

**Zad. 1.** Napišite i riješite jednadžbu gibanja za harmonički oscilator, te označite fizikalne veličine koje određuju gibanje. Ovisi li period titranja o amplitudi?

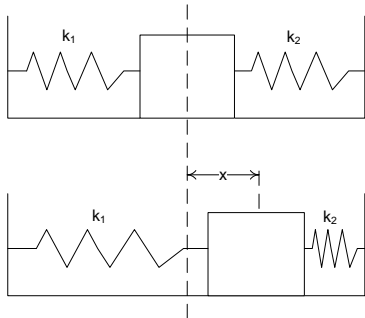
**Zad. 2.** Tijelo harmonički titra frekvencijom  $2 \text{ Hz}$  i amplitudom  $5 \text{ cm}$ . Nakon kojeg vremena faza titranja poprimi vrijednost  $\frac{\pi}{6}$  ako je fazna konstanta (početna faza)  $\Phi = 0$ ? Kolika je elongacija tijela u tom trenutku?

**Zad. 3.** Napišite funkciju položaja čestice koja harmonički titra amplitudom  $7 \text{ cm}$  i u jednoj minuti načini  $120$  potpunih titraja? Fazna konstanta je  $\Phi = \frac{\pi}{2}$ .

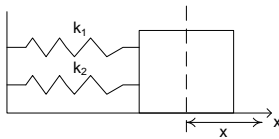
**Zad. 4.** Jednadžba koja opisuje harmoničke titraje neke točke glasi:

$$x = 6 \text{ cm} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3 \text{ s}} \cdot t + \pi\right). \text{ Odredite vrijeme jednog titraja.}$$

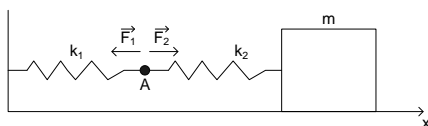
**Zad. 5.** Dvije opruge vezane su na blok mase  $m$  kao na slici. Pronađite efektivnu konstantu elastičnosti  $k_{\text{eff}}$  za jednu oprugu koja bi dala istu rezultantnu silu na blok.



**Zad. 6.** Kolika je efektivna konstanta elastičnosti za dvije opruge spojene u paralelu kao na slici?



**Zad. 7.** Kolika je efektivna konstanta elastičnosti za dvije opruge spojene u seriju kao na slici?



**Zad. 8.** Neka su dvije opruge jednakih konstanti elastičnosti  $k_1 = k_2 = k$  spojene u seriju kao u prethodnom zadatku. Pokažite da je u tom slučaju frekvencija osciliranja

$$\text{mase } m \text{ dana sa: } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}} .$$

**Zad. 9.** Tijelo mase  $680 \text{ g}$  pričvršćeno je za oprugu čija je konstanta elastičnosti  $65 \text{ N/m}$ . Tijelo povučemo po horizontalnoj podlozi bez trenja na udaljenost  $x = 11 \text{ cm}$  od ravnotežnog položaja ( $u \ x = 0$ ) i u trenutku  $t = 0$  ga pustimo iz stanja mirovanja.

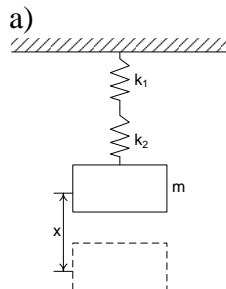
- Odredite frekvenciju, kutnu frekvenciju i period rezultirajućeg gibanja.
- Kolika je amplituda tog titranja?
- Koliki je maksimalni iznos brzine tijela i gdje se ono nalazi dok ima tu brzinu?
- Koliki je maksimalni iznos akceleracije tijela?
- Koliko iznosi fazna konstanta gibanja?
- Napišite funkciju položaja za dani sustav.

**Zad. 10.** Kada na oprugu objesimo uteg mase  $3 \text{ kg}$  njezina je duljina  $83.9 \text{ cm}$ , a za uteg mase  $9 \text{ kg}$  duljina opruge je  $142.7 \text{ cm}$ . Odredite konstantu opruge. Na istoj opruzi titra uteg mase  $5 \text{ kg}$ . Koliki je period titranja ovog utega?

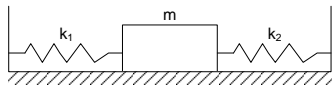
**Zad. 11.** Opruga konstante  $k = 19.6 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  visi vertikalno. Tijelo mase  $m = 0.2 \text{ kg}$  objesi se na oprugu i pusti. Pretpostavimo da je opruga bila neopterećena prije stavljanja tijela mase  $m$ . Odredite frekvenciju i amplitudu rezultirajućeg harmoničkog gibanja.

**Zad. 12.** Blok mase  $m_1 = 1 \text{ kg}$  leži na idealno glatkoj homogenoj podlozi i pričvršćen je o oprugu konstante elastičnosti  $1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ . U blok koji miruje zabije se metak mase  $m_2 = 1 \text{ g}$  brzinom  $31.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  paralelno s površinom Zemlje. Odredite amplitudu i frekvenciju titranja sustava blok – metak.

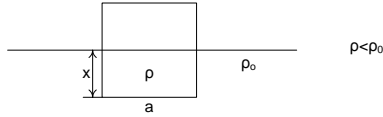
**Zad. 13.** Odredite frekvencije titranja sustava sa slike:



b)



c)



**Zad. 14.** Neka su dvije opruge različitih konstanti elastičnosti  $k_1 \neq k_2$  spojene s masom  $m$  kao na slici u 5. zadatku. Pokažite da je tada frekvencija osciliranja mase  $m$  dana s:  $f = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$ , pri čemu su  $f_1$  i  $f_2$  frekvencije osciliranja mase  $m$  za slučaj kad je masa  $m$  pričvršćena samo na prvu oprugu, odnosno na drugu oprugu.

**Zad. 15.** Kotačić na satu oscilira tako da mu je kutna amplituda  $\pi \text{ rad}$ , a period  $0.5 \text{ s}$ .

Odredite:

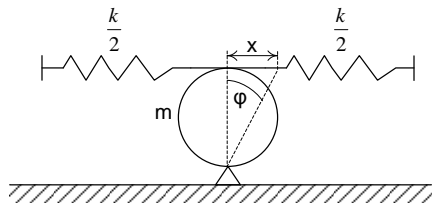
- maksimalnu kutnu brzinu kotačića,
- kutnu brzinu kad je kutni pomak  $\pi/2 \text{ rad}$ ,
- iznos kutne akceleracije kada je kutni pomak  $\pi/4 \text{ rad}$ .

**Zad. 16.** Valjak radijusa  $r = 10 \text{ cm}$  oscilira oko osi koja prolazi plaštom valjka, a okomita je na baze valjka. Odredite frekvenciju titranja ovog torzionog oscilatora kojem je  $\kappa = 1 \text{ Nm}$  i  $m = 0.1 \text{ kg}$ .

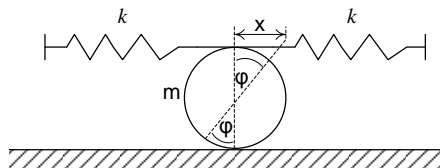
**Zad. 17.** Tanki homogeni disk mase  $m = 2 \text{ kg}$  oscilira pod djelovanjem dviju jednakih

opruga čija je ekvivalentna konstanta elastičnosti  $k = 37.5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ . Ako

pretpostavimo da disk ne klizi po podlozi, kao na slici, odredite period osciliranja diska.



**Zad. 18.** Koliki je period titranja diska iz prethodnog zadatka ako ne postoji nepomična os nego se disk može kotrljati bez klizanja?



