} \ / \cdot \frac{2}{(2 \cdot k - 1) \cdot \lambda} \Rightarrow \frac{2 \cdot r_k^2}{(2 \cdot k - 1) \cdot \lambda} = R \Rightarrow R = \frac{2 \cdot r_k^2}{(2 \cdot k - 1) \cdot \lambda} \Rightarrow [k = 20] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R = \frac{2 \cdot r_{20}^2}{(2 \cdot 20 - 1) \cdot \lambda} \Rightarrow \begin{bmatrix} r_{20} = 9.21 \cdot 10^{-3}\ m \\ \lambda = 5.431 \cdot 10^{-7}\ m \end{bmatrix} \Rightarrow R = \frac{2 \cdot \left(9.21 \cdot 10^{-3}\ m\right)^2}{(2 \cdot 20 - 1) \cdot 5.431 \cdot 10^{-7}\ m} = 8.01\ m.$$



Vježba 172

Koliki je polumjer zakrivljenosti leće kod Newtonovih kolobara ako 20. svijetli kolobar ima polumjer 0.921 cm, a stakla su obasjana monokromatskom svjetlošću valne duljine $5.431 \cdot 10^{-7}$ m?

Rezultat: 8.01 m.

Zadatak 173 (Moni7, gimnazija)

Udaljenost između 5. i 25. Newtonovog svijetlog prstena iznosi 9 mm. Polumjer zakrivljenosti leće je 15 m. Kolika je valna duljina svjetlosti koja pada okomito na leću ako se spomenuti prsteni vide u snopu koji je prošao kroz sustav?

Rješenje 173

$k_1 = 5$, $k_2 = 25$, $d = 9$ mm $= 0.009$ m, $R = 15$ m, $\lambda = ?$

Newtonova stakla, Newtonovi kolobari nastaju refleksijom na plohama plankonveksne leće i planparalelne ploče. (Umjesto toga mogu se uzeti primjerice konkavna i konveksna strana različitih polumjera zakrivljenosti dviju leća). Kod Newtonovih kolobara se u monokromatskoj svjetlosti dobivaju tamni i svijetli kolobari, a u polikromatskoj svjetlosti obojeni. U prolaznom svjetlu polumjer svijetlog kolobara k – tog reda iznosi:

$$r_k = \sqrt{\frac{k \cdot R \cdot \lambda}{n}} \;, \; k = 1, 2, 3, \ldots ,$$

gdje je R polumjer zakrivljenosti leće, λ valna duljina svjetlosti, n indeks loma sredstva koje se nalazi između stakala. U prolaznom svjetlu polumjer svijetlog kolobara k – tog reda ako je između leća sloj zraka iznosi:

$$r_k = \sqrt{k \cdot R \cdot \lambda} \;, \; k = 1, 2, 3, \ldots ,$$

gdje je R polumjer zakrivljenosti leće, λ valna duljina svjetlosti.
Računamo valnu duljinu svjetlosti koja pada okomito na leću ako se spomenuti prsteni vide u snopu koji je prošao kroz sustav. Formule za polumjer 25. i 5. Newtonovog svijetlog prstena glase:

- $$\left.\begin{array}{l} k = 25 \\ r_k = \sqrt{k \cdot R \cdot \lambda} \end{array}\right\} \Rightarrow r_{25} = \sqrt{25 \cdot R \cdot \lambda} \Rightarrow r_{25} = 5 \cdot \sqrt{R \cdot \lambda}.$$
- $$\left.\begin{array}{l} k = 5 \\ r_k = \sqrt{k \cdot R \cdot \lambda} \end{array}\right\} \Rightarrow r_5 = \sqrt{5 \cdot R \cdot \lambda} \Rightarrow r_5 = \sqrt{5} \cdot \sqrt{R \cdot \lambda}.$$

