



### Natjecanje i smotra iz fizike 2014./15.

Natjecanje i smotru iz fizike učenika osnovnih i srednjih škola organiziraju *Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske, Agencija za odgoj i obrazovanje i Hrvatsko fizikalno društvo.*

Natjecanje u znanju je organizirano u pet skupina (jedna skupina za osnovne škole i 4 skupine za srednje škole) i odvija se kroz tri razine: školska/općinska, županijska i državna razina. Školska/općinska natjecanja su održana 28. siječnja 2015. Zadatke je pripremio državno povjerenstvo i elektroničkom poštom poslalo u 595 škola domaćina natjecanja (OŠ – 437, SŠ – 158). U natjecanju je sudjelovalo 3111 učenika (OŠ – 1639, SŠ – 1472). Na temelju uspjeha na općinskom natjecanju županijska povjerenstva su pozvala učenike na županijsko natjecanje koje je održano 23. veljače 2015. I za ovu razinu natjecanja zadatke je pripremio državno povjerenstvo. Sudjelovalo je 1204 učenika osnovnih i srednjih škola (OŠ – 469, SŠ – 735). Nakon što su županijska povjerenstva dostavila izvješća državno povjerenstvo je uskladilo bodovanje i prema jedinstvenim listama poretka za pojedine kategorije pozvalo 124 učenika (OŠ – 49, SŠ – 75) na državno natjecanje iz fizike.

Pored natjecanja u znanju koje se odvija na spomenute tri razine učenici osnovnih i srednjih škola tijekom školske godine osmišljavaju i izvode pokuse. Na početku školske godine Državnom povjerenstvu je 24 učenika osnovnih škola prijavilo 16 radova, te 60 učenika srednjih škola s 38 radova. Na jednome pokusu su radili jedan ili dva učenika pod vodstvom jednog mentora/ nastavnika. Tijekom godine učenici su u dva kruga slali radove na procjenu državnom povjerenstvu koje je na kraju najbolje pozvalo na državnu smotru: 6 radova (10 učenika) iz osnovne škole i 6 radova (8 učenika) iz srednjih škola.

Državno natjecanje i smotra iz fizike održano je u Trogiru od 11. do 14. svibnja 2015. Domaćin je bila Osnovna škola Majstora Radovana. Pozvana su ukupno 142 učenika u pratnji 87 nastavnika/ mentora.

Svečano otvaranje održano je u kongresnoj dvorani hotela Medena. Pozdravni govor održao je prof. Vilko Stojan, ravnatelj Osnovne škole Majstora Radovana, koji je učenicima održao inspirirajući govor i zaželio im uspjeh na natjecanju. Nakon njega, dobrodošlicu u Trogir svima je zaželio zamjenik gradonačelnika grada Trogira Radovan Slade Šilović. Kulturno-umjetnički dio svečanog otvaranja osmislili su i izveli učenici OŠ Majstora Radovana. Svečano zatvaranje, uz dodjelu pohvalnica najuspješnijim sudionicima natjecanja, također je održano u kongresnoj dvorani hotela Medena, uz dodatni nastup učenika OŠ Majstora Radovana i pozdravne riječi ravnatelja.

Sudionici još jednom koriste priliku za zahvalu ravnatelju i djelatnicima OŠ Majstora Radovana, čelništvu grada i županije na pruženu potporu i uspješnu organizaciju natjecanja.

Više detalja o samoj provedbi natjecanja kao i o sudionicima natjecanja mogu se vidjeti na mrežnim stranicama [http://natjecanja.hfd.hr/smotra\\_natjecanje](http://natjecanja.hfd.hr/smotra_natjecanje).

Nagrade su dobili učenici kako slijedi:

## Osnovne škole

*Bruno Golik*, I. osnovna škola, Varaždin, *Ozana Jakšić*, OŠ Antuna Gustava Matoša, Zagreb, *Andrija Tomorad*, OŠ Marija Bistrica, Marija Bistrica (I. nagrada); *Krunoslav Ivanović*, OŠ Petra Krešimira IV., Šibenik, *Elizabeta Gegić*, OŠ Retkovec, Zagreb, *Ilija Uzelac Bujišić*, OŠ Blage Zadre, Vukovar, *Toni Ivanković*, OŠ Frana Krste Frankopana, Osijek, *Domagoj Perković*, OŠ Gripe, Split, *Luka Blažević*, OŠ Eugena Kvaternika, Velika Gorica, *Antun Tunjić*, OŠ Tituša Brezovačkog, Zagreb (II. nagrada); *Max Carin Balić*, OŠ Josipa Jurja Strossmayera, Zagreb, *Bernard Faulend*, OŠ Pavleka Miškine, Zagreb, *Marin Varivoda*, OŠ Šime Budinića, Zadar, *Lucija Gojmerac*, OŠ Josipa Jurja Strossmayera, Zagreb, *Noa Jelić Matošević*, Osnovna waldorfska škola Rijeka, Rijeka, *Luka Jengić*, OŠ Antuna Kanižlića, Požega, *Fran Žinić*, OŠ Nedelišće, Nedelišće, *Lara Šarolić*, OŠ Split 3, Split (III. nagrada).

### Eksperimentalni radovi

*Katarina Nujić*, Magnetsko hlađenje, OŠ Bogumila Tonija, Samobor (I. nagrada); *Noah Marko Mesić*, *Luka Šeremet*, Eksperimentiranje s gitarom, OŠ Ljudevita Gaja, Zaprešić (II. nagrada); *Leon Benko*, *Lovro Stojković*, Zračni tunel: međudjelovanje struje zraka i tijela, OŠ Ljubo Babić, Jastrebarsko (III. nagrada).

