

Zadatak 341 (Luka, srednja škola)

Koliki je indeks loma sredstva, ako svjetlosni signal u njemu prijeđe udaljenost od 1.5 m za 7.5 ns? (brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8$ m / s)

- A. 1.21 B. 1.42 C. 1.5 D. 1.27

Rješenje 341

$$s = 1.5 \text{ m}, \quad t = 7.5 \text{ ns} = 7.5 \cdot 10^{-9} \text{ s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m / s}, \quad n = ?$$

Jednoliko pravocrtno gibanje duž puta s jest gibanje pri kojem vrijedi izraz

$$s = v \cdot t \Rightarrow v = \frac{s}{t},$$

gdje je v stalna, konstantna brzina kojom se tijelo giba.

Pri prijelazu svjetlosti iz jednog optičkog sredstva u drugo frekvencija ostaje nepromijenjena, a valna se duljina i brzina mijenjaju. Apsolutni indeks loma n nekog prozirnog sredstva jednak je kvocijentu brzine svjetlosti u vakuumu c i brzine svjetlosti v u tom sredstvu.

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

$$\left. \begin{array}{l} v = \frac{s}{t} \\ n = \frac{c}{v} \end{array} \right\} \Rightarrow n = \frac{c}{\frac{s}{t}} \Rightarrow n = \frac{c \cdot t}{s} \Rightarrow n = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 7.5 \cdot 10^{-9} \text{ s}}{1.5 \text{ m}} = 1.5.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 341

Koliki je indeks loma sredstva, ako svjetlosni signal u njemu prijeđe udaljenost od 3 m za 15 ns? (brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8$ m / s)

- A. 1.21 B. 1.42 C. 1.5 D. 1.27

Rezultat: C.

Zadatak 342 (Branko, strukovna škola)

Stolac je udaljen 2 m, a osoba 5 m od ravnog zrcala. Kolika je udaljenost između osobe i slike stolca u zrcalu?

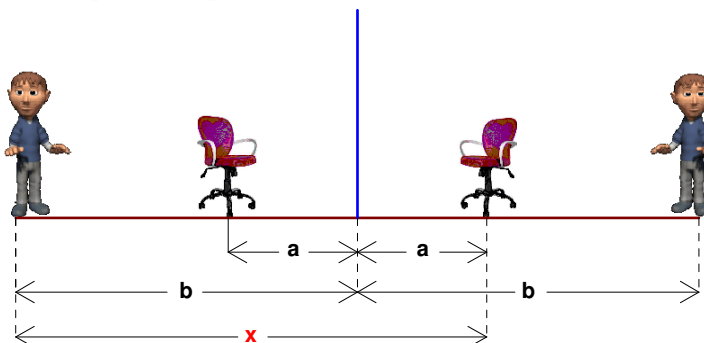
- A. 2 m B. 3 m C. 5 m D. 7 m

Rješenje 342

$$a = 2 \text{ m}, \quad b = 5 \text{ m}, \quad x = ?$$

Ravno zrcalo je glatka ravna površina od koje se mogu reflektirati zrake svjetlosti. Dobivena slika predmeta je prividna (virtualna), uspravna i jednake veličine kao i predmet koji se zrcali.

U ravnom zrcalu možemo zbog refleksije vidjeti sliku predmeta od kojeg dolaze zrake svjetlosti. Čini se kao da se slika u ravnom zrcalu nalazi iza zrcala. Ona se ne može uhvatiti na zastoru pa se zove prividna ili virtualna slika. Slika je uspravna, ali su zamijenjene desna i lijeva strana. Nalazi se na istoj udaljenosti iza zrcala kao i predmet ispred zrcala.



$$x = b + a = 5 \text{ m} + 2 \text{ m} = 7 \text{ m}.$$

Odgovor je pod D.

Vježba 342

Stolac je udaljen 2 m, a osoba 3 m od ravnog zrcala. Kolika je udaljenost između osobe i slike stolca u zrcalu?

- A. 2 m B. 3 m C. 5 m D. 7 m

Rezultat: C.

Zadatak 343 (Branko, strukovna škola)

Odredite brzinu svjetlosti u staklu indeksa loma 1.5. Izrazite tu brzinu u postotcima od brzine svjetlosti u vakuumu. (brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 343

$$n = 1.5, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad v = ?, \quad p = ?$$

Pri prijelazu svjetlosti iz jednog optičkog sredstva u drugo frekvencija ostaje nepromijenjena, a valna se duljina i brzina mijenjaju. Apsolutni indeks loma n nekog prozirnog sredstva jednak je kvocijentu brzine svjetlosti u vakuumu c i brzine svjetlosti v u tom sredstvu.

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

Stoti dio nekog broja naziva se postotak. Piše se kao razlomak s nazivnikom 100. Postotak p je broj jedinica koji se uzima od 100 jedinica neke veličine.

Na primjer,

$$9\% = \frac{9}{100}, \quad 81\% = \frac{81}{100}, \quad 4.5\% = \frac{4.5}{100}, \quad 547\% = \frac{547}{100}, \quad p\% = \frac{p}{100}.$$

Koliki je postotak broja a od broja b ?

$$\frac{a}{b} \cdot 100\%.$$

Brzina svjetlosti u staklu indeksa loma n je:

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow n = \frac{c}{v} \cdot \frac{v}{n} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.5} = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

U postotku to iznosi:

$$p = \frac{v}{c} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot 100\% = 66.67\%.$$

Vježba 343

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 344 (Branko, strukovna škola)

U baterijskoj svjetiljci upotrebljava se konkavno zrcalo. Gdje u svjetiljci treba postaviti žaruljicu kako bi nastao paralelan snop svjetlosti?

- A. u tjeme zrcala B. u žarište zrcala
C. u centar zakrivljenosti zrcala
D. u točku koja se nalazi na polovini žarišne daljine zrcala

Rješenje 344

S, F

Sferno zrcalo je dio kugline plohe čija je jedna strana glatka pa odbija zrake svjetlosti. Sferno zrcalo je

kalota kugle. Središte kugle je središte zakrivljenosti zrcala. Pravac koji prolazi središtem i tjemenom je os zrcala. Polumjer kugle r je polumjer zakrivljenosti zrcala. Sferno zrcalo može biti konkavno i konveksno. Kod konkavnog (udubljenog) zrcala zrake se odbijaju na unutarnjoj strani plohe. Zrake koje padaju na sferno zrcalo usporedno s osi sijeku se u točki koja se zove fokus F ili žarište zrcala. Fokus leži na osi zrcala.