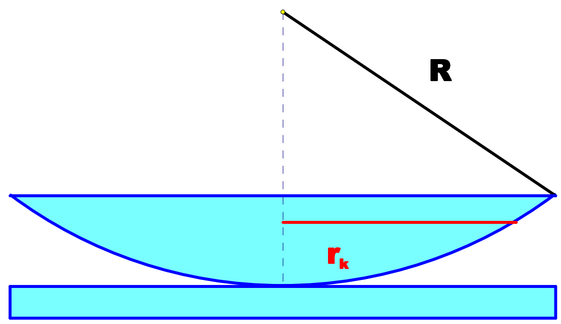
Tada je:

$$r_{25} - r_5 = d \Rightarrow 5 \cdot \sqrt{R \cdot \lambda} - \sqrt{5} \cdot \sqrt{R \cdot \lambda} = d \Rightarrow \sqrt{R \cdot \lambda} \cdot \left(5 - \sqrt{5}\right) = d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{R \cdot \lambda} \cdot \left(5 - \sqrt{5}\right) = d \;/ \cdot \frac{1}{5 - \sqrt{5}} \Rightarrow \sqrt{R \cdot \lambda} = \frac{d}{5 - \sqrt{5}} \Rightarrow \sqrt{R \cdot \lambda} = \frac{d}{5 - \sqrt{5}} \;/^{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R \cdot \lambda = \left(\frac{d}{5 - \sqrt{5}} \right)^2 \Rightarrow R \cdot \lambda = \left(\frac{d}{5 - \sqrt{5}} \right)^2 \quad / \cdot \frac{1}{R} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{R} \cdot \left(\frac{d}{5 - \sqrt{5}} \right)^2 =$$

$$= \frac{1}{15 \, m} \cdot \left(\frac{0.009 \, m}{5 - \sqrt{5}} \right)^2 = 7.069 \cdot 10^{-7} \, m.$$



Vježba 173

Udaljenost između 5. i 25. Newtonovog svijetlog prstena iznosi 0.9 cm. Polumjer zakrivljenosti leće je 150 dm. Kolika je valna duljina svjetlosti koja pada okomito na leću ako se spomenuti prsteni vide u snopu koji je prošao kroz sustav?

Rezultat: $7.069 \cdot 10^{-7} \, m.$

Zadatak 174 (Spektar, gimnazija)

Leća kod Newtonovih kolobara ima polumjer zakrivljenosti R. Stakla su obasjana monokromatskom svjetlošću valne duljine λ. Prvi svijetli kolobar ima polumjer $5 \cdot 10^{-4}$ m. Ako između stakala stavimo vodu čiji je indeks loma $n = \frac{4}{3}$, koliki će sada biti polumjer prvog svijetlog kolobara?

Rješenje 174

R, λ, $r_1 = 5 \cdot 10^{-4}$ m, $n = \frac{4}{3}$, $r_1' = ?$

Newtonova stakla, Newtonovi kolobari nastaju refleksijom na plohama plankonveksne leće i planparalelne ploče. (Umjesto toga mogu se uzeti primjerice konkavna i konveksna strana različitith polumjera zakrivljenosti dviju leća). Kod Newtonovih kolobara se u monokromatskoj svjetlosti dobivaju tamni i svijetli kolobari, a u polikromatskoj svjetlosti obojeni. U reflektiranom svjetlu polumjer svijetlog kolobara k – tog reda iznosi:

$$r_k = \sqrt{\frac{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda}{2 \cdot n}} \ , \ k = 1, 2, 3, \ldots ,$$

gdje je R polumjer zakrivljenosti leće, λ valna duljina svjetlosti, n indeks loma sredstva koje se nalazi između stakala. U reflektiranom svjetlu polumjer svijetlog kolobara k – tog reda ako je između leća sloj zraka iznosi:

$$r_k = \sqrt{\frac{(2 \cdot k - 1) \cdot R \cdot \lambda}{2}} \ , \ k = 1, 2, 3, \ldots ,$$

gdje je R polumjer zakrivljenosti leće, λ valna duljina svjetlosti.
Računamo polumjer prvog svijetlog kolobara, ako između stakala stavimo vodu. Formule za polumjere 1. Newtonovog svijetlog prstena glase:

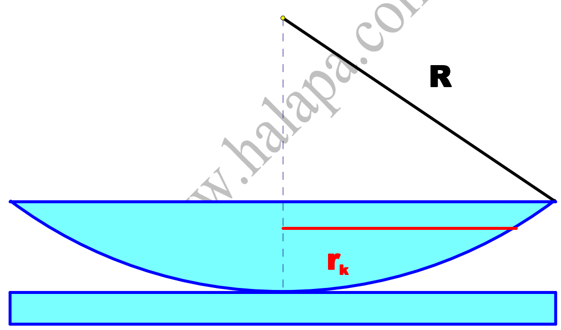
- $$\left.\begin{array}{l} k=1 \\ r_k' = \sqrt{\dfrac{(2\cdot k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2\cdot n}} \\ \text{između stakala je voda} \end{array}\right\} \Rightarrow r_1' = \sqrt{\frac{(2\cdot 1-1)\cdot R\cdot\lambda}{2\cdot n}} \Rightarrow r_1' = \sqrt{\frac{R\cdot\lambda}{2\cdot n}}.$$