**Zad. 19.** Sat s njihalom htjelo se napraviti tako da period njihala bude  $1\text{ s}$ . Što treba učiniti s njihalom da sat bude točan ako pokazuje 24 sata kada sekundno njihalo kasni za njim jedan sat?

**Zad. 20.** Koliki je period titranja homogenog štapa koji je obješen na jednom kraju na udaljenosti  $h$  od centra mase? Duljina štapa je  $l = 1\text{ m}$ .

**Zad. 21.** Pingvin skače s ravne daske koja je obješena s lijeve strane na zid, a desnim krajem je spojena s oprugom. Daska je duga  $2\text{ m}$  i ima masu  $12\text{ kg}$ . Konstanta elastičnosti opruge je  $1300\frac{\text{N}}{\text{m}}$ . Kada pingvin skoči, daska i opruga osciliraju s malom amplitudom. Pretpostavite da je daska dovoljno kruta, tj. da ne postoji mogućnost savijanja daske, te izračunajte period malih oscilacija daske.

**Zad. 22.** Svakom fizikalnom njihalu odgovara matematičko njihalo duljine  $l$  s istim periodom  $T$ . Odredite duljinu tog matematičkog njihala za fizikalno njihalo iz zadatka 20

**Zad. 23.** Jednostavno njihalo načinjeno je od niti duge  $2\text{ m}$  na kojoj visi uteg. Utég gurnemo iz položaja ravnoteže brzinom  $0.3\text{ m/s}$ .

- Za koliko se uteg udaljio od ravnotežnog položaja?
- Koliko je vrijeme jednog titraja tog jednostavnog njihala ako ga objesimo o strop lifta koji se giba vertikalno prema gore akceleracijom  $50\text{ cm/s}^2$ .

**Zad. 24.** Za prigušeni oscilator definiran veličinama  $m = 250\text{ g}$ ,  $k = 85\text{ N/m}$  i  $b = 70\text{ g/s}$  odredite:

- period osciliranja,
- vrijeme potrebno da amplituda oscilatora padne na polovicu svog početnog iznosa  $x_m$ ,
- vrijeme potrebno da mehanička energija oscilatora padne na polovicu svoje početne vrijednosti.
- omjer amplitude prigušenog titranja na kraju dvadesetog ciklusa i početne amplitude.

**Zad. 25.** Amplituda slabog prigušenog titranja opada za 3% tijekom jednog ciklusa. Koliki je postotak mehaničke energije koja se izgubi u svakom od ciklusa?

**Zad. 26.** Sustav koji čine blok mase  $1.5\text{ kg}$  i opruga konstante elastičnosti  $8\text{ N/m}$  vrši slabo prigušeno titranje zbog sile  $-b\frac{dx}{dt}$ ,  $b = 230\text{ g/s}$ . Pretpostavite da je blok na početku pomaknut iz ravnotežnog položaja za  $12\text{ cm}$ , a onda pušten.

- Odredite vrijeme potrebno da amplituda rezultirajućih oscilacija padne na jednu trećinu početne vrijednosti.
- Koliko je titraja blok napravio za to vrijeme?

**Zad. 27.** Harmonički oscilator čini blok mase  $m = 1 \text{ kg}$  obješen na oprugu konstante elastičnosti  $k = 0.1 \text{ N/m}$ . Koliki mora biti koeficijent  $\Gamma = 2\delta$  da bi trenje prestalo imati karakter bilo kakve periodičnosti?

**Zad. 28.** U slučaju kada je  $\Gamma \ll \omega$  nađite energiju koja se disipira u harmoničkom oscilatoru za vrijeme jednog perioda.

**Zad. 29.** U automobilu mase  $1000 \text{ kg}$  nalaze se četiri osobe približno jednakih masa od oko  $82 \text{ kg}$ . Automobil putuje preko neravne ceste s naborima međusobno udaljenim  $4 \text{ m}$  i odskače (pretpostavimo da je odskakanje ravnomjerno) s maksimalnom amplitudom kad mu je brzina jednaka  $16 \text{ km/h}$ . Nakon što se automobil zaustavi i iz njega iziđu ljudi, za koliko će se povećati udaljenost tijela automobila od tla?

**Zad. 30.** Kugla polumjera  $r = 4 \text{ cm}$ , mase  $m = 1 \text{ kg}$ , obješena je za elastično pero zanemarive mase tako da može titrati u vertikalnom smjeru u fluidu viskoznosti  $\eta = 5 \text{ Nsm}^{-2}$ , zbog koje titranje guši sila trenja:  $F_r = -6\pi\eta rv$ . Konstanta elastičnosti pera je  $k = 25 \text{ N/m}$ . Zbog sile koja se mijenja s vremenom po zakonu  $F(t) = F_0 \cos \omega t$  ( $F_0 = 1 \text{ N}$ ) i koja djeluje u vertikalnom smjeru, kugla izvodi harmoničko titranje. Frekvenciju titranja vanjske sile možemo proizvoljno mijenjati.

- Odredite kod koje će frekvencije  $\omega$  amplituda titranja kugle biti maksimalna koliko će ona iznositi. Usporedite tu amplitudu s istegnućem elastičnog pera kada na njega djelujemo statičkom silom  $F_0$ .
- Koliko iznosi srednja snaga koju sila  $F(t)$  preda sustavu kugla-elastično pero i kod koje frekvencije je ona maksimalna?
- Pokažite da se ta snaga troši na savladavanje sile trenja.
- Pokažite da je rad sile elastičnog pera u toku jednog perioda jednak  $0$ .

**Zad. 31.** Prisilno harmoničko titranje ima istu amplitudu pri frekvencijama  $\omega_1 = 400 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  i  $\omega_2 = 600 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ . Nađite rezonantnu frekvenciju.

**Zad. 32.** Odredite frekvenciju titranja dvodimenzionalnog harmoničkog oscilatora sa slike. Pretpostavite da su pomaci harmoničkog oscilatora mnogo manji od širine okvira  $2a$ .

**Zad. 33.** Napišite jednadžbu vala koji se propagira u negativnom smjeru osi  $x$ , a ima amplitudu  $A = 10 \text{ cm}$ , frekvenciju  $f = 660 \text{ Hz}$ , te brzinu  $v = 330 \text{ m/s}$ .

**Zad. 34.** Jednadžba transverznog vala je:  $y = 6 \sin(4\pi t - 0.2\pi x)$ , gdje su  $x$  i  $y$  u  $\text{cm}$ , a  $t$  u sekundama. Odredite: a) amplitudu, b) valnu duljinu, c) frekvenciju, d) period, e) brzinu širenja vala.

**Zad.35.** Ispitujući fazu odredite smjer gibanaja putujućeg vala predsatvljenog izrazom:

- a)  $\psi_1(x, t) = a \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} - \varepsilon \right),$   
b)  $\psi_2(z, t) = a \cos \pi \cdot 10^{15} \left( t - \frac{z}{v} + \varepsilon \right).$

**Zad. 36.** Val frekvencije 20 Hz ima brzinu 80 m/s.

- a) Koliko su udaljene točke čiji su pomaci  $30^\circ$  daleko u fazi?  
b) U danoj točki, kolika je fazna razlika između dva pomaka koji se događaju u vremenskom razmaku 0.01 s?

**Zad. 37.** Harmonički val se širi brzinom 60 m/s. Dvije točke sredstva koje su (s obzirom na smjer širenja vala) međusobno udaljene 2.5 cm titraju s razlikom u fazi  $30^\circ$ . Odredite frekvenciju i valnu duljinu.

Napišite jednadžbu vala ako je za  $t = 0$  i  $x = 0$  elongacija jednaka nuli.