## Srednje škole

### 1. grupa

*Josip Klepec*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Ilija Srpak*, Prva gimnazija Varaždin, Varaždin, *Vilim Lendvaj*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Petar Nizić-Nikolac*, XV. gimnazija, Zagreb, *Paula Vidas*, XV. gimnazija, Zagreb, *Tadej Petar Tukara*, XV. gimnazija (III. nagrada).

### 2. grupa

*Bruno Iljazović*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Igor Kladarić*, Gimnazija Matija Mesić, Slavonski Brod, *Patrik Papac*, Gimnazija Dubrovnik, Dubrovnik (II. nagrada); *Josip Jerolim Banović*, III. gimnazija, Split, *Mihael Grmovšek*, SŠ Krapina, Krapina, *Luka Milovac*, III. gimnazija, Split (III. nagrada).

### 3. grupa

*Kristijan Rupić*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Grgur Palle*, V. gimnazija, Zagreb, *Karlo Delić*, III. gimnazija, Split (II. nagrada); *Daniel Paleka*, Gimnazija Franje Petrića, Zadar, *Nikola Herceg*, XV. gimnazija, Zagreb, *Karlo Šerbetar*, Gimnazija Fran Galović, Koprivnica (III. nagrada).

### 4. grupa

*Matej Pavlović*, III. gimnazija, Split (I. nagrada); *Aleksandar Opančar*, XV. gimnazija, Zagreb, *Martin Bajzek*, SŠ Zlatar, Zlatar (II. nagrada); *Patrick Mijatović*, Gimnazija Matija Mesić, Slavonski Brod, *Katarina Vulić*, Gimnazija Franje Petrića, Zadar, *Leonardo Kokot*, Prva gimnazija, Varaždin (III. nagrada).

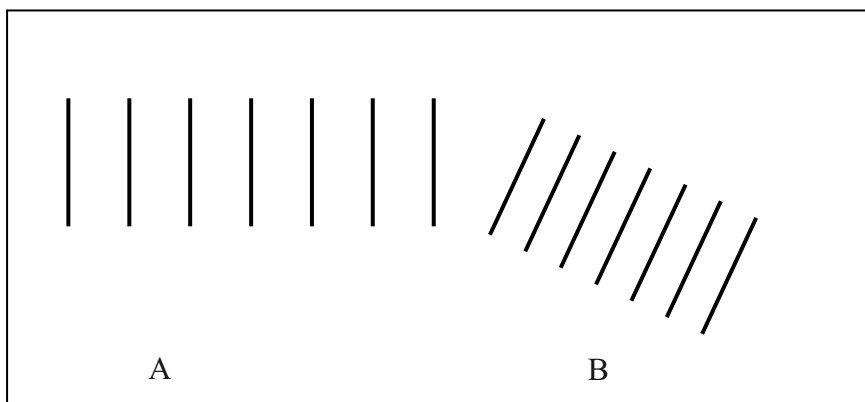
### Eksperimentlani radovi

*Filip Bacinger*, *Juraj Barlek*, Vrtložne struje, Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec (I. nagrada); *Jelena Gregorić*, Rubensova cijev, V. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Emanuel Nižetić*, U što se pretvara mehanička energija optice prilikom udara u stol, Elektrostrojarska škola Varaždin, Varaždin (III. nagrada).

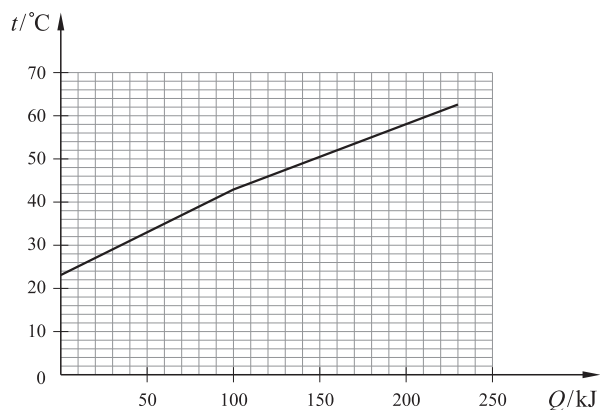
## Zadaci s državnog natjecanja

### Osnovna škola – teorija

1. Na slici su prikazani valovi na vodi u prirodnoj veličini. Ti su valovi nastali pravilnim udaranjem letvice o površinu vode. Letvica je prolazila kroz položaj ravnoteže svakih 0.05 sekundi. Odredite brzinu, valnu duljinu i frekvenciju valova u područjima A i B, te u kojem je području voda dublja.



2. Marko je odlučio odrediti specifični toplinski kapacitet utega mase 1.5 kg. Grijačem poznate snage zagrijavao je 1 l vode, bilježio temperaturu i nakon nekog vremena ubacio je uteg u vodu, pričekao da se temperatura vode i utega vrati na posljednju zabilježenu vrijednost, te nastavio mjeriti. Marko zna da je specifični toplinski kapacitet vode 4200 J/kgK i pretpostavlja da je korisnost grijača stalna. Svoja mjerenja Marko je prikazao u dijagramu.



Odredite toplinski kapacitet utega.