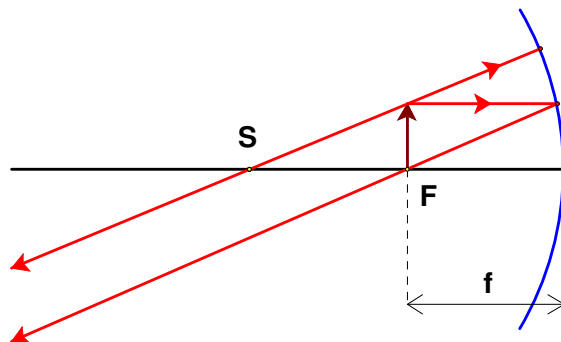
Pri konstrukciji slike na konkavnom zrcalu uobičajeno se rabe 3 karakteristične zrake.

1. Prva zraka upada na zrcalo paralelno s optičkom osi i reflektira se kroz fokus.

2. Druga zraka upada na zrcalo kroz fokus i reflektira se paralelno s optičkom osi.

3. Treća zraka upada na zrcalo kroz središte zrcala i reflektira se natrag bez promjene smjera.

Za sve te zrake vrijedi zakon reciprociteta. Promijenimo li smjer zrake svjetlosti ona će se vratiti istim putem kojim je i došla.



Kada je predmet u žarištu slika je u neizmjernosti. Slika 'nastaje' beskonačno daleko, tj. na konačnoj udaljenosti ne postoji jer su reflektirane zrake međusobno usporedne (paralelne).
Odgovor je pod B.

Vježba 344

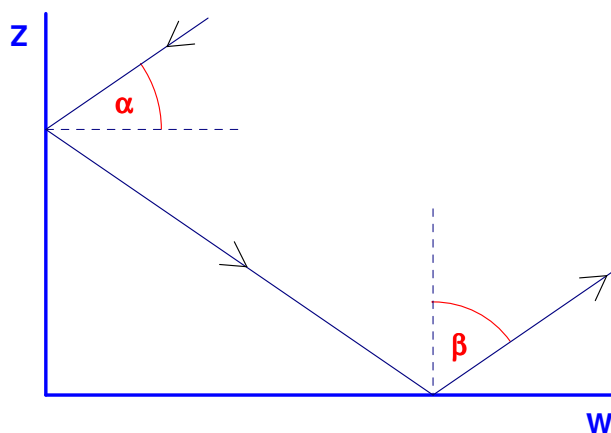
Gdje treba biti predmet kod konkavnog sfernog zrcala da bi slika i predmet bili jednake visine?

- A. u tjemenu zrcala
- B. u žarištu zrcala
- C. u središtu zakrivljenosti zrcala
- D. u točki koja se nalazi na polovini žarišne daljine zrcala

Rezultat: C.

Zadatak 345 (Goran, tehnička škola)

Na slici su prikazana dva ravna zrcala postavljena okomito jedno na drugo. Zraka upada na zrcalo Z pod kutom od 40° . Pod kojim kutom će se odbiti od zrcala W?



- A. 80°
- B. 40°
- C. 50°
- D. 90°

Rješenje 345

$$\alpha = 40^\circ, \quad \beta = ?$$

Ravno zrcalo je glatka ravna površina od koje se mogu reflektirati zrake svjetlosti.

Zakon odbijanja ili refleksije svjetlosti

Ako svjetlost upada na zrcalo, onda upadna i odbijena zraka leže u istoj ravnini okomitoj na površinu zrcala. Kut odraza β jednak je kutu upada α .

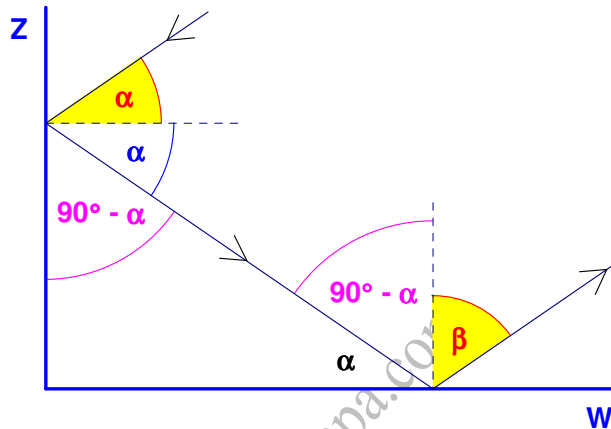
Trokut je dio ravnine omeđen s tri dužine. Te dužine zovemo stranice trokuta.

Pravokutni trokuti imaju jedan pravi kut (kut od 90°). Stranice koje zatvaraju pravi kut zovu se katete, a najdulja stranica je hipotenuza pravokutnog trokuta.

Za šiljaste kutove α i β pravokutnog trokuta vrijedi:

$$\alpha + \beta = 90^\circ.$$

Komplementarni kutovi: dva kuta koji se dopunjuju do pravoga kuta. Komplementarni kutovi su dva kuta kojima je zbroj pravi kut (90°).

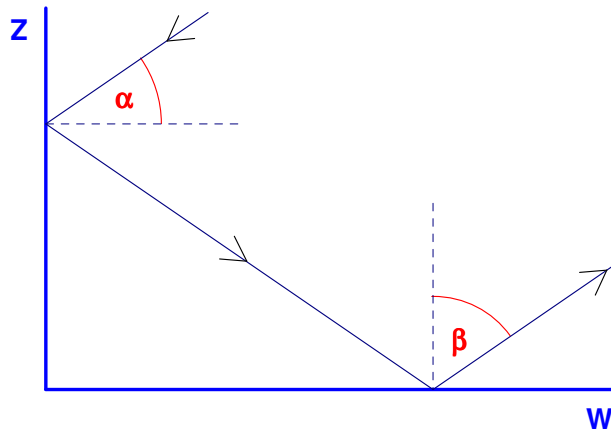


$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 345

Na slici su prikazana dva ravna zrcala postavljena okomito jedno na drugo. Zraka upada na zrcalo Z pod kutom od 10° . Pod kojim kutom će se odbiti od zrcala W?



- A. 80° B. 40° C. 50° D. 90°

Rezultat: A.