**Zad. 38.** Napišite jednadžbu koja opisuje transverzalni val koji putuje duž pozitivne x osi, a ima valnu duljinu 10 cm, frekvenciju 400 Hz i amplitudu 2 cm. Odredite brzinu vala.

**Zad. 39.** Elektromotor na jednom kraju niti generira sinusni val frekvencije 512 Hz.

Drugi kraj niti je prebačen preko koloture te je o njega obješen predmet mase 10kg. Ako je linearna gustoća niti  $\mu = 0.03 \text{ kg/m}$ , pronađite:

- a) brzinu transverzalnog vala na niti  
b) valnu duljinu  
c) period.

**Zad. 40.** Dvije niti su vezane čvorom i zatim rastegnute između dva zida. Niti imaju linearne gustoće  $\mu_1 = 1.4 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}$  i  $\mu_2 = 2.8 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}$ , te duljine  $L_1 = 3\text{m}$  i  $L_2 = 2\text{m}$ . Dobivena nit napeta je silom od 400 N, U istom trenutku s kraja svake niti poslan je puls sa zida prema čvoru. Koji puls će prvi stići do čvora?

**Zad. 41.** Dugačka nit leži duž x-osi u ravnoteži. Kraj niti u  $x=0$  je učvršćen. Upadni sinusni val amplitude 1.5 mm i frekvencije 120 Hz putuje duž niti u negativnom smjeru x-osi brzinom 84 m/s. Val se reflektira na čvrstom kraju pa superpozicija upadnog i reflektiranog putujućeg vala formira stojni val.

- a) Pronađite jednadžbu koja daje pomak točke na niti kao funkciju položaja i vremena.  
b) Locirajte točke na niti koje se uopće ne pomiču.  
c) Pronađite amplitudu, maksimalnu transverzalnu brzinu i maksimalnu transverzalnu akceleraciju u točkama maksimalnih oscilacija.

**Zad. 42.** Titranje glazbene viljuške frekvencije 600 Hz uspustavlja titranje na žici koja je učvršćena na oba kraja. Brzina vala na žici je 400 m/s. Stojni val koji se formira ima četiri petlje amplitude 2 mm.

- a) Kolika je duljina niti?
- b) Napišite jednadžbu za pomak niti kao funkcije položaja i vremena.

**Zad 43.** Žica duga  $3\text{ m}$  oscilira tako da tvori stojni val amplitude  $1\text{ cm}$  s tri petlje. Brzina vala je  $100\text{ m/s}$ .

- a) Koliko iznosi frekvencija titranja?
- b) Napišite jednadžbe za dva vala čija superpozicija daje ovaj stojni val.

**Zad 44.** Jednadžba koja opisuje osciliranje žice glasi:

$$y(x, t) = (0.5\text{cm}) \sin \left[ \left( \frac{\pi}{3} \text{cm}^{-1} \right) x \right] \cos \left[ \left( 40\pi \text{s}^{-1} \right) t \right].$$

Odredite:

- a) amplitudu i brzinu valova čijom se superpozicijom dobije dana oscilacija,
- b) udaljenost među čvorovima,
- c) brzinu točke na žici na položaju  $x = 1.5\text{ cm}$  kad je  $t = 9/8\text{ s}$ .

**Zad. 45.** Štap duljine  $1\text{ m}$  napravljen je od aluminijskog Youngovog modula elastičnosti  $Y = 70\text{ GPa}$  i gustoće  $\rho = 2700\text{ kgm}^{-3}$ . Kolike su osnovne frekvencije ovog štapa u rasponu od  $2.5$  do  $25\text{ kHz}$  ako je štap učvršćen po sredini? Proučiti i slučaj kada je štap učvršćen na jednom kraju.

**Zad 46.** U pokušaju da vam ime uđe u Guinnessovu knjigu rekorda krećete u izradu kontrabasa sa žicama duljine  $5\text{ m}$  između fiksnihih točaka. Jedna žica ima linearnu gustoću  $40\text{ g/m}$  i osnovnu frekvenciju od  $20\text{ Hz}$ .

- a) Izračunajte napetost žice.
- b) Izračunajte frekvenciju i valnu duljinu drugog harmonika.
- c) Izračunajte frekvenciju i valnu duljinu trećeg harmonika.

**Zad. 47.** Žica po kojoj putuju valovi duga je  $2.7\text{ cm}$  i ima masu  $260\text{ g}$ . Napetost žice je  $36\text{ N}$ . Kolika treba biti frekvencija putujućih valova amplitude  $7.7\text{ mm}$  kako bi prosječna snaga bila  $85\text{ W}$ ?

**Zad. 48.** Dva sinusoidna vala  $y_1(x, t)$  i  $y_2(x, t)$  imaju jednake valne duljine i putuju zajedno duž žice u istom pravcu. Njihove amplitude iznose  $y_{m1} = 4\text{ mm}$  i

$$y_{m2} = 3\text{ mm}, \text{ a fazne konstante } \Phi_1 = 0\text{ rad} \text{ i } \Phi_2 = \frac{\pi}{3}\text{ rad}.$$

Odredite amplitudu i faznu konstantu rezultantnog vala. Napišite njegovu jednadžbu.

**Zad. 49.** Dva sinusoidna vala jednakih perioda s amplitudama  $5\text{ mm}$  i  $7\text{ mm}$  putuju u istom pravcu duž žice i proizvedu rezultantni val amplitude  $9\text{ mm}$ . Fazna konstanta prvog vala je  $0$ , odredite faznu konstantu drugog vala.

**Zad. 50.** Brod koristi sustav za detekciju podvodnih objekata. Sustav emitira podvodne zvučne valove i mjeri vremenski interval koji je potreban reflektiranom valu da

se vrati do detektora. Odredite brzinu zvučnih valova u vodi i pronađite valnu duljinu vala frekvencije  $262 \text{ Hz}$  (gustoća vode je  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , a volumni modul elastičnosti  $B = 2.18 \cdot 10^9 \text{ Pa}$ ).

**Zad. 51.** Desetominutno izlaganje zvuku nivoa jakosti  $120 \text{ dB}$  obično privremeno pomakne prag čujnosti za frekvenciju od  $1000 \text{ Hz}$  sa  $0 \text{ dB}$  na  $28 \text{ dB}$ . Deset godina izloženosti zvuku od  $92 \text{ dB}$  će stvoriti trajni pomak praga čujnosti na  $28 \text{ dB}$ . Koliki intenziteti odgovaraju nivoima jakosti zvuka od  $28$ ,  $92$  i  $120 \text{ dB}$ ?

**Zad. 52.** Proučite idealizirani model u kojem slavuja koji pjeva promatramo kao točkasti izvor koji emitira zvuk konstantne snage čiji intenzitet opada s kvadratom udaljenosti od ptice. Za koliko opadne nivo jakosti zvuka kada udvostručimo svoju udaljenost?

**Zad. 53.** Kod prozora jedne zgrade nivo buke uličnog prometa iznosi  $60 \text{ dB}$ . Otvor prozora ima površinu  $S = 2 \text{ m}^2$ . Kolika zvučna snaga ulazi kroz prozor?

**Zad. 54.** Nivo zvuka nekog izvora poveća se za  $30 \text{ dB}$ . Za koliko se povećao:

- intenzitet.
- amplituda tlaka?

**Zad. 55.** Točka  $A$  smještena je na udaljenosti  $r = 1.5 \text{ m}$  od točkastog izotropnog izvora zvuka frekvencije  $600 \text{ Hz}$ . Zvučna snaga izvora je  $0.8 \text{ W}$ . Zanemarite prigušenje valova i pretpostavite da je brzina zvuka u zraku  $v = 340 \text{ m/s}$ , gustoća zraka je  $1.29 \text{ kg/m}^3$ . U točki  $A$  nađite:

- amplitudu tlaka i njen odnos s tlakom zraka ( $\approx 10^5 \text{ Pa}$ )
- amplitudu titranja čestice medija i usporedite je s valnom duljinom zvuka.

