

## Natjecanje i smotra iz fizike, 28. – 29. travnja 2020./2021. g.

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

Natjecanje u znanju organizirano je u pet skupina: jedna za osnovne i četiri za srednje škole) i odvija se kroz tri razine: školska/općinska, županijska i državna.

Školska/općinska natjecanja su održana 8. veljače 2021. godine. Zadatke je pripremio Državno povjerenstvo i elektroničkim putem poslalo u 476 škola domaćina natjecanja (OŠ – 339, SŠ – 137). U natjecanju je sudjelovalo 2048 učenika (OŠ – 950, SŠ – 1098).

Na temelju uspjeha na općinskom natjecanju županijska povjerenstva su pozvala učenike na Županijsko natjecanje koje je održano 9. ožujka 2021. godine. Za natjecanje zadatke je pripremio Državno povjerenstvo. Sudjelovalo je 982 učenika osnovnih i srednjih škola (OŠ – 326, SŠ – 656).

Nakon što su županijska povjerenstva dostavila izvješća Državno povjerenstvo je uskladilo bodovanje i prema jedinstvenim listama poretka za pojedine kategorije pozvalo 126 učenika (OŠ – 51, SŠ – 75) osnovnih i srednjih škola 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 bilo prijavljeno 31 učenika osnovnih škola s 19 radova te 27 učenika srednjih škola s 18 radova. Na svakom pokusu su radili jedan ili dva učenika pod vodstvom 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 (9 učenika) iz osnovne škole i 6 radova (9 učenika) iz srednjih škola.

Državno natjecanje iz fizike održalo se u online obliku od 28. – 29. travnja 2021. godine, a učenici su testove rješavali u školama domaćinima. Učenici koji su imali eksperimentalne radove to su, također, obavili preko online platforme Zoom pred članovima državnog povjerenstva. Pozvano je ukupno 144 učenika i 89 mentora.

Više detalja o samoj provedbi natjecanja, kao i o samim sudionicima mogu se vidjeti na mrežnim stranicama

<http://natjecanja-iz-fizike.net>

Nagrade su dobili učenici kako slijedi:

### Osnovne škole

*Luka Krašnjak*, OŠ Horvati, Zagreb, *Karlo Brčić*, OŠ Kajzerica, Zagreb, *Luka Duplančić*, OŠ Dragutina Domjanića, Zagreb, *Val Karan*, OŠ Ljudevita Gaja, Zaprešić, *Kim Radešić*, OŠ Šijana, Pula (I. nagrada); *Roza Đurasek*, OŠ Davorina Trstenjaka, Zagreb, *Dan Poklepović*, OŠ Augusta Šenoa, Zagreb, *Nereo Rundić*, OŠ Gornja Vežica, Rijeka, *Jakov Barišić*, OŠ Brestje – Sesvete, Sesvete, *Nikola Vujica*, OŠ Bogumila Tonija, Samobor (II. nagrada); *Roko Marić*, OŠ Ljudevita Gaja, Zaprešić, *Pia Pilipović*, OŠ Alojzija Stepinca, Zagreb, *Tomislav Štefanac*, OŠ Gornja Vežica, Rijeka, *Juraj Vukelić*, OŠ Vladimira Nazora, Zagreb, *Alojzije Begović*, OŠ Antuna Gustava Matoša, Vinkovci, *Svebor Stublija*, OŠ Rikard Katalinić Jeretov, Opatija, *Vito Martinović*,

OŠ Horvati, Zagreb, *Petar Arambašić*, OŠ Kustošija, Zagreb, *Antun Kralj*, VI. OŠ Varaždin, Varaždin, *Otto Brezjak*, OŠ Ksavera Šandora Gjalskog, Zabok (III. nagrada).

### **Eksperimentalni radovi**

*Ivan Brlas*, OŠ Turnić, Rijeka (I. nagrada); *Maša Dobrić*, OŠ Jure Kaštelana, Zagreb (II. nagrada); *Paula Golub*, *Hena Pavičić*, OŠ Ljubo Babić, Jastrebarsko (III. nagrada).

