

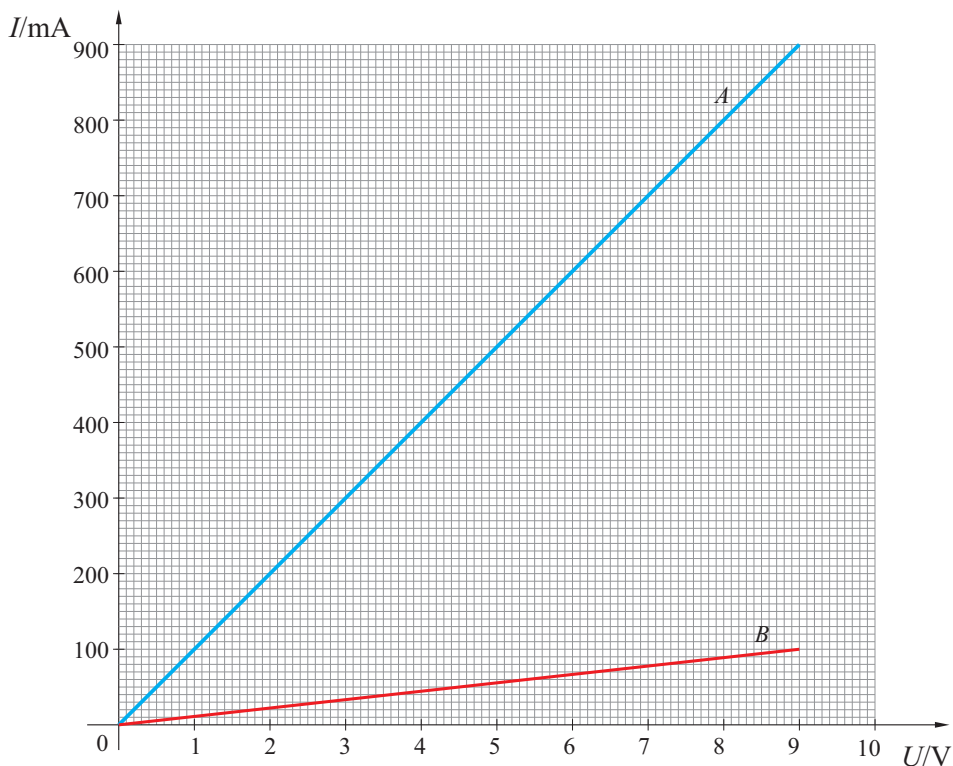


## Županijsko natjecanje iz fizike, 9. ožujka 2022.

### Osnovna škola – zadatci

1. Lana je na satu fizike dobila zadatak sastaviti dva različita strujna kruga sa svim otpornicima koje ima na stolu. Prvo ih je spojila serijski te je za baterije različitih napona mjerila struju i ukupan napon u tom strujnom krugu. Te je podatke ucrtala u graf. Potom je sve te otpornike vezala paralelno na baterije različitih napona i ponovno mjerila ukupnu struju i napon u strujnom krugu. Dobivene je podatke također prikazala grafički.

Koji od ova dva pravca predstavlja serijski spoj jednakih otpornika, a koji paralelni? Ako su svi otpornici međusobno jednakih otpora, odredi koliko ih je ukupno i koliko iznosi otpor pojedinog otpornika.



2. Ivano vozi bicikl po biciklističkoj stazi stalnom brzinom. Pretječe ga Mateo koji se vozi na električnom romobilu, stalnom brzinom. U trenutku kada su njih dva poravnata, Ivano uključi štopericu. U idućih 7 sekundi otkako je Ivano uključio štopericu, Mateo se udaljio 26.25 metara od Ivana. Ukupan put koji je Mateo prošao u tih 7 sekundi, Ivano je prošao u 14 sekundi.

Kojom se brzinom giba Ivano, a kojom Mateo? Koliki je ukupan put prešao Mateo u 7 sekundi?