**Zad. 56.** Izvor zvuka emitira dva sinusna vala valne duljine  $l$  duž puteva  $A$  i  $B$  (slika). Zvuk koji putuje duž puta  $B$  reflektira se na pet površina i zatim se spaja u točki  $T$  sa zvučnim valom koji je putovao duž  $A$ . Za koje vrijednosti veličine  $d$  (u valnim duljinama) su valovi u  $T$  izvan faze (destruktivna interferencija)? Za koje vrijednosti  $d$  su valovi u točki  $T$  u fazi?

**Zad. 57.** Zviždaljke frekvencije  $540 \text{ Hz}$  giba se po kružnici radijusa  $60 \text{ cm}$  kutnom brzinom  $15 \text{ rad/s}$ . Kolika je:

- najniža
  - najviša
- frekvencija koju čuje slušač koji miruje na velikoj udaljenosti u odnosu na centar kružnice? Brzina zvuka je  $340 \text{ m/s}$ .

**Zad. 58.** Dječak se udaljava od zida brzinom  $1 \text{ m/s}$  po pravcu okomitom na zid i pritom jednoliko zviždi. Slušatelj prema kojemu dječak ide čuje  $4$  udara u sekundi. Ako je brzina zvuka  $340 \text{ m/s}$ , kolika je frekvencija zviždanja.

**Zad. 59.** Šišmiš leti prema moljcu brzinom  $v_s = 9 \text{ m/s}$  u odnosu na zrak, a moljac leti



prema šišmišu brzinom  $v_M = 8 \text{ m/s}$  u odnosu na zrak. Šišmiš emitira ultrazvučni val frekvencije  $f_{SE}$  koji se reflektira o moljca prema šišmišu, pa šišmiš tada detektira frekvenciju  $f_{SD}$ . Šišmiš podešava emitiranu frekvenciju sve dok povratna frekvencija ne postane  $83 \text{ kHz}$ . (Naime, šišmiš najbolje čuje te frekvencije.)

- Kolika je frekvencija valova koje reflektira moljac kada je  $f_{SD} = 83 \text{ kHz}$ ?
- Kolika je frekvencija  $f_{SE}$  kada je  $f_{SD} = 83 \text{ kHz}$ ?

Za brzinu zvuka u zraku uzmite  $343 \text{ m/s}$ .

**Zad. 60.** Čovjek prema kojem se približava zrakoplov brzine  $v_z$  čuje zvuk frekvencije  $f_1 = 1500 \text{ Hz}$  koji potječe od izvora zvuka unutar zrakoplova. Prilikom udaljšavanja od zrakoplova čovjek čuje zvuk frekvencije  $f_2 = 500 \text{ Hz}$ . Kolika je brzina zrakoplova? Uzmite da brzina zvuka iznosi  $340 \text{ m/s}$ .

**Zad. 61.** Djevojčica sjedi pored otvorenog prozora u vlaku koji se giba brzinom  $10 \text{ m/s}$  na istok. Njen otac stoji uz tračnice i gleda kako vlak odlazi. Sirena lokomotive emitira zvuk frekvencije  $500 \text{ Hz}$ . Koju frekvenciju čuje djevojčica, a koju otac? Brzina zvuka u zraku je  $340 \text{ m/s}$ .

**Zad. 62.** Energija u LC krugu, koji sadrži zavojnicu induktivnosti  $L = 1.25 \text{ H}$ , je  $5.7 \mu\text{J}$ . Maksimalni naboj na kondenzatoru je  $175 \mu\text{C}$ . Nađite:

- masu,
- konstantu opruge,
- maksimalan pomak  $i$
- maksimalnu brzinu

za mehanički sustav mase na opruzi koji ima jednak period kao i zadani LC krug.

**Zad. 63.** U LC titrajnom krugu u kojem je  $C = 4 \mu\text{F}$ , maksimalna razlika potencijala na kondenzatoru je  $1.5 \text{ V}$ , a maksimalna jakost struje kroz zavojnicu je  $50 \text{ mA}$ .

- Koliko iznosi induktivnost zavojnice  $L$ ?
- Kolika je frekvencija oscilacija?
- Koliko je vremena potrebno da naboj na kondenzatoru naraste od nule do maksimalne vrijednosti?

**Zad. 64.** Kondenzator kapaciteta  $1.5 \mu\text{F}$  nabijen je do razlike potencijala  $57 \text{ V}$ . Nakon toga s njim je u seriju spojena zavojnica induktiviteta  $12 \text{ mH}$  tako da se pojave LC oscilacije.

- Odredite maksimalnu struju kroz zavojnicu, pretpostavljajući da nema otpora u krugu.
- Odredite izraz za razliku potencijala  $v_L(t)$ .
- Odredite maksimalni iznos promjene jakosti struje u krugu.

**Zad. 65.** LC titrajni krug koji se sastoji od zavojnice induktivnosti  $3 \text{ mH}$  i kondenzatora kapaciteta  $1 \text{ nF}$  ima maksimalni napon od  $3 \text{ V}$ .

- Koliki je maksimalni naboj na kondenzatoru?
- Kolika je maksimalna jakost struje kroz krug?

- c) Kolika je maksimalna energija magnetskog polja zavojnice?

**Zad. 66.** U LC titrajnom krugu,  $L = 25 \text{ mH}$  i  $C = 7.8 \text{ } \mu\text{F}$ , u trenutku  $t = 0$  jakost struje iznosi  $9.2 \text{ mA}$ , a naboj na kondenzatoru je  $3.8 \text{ } \mu\text{C}$  i on se povećava.

- Kolika je ukupna energija kruga?
- Koliki je maksimalni naboj na kondenzatoru?
- Koliko iznosi maksimalna jakost struje?
- Ako je izraz za naboj na kondenzatoru dan s  $q = Q \cos(\omega t + \Phi)$ , nađite fazu  $\Phi$ .
- Razmotrite u istim uvjetima slučaj kada se naboj na kondenzatoru smanjuje od trenutka  $t = 0$ .

**Zad. 67.** U LC titrajnom krugu sa  $C = 64 \text{ } \mu\text{F}$ , jakost struje kao funkcija vremena opisana je izrazom  $i(t) = 1.6 \sin(2500t + 0.68)$ , gdje je  $t$  u sekundama,  $i$  u amperima, a faza konstantna i u radijanima.

- Koliko dugo vremena nakon  $t = 0$  je potrebno da struja dosegne svoju maksimalnu vrijednost?
- Koliko iznosi induktivnost  $L$ ?
- Koja je vrijednost ukupne energije?

**Zad. 68.** RLC krug ima  $L = 12 \text{ mH}$ ,  $C = 1.6 \text{ } \mu\text{F}$  i  $R = 1.5 \text{ } \Omega$ .

- Za koliko vremena će amplituda naboja u krugu biti na 50% početne vrijednosti?
- Koliko oscilacija će se napraviti u tom vremenskom intervalu?

**Zad. 69.** Otpornik od  $200 \text{ } \Omega$  je vezan serijski s kondenzatorom od  $5 \text{ } \mu\text{F}$ . Pad napona na otporniku je  $v_R = (1.2 \text{ V}) \cos\left(2500 \frac{\text{rad}}{\text{s}} t\right)$ .

- Napišite izraz za jakost struje u krugu.
- Odredite impedanciju kondenzatora.
- Napišite izraz za pad napona na kondenzatoru ( $v_C(t)$ ).