## **Srednje škole**

---

### **1. skupina**

*Ivan Hegedić*, V. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Petar Jukić*, XV. gimnazija, Zagreb, *Luka Protulipac*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Adrian Grbac Lacković*, XV. gimnazija, Zagreb, *Viktor Katić*, III. gimnazija, Osijek, *Vid Šarić*, Gimnazija Pula, Pula (III. nagrada).

### **2. skupina**

*Filip Vučić*, I. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Borna Perković*, III. gimnazija, Split, *Matej Cvitković*, III. gimnazija, Split (II. nagrada); *Grgur Lučić*, XV. gimnazija, Zagreb, *Lorena Komočar*, Prirodoslovna škola Vladimira Preloga, Zagreb, *Karlo Maksimović*, XV. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

### **3. skupina**

*Luka Passek-Kumerički*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Lovro Klobučar*, Gimnazija Fran Galović, Koprivnica, *Roko Šupe*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Lovro Nidogon*, XV. gimnazija, Zagreb, *Frane Doljanin*, III. gimnazija, Split, *Bartol Bućan*, III. gimnazija, Split (III. nagrada).

### **4. skupina**

*Eugen Bošnjak*, XV. gimnazija, Zagreb, *Grgur Premec*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Josip Marić*, Gimnazija Lucijana Vranjanina, Zagreb, *Marko Šelendić*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Vilim Branica*, XV. gimnazija, Zagreb, *Lovro Mužar*, XV. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

### **Eksperimentalni radovi**

*Andrea Brzica*, *Luka Živoder*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Vilim Srnec*, *David Latin*, Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec (II. nagrada); *Laura Bunjevčević*, Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec, *Ana Smuđ*, *Helena Strniščak*, Elektrostrojarska škola, Varaždin (III. nagrada).

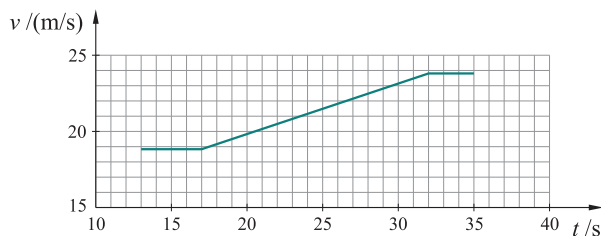
*Željko Skoko*

## **Osnovne škole – zadatci**

---

**1.** Mirna ugleda prijateljicu Emu na udaljenosti 220 m i krene trčati prema Emi brzinom 3 m/s. U istom trenutku i Ema (koja nije vidjela Mirnu) krene šetati od Mirne brzinom 0.8 m/s. Kada i gdje će Mirna sustići Emu?

2. Automobil mase 1.5 t vuče prikolicu mase 0.8 t. Prikolica i automobil povezani su oprugom duljine 118 cm i konstante elastičnosti  $4570 \text{ Nm}^{-1}$ . Koliki je razmak između automobila i prikolice kad automobil ubrzava od 17 s do 32 s kao što je prikazano na dijagramu?



3. Određivanje energijske vrijednosti hrane na temelju njezina sagorijevanja određuje se kalorimetrijskom metodom. U tu svrhu se koristi kalorimetar koji mjeri energiju koja se tijekom kemijske reakcije izmjenjuje između promatranog sustava i okoline. Izgaranjem oraha mase 2.15 grama temperatura vode mase 100 g poraste s  $18.2^\circ\text{C}$  na  $31.5^\circ\text{C}$ . Masa oraha nakon eksperimenta je 1.78 g. Voda primi 25 % energije oslobođene izgaranjem oraha. Igrajući košarku Mijo prosječno iskoristi 1800 kJ u sat vremena. Koliku masu oraha može Mijo pojesti nakon treninga dugog dva školska sata da nadoknadi tu energiju? ( $c_{\text{voda}} = 4.18 \text{ kJ/kgK}$ )

4. Određeni broj otpornika serijski spojimo na izvor stalnog napona 18 V. Struja u krugu tada je 0.1 A. Kad otpornike podijelimo na dva jednaka dijela, spojimo paralelno svaku grupu otpornika i zatim serijski spojimo te dvije grupe, struja u krugu je 2.5 A. Koliki je otpor jednog otpornika i koliko ih imamo?