- $$\left.\begin{array}{l} k=1 \\ r_k = \sqrt{\dfrac{(2\cdot k-1)\cdot R\cdot\lambda}{2}} \\ \text{između stakala je zrak} \end{array}\right\} \Rightarrow r_1 = \sqrt{\frac{(2\cdot 1-1)\cdot R\cdot\lambda}{2}} \Rightarrow r_1 = \sqrt{\frac{R\cdot\lambda}{2}}.$$

Promatramo omjer:

$$\frac{r_1'}{r_1} = \frac{\sqrt{\dfrac{R\cdot\lambda}{2\cdot n}}}{\sqrt{\dfrac{R\cdot\lambda}{2}}} \Rightarrow \frac{r_1'}{r_1} = \sqrt{\frac{\dfrac{R\cdot\lambda}{2\cdot n}}{\dfrac{R\cdot\lambda}{2}}} \Rightarrow \frac{r_1'}{r_1} = \sqrt{\frac{\dfrac{R\cdot\lambda}{2\cdot n}}{\dfrac{R\cdot\lambda}{2}}} \Rightarrow \frac{r_1'}{r_1} = \sqrt{\frac{1}{n}} \Rightarrow \frac{r_1'}{r_1} = \frac{1}{\sqrt{n}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{r_1'}{r_1} = \frac{1}{\sqrt{n}} \;/\cdot r_1 \Rightarrow r_1' = \frac{r_1}{\sqrt{n}} = \frac{5\cdot 10^{-4}\ m}{\sqrt{\dfrac{4}{3}}} = 4.33\cdot 10^{-4}\ m = 0.433\ mm.$$



Vježba 174

Leća kod Newtonovih kolobara ima polumjer zakrivljenosti R. Stakla su obasjana monokromatskom svjetlošću valne duljine λ. Prvi svijetli kolobar ima polumjer 0.5 mm. Ako između stakala stavimo vodu čiji je indeks loma $n = \frac{4}{3}$, koliki će sada biti polumjer prvog svijetlog kolobara?

Rezultat: 0.433 mm.

Zadatak 175 (Domagoj, strukovna škola)

Čovjek visok 1.8 m stoji uspravno ispred ravnoga zrcala u kojem se vidi u cijelosti. Kakva je slika čovjeka u zrcalu?

$A.$ realna, visoka $1.8\ m$ $\qquad$ $B.$ virtualna, visoka $1.8\ m$

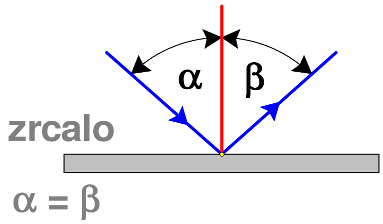
$C.$ realna, veća od $1.8\ m$ $\qquad$ $D.$ virtualna, veća od $1.8\ m$

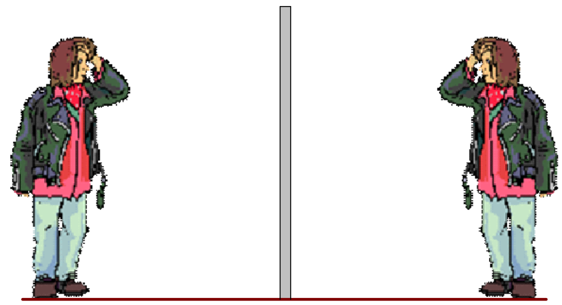
Rješenje 175

h = 1.8 m

Ako zraka svjetlosti pada na ravno zrcalo, tj. na ravninu koja odbija ili reflektira zrake svjetlosti, onda upadna zraka, okomica na granicu sredstva u upadnoj točki i reflektirana zraka leže u istoj ravnini okomitoj na ravninu zrcala. Upadnim kutom α zovemo kut između upadne zrake i okomice, a kutom odraza ili refleksije β kut između reflektirane zrake i okomice. Kut upada α jednak je kutu refleksije β:

Slika u ravnom zrcalu simetrična je s predmetom i virtualna (prividna). Slika je uspravna i jednaka je veličini predmeta.