3. Na aerodromu postoje pokretne staze za prijevoz putnika. Ivana je imala puno slobodnog vremena između dva leta pa je izmjerila vrijeme, potrebno da je staza odnese od početka do kraja, 180 s. Zatim je hodala pokraj staze i utvrdila da joj je potrebno 2 minute. Koliko je vremena Ivani potrebno od početka do kraja staze ako hoda po pokretnoj stazi?

4. Na sanjkama mase 5 kg voze se Tena, mase 40 kg i Luka mase 60 kg. Koeficijent trenja između sanjki i snijega je 0.2. Jakov gura sanjke tako da se gibaju brzinom 1.5 m/s. Nakon nekog vremena Tena skoči sa sanjki, a Jakov nastavi gurati jednakom silom kao i prije. Odredite brzinu sanjki 2 s nakon Teninog skoka na snijeg.

5. Žica od konstantana promjera 0.7 mm i duljine 1 m spojena je serijski s otpornikom  $R$  na izvor napona 12 V. Otpornost konstantana je  $0.494 \cdot 10^{-6} \Omega$ . Koliki mora biti otpor otpornika  $R$  da napon na krajevima žice od konstantana bude 0.2 V?

## Osnovna škola – eksperimentalni radovi

1. Istražite ovisi li napon na bateriji o struji u krugu? U strujnom krugu s jednom žaruljicom i izmjerite struju i napon na bateriji. Izmjerite napon na bateriji u otvorenom strujnom krugu. Zatim tu bateriju veži te u još 3 različita strujna kruga. Mjerite napon na bateriji i struju u glavnoj grani strujnog kruga. Uz svako mjerenje skicirajte shemu spoja i ucrtajte mjerne uređaje. Zapišite mjerne podatke.

U dijagramu prikažite kako napon na bateriji ovisi o struji u krugu. Napišite što ste zaključili svojim istraživanjem.

2. a) Istražite ovisi li masa šećera koji se može otopiti u vodi o temperaturi vode.

a<sub>1</sub>) Napišite pretpostavku i obrazložite.

a<sub>2</sub>) Jasno opišite mjerenje i navedite sve svoje mjerne podatke.

a<sub>3</sub>) Napišite zaključak.

b) Istražite ovisi li vrijeme otapanja šećera u vodi o temperaturi vode? Mjerenja izvršite za dvije različite temperature.

b<sub>1</sub>) Napišite pretpostavku i obrazložite.

b<sub>2</sub>) Jasno opišite mjerenje, navedite sve svoje mjerne podatke.

b<sub>3</sub>) Napišite zaključak.

3. Na nit vežite kolut ljepljive trake, selotejpa. Zapišite duljinu niti. Odredite frekvenciju titranja takvog njihala. Kolut ljepljive trake umotajte u Al-foliju i ponovite mjerenje. Zapišite svoja opažanja i mjerne podatke.

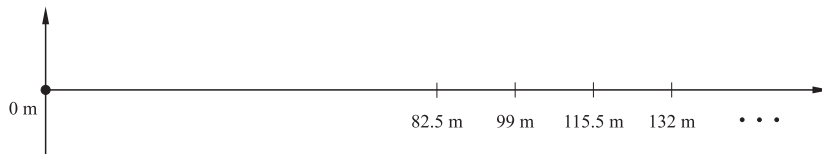
## Srednje škole – teorija

### 1. grupa

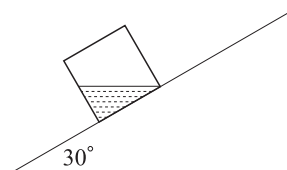
1. U ishodištu koordinatnog sustava nalazi se sirena koja svakih 1.6 s ispusti kratki zvučni signal. U početku brod miruje na udaljenosti  $s_0$  od sirene. U trenutku, kada prvi zvučni signal dođe do broda, on se počinje udaljavati od sirene stalnom brzinom. Na slici su označeni uzastopni položaji broda u trenucima detekcije drugog, trećeg, četvrtog i petog zvučnog signala.

a) Izračunajte brzinu broda.

- b) Izračunajte početnu udaljenost broda od sirene  $s_0$ .  
Brzina zvuka iznosi 330 m/s.



2. Šuplja kocka mase 1 kg, zanemarive debljine stijenke i duljine stranice  $a = 24$  cm ispunjena je vodom do razine označene na slici. Kocka miruje na kosini nagiba  $30^\circ$  u odnosu na horizontalu. Koeficijent trenja između kocke i kosine iznosi 0.75. Kocku s vodom treba dovesti u položaj koji je pomaknut za  $a$  uz kosinu u odnosu na početni položaj. Izračunajte energiju koju je potrebno utrošiti,

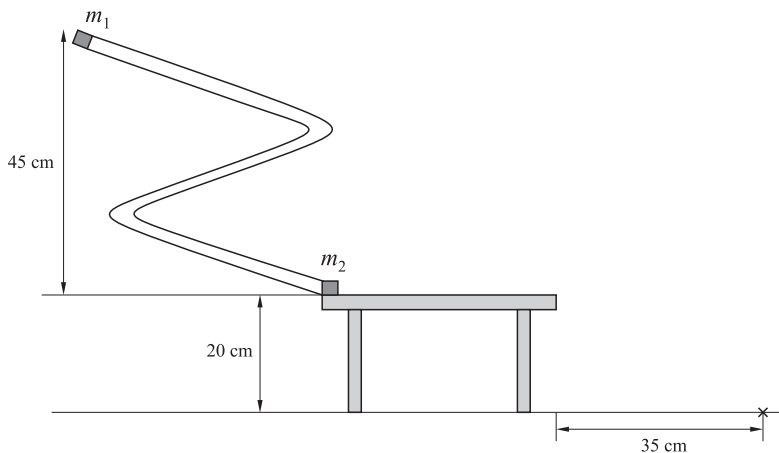


- ako kocku vrlo polako guramo uz kosinu i
- ako kocku vrlo polako rotiramo oko jednog njezinog brida.