5. Jan je proučavao kako se voda leđi. U knjizi je pronašao podatak da se pri prijelazu vode u leđ na  $0^\circ\text{C}$  oslobađa određena količina energije koja ovisi o masi vode i specifičnoj toplini taljenja leđa. Specifična toplota taljenja  $L$  je veličina koja nam kaže koliko se energije izmjeni s okolinom kad 1 kilogram tvari promijeni agregatno stanje. Jan je odlučio napraviti pokus i odrediti specifičnu toplinu taljenja leđa. U pretinac hladnjaka za proizvodnju leđa stavio je određenu količinu vode te uključio hladnjak koji radi stalnom snagom  $P$ . Za vrijeme od 5 minuta vodi se snizi temperatura od  $16^\circ\text{C}$  na  $12^\circ\text{C}$ , a tijekom idućih 115 minuta sva se voda ohladi i pretvori u leđ na temperaturi  $0^\circ\text{C}$ . Ako je specifični toplinski kapacitet vode  $4190 \text{ J/kgK}$  izračunaj specifičnu toplinu taljenja leđa.

## Osnovne škole – eksperimentalni zadatci

1. Na Županijskom natjecanju iz fizike određivali smo masu ravnala tako da ravnalo postavimo na rub klupe i na dio ravnala iznad poda postavimo novčić 1 kn (mase 5 g) te tražimo ravnotežni položaj. Pomoću te metode odredi masu svijećice u limenom oklopu.

- Zapiši duljinu svog ravnala.
- Jasno opiši postupak mjerenja.
- Jasno zapiši izmjerene podatke i odredi masu svijećice.

2. I baterije možemo međusobno spajati u serijski ili paralelni spoj.

Napiši što očekuješ kad su baterije u serijskom, a što kad su u paralelnom spoju, a zatim to provjeri s tri baterije od 1.5 V.

Izmjeri napon na svakoj od baterija prije spajanja.

Izmjeri napon na spojenim baterijama a zatim baterije veži u strujni krug s jednom žaruljicom.

Izmjeri i napon na baterijama u strujnom krugu i struju u tom krugu. Nacrtaš sheme.

Napiši svoje opažanje.

*Uputa.* Za ostvarivanje boljeg kontakta uporabi AL-foliju.

**3.** Uzgon je sila kojom tekućina (ili plin) djeluje na uronjeno tijelo suprotno orijentaciji gravitacije.

a) Na dinamometar objesi uteg i cijeli uroni u čašu s vodom. Polako izvlači uteg iz vode. Što opažaš?

Zapiši što pokazuje dinamometar kad je uteg, ovješeno o dinamometar, u zraku.

Skiciraj sile koje djeluju na uteg.

Zapiši što pokazuje dinamometar kad je uteg u tekućini.

Skiciraj sile koje djeluju na uteg kad je uronjen u vodu.

Kolika je sila uzgona na uteg?

b) Istraži kako sila uzgona ovisi o volumenu uronjenog tijela

Novčiće od 1 kn poslaži jedan na drugi i poveži, napravi valjak koji će biti tvoj uteg za ovo istraživanje.

Opiši postupak i napravi 3 mjerenja

Zapiši mjerenja.

Nacrtaš dijagram i napiši zaključak.

c) Za svako mjerenje izračunaj težinu istisnute vode ( $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$ ).

Usporedi težinu istisnute vode i silu uzgona. Što zaključuješ?

## Srednje škole – zadatci

### 1. skupina

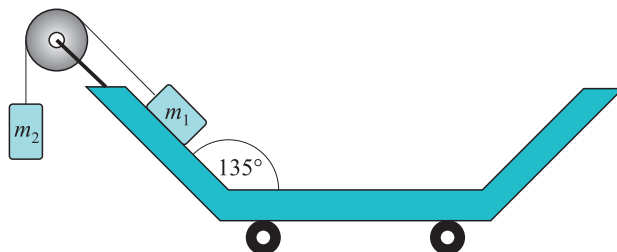
**1.** Gumeni metak ispaljen je prema automobilu koji se giba po ravnoj cesti stalnom brzinom 60 km/h. Prednje vjetrobransko staklo automobila zatvara kut  $30^\circ$  s horizontalom. Brzina metka u trenutku udara u vjetrobransko staklo automobila iznosi 14 km/h, a smjer brzine je horizontalan. Gumeni metak se elastično odbija od vjetrobranskog stakla. Točka udara nalazi na visini 1.5 m iznad tla. Zanimajte otpor zraka. Brzina automobila nakon sudara je nepromijenjena.

a) Izračunajte maksimalnu visinu u odnosu na tlo koju postiže metak za vrijeme leta.