Zadatak 346 (Goran, tehnička škola)

Zraka svjetlosti pada okomito na ravno zrcalo Z. Koji će kut zatvarati upadna zraka s reflektiranom ako zrcalo zakrenemo za 30° .

- A. 15° B. 30° C. 60° D. 90°

Rješenje 346

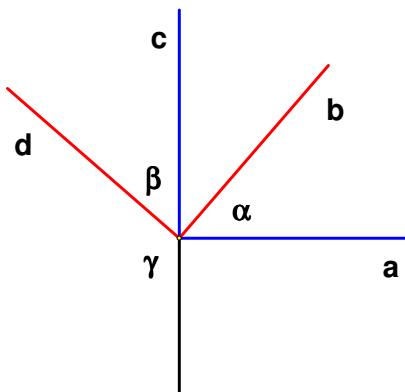
$$\alpha = 30^\circ, \quad \varphi = ?$$

Ravno zrcalo je glatka ravna površina od koje se mogu reflektirati zrake svjetlosti.

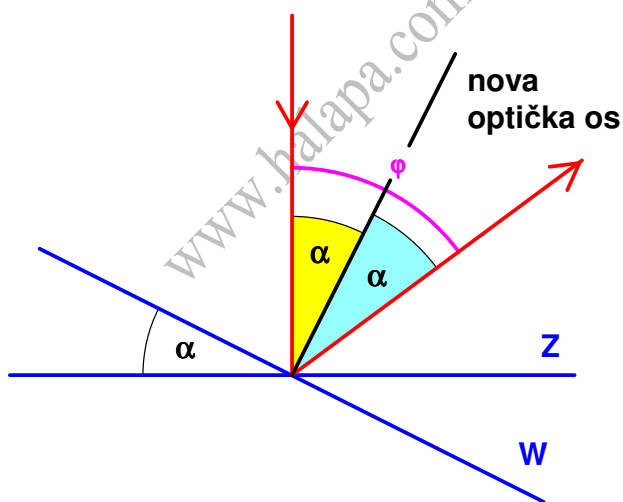
Zakon odbijanja ili refleksije svjetlosti

Ako svjetlost upada na zrcalo, onda upadna i odbijena zraka leže u istoj ravnini okomitoj na površinu zrcala. Kut odraza β jednak je kutu upada α .

Kutovi s okomitim kracima sukladni su ili suplementni.



$$\left. \begin{array}{l} a \perp c \\ b \perp d \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \alpha = \beta \\ \alpha + \gamma = 180^\circ \end{array} \right\}$$



$$\varphi = 2 \cdot \alpha = 2 \cdot 30^\circ = 60^\circ.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 346

Zraka svjetlosti pada okomito na ravno zrcalo Z. Koji će kut zatvarati upadna zraka s reflektiranom ako zrcalo zakrenemo za 15° .

- A. 15° B. 30° C. 60° D. 90°

Rezultat: B.

Zadatak 347 (Željka, medicinska škola)

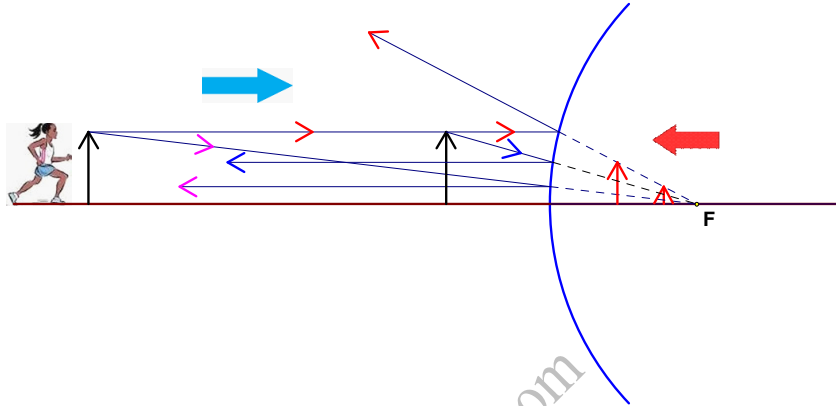
Osoba trči prema konveksnom zrcalu. Slika koju opaža osoba u zrcalu je:

- A. realna i postaje sve veća B. realna i postaje sve manja
C. virtualna i postaje sve manja D. virtualna i postaje sve veća

Rješenje 347

F – žarište

Sferno zrcalo je dio kugline plohe čija je jedna strana glatka pa odbija zrake svjetlosti. Sferno zrcalo je kalota kugle. Središte kugle je središte zakrivljenosti zrcala. Pravac koji prolazi središtem i tjemenom je os zrcala. Polumjer kugle r je polumjer zakrivljenosti zrcala. Zrake koje padaju na sferno zrcalo usporedno s osi sijeku se u točki koja se zove fokus F ili žarište zrcala. Fokus leži na osi zrcala. Paralelne zrake koje padaju na konveksno zrcalo reflektiraju se kao da dolaze iz žarišta koje se nalazi iza zrcala. S konveksnim zrcalom možemo dobiti samo prividnu ili virtualnu, uspravnu i umanjenu sliku. Crtnjom se slika dobije tako da crtamo zraku od predmeta paralelnu s optičkom osi koja se odbija kao da dolazi iz žarišta i zraku koja je upravljena prema žarištu i odbija se paralelno s optičkom osi.



Slika sve govori!
Odgovor je pod D.

Vježba 347

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 348 (Željka, medicinska škola)

Osoba trči prema konkavnom zrcalu žarišta F . Osoba trči do žarišta F . Slika koja pritom nastaje je:

- A. realna, postaje sve veća i primiče se zrcalu
- B. virtualna, postaje sve veća i primiče se zrcalu
- C. realna, postaje sve manja i primiče se zrcalu
- D. realna, postaje sve veća i odmiče se od zrcala