Gustoća vode je  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

3. Malo tijelo mase  $m_1$  pušteno je iz mirovanja s vrha tobogana kao što je prikazano na slici. Tijelo po toboganu klizi bez trenja. Na tobogan se nastavlja horizontalni stol na čijem početku miruje tijelo mase  $m_2$ . Tijelo mase  $m_1$  nalijeće na tijelo mase  $m_2$  te se s njim savršeno elastično sudara. Nakon gibanja po horizontalnom stolu duljine 37.5 cm tijelo mase  $m_2$  pada na tlo u točku udaljenu 35 cm od ruba stola. Omjer masa je  $m_1 : m_2 = 1 : 2$ . Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Zanimajte dimenzije tijela  $m_1$  i  $m_2$ .

- Postoji li trenje na stolu? Ako da, izračunajte koeficijent trenja.
- Izračunajte na kojoj udaljenosti od ruba stola će tijelo mase  $m_1$  pasti na tlo.

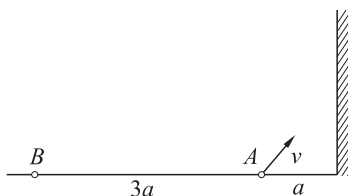


4. Malo tijelo izbačeno je iz točke  $A$  brzinom  $v$  prema vertikalnom zidu od kojeg se savršeno elastično odbija. Udaljenost točke  $A$  od zida je  $a = 2$  m. Izračunajte:

a) minimalnu brzinu  $v$  takvu da tijelo padne na tlo u točki  $B$ ,

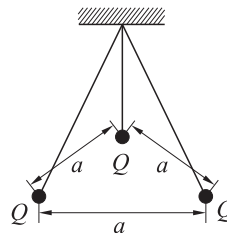
b) visinu na kojoj malo tijelo udari o zid i

c) maksimalnu visinu koju malo tijelo postigne za vrijeme leta te horizontalnu udaljenost od zida u istom trenutku.



## 2. grupa

1. Tri jednake kuglice zanemarivih dimenzija obješene su svaka na svoju nit u isto ovjesište i puštene da se slobodno rasporede. Niti su jednake duljine, zanemarive mase i napravljene od izolatora. Položaj naboja prikazan je na slici. Naboji su u ravnini paralelnoj s tlom i čine vrhove jednakostraničnog trokuta duljine stranice  $a = 0.005$  m. Težina i naboj svake kuglice su  $0.0007$  N i  $1$  nC.

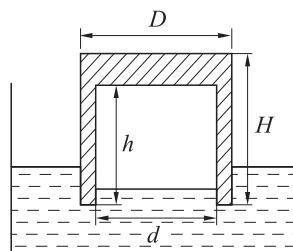


a) Izračunajte silu napetosti niti.

b) Izračunajte duljinu niti.

$$(k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2})$$

2. Cilindrična posuda od aluminija, ispunjena zrakom pri atmosferskom tlaku  $10^5$  Pa, uroni se u vodu s otvorom prema dolje. Uz pretpostavku izotermne kompresije zraka tijekom uranjanja, izračunajte konačni tlak unutar posude. Gustoće aluminija i vode su  $2700 \text{ kg/m}^3$  i  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Težinu zraka zanemarite.  $H = 0.1$  m,  $h = 0.08$  m,  $D = 0.1$  m,  $d = 0.08$  m.



3. Balon ispunjen helijem pustimo da se slobodno giba. Temperatura i tlak na početnom položaju balona su  $100$  kPa i  $20^\circ\text{C}$ . Balon se brzo diže i pretpostavite da pri tome nema izmjene topline s okolinom.

a) Pretpostavite da je helij idealni plin čija je adijabatska konstanta  $1.7$  pa izračunajte njegovu temperaturu kad se nalazi na visini na kojoj tlak iznosi  $90$  kPa.

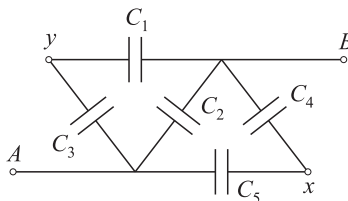
b) Uzmite u obzir da gustoća zraka opada linearno s povećanjem visine te izračunajte na kojoj se visini (u odnosu na početni položaj) balon nalazi kada tlak iznosi  $90$  kPa. Gustoća zraka na mjestu početnog položaja balona je  $1.2 \text{ kg/m}^3$  i za svakih  $10$  m smanji se za  $0.001 \text{ kg/m}^3$ . Uzmite  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Stijenke balona nisu niti u jednom trenutku zategnute.

4. Pet praznih kondenzatora spojeno je kao na slici.  $C_1 = C_2 = C_3 = 2C$ ,  $C_4 = C_5 = 4C$ .

a) Koliki je ukupni kapacitet između točaka  $A$  i  $B$ ?

b) Odredite naboj kondenzatora  $C_1$  ako bateriju napona  $U$  spojimo između točaka  $A$  i  $B$ .



c) Koliki bi bio naboj svakog kondenzatora da smo bateriju napona  $U$  spojili između točaka  $X$  i  $Y$ ?