3. Na krajeve dva jednaka kraka polužne vage ovješena su dva tijela različitih masa. Tijelo od željeza ima volumen  $83.34 \text{ cm}^3$  i masa mu je tri puta manja od drugog tijela nepoznate gustoće. Drugo tijelo zatim u potpunosti uronimo u vodu, što dovodi polužnu vagu u ravnotežu.

Odredi gustoću drugog tijela.

Gustoća željeza je  $7900 \text{ kg/m}^3$ , a vode  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

4. Kameni blokovi potrebni za izgradnju kuće čvrsto su upakirani i položeni na drvenu paletu, dimenzija  $120 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$ . Na paleti je 90 blokova i ukupni je tlak na tlo  $15937.5 \text{ Pa}$ . Taj se teret podiže elektromotorom, na određeni kat zgrade stalnom brzinom tijekom 20 sekundi, pri čemu se gravitacijska potencijalna energija tog tereta promijeni za  $76.5 \text{ kJ}$ . Kada su blokovi dostavljeni na određeni kat zgrade, istim ih se elektromotorom vuče po ravnoj podlozi tog kata, stalnom brzinom po putu čija je duljina za četvrtinu manja od visine na koju su blokovi podignuti. Elektromotor vuče paletu s blokovima 10 sekundi.

Odredite faktor trenja između palete s blokovima i betonske podloge.

U zadatku pretpostavimo da je ploha palete koja stoji na podlozi cjelovita.

5. Marijini roditelji kupili su novi hladnjak. Marija je pročitala informacijski list hladnjaka i zapisala ove podatke: volumen prostora za hlađenje  $142 \text{ l}$ , godišnja potrošnja energije  $120 \text{ kWh}$ , glasnoća  $35 \text{ dB}$ . Odlučila je eksperimentalno provjeriti snagu hlađenja. U prazan hladnjak koji još nije radio, stavila je aluminijsku posudu mase  $380 \text{ g}$  s  $2 \text{ l}$  ulja sobne temperature, zatvorila vrata hladnjaka i uključila ga. Motor hladi sve dok se ne postigne temperatura  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Na zidnom termometru očitala je da je sobna temperatura  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ . Mjerila je vrijeme slušajući radi li motor i ustanovila da je motor radio od 10:15 do 11:23.

U tablicama je pronašla ostale podatke:  $\rho_{\text{ulje}} = 915 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{zrak}} = 1.295 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{aluminij}} = 2700 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_{\text{ulje}} = 3800 \text{ J/kgK}$ ,  $c_{\text{zrak}} = 718 \text{ J/kgK}$ ,  $c_{\text{aluminij}} = 900 \text{ J/kgK}$ .

Koliku je snagu hlađenja Marija izmjerila? Koliko je sati dnevno predviđen rad motora hladnjaka? Zanimarimo hlađenje stijenki hladnjaka i izmjene topline s okolinom.

## Osnovna škola – praktični zadatci

1. U strujni krug veži tri međusobno jednake žaruljice  $ZZ_1$ ,  $ZZ_2$  i  $ZZ_3$ , ali tako da samo dvije od njih ( $ZZ_2$  i  $ZZ_3$ ) svijetle jednako. Na koliko načina to možeš napraviti?

a) Nacrtaš sheme svih spojeva s ucrtanim mjernim uređajima. Prije spajanja strujnih krugova izmjeri napon na bateriji, te ga navedi uz sheme strujnih krugova.

b) Pretpostavi kako se odnose struja u glavnom vodu i napon na bateriji u tvojim složenim krugovima. Napiši pretpostavku pa mjerenjem provjeri kolika je struja u glavnom vodu, te koliki je napon baterije u tvojim spojevima.

c) U svim složenim strujnim krugovima odvrni jednu od dvije žaruljice koje svijetle jednako, te izmjeri napon na svim žaruljicama (uključujući i prazno grlo odvrnute žaruljice).

2. Laboratorijsku čašu s vodom zagrijavaj na plamenu tri svijeće. Odredi kako se mijenja temperatura vode u čaši u vremenu kada zagrijavaš 50 ml vode i kada zagrijavaš 150 ml vode. Zagrijavajte vodu na plamenu svijeća po jednu minutu u tri navrata.