Rješenje 348

F – žarište

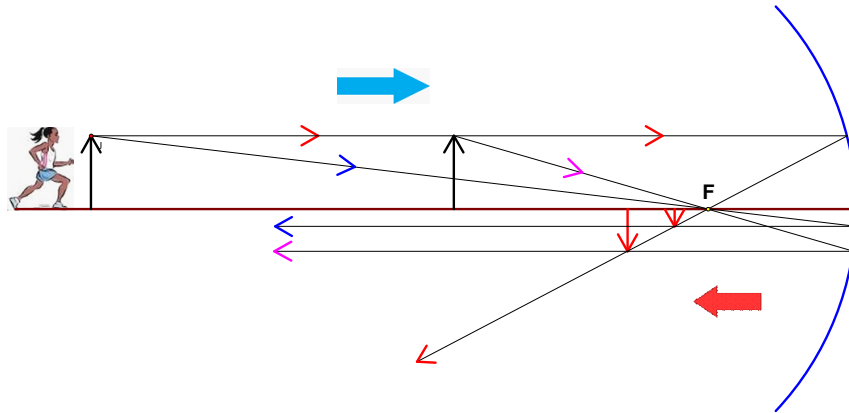
Sferno zrcalo je dio kugline plohe čija je jedna strana glatka pa odbija zrake svjetlosti. Sferno zrcalo je kalota kugle. Središte kugle je središte zakrivljenosti zrcala. Pravac koji prolazi središtem i tjemenom je os zrcala. Polumjer kugle r je polumjer zakrivljenosti zrcala. Kod konkavnog (udubljenog) zrcala zrake se odbijaju na unutarnjoj strani plohe. Zrake koje padaju na sferno zrcalo usporedno s osi sijeku se u točki koja se zove fokus F ili žarište zrcala. Fokus leži na osi zrcala. Pri konstrukciji slike na konkavnom zrcalu uobičajeno se rabe 3 karakteristične zrake.

1. Prva zraka upada na zrcalo paralelno s optičkom osi i reflektira se kroz fokus.

2. Druga zraka upada na zrcalo kroz fokus i reflektira se paralelno s optičkom osi.

3. Treća zraka upada na zrcalo kroz središte zrcala i reflektira se natrag bez promjene smjera.

Za sve te zrake vrijedi zakon reciprociteta. Promijenimo li smjer zrake svjetlosti ona će se vratiti istim putem kojim je i došla.



Slika sve govori!
Odgovor je pod D.

Vježba 348

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 349 (Filip, gimnazija)

Ispred divergentne leće žarišne daljine 18 cm nalaze se dva predmeta. Slike obaju predmeta su jednake visine. Manji predmet je udaljen 20 cm od leće i visok je 2 cm. Veći predmet je udaljen 22 cm od leće. Kolika je visina većeg predmeta?

Rješenje 349

$$f = -18 \text{ cm}, \quad y_1' = y_2', \quad a_1 = 20 \text{ cm}, \quad y_1 = 2 \text{ cm}, \quad a_2 = 22 \text{ cm}, \quad y_2 = ?$$

Leće su prozirna tijela, omeđena dvjema sfernim ploham, 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 ($b < 0, f < 0$).**

Povećanje, tj. omjer između veličine slike i predmeta iznosi:

$$\gamma = \frac{y'}{y} = -\frac{b}{a}.$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f} \\ \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a_1} \\ \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{1}{b_1} = \frac{a_1 - f}{f \cdot a_1} \\ \frac{1}{b_2} = \frac{a_2 - f}{f \cdot a_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} b_1 = \frac{f \cdot a_1}{a_1 - f} \\ \frac{1}{b_2} = \frac{f \cdot a_2}{a_2 - f} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} b_1 = \frac{-18 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm}}{20 \text{ cm} - (-18 \text{ cm})} \\ \frac{1}{b_2} = \frac{-18 \text{ cm} \cdot 22 \text{ cm}}{22 \text{ cm} - (-18 \text{ cm})} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} b_1 = \frac{-18 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm}}{20 \text{ cm} + 18 \text{ cm}} \\ \frac{1}{b_2} = \frac{-18 \text{ cm} \cdot 22 \text{ cm}}{22 \text{ cm} + 18 \text{ cm}} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} b_1 = -9.47 \text{ cm} \\ b_2 = -9.9 \text{ cm} \end{array} \right\}$$

Budući da su slike obaju predmeta jednake visine, slijedi:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{y_1'}{y_1} = -\frac{b_1}{a_1} \\ \frac{y_2'}{y_2} = -\frac{b_2}{a_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{y_1'}{y_1} = -\frac{b_1}{a_1} \cdot y_1 \\ \frac{y_2'}{y_2} = -\frac{b_2}{a_2} \cdot y_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} y_1' = -\frac{b_1}{a_1} \cdot y_1 \\ y_2' = -\frac{b_2}{a_2} \cdot y_2 \end{array} \right\} \Rightarrow [y_1' = y_2'] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\frac{b_1}{a_1} \cdot y_1 = -\frac{b_2}{a_2} \cdot y_2 \Rightarrow \frac{b_2}{a_2} \cdot y_2 = \frac{b_1}{a_1} \cdot y_1 \Rightarrow \frac{b_2}{a_2} \cdot y_2 = \frac{b_1}{a_1} \cdot y_1 \cdot \frac{a_2}{b_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_2 = \frac{b_1}{a_1} \cdot y_1 \cdot \frac{a_2}{b_2} \Rightarrow y_2 = \frac{b_1}{a_1} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot y_1 = \frac{-9.47 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} \cdot \frac{22 \text{ cm}}{-9.9 \text{ cm}} \cdot 2 \text{ cm} = \text{DEG} = 2.104 \text{ cm}.$$

Vježba 349

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 350 (Marko, strukovna škola)

Svjetlost prelazi iz stakla apsolutnog indeksa loma 1.67 u vodu apsolutnog indeksa loma 1.33. Upadni kut je 30° . Izračunajte kut loma.

Rješenje 350

$$n_1 = 1.67, \quad n_2 = 1.33, \quad \alpha = 30^\circ, \quad \beta = ?$$

Dogodi li se lom svjetlosti između dva sredstva, od kojih ni jedno nije vakuum, zakon loma možemo izreći na ovaj način:

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

gdje je α kut upadanja, β kut loma, n_1 apsolutni indeks loma sredstva kroz koje svjetlost upada, n_2 apsolutni indeks loma sredstva u kojem se svjetlost lomi.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \left[\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha \Rightarrow \beta = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha \right) \Rightarrow \beta = \sin^{-1} \left(\frac{1.67}{1.33} \cdot \sin 30^\circ \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{DEG} \Rightarrow \beta = 38.89^\circ \Rightarrow \beta = 38^\circ 53'.$$

Vježba 350

Svjetlost prelazi iz stakla apsolutnog indeksa loma 1.67 u vodu apsolutnog indeksa loma 1.33. Upadni kut je 35° . Izračunajte kut loma.