### 3. grupa

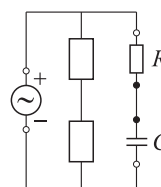
1. Duga crna kutija ima na jednoj strani otvor kroz koji taman može glatko ući kugla. Kutija je postavljena horizontalno na stol i fiksirana na mjestu. Na udaljenosti 1 m od otvora kutije nalazi se kugla koja se ispaljuje direktno prema otvoru i giba se bez trenja. Primijećeno je da se, nakon ulaska u kutiju, kugla vrati van nakon  $\frac{\pi}{10}$  s, bez obzira na početnu brzinu



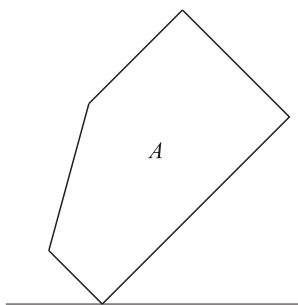
kugle i to s istom brzinom kojom je i ušla. Što se nalazi u kutiji? Kojom brzinom bi se kugla morala ispaliti prema otvoru kako bi se vratila na početni položaj nakon jedne sekunde? Sad zamislite da kutiju postavite vertikalno s otvorom prema gore. Kugla se drži točno iznad otvora kutije i pusti da u nju padne. Na kojoj razini ispod površine kutije kugla ima najveću brzinu? Do koje razine ispod površine kutije se kugla spusti? Nakon koliko vremena od puštanja ima najveću brzinu, a nakon koliko vremena se vrati van? Pretpostavite da je(su) element(i) u kutiji fizikalno "idealni" i zanemarite dimenzije kugle i trenje u sustavu.

2. Jedna ideja za mjerenje ubrzanja sile teže koristi Dopplerov efekt. Zamislite zvučnik koji se nalazi na visini  $h$  iznad prijamnika. U trenutku  $t = 0$  s zvučnik se istovremeno aktivira i pusti u slobodan pad bez trenja. Odredite ovisnost frekvencije mjerene na prijamniku  $f_p$  kao funkcije  $t$ , ako vam je poznato da je prva frekvencija koju prijamnik detektira jednaka  $f$ . Skicirajte graf funkcije  $f_p/f_0$  za slučaj  $h = 45$  m i odredite vremenski interval za koji dobivena ovisnost ima smisla. Napokon, u izrazu za frekvenciju na prijamniku iskoristite jednakost  $(1 \pm x)^m \cong 1 \pm mx$ , koja vrijedi za bilo koji broj  $m$ , ukoliko je  $x \ll 1$ , te predložite kako pomoću dobivenog izraza mjeriti ubrzanje sile teže.

3. Na izvor izmjeničnog napona frekvencije  $f$  spojena su 4 elementa kao na slici. U desnoj grani nalaze se otpornik otpora  $R$  i kapacitor kapaciteta  $C$ , dok se u lijevoj grani nalaze 2 nepoznata elementa (svaki element je ili jedan otpornik, zavojnica ili kapacitor). Odredite o kojim se elementima radi i koliki su im iznosi ukoliko znate da je impedancija čitavog kruga realna za sve frekvencije izvora. Odredite iznos impedancije kruga u tom slučaju.



4. Posljednjih godina vrlo popularna aktivnost je tzv. slaganje kamena (slika).



Odredimo fizikalni uvjet labilne ravnoteže za vrlo jednostavne modele slaganja. Radi jednostavnosti pretpostavimo da je kamenje plošno. Zamislimo kamen oblika pravokutnika duljina stranica  $2a$  i  $2b$  koji želimo postaviti na jedan od njegovih vrhova. Pod kojim kutem u odnosu na horizontalu mu mora stajati dulja stranica kako bi bio u ravnoteži? Sad zamislimo da pravokutniku odrežemo jedan vrh oblika pravokutnog trokuta stranica  $a$  i  $b$ . Takvo tijelo sad želimo postaviti na vrh kao na skici A. Koliki kut mora zatvarati dulja stranica s horizontalom kako bi tijelo bilo u ravnoteži?

#### 4. grupa

1. Dva zrcala dodiruju se duž zajedničkog brida i reflektirajuće ravnine su im nagnute za malo manje od ispruženog kuta. Laserska zraka svjetlosti valne duljine  $632\text{ nm}$ , koja je okomita na dodirni brid zrcala i u ravnini okomitoj na oba zrcala, upada pod malim kutom dijelom na bliže zrcalo od kojeg se reflektira polovica zrake, a druga polovica zrake reflektira se od drugog zrcala. Te se dvije zrake nakon refleksije preklapaju u određenom prostoru pa dolazi do njihove interferencije i pojave svijetlih i tamnih pruga na zaslonu koji je gotovo okomit na smjer dolaska snopova svjetlosti. Udaljenost zaslona od brida među zrcalima je  $2.850\text{ m}$ . Da bismo olakšali izračune i izbjegli probleme s teškim određivanjem malih kutova između dvaju zrcala te zrake i zrcala, interferenciju možemo promatrati kao da je posljedica postojanja dvaju virtualnih izvora iza zrcala. Položaj i međusobni razmak dvaju virtualnih izvora odredimo tako što prilikom umetanja sabirne leće žarišne daljine  $30\text{ cm}$  na udaljenost  $2.600\text{ m}$  od zaslona dobijemo na zaslonu oštru realnu sliku dvaju virtualnih izvora i središta tih dviju svijetlih točaka međusobno su udaljena  $7.7\text{ mm}$ .

a) Koliki je razmak središta dvaju susjednih interferencijskih maksimuma (naravno, kad se leća ukloni)?

b) Koliko se ukupno interferencijskih maksimuma vidi na zaslonu kao posljedica specifične geometrije sustava?