- Opiši postupak mjerenja, te jasno navedi izmjerene rezultate.
- Nacrtaj graf koji prikazuje kako se temperatura vode mijenja u vremenu.
- Usporedite dobivene rezultate. Napišite što iz toga zaključujete.

## Srednje škole – zadatci

### 1. skupina

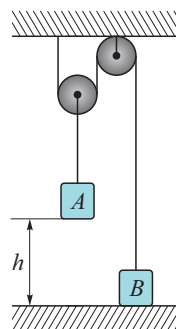
1. Anđelko odmara na zračnom madracu koji se nalazi na rijeci. Barbara vesla u čamcu na istoj rijeci. Barbara i Anđelko istovremeno se nalaze na startnoj liniji staze duge 1500 m. Barbara počinje veslati stalnom brzinom u odnosu na vodu od 4 m/s. Anđelko se giba nošen riječnom strujom. Brzina toka rijeke je 1 m/s. Kada dođe do ciljne linije staze, Barbara se okreće i vesla prema startnoj liniji nepromijenjenom brzinom u odnosu na vodu. Nakon dolaska na startnu liniju Barbara ponavlja svoje gibanje.

a) Izračunajte Barbarin ukupni prijeđeni put od početka gibanja do trenutka kada Anđelko prolazi kroz ciljnu liniju. Nacrtajte graf ovisnosti Barbarina položaja o vremenu.

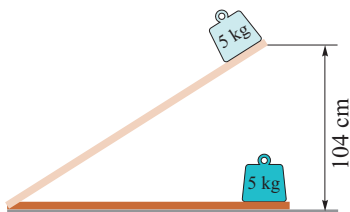
b) Izračunajte kolika treba biti brzina Barbarina gibanja u odnosu na vodu da ona prijeđe pet puta veći put od Anđelka.

2. U sustavu prikazanom na slici masa utega  $A$  je 4 kg, a masa utega  $B$  je 1 kg. U početnom trenutku sustav je pušten u gibanje iz položaja u kojem se uteg  $A$  nalazi na visini  $h = 50$  cm iznad tla. Koloture i uža zanemarive su mase, otpor zraka i trenje su zanemarivi. Izračunajte brzinu utega  $B$  u trenutku kada uteg  $A$  dotakne tlo. Izračunajte maksimalnu visinu koju postiže uteg  $B$  za vrijeme gibanja. Gravitacijsko ubrzanje je  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Napomena.** Uzmite u obzir da se uteg  $A$  prestaje gibati u trenutku pada na tlo, dok se gibanje utega  $B$  nastavlja i nakon tog trenutka.



3. Na horizontalnoj podlozi miruje daska duljine 185 cm.



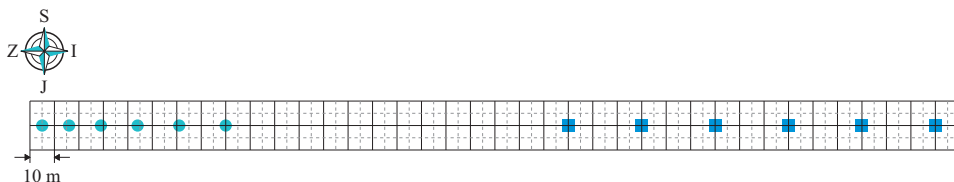
Lijevi kraj daske zglobno je učvršćen za podlogu i daska se oko njega može zakretati. Na desnom kraju daske miruje uteg mase 5 kg. Treba odrediti koeficijent trenja između daske i utega. U tu svrhu provodimo sljedeće eksperimente: desni kraj daske podignemo na određenu visinu pridržavajući uteg, zatim pustimo da se uteg giba i mjerimo vrijeme potrebno da otkliže do lijevog kraja daske. U prvom eksperimentu desni kraj daske podignut je na visinu

104 cm (položaj daske prikazan je isprekidanom linijom na slici). U drugom eksperimentu desni kraj daske podignut je na visinu 57 cm. Izmjereno je da je u drugom eksperimentu potrebno dvostruko više vremena da uteg dođe do lijevog kraja daske, nego u

prvom eksperimentu. Zanimajte dimenzije utega. Zanimajte otpor zraka. Izračunajte koeficijent trenja!