Rezultat: $46^\circ 4'$.

Zadatak 351 (Marko, strukovna škola)

Indeks loma stakla je 1.5. Koliki je kut loma ako je reflektirana zraka totalno polarizirana?

Rješenje 351

$$n = 1.5, \quad \beta = ?$$

Refleksijom i lomom svjetlost se polarizira. Svjetlost je potpuno linearno polarizirana ako reflektirana i lomljena svjetlost čine pravi kut. Tada je

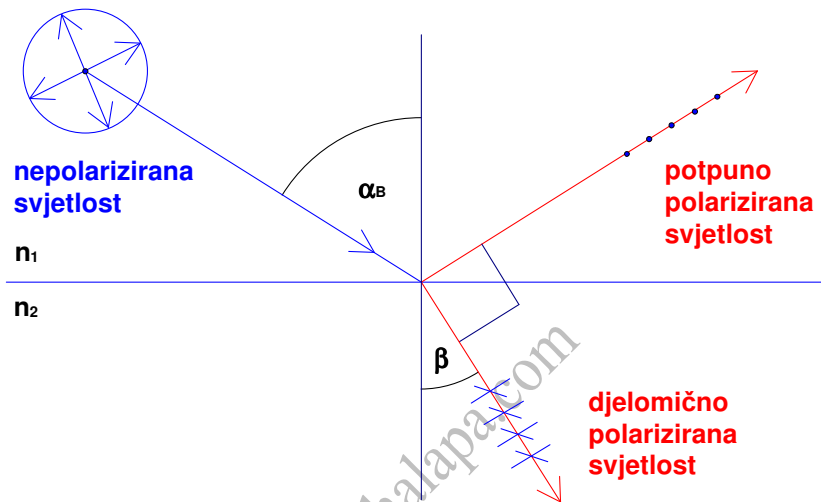
$$\operatorname{tg} \alpha_B = n,$$

gdje je α_B upadni kut zrake svjetlosti, n indeks loma sredstva na koje zrake padaju. Upadni kut α_B za koji je reflektirana zraka polarizirana zove se kut polarizacije.

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n \Rightarrow \alpha_B = \operatorname{tg}^{-1}(n) \Rightarrow \alpha_B = \operatorname{tg}^{-1}(1.5) \Rightarrow \text{DEG} \Rightarrow \alpha_B = 56.31^\circ.$$

Kut loma β iznosi:

$$\alpha_B + \beta = 90^\circ \Rightarrow \beta = 90^\circ - \alpha_B = 90^\circ - 56.31^\circ = 33.69^\circ.$$



Vježba 351

Indeks loma stakla je 1.67. Koliki je kut loma ako je reflektirana zraka totalno polarizirana?

Rezultat: 30.91°.

Zadatak 352 (Dorian, strukovna škola)

Koliku najmanju visinu x treba imati ravno zrcalo postavljeno na zidu da bi se u njemu osoba visine 1.72 m mogla vidjeti, ako se oči osobe nalaze na visini 1.60 m od ravnine poda? Kolika je udaljenost y gornjeg ruba zrcala od poda? Ovisi li x i y o udaljenosti d osobe od zrcala?



Rješenje 352

$$a = 1.72 \text{ m}, \quad b = 1.60 \text{ m}, \quad x = ?, \quad y = ?$$

Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti

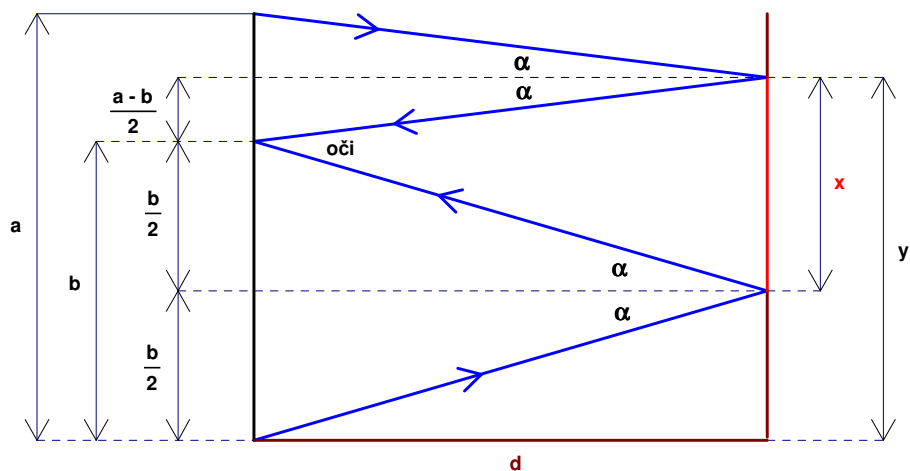
U homogenom, izotropnom, prozirnem sredstvu svjetlost se širi pravocrtno.

Zakon odbijanja (refleksije) svjetlosti

Upadna i reflektirana zraka leže u istoj ravnini koja je okomita na ravninu refleksije pri čemu je upadni kut α jednak kutu refleksije β odnosno:

$$\alpha = \beta.$$

Ravno zrcalo je ravna glatka površina koja odbija svjetlost. Dobivena slika predmeta je prividna (virtualna), uspravna i jednake veličine kao predmet koji se zrcali.



Sa slike vidi se:

- $x = \frac{b}{2} + \frac{a-b}{2} \Rightarrow x = \frac{b+a-b}{2} \Rightarrow x = \frac{b+a-b}{2} \Rightarrow x = \frac{a}{2} = \frac{1.72\text{ m}}{2} = 0.86\text{ m}.$
- $y = \frac{b}{2} + x \Rightarrow y = \frac{b}{2} + \frac{a}{2} \Rightarrow y = \frac{b+a}{2} \Rightarrow y = \frac{1.60\text{ m} + 1.72\text{ m}}{2} = 1.66\text{ m}.$

Ne ovise o udaljenosti d .

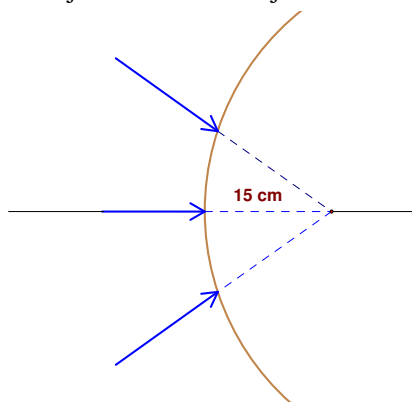
Vježba 352

Koliku najmanju visinu x treba imati ravno zrcalo postavljeno na zidu da bi se u njemu osoba visine 1.82 m mogla vidjeti, ako se oči osobe nalaze na visini 1.70 m od ravnine poda? Kolika je udaljenost y gornjeg ruba zrcala od poda?