**Zad. 70.** Za generator izmjenične struje vrijedi:  $\varepsilon = \varepsilon_m \sin\left(\omega_d t - \frac{\pi}{4}\right)$ , gdje je  $\varepsilon_m = 30 \text{ V}$  i

$\omega_d = 350 \text{ rad/s}$ . Jakost struje koja teče krugom je  $i(t) = I \sin\left(\omega_d t - \frac{3\pi}{4}\right)$ , gdje je

$I = 620 \text{ mA}$ .

- U kojem je trenutku nakon  $t = 0$  elektromotorna sila prvi put dostigla maksimum?
- U kojem trenutku nakon  $t = 0$  struja prvi put postigne maksimum?
- Ovaj krug sadrži još samo jedan element osim generatora. Je li to kondenzator, zavojnica ili otpornik? Objasnite odgovor.
- Odredite vrijednost impedancije tog elementa. Ovisno o kojem je elementu riječ, odredite kapacitet, induktivitet ili otpor.

**Zad. 71.** Otpornik otpora  $50 \text{ } \Omega$  povezan je s generatorom izmjenične struje ( $\varepsilon_m = 30 \text{ V}$ ). Odredite amplitudu rezultirajuće izmjenične struje ako je frekvencija elektromotorne sile

a)  $1\text{kHz}$ , b)  $8\text{kHz}$ . Što zaključujete? Što se događa s amplitudom struje i napona u krugovima koji uz izvor sadže samo kondenzator ili samo zavojnicu?

**Zad. 72.** Za RLC krug vrijedi  $R = 5\ \Omega$ ,  $L = 60\text{mH}$ ,  $f_d = 60\text{Hz}$  i  $\varepsilon_m = 30\text{V}$ . Za koje vrijednosti kapaciteta će prosječna vrijednost brzine trošenja energije u otporniku biti:

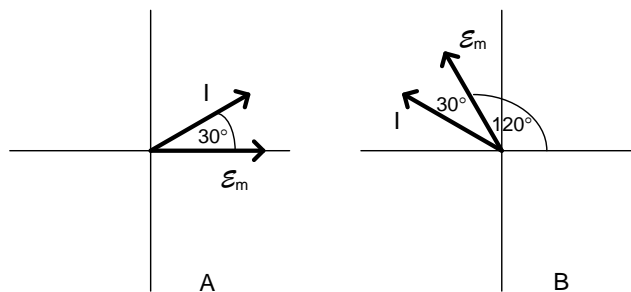
- maksimalna
- minimalna?

Odredite taj maksimum, tj. minimum, odgovarajuću fazu i faktor snage.

**Zad. 73.** Klima uređaj priključen na  $120\text{V rms}$  izmjenične struje ekvivalent je krugu s otpornikom  $R = 12\ \Omega$  i zavojnicom  $X_L = 1.3\ \Omega$  spojenim u seriju.

- Izračunajte impedanciju klima uređaja.
- Pronađite prosječnu vrijednost snage koja se dovodi uređaju.

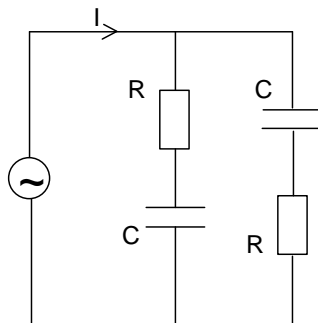
**Zad. 74.** Serijski RCL krug je spojen na generator izmjeničnog napona,  $\varepsilon_m = 12\text{V}$ ,  $R = 40\ \Omega$ . U trenutku  $t = 0$  fazori  $\varepsilon_m$  i  $I$  imaju orijentaciju kao na slici A. U vremenskom intervalu od  $10\text{ms}$  fazori su zarotirali za  $120^\circ$  i imaju orijentacije prikazane na slici B.



- Uz pomoć slika odgovorite je li krug u rezonanciji s generatorom ili je više induktivan ili kapacitivan?
- Odredite  $\omega_d$ .
- Kolika je amplituda struje  $I$ ?
- Napišite jednadžbu za jakost struje kao funkcije vremena.

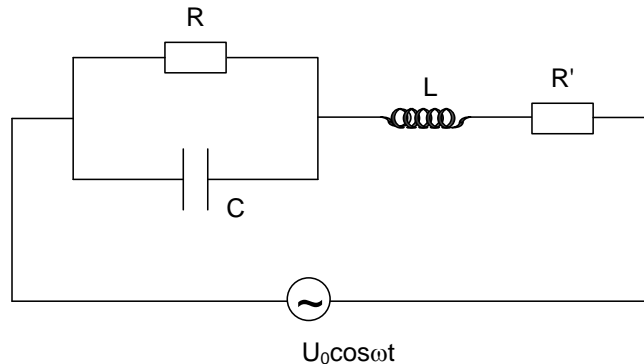
**Zad. 75.** Amplituda elektromotorne sile koja napaja krug izmjenične struje prikazan na slici iznosi  $U_0$ . Odredite:

- struju izvora,
- snagu što se troši u krugu kao funkciju frekvencije  $\omega$ .



**Zad. 76.** Na slici je prikazan krug izmjenične struje čiji elementi imaju vrijednosti:  $C = 10 \mu F$ ,  $R = 700 \Omega$ ,  $L = 2 mH$ ,  $R' = 15 \Omega$ . Krug se napaja izmjeničnom elektromotornom silom amplitude  $U_0 = 2 V$  i promjenjive frekvencije  $\omega$ . Odredite:

- amplitudu struje  $I_0$  i fazu struje  $\phi$  prema naponu za  $f = 1000 Hz$ ,
- kutnu frekvenciju za koju je faza struje nula,
- amplitudu struje za  $\phi = 0$ .



**Zad. 77.** Laser emitira sinusni val koji putuje u vakuumu u negativnom smjeru *osi x*. Valna duljina je  $10.6 \mu m$ , a električno polje paralelno je sa *z osi* i ima maksimalni iznos od  $1.5 MV/m$ . Nađite vektorske iznose za  $\vec{E}$  i  $\vec{B}$  kao funkcije položaja i vremena.

**Zad. 78.** Električno polje elektromagnetskog vala dato je sa:  $E_x = 0$ ,  $E_y = 0$ ,

$$E_z = 2 \cdot \cos \left[ \pi \cdot 10^{15} \left( t - \frac{x}{c} \right) \right], \quad c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

i sve veličine izražene su u jedinicama SI sustava. Val se širi u pozitivnom smjeru *osi x*. Napišite izraze za komponente magnetskog polja.

**Zad. 79.** Zadan je elektromagnetski val čije električno polje ima oblik

$$E_z(y, t) = E_{0z} \cdot \sin \left[ \omega \left( t - \frac{y}{c} \right) + \varepsilon \right].$$

Odredite odgovarajuće polje  $\vec{B}$ .  
**Zad. 80.** Harmonički ravni elektromagnetski val frekvencije  $6 \cdot 10^4 Hz$  širi se u vakuumu u pozitivnom smjeru *osi x* i ima električno polje amplitude  $E_0 = 42.42 V/m$ . Val je linearno polariziran tako da je ravnina titranja električnog polja pod kutem od  $45^\circ$  u *yz ravnini*. Napišite izraze za  $\vec{E}$  i  $\vec{B}$ .

**Zad. 81.** Avion leti na udaljenosti  $10 km$  od radio stanice i prima signal intenziteta  $10 \mu W/m^2$ . Izračunajte:

- amplitudu električnog polja tog signala za udaljenost aviona
- amplitudu magnetskog polja
- ukupnu snagu radio stanice, pretpostavljajući da se signal širi uniformno u svim smjerovima.