2. Svjetleća dioda napaja se izmjeničnim radiofrekventnim naponom frekvencije  $50\text{ MHz}$  pa je crvena svjetlost valne duljine  $632\text{ nm}$  koju dioda emitira modulirana tako da se amplituda svjetlosti mijenja u skladu s naponom.

a) Amplitudno moduliranu svjetlost možemo dobiti i superpozicijom dva monokromatska vala različitih i relativno bliskih frekvencija. Dokažite tu tvrdnju i ujedno izračunajte frekvencije tih dvaju svjetlosnih valova te pokažite kolikom brzinom se širi modulacija svjetlosti kroz vakuum!

b) Zraka takve modulirane svjetlosti izlazi iz diode i dolazi do sustava od dva zrcala te se od njih odbija i malo paralelno pomaknuta vraća nazad do detektorske fotodiode koja se nalazi pored svjetleće diode. Fazni pomak između modulacija poslana zrake s diode i primljene zrake na detektoru može se lako mjeriti osciloskopom. Prilikom udaljavanja para zrcala za  $1.49\text{ m}$  od diode i detektora dolazi do dodatnog faznog pomaka modulacije između poslana i primljene zrake za  $\pi$ . Kolika je brzina svjetlosti određena ovim eksperimentom?

c) Ovakvim postavom može se mjeriti i indeks loma prozirnog sredstva. Komad stakla u obliku kvadra duljine  $30\text{ cm}$  stavi se na put odlazne zrake i uoči određeni fazni pomak modulacije između poslana i primljene zrake. Potom se staklo ukloni i zrcala udaljavaju od diode i detektora sve dok se ne uoči isti fazni pomak modulacije kakav je bio dok je staklo bilo na putu. Koliki je indeks loma stakla ako je za to zrcala bilo potrebno pomaknuti za  $9.3\text{ cm}$ ?

3. Postoji i sol  $\text{NaCl}$  koja je radioaktivna, jer u sebi sadrži jezgre  $^{22}\text{Na}$ , ali koja ne postoji prirodno, već se dobiva u reaktorima. Vrijeme poluraspada jezgara  $^{22}\text{Na}$  je



2.6 godina, i pri raspadu se emitira pozitron. Nastala jezgra je u pobuđenom stanju i ona nakon 3 ps emitira  $\gamma$ -foton energije 1.275 MeV i prelazi u osnovno stanje. U procesu u reaktoru dobiveno je 15% radioaktivnih  $^{22}\text{Na}$ , dok su ostale stabilne jezgre  $^{23}\text{Na}$ . Takav NaCl otopi se odmah u vodi i između dva valjkasta komada ispitnog materijala duljina 10 cm kapne se tu otopine i pusti neka voda brzo ispari te se valjci spoje tako da je između njih na sredini ostala radioaktivna sol u čvrstom stanju mase 1  $\mu\text{g}$ . Pretpostavite da se fotoni i pozitroni gibaju uglavnom okomito na valjkaste pločice. Na krajeve izvan valjkastih pločica materijala postavljeni su detektori  $\gamma$ -fotona.

a) Napišite jednadžbu reakcije raspada  $^{22}\text{Na}$  i izračunajte kinetičku energiju pozitrona ukoliko jezgra ostaje na svom mjestu, a poznate su mase jezgre  $^{22}\text{Na}$  koja iznosi 21.9944364u i jezgre kćeri u nepobuđenom stanju 21.99138511u. Prosječna masa jezgara Cl je 35.453u i one su stabilne, a stabilnih  $^{23}\text{Na}$  22.9898u.

b) Kolika je aktivnost u početnom trenutku i koliko je vremena potrebno prikupljati podatke da bi se dogodilo  $10^9$  raspada  $^{22}\text{Na}$ ?

c) Pozitron putuje kroz materijal efektivnom brzinom koja je 100 puta manja od njegove brzine prilikom nastanka. Pretpostavite da u prosjeku jednom naiđe na nanošupljinu u istraživanom poroznom materijalu i u toj šupljini se privremeno zadrži te potom nastavi dalje do drugog kraja materijala. Anihilacija pozitrona najčešće se dogodi s elektronom prilikom izlaska iz materijala pri čemu nastaju  $2\gamma$ -fotona. Koliko vremena se u prosjeku zadržavaju pozitroni u nanošupljini ukoliko  $\gamma$ -detektor najčešće bilježi vremenski razmak između dolaska fotona energije 1.275 MeV (start-signal mjerača vremena) i 0.911 MeV (stop-signal mjerača vremena) od 47 ns? Zašto je start-signal navedene energije dobar izbor u ovoj mjernoj metodi?