Rezultat: $x = 0.91\text{ m}, y = 1.76\text{ m}.$

Zadatak 353 (Dorian, strukovna škola)

Konvergentan snop svjetlosti upada na konveksno zrcalo polumjera zakrivljenosti 60 cm, tako da se produžeci svjetlosnih traka sijeku na osi zrcala 15 cm od tjemena. Na kojoj udaljenosti od tjemena zrcala će se svjetlosne zrake sjeći nakon refleksije?



Rješenje 353

$R = -60\text{ cm}$, konveksno zrcalo, $b = -15\text{ cm}$, konveksno zrcalo, $a = ?$

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.

Uzmemo li kao ishodište tjeme zrcala i označimo li slovom a udaljenost predmeta od tjemena, slovom b udaljenost slike od tjemena, slovom R polumjer zakrivljenosti zrcala, vrijedi jednadžba:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R}$$

Udaljenost virtualnih slika i polumjer zakrivljenosti konveksnog zrcala imaju negativan predznak.

$$\begin{aligned} \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R} &\Rightarrow \frac{1}{a} = \frac{2}{R} - \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{a} = \frac{2 \cdot b - R}{R \cdot b} \Rightarrow \left[\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow a = \frac{R \cdot b}{2 \cdot b - R} = \\ &= \frac{-60 \text{ cm} \cdot (-15 \text{ cm})}{2 \cdot (-15 \text{ cm}) - (-60 \text{ cm})} = 30 \text{ cm}. \end{aligned}$$

Vježba 353

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 354 (Ana, maturantica)

Svjetlost iz vakuma upada na ravnu staklenu ploču pod kutom upada 32° i lomi se pod kutom 21° . Izračunajte granični kut totalne refleksije za staklenu ploču.

A. 40.5° B. 48° C. 41.5° D. 42.6°

Rješenje 354

$$\alpha = 32^\circ, \quad \beta = 21^\circ, \quad \alpha_g = ?$$

Kad svjetlost prelazi iz jednog optičkog sredstva u drugo, mijenja smjer. Upadna zraka, okomica na granicu sredstva u upadnoj točki i lomljena zraka leže u istoj ravnini. Upadni kut α i kut loma β vezani su jednadžbom:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Pri prijelazu zrake svjetlosti iz optički gušćeg sredstva u optički rjeđe sredstvo dolazi do totalne refleksije ako je kut upada veći od graničnog kuta β_g . U slučaju kad svjetlost prelazi iz sredstva indeksa loma n u vakuum ili zrak vrijedi izraz:

$$\sin \alpha_g = \frac{1}{n},$$

gdje je α_g granični kut, n apsolutni indeks loma.

$$\left. \begin{aligned} n &= \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \\ \sin \alpha_g &= \frac{1}{n} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sin \alpha_g = \frac{1}{\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}} \Rightarrow \sin \alpha_g = \frac{1}{\sin \alpha} \Rightarrow \sin \alpha_g = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_g = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \right) \Rightarrow \alpha_g = \sin^{-1} \left(\frac{\sin 21^\circ}{\sin 32^\circ} \right) \Rightarrow \text{DEG} \Rightarrow \alpha_g = 42.6^\circ.$$

Odgovor je pod D.

Vježba 354

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 355 (Ana, maturantica)

Slika predmeta dobivena tankom lećom jakosti 5 m^{-1} vidi se na zastoru. Na kojoj udaljenosti od leće su postavljeni predmet i zastor, ako je predmet visok 5 cm , a njegova slika 10 cm ?

Rješenje 355

$$C = 5 \text{ m}^{-1}, \quad y = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}, \quad y' = -10 \text{ cm} = -0.1 \text{ m}, \quad a = ?, \quad b = ?$$

Jednadžba je tanke leće

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

gdje je a udaljenost predmeta i b udaljenost slike od leće, a C jakost ili konvergencija leće (recipročna vrijednost fokalne daljine).

Povećanje, tj. omjer između veličine slike i predmeta, iznosi:

$$\gamma = \frac{y'}{y} = -\frac{b}{a}.$$

Kad je γ negativan, slika je obrnuta, a kad je pozitivan, slika je uspravna.

$$\frac{y'}{y} = -\frac{b}{a} \Rightarrow \frac{-0.1 \text{ m}}{0.05 \text{ m}} = -\frac{b}{a} \Rightarrow -2 = -\frac{b}{a} \Rightarrow \frac{b}{a} = 2 \Rightarrow \frac{b}{a} = 2 \cdot a \Rightarrow b = 2 \cdot a.$$

Uporabom jednadžbe tanke leće dobije se:

$$\begin{aligned} \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = C &\Rightarrow [b = 2 \cdot a] \Rightarrow \frac{1}{a} + \frac{1}{2 \cdot a} = C \Rightarrow \frac{2+1}{2 \cdot a} = C \Rightarrow \frac{3}{2 \cdot a} = C \Rightarrow C = \frac{3}{2 \cdot a} \Rightarrow \\ &\Rightarrow C = \frac{3}{2 \cdot a} \cdot \frac{a}{C} \Rightarrow a = \frac{3}{2 \cdot C} = \frac{3}{2 \cdot 5 \frac{1}{\text{m}}} = 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}. \end{aligned}$$

Računamo b .

$$\left. \begin{array}{l} a = 30 \text{ cm} \\ b = 2 \cdot a \end{array} \right\} \Rightarrow b = 2 \cdot 30 \text{ cm} = 60 \text{ cm}.$$

Vježba 355

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 356 (Jelena, maturantica)

Konkavno sferno zrcalo daje od realnog predmeta tri puta povećanu i obrnutu sliku. Kolika je žarišna daljina zrcala ako su slika i predmet međusobno udaljeni 16 cm?