4. Dunja stoji na krovu nebodera ①, čija je visina 64 m, i baci lopticu u horizontalnom smjeru brzinom  $v_1$  prema neboderu ②. Jagoda se nalazi na krovu nebodera ② i baci lopticu u horizontalnom smjeru brzinom  $v_2$  prema neboderu ①. Jagoda je bacila svoju lopticu 0.4 s nakon Dunje. Loptice se sudare u zraku na polovici horizontalne udaljenosti između nebodera i na visini od tla jednakoj  $1/5$  visine nebodera ①. Horizontalna udaljenost između dva nebodera jednaka je visini nebodera ②. Izračunajte visinu nebodera ② i početne brzine obje loptice.

5. Dva se vlaka gibaju po istoj pruzi jedan prema drugome. Vlak A giba se jednoliko ubrzano prema istoku, a vlak B giba se jednoliko prema zapadu. Položaji oba vlaka zabilježeni su svakih 5 s i prikazani su na slici desno: uzastopni položaji vlaka A prikazani su kružićem, a vlak B kvadratićem (položaj prednjeg kraja vlaka nalazi se u središtu kružića, odnosno kvadratića). U trenutku, kada je zabilježen posljednji položaj oba vlaka, vlakovi počinju kočiti i gibaju se jednoliko usporeno do zaustavljanja. Vlakovi su se zaustavili tik jedan do drugoga (drugim riječima, u trenutku zaustavljanja nalaze se na istom položaju). Iznos usporenja vlaka A za vrijeme kočenja duplo je veći od iznosa ubrzanja za vrijeme njegovog ubrzanog gibanja. Od početka kočenja do zaustavljanja vlak B prijeđe 90 m.

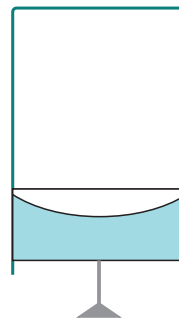


Izračunajte:

- brzinu vlaka A u trenutku kada se nalazi na prvom prikazanom položaju,
- brzinu vlaka A u trenutku početka kočenja,
- brzinu jednolikog gibanja vlaka B.
- Koji će se vlak prvi zaustaviti i koliki je vremenski interval između zaustavljanja dva vlaka?

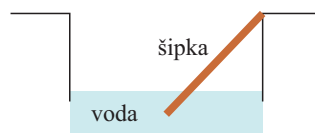
## 2. skupina

1. Određena količina jednoatomnog idealnog plina nalazi se u izoliranom cilindru volumena  $V_0$ , zatvorenog klipom odozdo. Klip je napravljen od izolacijskog materijala sa šuplinom ispunjenom pijeskom, ukupne mase  $M_0$ . Početni tlak plina jednak je  $p_0 = p_{atm}/4$ , gdje je  $p_{atm}$  vanjski atmosferski tlak. U početku je sustav u ravnoteži. Za određeno vrijeme, pijesak koji se nalazi u klipju počinje vrlo sporo izlaziti kroz malu rupu u klipju, sve dok se ukupna masa klipa ne smanji na jednu trećinu početne. Doprinosi trenja su zanemarivi. Izračunaj konačni tlak i volumen plina kao funkciju  $p_0$  i  $V_0$ .



2. Komad metala mase  $m_1 = 200$  g, uronjen u 275 g nepoznate tekućine, podiže njenu temperaturu s  $10^\circ\text{C}$  na  $12^\circ\text{C}$ . Drugi komad istog metala mase  $m_2 = 250$  g na istoj temperaturi kao i prvi, uronjen u 168 g iste nepoznate tekućine, podiže temperaturu s  $10^\circ\text{C}$  na  $14^\circ\text{C}$ . U oba slučaja nepoznata tekućina tijekom cijelog procesa ostaje u istom – tekućem – agregatnom stanju. Izračunajte početne temperature dvaju komada metala. (Zanemari moguće gubitke prema okolini.)