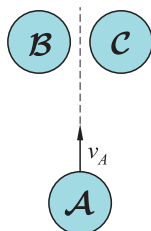
b) Izračunajte horizontalnu udaljenost metka i automobila u trenutku pada metka na tlo.

c) Skicirajte putanju metka za vrijeme leta kako ju vidi mirni promatrač na tlu. Na skici označite položaj automobila u trenutku pada metka na tlo. Izračunajte horizontalnu udaljenost položaja udara u vjetrobransko staklo i položaja pada na tlo i označite ju na skici.

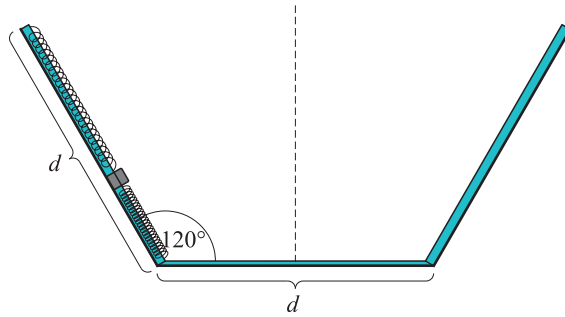
2. Kolica prikazana na slici gibaju se jednoliko ubrzano prema desno ubrzanjem  $a = \frac{3}{4}g$ . Dva utega masa  $m_1$  i  $m_2$  povezana su nerastezljivim užetom zanemarive mase preko koloture zanemarive mase. Omjer masa utega jednak je  $m_1 : m_2 = 2 : 1$ . Odredite koliki treba biti koeficijent trenja između utega mase  $m_1$  i kose stranice kolica da sustav utega miruje u odnosu na kolica.



3. Tri identična novčića nalaze se na glatkoj horizontalnoj podlozi po kojoj mogu klizati bez trenja. Novčić  $A$  giba se brzinom  $v_A$  u smjeru prikazanom na slici, a novčići  $B$  i  $C$  miruju. Novčić  $A$  sudara se istovremeno s novčićima  $B$  i  $C$ . Sudar novčića je elastičan. Početna udaljenost središta novčića  $B$  i  $C$  je  $\alpha$  puta veća od promjera novčića. Odredite brzinu novčića  $A$  nakon sudara i izrazite ju pomoću početne brzine novčića  $A$  i parametra  $\alpha$ . Za koju vrijednost parametra  $\alpha$  će novčić  $A$  mirovati nakon sudara?

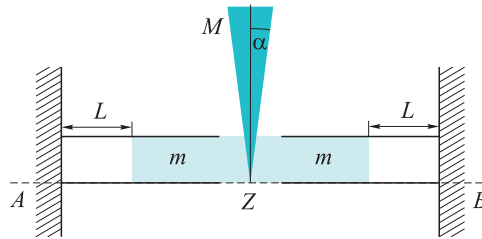


4. Posuda u obliku krnjeg stošca postavljena je kao na slici. Unutar posude nalazi se sustav od dvije identične opruge konstante  $k$  i utega mase  $m$ . Uteg je pričvršćen za opruge kao što je prikazano na slici, a suprotni krajevi opruga su učvršćeni na rubovima posude. Sustav opruga i utega nalazi se na bezmasenoj šipki po kojoj uteg može klizati bez trenja. Kada cijeli sustav miruje, uteg se nalazi na visini  $h_0 = \frac{d}{2}\sqrt{3}$  od dna posude (položaj je prikazan na slici). Kada posuda rotira stalnom kutnom brzinom  $\omega$  oko vertikalne osi (prikazane isprekidanom linijom na slici), uteg miruje u odnosu na posudu na visini  $2h_0$  u odnosu na dno posude. Uteg klizi po stijenci posude bez trenja. Masa opruga je zanemariva, a njihova nerastegnuta duljina je puno manja od  $d$ . Zanemarite dimenzije utega. Izračunajte kutnu brzinu  $\omega$ , ako je  $d = 75$  cm. Gravitacijsko ubrzanje je  $g = 9.81$  m/s<sup>2</sup>.