- A. 6 cm B. 5 cm C. 4 cm D. 2 cm

Rješenje 356

$$d = 16 \text{ cm}, \quad y' = 3 \cdot y, \quad \gamma = -3, \quad f = ?$$

Zrake koje padaju na sferno zrcalo usporedno s osi sijeku se u točki koja se zove fokus F ili žarište zrcala. Fokus leži na osi zrcala. Udaljenost f fokusa od tjemena jest fokalna ili žarišna daljina.

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.

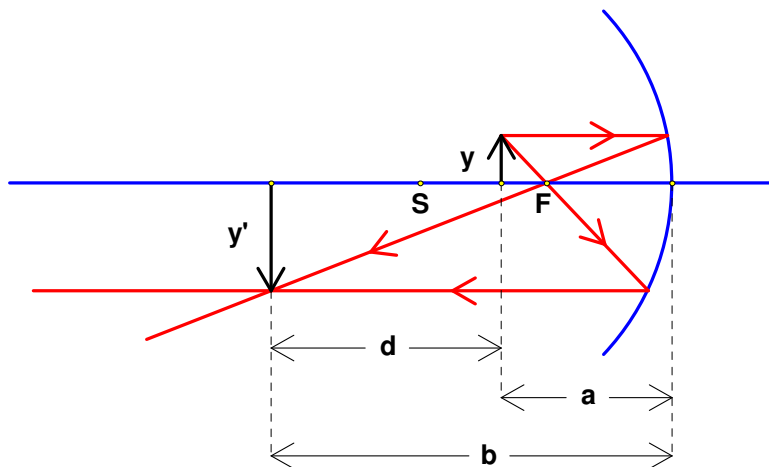
Uzmemo li kao ishodište tjeme zrcala i označimo li sa a udaljenost predmeta od tjemena, sa b udaljenost slike od tjemena, sa f žarišnu ili fokalnu daljinu zrcala, vrijedi jednadžba:

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

Povećanje zrcala γ zovemo omjerom između veličine slike y' i veličine predmeta y :

$$\gamma = \frac{y'}{y} = -\frac{b}{a}.$$

Kad je γ negativan, slika je obrnuta. Kad je γ pozitivan, slika je uspravna.



Kada se kod konkavnog sfernog zrcala predmet nalazi između žarišta F i središta zakrivljenosti S dobije se realna i uvećana slika.

$$\gamma = \frac{y'}{y} \Rightarrow \gamma = \frac{3 \cdot y}{y} \Rightarrow \gamma = \frac{3 \cdot y}{y} \Rightarrow \gamma = 3.$$

Budući da je slika obrnuta, povećanje γ je negativno.

$$\gamma = -3.$$

Udaljenost slike b veća je od udaljenosti predmeta a od zrcala. Udaljenost predmeta i realne slike jednaka je razlici udaljenosti slike i predmeta od zrcala.

$$b - a = d.$$

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = -\frac{b}{a} \\ \gamma = -3 \\ b - a = d \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} -\frac{b}{a} = -3 \\ b - a = d \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} -\frac{b}{a} = -3 \quad | \cdot (-a) \\ b - a = d \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} b = 3 \cdot a \\ b - a = d \end{array} \right\} \Rightarrow 3 \cdot a - a = d \Rightarrow 2 \cdot a = d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 \cdot a = d \quad | : 2 \Rightarrow a = \frac{d}{2} = \frac{16 \text{ cm}}{2} = 8 \text{ cm}.$$

Računamo b.

$$\left. \begin{array}{l} a = 8 \text{ cm} \\ b = 3 \cdot a \end{array} \right\} \Rightarrow b = 3 \cdot 8 \text{ cm} = 24 \text{ cm}.$$

Žarišna daljina zrcala iznosi:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{b+a}{a \cdot b} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{a+b}{a \cdot b} \Rightarrow \left[\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{d}{c} \right] \Rightarrow f = \frac{a \cdot b}{a+b} = \frac{8 \text{ cm} \cdot 24 \text{ cm}}{8 \text{ cm} + 24 \text{ cm}} = 6 \text{ cm}.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 356

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 357 (Siniša, 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 357

$$r_1 = r_2 = r, \quad t_1 = 0^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + t_1 = (273 + 0) \text{ K} = 273 \text{ K}, \quad t_2 = 273^\circ\text{C} \Rightarrow \\ \Rightarrow T_2 = 273 + t_2 = (273 + 273) \text{ K} = 546 \text{ K}, \quad P_1 : P_2 = ?$$

Štefan-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 Štefan-Boltzmannova konstanta

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

Kugla polumjera r sa središtem u točki S je skup svih točaka T u prostoru za koje vrijedi $|ST| \leq r$. Oplošje kugle polumjera r računamo s pomoću formule:

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

Budući da kugle imaju jednake polumjere, imaju i jednake površine S.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\sigma \cdot S \cdot T_1^4}{\sigma \cdot S \cdot T_2^4} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{\sigma \cdot S \cdot T_1^4}{\sigma \cdot S \cdot T_2^4} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1^4}{T_2^4} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^4 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{273 \text{ K}}{546 \text{ K}}\right)^4 \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{273 \text{ K}}{546 \text{ K}}\right)^4 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{16} \Rightarrow P_1 : P_2 = 1 : 16.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 357

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 358 (Tonka, maturantica)

Stakleni kvadar nalazi se na stolu. Snop svjetlosti iz laserskoga pokazivača upada na "gornju" površinu kvadra pod kutom od 70° . Zraka svjetlosti prolazi kroz kvadar i na okomitu stranu upada pod граниčnim kutom totalne refleksije. Koliko iznosi indeks loma stakla od kojega je kvadar načinjen?