**Zad. 82.** Elektromagnetski val frekvencije  $100\text{ MHz}$  putuje kroz izolacijski feromagnetski materijal za kojeg vrijedi  $\varepsilon_r = 10$  i  $\mu_r = 1000$  pri toj frekvenciji. Intenzitet vala je  $2 \cdot 10^{-7}\text{ W/m}^2$ .

- Kolika je brzina širenja,
- kolika je valna duljina,
- kolike su amplitude električnog i magnetskog polja u materijalu?

Usporedite dobivene rezultate s onima za vakuum.

**Zad. 83.** Zračenje koje sa Sunca stiže na vanjski dio Zemljine atmosfere intenziteta je  $1.4\text{ W/m}^2$ .

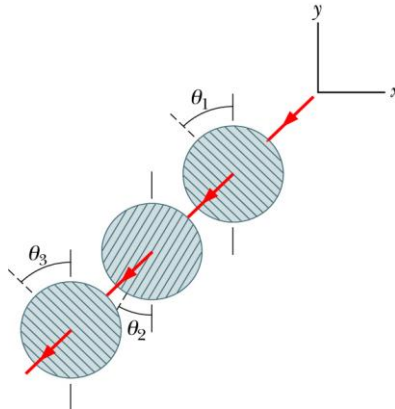
- Pretpostavljajući da se Zemljina atmosfera ponaša kao ravan disk okomit na Sunčevo zračenje i da je sva upadna energija apsorbirana, izračunajte silu na Zemlju zbog tlaka zračenja.
- Usporedite tu silu sa silom koja je posljedica gravitacijskog privlačenja.

**Zad. 84.** Laserski pokazivač (pointer) ima prosječnu snagu od  $0.1\text{ mW}$  u snopu promjera  $0.9\text{ mm}$ . Odredite intenzitet, te amplitudu električnog i magnetskog polja tog zračenja.

**Zad. 85.** Snop nepolarizirane svjetlosti intenziteta  $10\text{ mW/m}^2$  prolazi kroz polarizator.

- Nađite maksimalnu vrijednost električnog polja propuštenog snopa.
- Koliki je tlak tog zračenja?

**Zad. 86.** Upadna nepolarizirana svjetlost poslana je kroz tri polarizatora čije osi polarizacije zatvaraju kuteve s y osi kao što je prikazano na slici ( $\theta_1=40^\circ$ ,  $\theta_2=20^\circ$ ,  $\theta_3=40^\circ$ ). Koliki postotak upadne svjetlosti prođe kroz sustav?



**Zad. 87.** Snop vertikalno polarizirane svjetlosti intenziteta  $43\text{ W/m}^2$  prolazi kroz dva polarizatora. Smjer osi polarizacije prvog je  $70^\circ$  u odnosu na vertikalnu, a drugog je horizontalan (tj. pod  $90^\circ$  u odnosu na vertikalnu). Koliki je intenzitet svjetlosti propuštene kroz oba polarizatora?

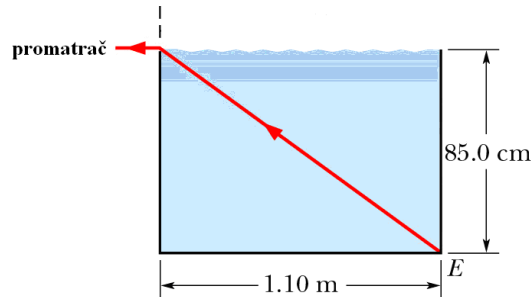
**Zad. 88.** Dva polarizatora imaju međusobno okomite osi polarizacije dok treći koji se umetne između njih ima os polarizacije pod kutem  $\theta$  u odnosu na os prvog polarizatora.

Pretpostavimo da na prvi polarizator pada snop linearno polarizirane svjetlosti tako da joj ravnina polarizacije zatvara kut  $\theta$  s njegovom osi.

- Nadite izraz za intenzitet svjetlosti koja prođe kroz sustav.
- Odredite za koji kut  $\theta$  taj intenzitet postiže najveću vrijednost i koji dio upadnog intenziteta u tom slučaju prolazi kroz sustav.

**Zad. 89.** Snop djelomično polarizirane svjetlosti možemo promatrati kao “mješavinu” polarizirane i nepolarizirane svjetlosti. Pretpostavimo da pošaljemo takvu svjetlost kroz polarizacijski filter, a zatim rotiramo filter kroz puni krug ( $360^\circ$ ), pritom ga čitavo vrijeme držeći u ravnini okomitoj na smjer svjetlosti. Ako intenzitet prolazne svjetlosti tijekom rotacije varira, tako da mu je omjer maksimalne i minimalne vrijednosti jednak 5, koliki je dio intenziteta upadnog snopa polariziran?

**Zad. 90.** Kada je pravokutni metalni spremnik, kao na slici, napunjen do vrha nepoznatom tekućinom, promatrač s očima u razini vrha spremnika može vidjeti samo kut E. Prikazana je zraka koja se lomi prema promatraču na površini tekućine. Nadite indeks loma tekućine.

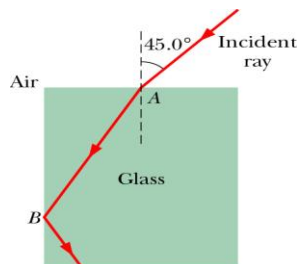


**Zad. 91.** Dva metra dugi vertikalni stup proteže se od dna bazena do točke 50 cm iznad vode. Sunčevo zračenje upada pod  $55^\circ$  na horizont. Kolika je duljina sjene stupa na dnu bazena?

**Zad. 92.** Zraka svjetlosti iz zraka prolazi kroz dvije paralelne ploče različitih materijala (a i b) čiji su indeksi loma  $n_a = 1.7$  i  $n_b = 1.3$ .

- Ako je upadni kut zrake na prvu ploču  $\Phi_0 = 60^\circ$ , koliki je kut loma zrake u sredstvu b,  $\Phi_b$ ?
- Odredi kut  $\Phi$  pod kojim zraka svjetlosti izlazi iz druge ploče u zrak.

**Zad. 93.** Zraka svjetlosti upada na staklo u točki A, kao na slici, i onda prolazi do totalne unutrašnje refleksije u točki B. Zaključite iz ovih informacija koja je minimalna vrijednost za indeks loma stakla.



**Zad. 94.** Sunčeva svjetlost reflektira se s ravne površine bazena.

- Pod kojim kutem refleksije je svjetlost potpuno polarizirana?
- Koji je odgovarajući kut loma?
- Noću se upale podvodni reflektori u bazenu.

Odredite a) i b) za zrake reflektora koje udaraju ravnu vodenu površinu bazena odozdo.

**Zad. 95.** Plivač koji je zaronio u bazenu gleda direktno prema gore kroz granicu zrak-voda.

- Koji je raspon kuteva u kojem zrake izvora izvan bazena dopijevaju do očiju plivača. Pretpostavite da je svjetlost monokromatska i uzmite za indeks loma vode  $1.33$ ?
- Plivač zatim stavi masku za ronjenje. Tanki sloj prozirne plastike kroz koji gleda je horizontalan, a zrak ispunjava unutrašnjost maske. Koji je sad raspon kuteva u kojem zrake vanjskih izvora stižu do očiju plivača? (Zanemarite lom na plohi maske.)

**Zad. 96.** Košarkaš visine  $198\text{ cm}$  želi se vidjeti u cijeloj svojoj visini na zrcalu koje visi na zidu. Koja je najmanja visina koju zrcalo mora imati da se košarkaš vidi bez obzira na svoju udaljenost od zrcala?