Slika čovjeka koji stoji ispred ravnog zrcala je virtualna i visoka kao i čovjek, 1.8 m.
Odgovor je pod B.

Vježba 175

Čovjek visok 1.7 m stoji uspravno ispred ravnoga zrcala u kojem se vidi u cijelosti. Kakva je slika čovjeka u zrcalu?

$A.$ realna, visoka 1.7 m $B.$ virtualna, visoka 1.7 m
$C.$ realna, manja od 1.7 m $D.$ virtualna, manja od 1.7 m

Rezultat: B.

Zadatak 176 (Darko, strukovna škola)

Tijekom 5 s kružna ploča grijalice promjera 0.1 m u okolinu izrači 500 J energije. Kolika je temperatura ploče? Temperatura ploče se za vrijeme zračenja ne mijenja. Zanemarite debljinu ploče.
(Stefan-Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$)

Rješenje 176

t = 5 s, d = 0.1 m, E = 500 J, $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$, T = ?

Stefan-Boltzmannov zakon

Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jedinici vremena određuje se zakonom:

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4,$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, S površina tijela i σ Stefan-Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}.$$

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t}.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu.

Ako je d promjer kruga njegova površina glasi:

$$S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}.$$

Primjenom formula za snagu zračenja crnog tijela i površinu kružne ploče dobivamo njezinu temperaturu:

$$\left. \begin{array}{l} P = \frac{E}{t} \\ S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \\ P = \sigma \cdot S \cdot T^4 \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{zamjene} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{E}{t} = \sigma \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot T^4 \Rightarrow \frac{E}{t} = \sigma \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot T^4 \ / \cdot \frac{4}{\sigma \cdot d^2 \cdot \pi} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T^4 = \frac{4 \cdot E}{t \cdot \sigma \cdot d^2 \cdot \pi} \Rightarrow T^4 = \frac{4 \cdot E}{t \cdot \sigma \cdot d^2 \cdot \pi} \ / \sqrt[4]{\ } \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E}{t \cdot \sigma \cdot d^2 \cdot \pi}} =$$

$$= \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 500\ J}{5\ s \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \cdot (0.1\ m)^2 \cdot \pi}} = 688.39\ K.$$

Vježba 176

Tijekom 5 s kružna ploča grijalice promjera 0.2 m u okolinu izrači 2 kJ energije. Kolika je temperatura ploče? Temperatura ploče se za vrijeme zračenja ne mijenja. Zanemarite debljinu ploče. (Stefan-Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$)

Rezultat: 688.39 K.

Zadatak 177 (Tomislav, tehnička škola)

Kolika je konstanta optičke rešetke ako se spektar petoga reda svjetlosti valne duljine 500 nm vidi pod kutom od 30°?

Rješenje 177

k = 5, λ = 500 nm = 5 · 10^{-7} m, α = 30°, d = ?

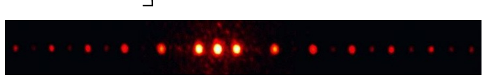
Optička rešetka sastoji se od ekvidistantnih tijesno poredanih pukotina. Udaljenost između dviju pukotina zove se konstanta rešetke. Maksimum rasvjete dobit ćemo interferencijom u smjerovima koji zatvaraju kut α_k s okomicom na optičku mrežicu, tj. ako je

$$k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_k, \quad k = 1, 2, 3, \ldots, n.$$

Konstanta optičke rešetke iznosi:

$$k \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha_k \Rightarrow d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda \Rightarrow d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda \ /: \sin \alpha_k \Rightarrow d = \frac{k \cdot \lambda}{\sin \alpha_k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} k = 5 \\ \lambda = 5 \cdot 10^{-7}\ m \\ \alpha = 30^0 \end{array} \right] \Rightarrow d = \frac{5 \cdot 5 \cdot 10^{-7}\ m}{\sin 30^0} = 5 \cdot 10^{-6}\ m.$$



Vježba 177

Kolika je konstanta optičke rešetke ako se spektar četvrtoga reda svjetlosti valne duljine 500 nm vidi pod kutom od 30°?

Rezultat: $4 \cdot 10^{-6}\ m.$

Zadatak 178 (Vlado, strukovna škola)

Divergentna leća ima žarišnu daljinu f. Predmet se nalazi na udaljenosti 2 · f od središta leće. Oštra slika predmeta vidi se na udaljenosti d od središta leće. Koliko iznosi d?

$$A.\ \frac{2}{3} \cdot f \qquad B.\ f \qquad C.\ \frac{3}{2} \cdot f \qquad D.\ 2 \cdot f$$

Rješenje 178

f = f, a = 2 · f, b = d = ?