3. Drvena šipka duljine  $l$ , mase  $m = 0.3 \text{ kg}$  i zanemarivog presjeka u odnosu na duljinu, može se slobodno okretati oko vodoravne osi koja prolazi kroz jedan kraj, postavljena na visini  $\frac{l}{2}$  iznad površine vode koja se nalazi u velikom spremniku.



Znajući da je gustoća drveta  $600 \text{ kg/m}^3$ , odredite omjer uronjenog dijela šipke prema cijeloj duljini šipke i izračunajte silu podloge na osi kada je šipka u ravnotežnom položaju.

4. Odredite temperaturu pri kojoj atomi helija imaju istu kvadratnu srednju brzinu kao molekule vodika na  $20^\circ\text{C}$ . Na kojoj je temperaturi srednja kvadratna brzina molekula dušika jednaka onoj koju imaju atomi helija? Uzmite da je masa atoma helija četiri puta, a dušika četrnaest puta veća od mase atoma vodika.

5. Jednoatomski idealni plin provodi reverzibilni kružni proces od tri dijela:

(1) izohorni, koji dovodi plin iz početnog stanja  $A$  ( $V_A$ ,  $p_A$ ) u stanje  $B$  u kojem je tlak dvostruko veći

(2) adijabatsko širenje do stanja  $C$

(3) izotermna kompresija koja vraća sustav iz  $C$  u početno stanje  $A$ .

Nacrtajte na  $p$ - $V$  grafu procese i izračunajte slijedeće:

a) Omjer tlakova  $\frac{p_C}{p_A}$  i omjer volumena  $\frac{V_C}{V_A}$ .

b) Korisnost navedenog kružnog procesa.

c) Snagu koju razvija hipotetski motor koji izvodi ovaj kružni proces, počevši od stanja  $A$  karakteriziranog s  $p_A = 100 \text{ kPa}$  i  $V_A = 24 \text{ L}$  i radi na frekvenciji  $f = 75$  kružnih procesa u minuti.

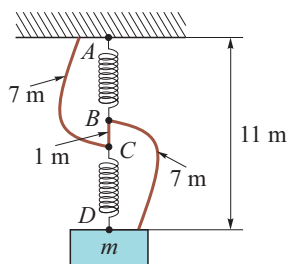
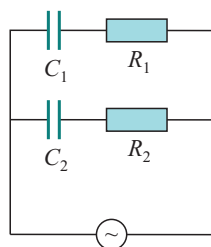
**Napomena.** Uzmite u obzir sljedeće vrijednosti za fizikalne konstante, ako nije drukčije navedeno u zadatku:

$R = 8.31 \text{ J/molK}$ ,  $\rho_{\text{vode}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 101\,300 \text{ Pa}$ ,  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,  $K_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ .

### 3. skupina

1. Na slici lijevo je prikazan izmjenični strujni krug s dvije paralelne grane. Struja je u prvoj grani ( $I_1$ ) 50 % veća od struje u drugoj grani ( $I_2$ ). Izvor izmjeničnog napona daje napon  $V = 220 \text{ V}$  na frekvenciji  $f = 50 \text{ Hz}$ . Struja na izvoru je  $I_{uk} = 15 \text{ A}$ , i s naponom  $V = 220 \text{ V}$  zatvara fazu  $\varphi = 45^\circ$ . Struje su u obje grane u fazi, i za njihove efektivne vrijednosti vrijedi relacija  $I_{uk} = I_1 + I_2$ . Sve su spomenute vrijednosti struja i napona efektivne vrijednosti.

Nađi kapacitete  $C_1$  i  $C_2$  i otpore  $R_1$  i  $R_2$ .