**Zad. 97.** Konkavno zrcalo formira sliku žarne niti lampe koja se nalazi  $10\text{ cm}$  ispred zrcala, na zidu koji je udaljen  $3\text{ m}$  od zrcala.

- Koliki je radijusi zakrivljenosti zrcala?
- Kolika je visina slike ako je visina predmeta  $5\text{ mm}$ ?

**Zad. 98.** Djed Mraz, kako bi provjerio da nema čađe na bradi, ogleda se u posrebrenoj kuglici na udaljenosti od  $0.75\text{ m}$ . Dijametar ukrasa je  $7.2\text{ cm}$ . Pretpostavimo da je, u skladu s općim uvjerenjem, Djed Mraz visok  $1.6\text{ m}$ . Gdje se nalazi i koliko je visoka njegova slika koju formira ukras? Je li uspravna ili obrnuta?

**Zad. 99.** Gušter visine  $h$  sjedi ispred sfernog zrcala čija je žarišna udaljenost apsolutne vrijednosti  $40\text{ cm}$ . Slika guštera ima istu orijentaciju kao gušter i visinu  $h'=0.2h$ .

- Je li slika realna ili virtualna i je li na istoj ili drugoj strani ogledala?
- Je li ogledalo konkavno ili konveksno, tj. koji je predznak žarišne udaljenosti  $f$ ?

**Zad. 100.** Jedan kraj prozirnog  $48\text{ cm}$  dugog štapa je ravan, a drugi kraj ima polusfernu površinu radijusa  $15\text{ cm}$ . Kuglica se nalazi na sredini štapa duž njegove osi. Kad se gleda kroz ravni kraj čini se da je kuglica udaljena  $16\text{ cm}$  od kraja.

- Koji je indeks loma štapa?
- Kolika je prividna udaljenost kuglice ako se gleda kroz zakrivljeni kraj?

**Zad. 101.** Osvijetljeni predmet se nalazi na udaljenosti  $D = 1\text{ m}$  ispred zastora. Leća fokusne daljine  $f = 16\text{ cm}$  postavi se ispred zastora.

- Nađite položaj leće za kojeg dobijemo realnu sliku na zastoru.
- Nađite omjer povećanja slika za ove položaje.

**Zad. 102.** Zrno graška O stavljeno je ispred dvije tanke koaksijalne simetrične leće 1 (konvergentna) i 2 (divergentna). Žarišne točke za leću 1 su 3 cm udaljene od leće, a one za leću 2 su 6 cm udaljene od leće. Leće su razmaknute za  $L = 8.5 \text{ cm}$ , a zrno se nalazi 9 cm lijevo od leće 1.

- Gdje sustav leći stvara sliku zrna?
- Zrno ima visinu 2 mm (mjereno od centralne osi sustava leća). Kolika je visina slike  $i_2$ ?

**Zad. 103.** Uspravni predmet visine 5 mm je smješten ispred konvergentne leće žarišne udaljenosti  $f_1 = 15 \text{ cm}$  na udaljenosti  $p = 90 \text{ cm}$ . Iza leće smješteno je konkavno zrcalo žarišne udaljenosti  $f_2 = 10 \text{ cm}$  na udaljenosti  $d = 101.43 \text{ cm}$ . Nađite položaj, prirodnu i relativnu veličinu konačne slike. Problem prikazati i grafički!

**Zad. 104.** Dvije konvergentne leće fokusnih udaljenosti  $f_1 = 10 \text{ cm}$  i  $f_2 = 20 \text{ cm}$  udaljene su za  $d = 25 \text{ cm}$ . Predmet visine 1 cm nalazi se na udaljenosti  $a = 20 \text{ cm}$  ispred prve leće. Odredite položaj, prirodnu i relativnu veličinu konačne slike. Je li konačna slika uvećana ili umanjena, obrnuta ili uspravna u odnosu na početni predmet, realna ili virtualna?

**Zad. 105.** Dva zrcala, jedno konkavno, drugo konveksno imaju jednake žarišne daljine  $f = 15 \text{ cm}$ . Zrcala su postavljena jedno prema drugom tako da im se optičke osi podudaraju. Udaljenost njihovih tjemena je  $d = 50 \text{ cm}$ . Predmet je postavljen na polovici udaljenosti između zrcala. Odredite položaj i svojstva slike najprije reflektirane na konkavnom, a zatim na konveksnom zrcalu, te položaj i relativnu veličinu konačne slike u odnosu na predmet.

**Zad. 106.** Centar konvergentne leće fokusne udaljenosti  $f_1 = 20 \text{ cm}$  je u središtu zakrivljenosti konkavnog zrcala radijusa  $R = 30 \text{ cm}$ . Predmet visine 1 cm nalazi se na udaljenosti  $p_1 = 12 \text{ cm}$  ispred leće. Odredite položaj, prirodnu i relativnu veličinu slike nakon loma svjetlosti kroz leću i refleksije na konkavnom zrcalu.

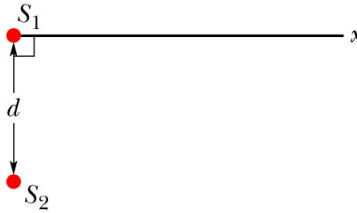
**Zad. 107.** Uspravni predmet visine  $h$  smješten je ispred konvergentne leće na dvostrukoj žarišnoj udaljenosti  $f_1$ . S druge strane leće je konkavno zrcalo fokusne udaljenosti  $f_2$  koje je od leće udaljeno za  $2(f_1 + f_2) = d$ . Odredite položaje, orijentacije i relativna povećanja slika  $S_1$  i  $S_2$  u odnosu na predmete  $P_1$ , odnosno  $P_2$  te nađite položaj, orijentaciju, prirodnu i relativnu visinu konačne slike. Za sve slike i predmete napišite jesu li realni ili virtualni!

**Zad. 108.** Kolika je udaljenost između bliskih maksimuma na ekranu blizu središta interferencijskog uzorka (slika)? Valna duljina svjetlosti je  $546 \text{ nm}$ , razmak među pukotinama je  $0.12 \text{ mm}$ , a udaljenost između pukotina i ekrana je  $55 \text{ cm}$ . Pretpostavimo da je kut  $\theta$  dovoljno mali da možemo aproksimirati  $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ ,  $\theta$  je u radijanima.

**Zad. 109.** U pokusu s dvije pukotine udaljenost među pukotinama je  $5 \text{ mm}$ , a one su udaljene  $1 \text{ m}$  od ekrana. Dva interferencijska uzorka pojavljuju se na ekranu, jedan zbog svjetlosti valne duljine  $\lambda = 480 \text{ nm}$ , a drugi zbog svjetlosti valne duljine  $\lambda = 600 \text{ nm}$ . Kolika je udaljenost među svijetlim prugama trećeg reda ( $m = 3$ ) tih dvaju uzoraka?



**Zad. 110.**  $S_1$  i  $S_2$  su točke izvora elektromagnetskih valova valne duljine  $1m$ , udaljene za  $d=4 m$  kao na slici. Valovi su u fazi, emitirani jednakom snagom. Ako se detektor pomakne desno po  $x$  osi od izvora  $S_1$ , na kojoj udaljenosti od  $S_1$  su detektirana prva tri interferencijska maksimuma?



**Zad. 111.** Monokromatska svjetlost upada okomito na površinu tankog staklenog klina  $n=1.5$ , čije površine međusobno zatvaraju kut  $\theta=22''$ . Pritom se na  $l=1 cm$  duljine klina pojavljuje 5 tamnih pruga. Odredite valnu duljinu  $\lambda$  upotrebene svjetlosti.