## 2. skupina

1. Klin mase  $M = 0.500$  kg, oblika jednakokrakog trokuta čiji je vrh pod kutom  $2\alpha = 15^\circ$ , leži na dva klip, svaki mase  $m = 0.200$  kg, koji mogu kliziti unutar dva vodoravna cilindra. Stranice klipova u dodiru s klinom imaju isti nagib kao i njegove plohe. Svaki klip zatvara cilindar učvršćen na okomiti zid, cilindar sadrži 0.002 mola idealnog plina pri temperaturi od 300 K. Pretpostavlja se da su sva moguća trenja zanemariva, da se tijekom procesa gibanja klipa temperatura plina ne mijenja i da se cijeli sustav nalazi u vakuumu. U početnoj situaciji vrh  $Z$  klina nalazi se na referentnoj crti  $AB$ , klip je udaljen  $L$  od zida, a klipovi su blokirani u položaju prikazanom na slici s dva graničnika (nisu prikazani).



a) Izračunajte, u početnoj situaciji, iznos sile koju klin vrši na svaki klip.

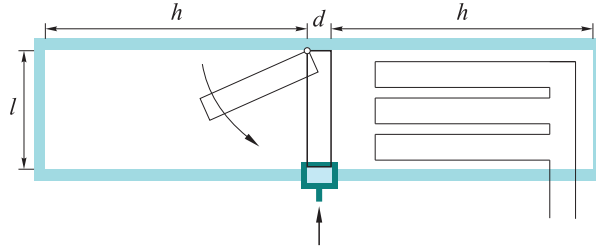
Nakon uklanjanja graničnika, klin se spušta vrlo polako dok sustav ne dođe u ravnotežu.

b) Kolika je konačna udaljenost klipova od zida  $L_k$  (umjesto početne udaljenost  $L$ ), i koliko se klin spustio prema dolje?

c) Izračunajte iznos sile kojom klin, točno u trenutku nakon što ga se pusti (odnosno u trenutku u kojem se uklone graničnici), djeluje na svaki klip, i iznos sile kojom svaki klip djeluje na cilindar (uzmite u obzir da je  $L \gg L_k$ ).

2. Unutrašnjost posude s izolacijskim zidovima kvadratnog presjeka duga je  $2h + d$ . Pregrada oblika kvadra sa stranicom  $l$  i debljinom  $d$  postavljena je tako da se spremnik dijeli na dva jednaka dijela, prilikom čega se pregrada može gibati pomoću panti na gornjoj strani.

$2n$  mola helija na temperaturi  $T_0$  unese se u posudu i potom se pregrada polako spušta i učvršćuje klinom prikazanim na slici. Unutar posude je i električni grijač otpora  $r$ , čija je stvarna geometrija takva da može ravnomjerno zagrijavati plin koji se nalazi u desnoj komori; obujam koju zauzima grijač može se zanemariti. Toplinski kapaciteti grijačeg elementa i pregrade su zanemarivi.



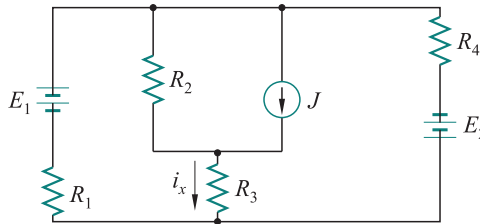
Električni je krug povezan izvorom napona  $E$  i to nakratko za vrijeme  $\Delta t$ . Pretpostavimo da u to vrijeme pregrada predstavlja dobar toplinski izolator između dvije komore; drugim riječima, koeficijent toplinske vodljivosti  $k$  pregrade je mala, ali tijekom dugog vremena nije zanemariva.

a) Nađite izraz za snagu  $P_r$  koju daje grijač i izračunajte temperaturu  $T_1$  plina na kraju grijanja.