2. Uteg visi na dvije opruge spojene kratkim komadom užeta, kao na slici desno. Masa utega je  $m = 1$  kg, a mase opruga i užeta zanemarive su. Obje su opruge jednake, nerastegnute duljine  $l = 1$  m i identične konstante opruge  $k$ , tako da je udaljenost utega od stropa (od točke  $A$  do točke  $D$ )  $D = 11$  m. Uže između opruga ( $BC$ ) duljine je 1 m. Osim tog užeta, dva dodatna, oba duljine 7 m pričvršćena su za uteg i opruge kao na slici, tako da jedno uže spaja točke  $A$  i  $C$ , a drugo točke  $B$  i  $D$ . Dodatna užad ne drži nikakav teret u ovom slučaju (užad je labava). Prerežemo li središnje uže između točaka  $B$  i  $C$ , i pričekamo li da se sustav smiri (ili da se sustav prestane gibati), skiciraj novu situaciju. U novom položaju hvatište opruge na utegu se pomakne malo ulijevo, tako da gornja ravnina utega ostane vodoravna – ne zanima nas naginjanje utega. Koja će biti nova udaljenost utega od stropa?

3. Serijski  $LC$  krug sastoji se od izvora izmjeničnog napona  $V = 220$  V i frekvencije  $f = 50$  Hz, zavojnice unutarnjeg otpora  $R = 40 \Omega$  i induktiviteta  $L = 0.1$  H te od promjenjivog kondenzatora kapaciteta  $C$ . Nađi kapacitet pri kojem je struja u strujnom krugu maksimalna. Kolika je snaga disipirana na zavojnici?

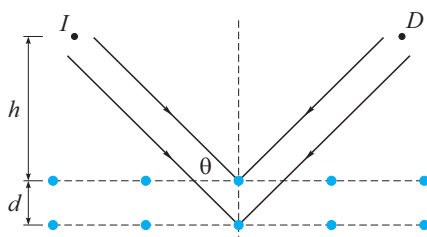
4. Strujni krug sastoji se od kondenzatora kapaciteta  $C = 120$  pF i zavojnice promjera  $d = 10$  mm, duljine  $l = 5$  cm i brojem namotaja  $N = 500$ . U zavojnici se nalazi metalna jezgra magnetskog momenta  $\mu = 10$  koja se može pomicati unutar zavojnice. Koja duljina zavojnice mora biti ispunjena jezgrom da bi rezonancija strujnog kruga bila na frekvenciji  $f = 447$  kHz? Zanemari rubne uvjete metalne jezgre u zavojnici.

5. Četverostrana piramida baze  $ABCD$  i vrha  $P$  na svakom bridu ima otpornik otpora  $R = 15 \Omega$ . Nađi ukupni otpor između vrhova  $A$  i  $B$ !

#### 4. skupina

1. Izračunajte prosječnu temperaturu na Neptunu ako je njegovo ophodno vrijeme 165 godina! Zadani su masa Sunca  $M = 1.989 \cdot 10^{30}$  kg, polumjer Sunca  $R = 6.963 \cdot 10^8$  m, temperatura površine Sunca  $T_S = 5778$  K i gravitacijska konstanta  $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ . Pretpostavite da Neptun i Sunce zrače kao crno tijelo! Uzmite da je orbita Neptuna kružna! Zanemarite utjecaje ostalih nebeskih tijela!

2. Jedna je od metoda za istraživanje kristalnih struktura neutronska difrakcija. Na slici je prikazan dio kristala. Radi jednostavnosti nacrtane su dvije susjedne kristalne ravnine razmaknute za  $d = 0.8$  nm, iako postoji  $N$  takvih ravnina ( $N \gg 1$ ). Neutronske zrake koje upadaju pod kutem  $\theta = 73^\circ$  elastično se raspršuju od atomskih jezgri u kristalu tako da detektor u točki  $D$  bilježi interferencijski maksimum prvog reda koji nastaje konstruktivnom interferencijom reflektiranih zraka na  $N$  kristalnih ravnina. Izvor i detektor neutrona nalaze se na visini  $h = 0.5$  m iznad kristala.



Atomi (plave točke) posloženi su u  $N$  kristalnih ravnina razmaknutih za  $d$ . Izvor i detektor neutrona nalaze se na visini  $h$  od površine kristala.