4. Lasersko hlađenje atoma je učinak pri kojem se atomi razrijeđenog plina usporavaju pomoću laserskog snopa. Energija fotona iz snopa podesi se na nešto nižu vrijednost od energije potrebne za pobuđivanje atoma iz osnovnog stanja u prvo pobuđeno stanje. Tada atom koji se giba ususret fotonu može apsorbirati takav foton, a rezultat je njegovo usporavanje. Nakon toga dolazi do povratka atoma u svoje osnovno stanje. Budući da se atomi u plinu gibaju u svim smjerovima, koristi se više laserskih snopova u različitim smjerovima da bi se sve komponente brzine umanjile te tako dobio plin čiji se atomi gibaju znatno umanjenom brzinom.

Promatrajte atome natrija mase  $m = 3.82 \cdot 10^{-26}$  kg, kod kojih je energija prvog pobuđenog stanja  $E = 3.36 \cdot 10^{-19}$  J iznad osnovnog stanja, a širina tog stanja je  $\Gamma = 7 \cdot 10^{-27}$  J, što znači da energija može biti u intervalu od  $E - \Gamma/2$  do  $E + \Gamma/2$ . Pri temperaturi 2.3 K karakteristična brzina natrijevih atoma u plinu je 50 m/s. Pretpostavite da se atom te brzine giba prema snopu svjetlosti.

a) Kolika mora biti valna duljina svjetlosti da bi atom apsorbirao foton?

b) Kolika će biti promjena brzine atoma apsorpcijom fotona?

c) U kojem intervalu mogu biti brzine atoma da bi oni mogli apsorbirati fotone izračunate energije?

d) Nakon koliko vremena se dogodi prijelaz u osnovno stanje te kvalitativno objasnite kako to da je nakon povratka atoma u osnovno stanje i nakon niza takvih procesa ukupna temperatura smanjena!

e) Na koje valne duljine treba podesiti laser kada se na kraju želi doći do 230  $\mu\text{K}$ ?

Korisni izrazi:

$$(1+x)^n \approx 1+nx \quad \text{za } x \ll 1$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin(\alpha)\cos(\beta) + \cos(\alpha)\sin(\beta) \quad \text{i} \quad \cos(x)\sin(y) = \frac{\sin(x+y) - \sin(x-y)}{2}$$

Konstante:

- brzina svjetlosti  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s
- Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$  Js
- elementarni naboj  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  C
- masa protona  $m_p = 1.67262178 \cdot 10^{-27}$  kg
- masa neutrona  $m_n = 1.67492735 \cdot 10^{-27}$  kg
- masa elektrona  $m_e = 9.10938291 \cdot 10^{-31}$  kg
- unificirana atomska jedinica mase  $u = 1.66056 \cdot 10^{-27}$  kg

## Srednje škole – eksperimentalni radovi

### 1. grupa – Određivanje nepoznate mase

**Pribor:** drvena kugla mase  $m_1 = 80$  g, drvena kocka nepoznate mase  $m_2$ , konac, mjerna vrpca, stativni pribor (stalak, dvije šipke i stegač-koljeno).

**Zadatak.** Odrediti masu drvene kocke

U sklopu zadatka treba:

- a) Objasniti fizikalne osnove (model) za rješenje zadatka i opisati precizno uz skice koje veličine i kako ćete mjeriti.
- b) Napraviti najmanje 10 mjerenja i podatke prikazati tabelarno.
- c) Provesti račun pogreške za  $m_2$ .

### 2. grupa – Određivanje gustoće tvari i mase metalnih kuglica

**Pribor:** ping-pong loptica potpuno ispunjena tvari nepoznate gustoće, ping-pong loptica koja sadrži nepoznatu tvar i metalne kuglice, čaša bez oznaka volumena, ravnalo, voda.

Koristite podatke za gustoće: vode  $1.0$  g/cm<sup>3</sup> i metalnih kuglica  $7.8$  g/cm<sup>3</sup>.

**Zadatak.**

1. Odredite gustoću tvari koja u potpunosti ispunjava lopticu.
2. Odredite masu metalnih kuglica koje se nalaze unutar loptice.

U sklopu zadatka treba:

- a) Objasniti teorijsku podlogu mjerenja.
- b) Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti gustoću materijala.
- c) Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti masu metalnih kuglica.
- d) Napraviti 10 mjerenja, podatke prikazati tablično, odrediti srednju vrijednost gustoće nepoznate tvari, srednju vrijednost mase metalnih kuglica i odstupanja od srednjih vrijednosti pazeći pritom na pouzdana mjesta.

### 3. grupa

Na slici je prikazana samonapajajuća LED svjetiljka (može raditi bez baterija).



**Pribor:** zavojnica, magnet, LED, plastična cijev, spojne žice, gumeni čepovi, predgotovljeni elektronički dio (dioda ili diode, otpornik, kondenzator).

1. Sastavi takvu svjetiljku na osnovu zadanih elemenata. LED treba svijetliti konstantnim sjajem 30 sekundi.

*Napomena 1.* Elektronički dio se dodaje naknadno i ostaje izvan cijevi.

Prema uputama proizvođača svjetiljka svijetli nakon nekoliko protresanja u horizontalnom smjeru i uključivanja sklopke.

a) Skiciraj i označi moguće osnovne dijelove takve svjetiljke. Poveži međusobno te dijelove.

b) Objasni načelo rada takve svjetiljke. Razmotri ulogu svakog dijela svjetiljke zasebno.

c) Na osnovu očitanih podataka (priloženo uz zadani element na pločici) i mjerenja (multimetar, zaporni sat) usporedi izračunato vrijeme koliko će LED svijetliti sa izmjerenim vremenom. Obrazloži dobivene rezultate.