Leće su prozirna tijela, omeđena dvjema sfernim plohama, od kojih jedna može biti ravnina. Leće širokog ruba jesu divergentne (ili konkavne, ili rastresne), a leće tankog ruba konvergentne (ili konveksne, ili sabirne). Jednadžba je tanke leće

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f},$$

gdje je a udaljenost predmeta i b udaljenost slike od leće, a f fokalna daljina leće. Udaljenost je virtualne slike, kao i fokalna daljina divergentne leće negativna ($b < 0,\ f < 0$).
Budući da za divergentnu leću vrijedi dogovor da su b i f negativni, slijedi:

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{f} \Rightarrow -\frac{1}{b} = -\frac{1}{f} - \frac{1}{a} \ / \cdot (-1) \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} + \frac{1}{a} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} + \frac{1}{2 \cdot f} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{2+1}{2 \cdot f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{3}{2 \cdot f} \Rightarrow b = \frac{2}{3} \cdot f.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 178

Divergentna leća ima žarišnu daljinu f. Predmet se nalazi na udaljenosti 3 · f od središta leće. Oštra slika predmeta vidi se na udaljenosti d od središta leće. Koliko iznosi d?

$$A.\ \frac{1}{3} \cdot f \qquad B.\ 3 \cdot f \qquad C.\ \frac{3}{4} \cdot f \qquad D.\ \frac{5}{4} \cdot f$$

Rezultat: C.

Zadatak 179 (Vlado, strukovna škola)

Dva snopa svjetlosti destruktivno interferiraju u točki T. Za koliko se razlikuju prijeđeni putovi tih dvaju snopova do točke T?

A. za paran broj valnih duljina

B. za neparan broj valnih duljina

C. za neparan broj polovina valne duljine

D. za paran broj polovina valne duljine

Rješenje 179

Interferencija valova nastaje ako se nekim sredstvom šire dva vala ili više njih. Iz koherentnih izvora valovi se interferencijom ili pojačavaju ili poništavaju. Interferencijom valova nazivamo pojavu zbrajanja valova, tj. algebarskog zbrajanja trenutačnih elongacija valova. Rezultat interferencije ovisi o optičkoj razlici putova Δ koje prelaze svjetlosni valovi.
Optička razlika putova Δ ovisi o geometrijskoj razlici putova, o vrsti sredstva kroz koje svjetlost prolazi i o skoku u fazi koji može nastati refleksijom na granici dvaju sredstava. Dva potpuno identična vala interferencijom se pojačavaju ako jedan zaostaje za drugim za λ, 2 · λ, 3 · λ, itd.
Općenito uvjet maksimuma glasi:

$$\Delta = k \cdot \lambda \ , \ k = 1,\ 2,\ 3,\ ...$$

Interferencijom će se međusobno poništiti ako jedan val zaostaje za drugim za $\frac{\lambda}{2}, \frac{3 \cdot \lambda}{2}, \frac{5 \cdot \lambda}{2}$, itd.

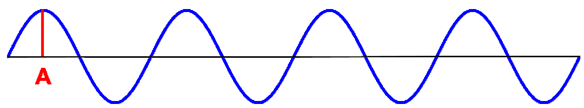
Općenito uvjet minimuma glasi:

$$\Delta = (2 \cdot k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \ , \ k = 1, 2, 3, ...$$

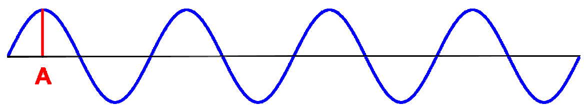
Neka dva vala dolaze u neku točku T. Tada vrijedi:

- ako među njima nema razlike u fazi u toj točki, rezultanta će biti najveća (oba vala dolaze npr. s brijegom ili oba s dolom)