Rješenje 358

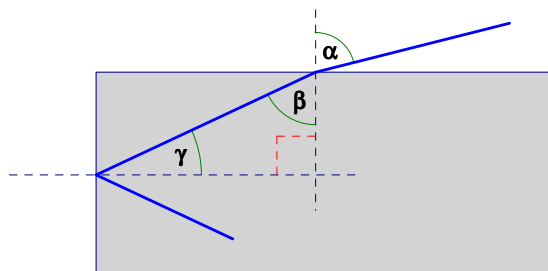
$$\alpha = 70^\circ, \quad n = ?$$

Kad svjetlost prelazi iz jednog optičkog sredstva u drugo, mijenja smjer. Upadna zraka, okomica na granicu sredstva u upadnoj točki i lomljena zraka leže u istoj ravnini. Omjer sinusa kuta upadanja α i sinusa kuta loma β stalan je broj koji nazivamo indeksom loma n. Upadni kut α i kut loma β vezani su jednadžbom (Snelliusov zakon):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

Ako je prvo sredstvo vakuum (zrak), tada indeks loma nazivamo apsolutnim indeksom loma n. Totalna refleksija je pojava koja se isključivo javlja pri prijelazu svjetlosti iz optički gušćeg u optički rjeđe sredstvo. Granični upadni kut α_g je onaj za koji je kut loma 90° . Kada svjetlost prelazi iz sredstva apsolutnog indeksa loma n u vakuum, odnosno zrak, tada je

$$\sin \alpha_g = \frac{1}{n}.$$



Iz zakona loma dobije se:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \Rightarrow n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \Rightarrow n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin \beta}{n} \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} \cdot \sqrt{2} \Rightarrow \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}.$$

Sa slike vidi se

$$\beta + \gamma = 90^\circ.$$

Za kut loma β i granični kut totalne refleksije γ vrijedi:

$$\left. \begin{array}{l} \beta + \gamma = 90^\circ \\ \sin \gamma = \frac{1}{n} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \gamma = 90^\circ - \beta \\ \sin \gamma = \frac{1}{n} \end{array} \right\} \Rightarrow \sin(90^\circ - \beta) = \frac{1}{n} \Rightarrow [\sin(90^\circ - x) = \cos x] \Rightarrow \Rightarrow \cos \beta = \frac{1}{n} \Rightarrow \cos \beta = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{2} \Rightarrow \cos^2 \beta = \frac{1}{n^2}.$$

Uporabom osnovnog trigonometrijskog identiteta $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$ izračunamo n.

$$\cos^2 \beta + \sin^2 \beta = 1 \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \cos^2 \beta = \frac{1}{n^2} \\ \sin^2 \beta = \frac{\sin^2 \alpha}{n^2} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{1}{n^2} + \frac{\sin^2 \alpha}{n^2} = 1 \Rightarrow \frac{1 + \sin^2 \alpha}{n^2} = 1 \Rightarrow \Rightarrow n^2 = 1 + \sin^2 \alpha \Rightarrow n^2 = 1 + \sin^2 \alpha \cdot \sqrt{2} \Rightarrow n = \sqrt{1 + \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 + \sin^2 70^\circ} = 1.37.$$

Vježba 358

Stakleni kvadar nalazi se na stolu. Snop svjetlosti iz laserskoga pokazivača upada na "gornju" površinu kvadra pod kutom od 65° . Zraka svjetlosti prolazi kroz kvadar i na okomitu stranu upada pod graničnim kutom totalne refleksije. Koliko iznosi indeks loma stakla od kojega je kvadar načinjen?

Rezultat: $n = 1.35$.

Zadatak 359 (Helena, maturantica)

Dva svjetlosna izvora valne duljine 630 nm dolaze u neku točku prostora s geometrijskom razlikom putova $\Delta = 1.89 \mu\text{m}$. Odredite rezultat interferencije ako se valovi šire kroz staklo, $n = 1.5$.

Rješenje 359

$$\lambda = 630 \text{ nm} = 6.3 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad \Delta = 1.89 \mu\text{m} = 1.89 \cdot 10^{-6} \text{ m}, \quad n = 1.5, \quad \delta = ?$$

Interferencija svjetlosti nastaje kada se u točki prostora sastaju valovi jednakih valnih duljina i amplituda sa stalnom razlikom optičkih putova,

$$\delta = n_1 \cdot r_1 - n_2 \cdot r_2.$$

gdje su r_1 i r_2 putovi koje je svjetlosna zraka prešla u sredstvima indeksa loma n_1 i n_2 .
U točkama u kojima je

$$\delta = k \cdot \lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

nastaje **konstruktivna** interferencija (maksimum rasvjete).

U točkama u kojima je

$$\delta = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

nastaje **destruktivna** interferencija (minimum rasvjete).

Optička razlika putova u staklu je

$$\begin{aligned} \delta = n \cdot r_1 - n \cdot r_2 &\Rightarrow \delta = n \cdot (r_1 - r_2) \Rightarrow \delta = n \cdot \Delta = 1.5 \cdot 1.89 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 2.835 \cdot 10^{-6} \text{ m} = \\ &= \left[\frac{2.835 \cdot 10^{-6}}{6.3 \cdot 10^{-7}} = 4.5 \right] = 4.5 \cdot 6.3 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4.5 \cdot \lambda = \frac{9}{2} \cdot \lambda = 9 \cdot \frac{\lambda}{2}. \end{aligned}$$

Interferencija je destruktivna.

Vježba 359

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 360 (Helena, maturantica)

Dva svjetlosna izvora valne duljine 630 nm dolaze u neku točku prostora s geometrijskom razlikom putova $\Delta = 1.89 \mu\text{m}$. Odredite rezultat interferencije ako se valovi šire kroz vodu, $n = 1.33$.

Rješenje 360

$$\lambda = 630 \text{ nm} = 6.3 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad \Delta = 1.89 \mu\text{m} = 1.89 \cdot 10^{-6} \text{ m}, \quad n = 1.33, \quad \delta = ?$$

Interferencija svjetlosti nastaje kada se u točki prostora sastaju valovi jednakih valnih duljina i amplituda sa stalnom razlikom optičkih putova,

$$\delta = n_1 \cdot r_1 - n_2 \cdot r_2,$$

gdje su r_1 i r_2 putovi koje je svjetlosna zraka prešla u sredstvima indeksa loma n_1 i n_2 .

U točkama u kojima je

$$\delta = k \cdot \lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

nastaje **konstruktivna** interferencija (maksimum rasvjete).

U točkama u kojima je

$$\delta = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

nastaje **destruktivna** interferencija (minimum rasvjete).

Optička razlika putova u vodi je

$$\begin{aligned} \delta = n \cdot r_1 - n \cdot r_2 &\Rightarrow \delta = n \cdot (r_1 - r_2) \Rightarrow \delta = n \cdot \Delta = 1.33 \cdot 1.89 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 2.5137 \cdot 10^{-6} \text{ m} = \\ &= \left[\frac{2.5137 \cdot 10^{-6}}{6.3 \cdot 10^{-7}} \approx 4 \right] = 4 \cdot 6.3 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 4 \cdot \lambda. \end{aligned}$$

Interferencija je konstruktivna.

Vježba 360

Odmor!

Rezultat: ...