2. Prvi pokušaj izvedbe svjetiljke ostvari sa zavojnicom koja je postavljena na plastičnu cijev, magnetom, LED i otpornikom spojenim u seriju s diodom (zašto?). Krajeve cijevi zatvori gumenim čepovima. LED se postavlja na jedan od čepova. Opiši što se događa sa svjetlosti LED tijekom pomicanja magneta u cijevi?

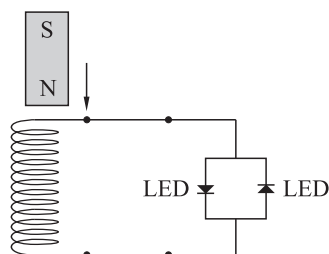
Postavi cijev sa spojenom zavojnicom, LED i otpornikom u seriju okomito i puštaj magnet slobodno padati kroz cijev i zavojnicu. Pokušaj očitavati pomoću voltmetra napon na krajevima zavojnice. Procijeni uspješnost pokušaja.

Ponovi pokus tako da umjesto voltmetra spojiš paralelno dvije LED različitih boja, suprotno orijentirane.

Na osnovu prethodnih opažanja i teorijskih predviđanja skiciraj graf ovisnosti napona na krajevima zavojnice i vremena prolaza magneta kroz nju. Diskutiraj graf.

3. a) Dioda je poluvodički element koji propušta električnu struju samo u jednom smjeru. Tada je propusno polarizirana. Zbog toga je diodu moguće koristiti za ispravljanje izmjenične struje. Da bi se dobilo punovalno ispravljanje potrebno je koristiti 4 diode (na sklopu su dane diode 1N4007). Skiciraj kako ih u tu svrhu treba spojiti. Protumači ulogu dioda u danom elektroničkom sklopu.

b) Osim dioda na pločici se nalazi i elektrolitski kondenzator, velikog kapaciteta i malog probojnog napona (vrijednosti treba očitati). Koja je uloga ovog kondenzatora?



*Napomena 2.* Pri spajanju treba paziti jer se radi o polariziranom kondenzatoru. Dio koji se spaja na negativni potencijal je označen minusom (-). Kondenzator se može dodati ako se koristi barem jedna dioda. Treba paziti da se ne premaši probojni napon.

4. Ispitaj ovisnost broja pomaka magneta od jednog do drugog kraja cijevi i koliko dugo svijetli LED. Prikaži grafički ovisnost vremena emitiranja svjetlosti LED o broju pomaka magneta. Analiziraj dobiveni graf.

Za nekoliko horizontalnih pomaka svjetiljke prikaži graf pada napona na otporniku  $R$  spojenim u seriju sa LED u vremenu u kojem LED posve utrne.

Što se događa sa sjajem LED? Objasni.

5. Što sve utječe na efikasnost svjetiljke? Kako bi se moglo povećati trajanje emitiranja svjetlosti LED? Provjeri neke mogućnosti eksperimentalno.

6. Preporuka je proizvođača da se svjetiljka pomiče horizontalno. Zašto ne u okomitom smjeru? Ispitaj i objasni kako smjer pomicanja magneta utječe na rad svjetiljke.

7. a) Krajevi cijevi zatvaraju se gumenim čepovima. Osim što onemogućuju izlazak magneta iz cijevi oni imaju još jednu namjenu. Koju? Objasni što će se dogoditi ako se gumeni čepovi zamijene oprugama. Potvrdi eksperimentalno. Postoji li i neka druga mogućnost (osim opruga)?

b) Pri kojoj frekvenciji pomaka (udaranja magneta o čepove) će LED svijetliti najvećim sjajem? O kakvom se titranju radi. Ako je moguće provjeri pokusom.

#### 4. grupa

**Pribor:** plastična posudica, papirnati ubrus, stiropor, 6 čačkalica, 6 pribadača, ravnalo, kutomjer, milimetarski papir, voda, ulje.

**Zadatak.** Odredite indeks loma za vodu i ulje pomoću naznačenog pribora tako da:

1. a) opišete teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka
- b) napravite odgovarajuću skicu s naznačenim fizikalnim veličinama
- c) napišete izraz za indeks loma i izvedete odgovarajuće izraze za pomak zrake svjetlosti prema skici kao i izraz za pomak zrake svjetlosti koji uključuje i indeks loma
- d) ukratko opišite način vršenja mjerenja
- e) tablično prikazite rezultate za minimalno pet mjerenja za vodu
- f) provedite račun pogreške koji uključuje srednju vrijednost, maksimalno pojedinačno odstupanje, maksimalnu relativnu pogrešku i zapis točnog rezultata
2. g) ponovite eksperimentalni postupak iz prvog zadatka za ulje uz:
  - tablični prikaz rezultata mjerenja
  - proveden račun pogreške
  - priložene eksperimentalne papire za vodu i ulje s označenim fizikalnim veličinama koje ste mjerili
3. h) analizirajte dobivene eksperimentalne rezultate:
  - što sve utječe na preciznost dobivenih eksperimentalnih rezultata
  - ukratko komentirajte dobivene rezultate za vodu i ulje u odnosu na teorijske vrijednosti
  - zaključno navedite o čemu ovisi pomak zrake svjetlosti kroz planparalelnu ploču, te uz fizikalnu skicu komentirate narav slike kroz npr. prozorsko staklo.

*Željko Skoko*