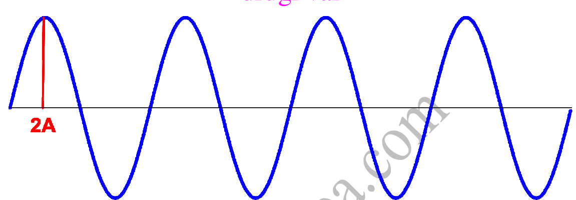
konstruktivna interferencija



prvi val



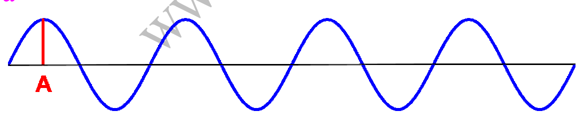
drugi val



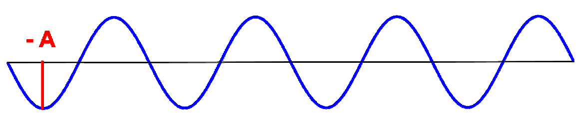
rezultantni val

- ako je medu njima razlika u fazi najveća (jedan s brijegom, drugi s dolom, jednaki po veličini), rezultanta će biti jednaka nuli.

destruktivna interferencija



prvi val



drugi val

rezultantni val

Budući da dva snopa svjetlosti destruktivno interferiraju u točki T, njihovi prijeđeni putovi razlikuju se za neparan broj polovina valne duljine.
Odgovor je pod C.

Vježba 179

Dva snopa svjetlosti destruktivno interferiraju u točki T. Kako glasi uvjet minimuma?

A. $\Delta = 2 \cdot k \cdot \lambda$ *B.* $\Delta = k \cdot \frac{\lambda}{2}$ *C.* $\Delta = (2 \cdot k - 1) \cdot \lambda$ *D.* $\Delta = (2 \cdot k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

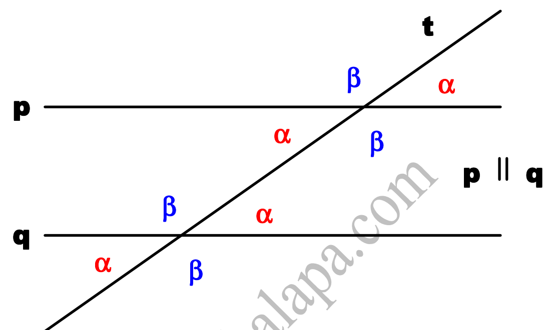
Rezultat: D.

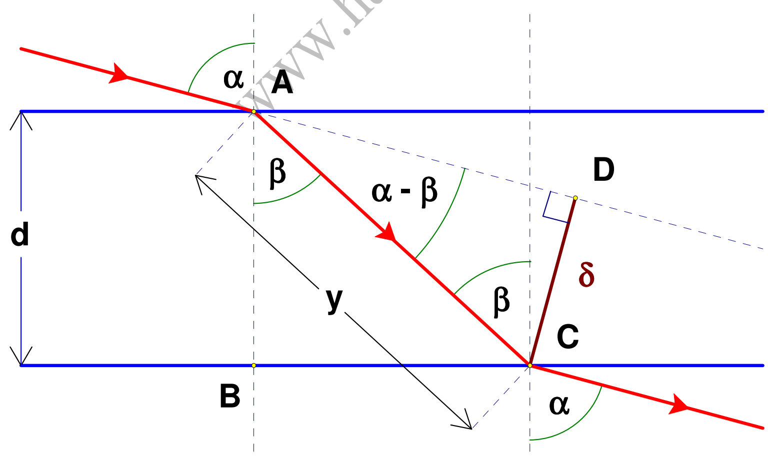
Zadatak 180 (Dado, gimnazija)

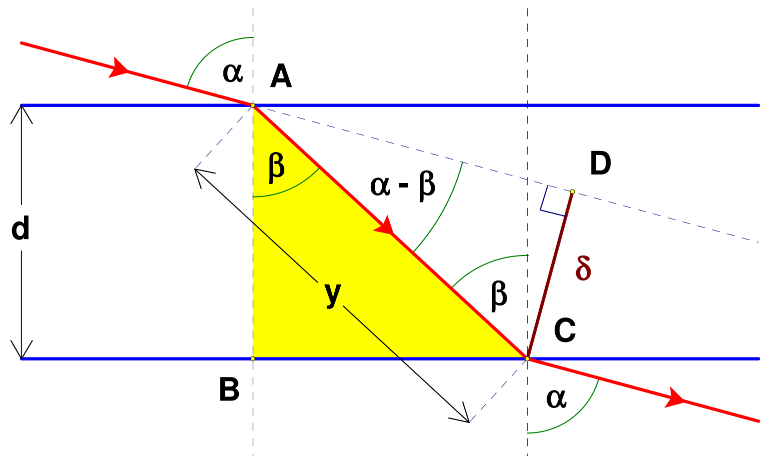
Dokažite da je pomak zrake svjetlosti δ kad prođe kroz planparalelnu ploču debljine d jednak $\delta = \frac{d \cdot \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$, gdje je α kut upada, a β kut loma zrake.