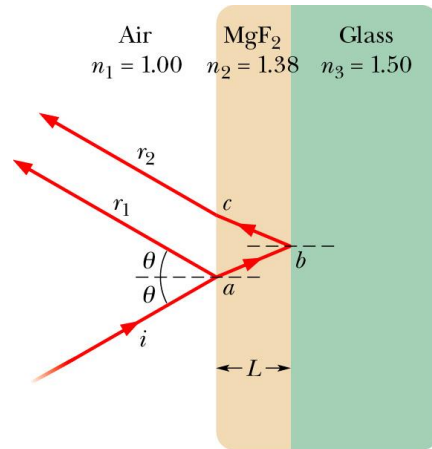
**Zad. 112.** Nepropusna posuda duga  $5 cm$  sa staklenim prozorima stavljena je između polupropusnog i fiksnog zrcala Michelsonovog interferometra. Koristimo svjetlost valne duljine  $\lambda=500 nm$ . Nakon što se ispumpa zrak iz komore, interferencijski uzorak se pomakne za  $60$  pruga. Iz tih podataka odredite indeks loma zraka pri atmosferskom tlaku.

**Zad. 113.** Uređaj za promatranje Newtonovih kolobara sadrži plankonveksnu leću koja se svojom zakrivljenom plohom naslanja na ravnu staklenu ploču. Ako je leća odozgo (gotovo okomito) osvjetljena crvenom svjetlošću ( $\lambda=0.68\mu m$ ), polumjer dvadesetog tamnog prstena je  $r = 1 cm$ .

- Nađite polumjer zakrivljenosti leće R.
- Za koliko bi se promijenio polumjer dvadesetog tamnog prstena ako bi se između staklene ploče i leće nalazio tanki sloj prašine debljine  $d = 1 mm$ ?
- Ako bi se prostor između leće i ploče ispunio vodom ( $n = 4/3$ ), koliki bi bio polumjer dvadesetog tamnog prstena?

**Zad. 114.** Ravni val monokromatske svjetlosti pada okomito na jednoliki tanki sloj ulja koji pokriva ravno zrcalo. Valna duljina izvora može se mijenjati kontinuirano. Potpuna destruktivna interferencija opaža se za valove valne duljine  $\lambda_1= 500 nm$  i  $\lambda_2= 700 nm$  i ni za jednu između. Indeks loma ulja je  $n_u = 1.3$ , a indeks loma stakla je  $n_s = 1.5$ . Odredite debljinu sloja ulja.

**Zad.115.** Staklena leća pokrivena je s jedne strane magnezij-fluoridom ( $MgF_2$ ) kako bi se smanjila refleksija s njene površine. Indeks loma za  $MgF_2$  je  $1.38$ , a za staklo je  $1.5$ . Koja je najmanja širina filma koja eliminira refleksiju valnih duljina sa sredine vidljivog spektra,  $\lambda = 560 nm$ ? Pretpostavite da je upadna svjetlost gotovo okomita na površinu leće.



**Zad.116.** Bijela svjetlost jednolikog intenziteta za vidljivu svjetlost valnih duljina od  $400$  do  $600\text{ nm}$  upada okomito na tanki film indeksa loma  $n_2 = 1.33$  i širine  $L = 320\text{ nm}$  smješten u zraku. Pri kojoj valnoj duljini je reflektirana svjetlost najsvjetlija za promatrača?

**Zad. 117.** a) U uzorku difrakcije na jednoj pukotini odredite intenzitet u točki gdje je ukupna razlika faze između valova s dna i vrha pukotine  $66\text{ rad}$ ?  
 b) Ako je ta točka  $7^\circ$  udaljena od centralnog maksimuma, koliko valnih duljina je široka pukotina?

**Zad. 118.** a) Koliko se svijetlih pruga pojavljuje između prvog minimuma difrakcijske ovojnice s obje strane centralnog maksimuma u uzorku dvije pukotine ako je  $\lambda = 550\text{ nm}$ ,  $d = 0.15\text{ mm}$  i  $a = 30\text{ }\mu\text{m}$ ?  
 b) Koliki je omjer intenziteta treće svijetle pruge i intenziteta centralne pruge?

**Zad. 119.** Zelena svjetlost valne duljine  $0.54\text{ }\mu\text{m}$  upada okomito na optičku rešetku s  $2000$  linija po centimetru.

- Pod kojim se kutom (u odnosu na smjer upadne svjetlosti) pojavljuje difrakcijska pruga trećeg reda?
- Kolika je kutna disperzija rešetke u tom slučaju?
- Koliki je maksimalni mogući red difrakcije za zelenu svjetlost na toj rešetki?

**Zad. 120.** Za ispitivanje spektara zračenja elemenata često se rabe jednostavne difrakcijske rešetke s velikim brojem paralelnih, međusobno jednako udaljenih pukotina. Svjetlost pada okomito na ravninu rešetke.

- Koliki broj pukotina bi trebala imati takva rešetka da u difrakcijskom uzorku prvog reda razluči D-linije dubleta u natrijevom spektru čije su valne duljine  $0.588995$  i  $0.589592\text{ }\mu\text{m}$ ?
- Ako rešetka dugačka  $5\text{ cm}$ , koliki će biti kutni razmak između tih linija?

**Zad. 121.** Difrakcijska rešetka je načinjena od pukotina međusobno razmaknutih za  $900\text{ nm}$ . Rešetka je osvijetljena monokromatskim ravnim valovima valne duljine  $600\text{ nm}$ , okomito na površinu.

- a) Koliko maksimuma postoji u difrakcijskom uzorku?  
 b) Kolika je širina spektralne linije prvog reda ako rešetka ima 1000 pukotina?

**Zad. 122.** Odredite minimalan broj zareza koji mora imati optička rešetka širine 3cm, da bi se uz pomoć nje mogao pouzdano dobiti spektar 3. reda monokromatske svjetlosti valne duljine 500nm.

**Zad. 123.** Monokromatski snop rendgenskih zraka valne duljine 72 pm pada na površinu kristala bakra. Udaljenosti među mrežnim ravninama (paralelnim površini) su  $d=180.4\text{pm}$ .

- a) Odredite kut pod kojim se prema površini javlja prvi maksimum difrakcije u rendgenskim zrakama (reflektiranom zračenju).  
 b) Nađite maksimalni mogući red difrakcije.  
 c) Kolika je minimalna udaljenost među mrežnim ravninama koja bi se mogla odrediti korištenjem ovih zraka?  
 d) Kolika je energija ovog zračenja i kakva je u usporedbi s energijom fotona vidljive svjetlosti?

**Zad. 124.** Neka snop x-zraka valne duljine 0.125 nm upada na kristal NaCl-a pod kutem  $45^\circ$  prema vrhu kristala i obitelji reflektirajućih ravnina. Neka su reflektirajuće ravnine udaljene za  $d=0.252\text{ nm}$ . Za koje kuteve se mora okrenuti kristal oko osi koja je okomita na ravninu stranice da bi ove reflektirajuće ravnine dale maksimume u refleksiji?

**Zad. 125.** (111\*) Snop crvene svjetlosti valne duljine 632.8 nm usmjeren je okomito na vrh plastičnog bloka unutar kojeg se s desne strane nalazi tanki klin zraka. Klin zraka ponaša se kao tanki film čija se širina lagano mijenja od lijevog ( $L_L$ ) prema desnom kraju ( $L_R$ ). Plastični slojevi iznad i ispod klina toliko su tanki da se ne ponašaju kao film. Opažatelj vidi interferencijski uzorak koji se sastoji od šest tamnih i pet svjetlih pruga. Odredite razliku u širini klina s desne i lijeve strane.