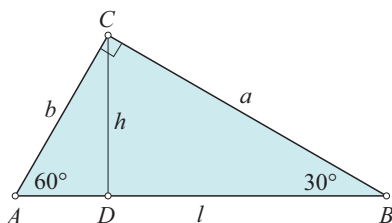
a) Koliko vremena treba neutronima da dođu od izvora do detektora? Masa neutrona je  $m = 1.675 \cdot 10^{-27}$  kg, a Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg}\text{s}^{-1}$ .

b) Može se pokazati da je prvi sljedeći interferencijski minimum dan uvjetom:

$$2d \sin \theta_{min} = \lambda + \frac{\lambda}{N},$$

jer tada zrake koje se reflektiraju od ravnina s rednim brojem  $k$  i  $k + N/2$  destruktivno interferiraju za sve  $k < N/2$ . Ovo pretpostavlja da je  $N$  paran, ali isti uvjet za minimum vrijedi i za neparne  $N$ . Ako kristal počnemo sporo rotirati tako da se kut  $\theta$  povećava (detektor također pomičemo tako da uvijek hvata reflektirane neutrone), i intenzitet reflektiranih neutrona dosegne minimum pri  $\theta = 73^\circ 10'$ , koliko kristalnih ravnina  $N$  sudjeluje u difrakciji?

3. Na slici je dan objekt koji ima oblik pravokutnog trokuta  $\triangle ABC$  za promatrača koji se ne giba naspram njega. Neki drugi promatrač giba se u odnosu na trokut (tako da mu je brzina u smjeru pravca paralelnog s hipotenuzom trokuta). Odredite duljine stranica trokuta ( $a'$ ,  $b'$ ,  $l'$ ) koje vidi drugi promatrač u ovisnosti o njegovoj brzini naspram trokuta  $v$  i duljini hipotenuze  $l$  koju vidi prvi promatrač! Za koje brzine drugi promatrač vidi da je trokut jednakokračan?



Pravokutni trokut kako ga vidi promatrač koji se ne giba naspram njega. Drugi promatrač se giba naspram njega paralelno s hipotenuzom.

4. Predmet se nalazi na udaljenosti 90 cm od zastora. Između zastora i predmeta nalaze se dvije konvergentne leće koje su međusobno razmaknute za malu udaljenost  $d = 15$  mm. Takav sustav leća može se smatrati jednom lećom žarišne daljine:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - d \frac{1}{f_1 f_2},$$

gdje su  $f_1$  i  $f_2$  žarišne daljine pojedinih leća. Sustav možemo pomicati i time mijenjati njegovu udaljenost od predmeta i zastora. Na zastoru se javlja oštra slika za dvije različite pozicije sustava leća. Odredite žarišnu daljinu sustava ako je jedna od tih slika 4 puta veća od druge! Ako je žarišna daljina prve leće jednaka  $f_1 = 30$  cm odredite žarišnu daljinu druge leće!

5. Promatranjem emisijskog spektra Sunca sa Zemlje uočavamo tamne linije na određenim valnim duljinama. One su posljedica apsorpcije zračenja tih valnih duljina u vanjskom plinskom omotaču Sunca. Jedna se takva tamna linija nalazi na otprilike  $\lambda = 0.59 \mu\text{m}$ . Analiziranjem te iste linije na dva ruba zvijezde koji leže na njezinom ekvatoru uočava se (između lijevog i desnog ruba) razlika od  $\Delta\lambda = 8.0$  pm. Odredite period rotacije Sunca (u danima) oko vlastite osi ako je njegov radijus  $R = 6.963 \cdot 10^8$  m! Pretpostavite da Sunčev ekvator nije nagnut u odnosu na ravninu koju zatvara Zemljina orbita! Također zanemarite utjecaj relativne brzine između centra mase Zemlje i centra mase Sunca na pomak u valnoj duljini linije, te rotaciju Zemlje! Uzmite da je brzina svjetlosti  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s!

Željko Skoko