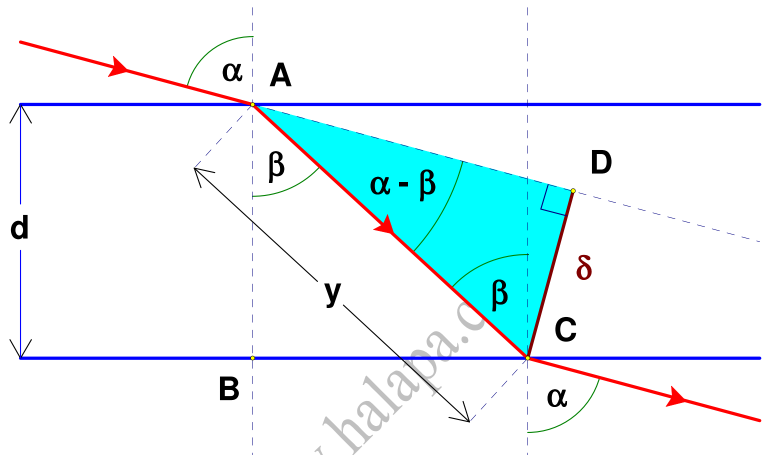
Rješenje 180

Planparalelna ploča je homogeno, optičko sredstvo, omeđeno dvjema ravnim paralelnim plohama. Zraka svjetlosti izlazi bez promjene smjera, samo je pomaknuta usporedno samoj sebi.
Trokut je dio ravnine omeđen s tri dužine. Te dužine zovemo stranice trokuta.
Pravokutni trokuti imaju jedan pravi kut (kut od 90º). Stranice koje zatvaraju pravi kut zovu se katete, a najdulja stranica je hipotenuza pravokutnog trokuta.
Kosinus šiljastog kuta pravokutnog trokuta jednak je omjeru duljine katete uz taj kut i duljine hipotenuze.
Sinus šiljastog kuta pravokutnog trokuta jednak je omjeru duljine katete nasuprot tog kuta i duljine hipotenuze.
Neka su p i q usporedni (paralelni) pravci. Pravac t koji ih siječe naziva se presječnica (transverzala) pravaca p i q. Ti pravci određuju osam kutova, među kojima ima i jednakih.









Sa slika vidi se:

$$|AB| = d \quad , \quad |AC| = y \quad , \quad |DC| = \delta$$

Promatramo pravokutne trokute ΔABC i ΔACD.

- ΔABC

$$\cos\beta = \frac{|AB|}{|AC|} \Rightarrow \cos\beta = \frac{d}{y} \Rightarrow \cos\beta = \frac{d}{y} \; / \cdot \frac{y}{\cos\beta} \Rightarrow y = \frac{d}{\cos\beta}$$

- ΔACD

$$\sin(\alpha-\beta) = \frac{|DC|}{|AC|} \Rightarrow \sin(\alpha-\beta) = \frac{\delta}{y} \Rightarrow \sin(\alpha-\beta) = \frac{\delta}{y} \; / \cdot y \Rightarrow \delta = y \cdot \sin(\alpha-\beta).$$

Riješimo sustav jednadžbi po nepoznanici δ:

$$\left.\begin{array}{l} y = \dfrac{d}{\cos\beta} \\ \delta = y \cdot \sin(\alpha-\beta) \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{bmatrix} \text{metoda} \\ \text{zamjene} \end{bmatrix} \Rightarrow \delta = \frac{d}{\cos\beta} \cdot \sin(\alpha-\beta) \Rightarrow \delta = \frac{d \cdot \sin(\alpha-\beta)}{\cos\beta}.$$

Vježba 180

Dokažite da je debljina d planparalelne ploče jednaka $d = \dfrac{\delta \cdot \cos\beta}{\sin(\alpha-\beta)}$, gdje je α kut upada, β kut loma zrake svjetlosti, a δ pomak svjetlosti kad prođe kroz planparalelnu ploču.

Rezultat: Dokaz analogan.