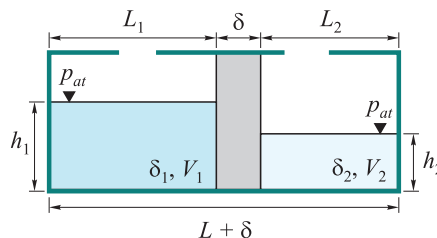
b) U smislu danih količina, izrazite silu kojom plin djeluje na pregradu odmah nakon isključenja grijača.

c) Izračunajte temperaturnu ravnotežnu  $T_R$  sustava (nakon termalizacije).

3. S obzirom na navedeni strujni krug koji sadrži izvore napona  $E_1$  i  $E_2$  i izvor konstante struje  $J$ , pronađite vrijednost struje  $i_x$  i snagu  $P_x$  koja se troši na  $R_3$ . Vrijednosti komponenti strujnog kruga su sljedeće  $R_1 = 4 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$ ,  $R_3 = 6 \Omega$ ,  $R_4 = 8 \Omega$ ,  $E_1 = 40 \text{ V}$ ,  $E_2 = 32 \text{ V}$  i  $J = 2 \text{ A}$ . (Izvor struje  $J$  je uređaj koji uvijek daje zadanu struju, a napon na njemu je određen ostalim/vanjskim elementima u strujnom krugu.)



4. Posuda dimenzija  $(L + \delta) \times B \times H$  ( $H$  je ukupna visina posude) podijeljena je klipom koji se može kretati bez trenja kroz dvije komore. Ako se u lijevu komoru ulije volumen  $V_1$  tekućine gustoće  $\rho_1$ , a u desnu volumen  $V_2$  tekućine gustoće  $\rho_2$ , odredite izraz za visine  $h_1$  i  $h_2$  tekućina u ravnotežnom stanju i pripadne vrijednosti ako je  $B \times L = 1 \text{ m}^2$ ,  $V_1 = 2 \text{ m}^3$ ,  $V_2 = 1 \text{ m}^3$  i  $\rho_2/\rho_1 = 0.5$ .

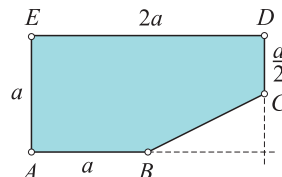


Vrijednosti fizikalnih konstanti:  $R = 8.31 \text{ J/K mol}$ ,  $P_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 101\,300 \text{ Pa}$ ,  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ .

### 3. skupina

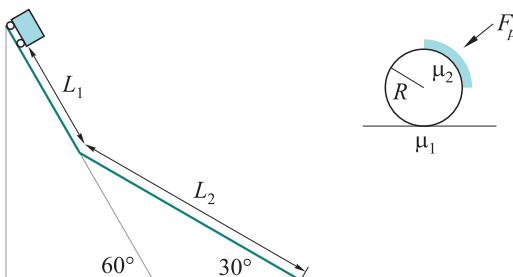
1. Izvor zvuka frekvencije  $f_0$  giba se jednoliko pravocrtno brzinom  $v$ . Zvuk koji izvor odašilje odbija se od dvaju zidova, od kojih se jedan nalazi direktno ispred, a drugi direktno iza izvora. Dvije nove frekvencije koje dopiru do izvora su u terci. Koliko iznosi brzina izvora. Tercia označava odnos dvije frekvencije u omjeru 6 : 5. Brzina zvuka u zraku je  $c = 330$  m/s.

2. Nepravilno homogeno tijelo  $ABCDE$  (na slici) stoji sa stranicom  $AB$  na ravnoj podlozi. Da li je tijelo stabilno? Objasnite odgovor. Ako ga objesimo za točku  $D$ , koji kut će zatvarati smjer  $DE$  sa smjerom gravitacije?



3. Uže duljine  $L = 5$  m i mase  $m = 5$  kg visi sa stropa školske dvorane. Dno užeta ne dotiče pod. Mala Monika zatitra uže na dnu, zbog čega po užetu krene putovati valni brijeg. Koliko vremena će proći da se valni brijeg odbije od stropa i vrati do dna užeta? Pretpostavite da se valni brijeg giba brzinom vala na užetu. *Napomena:* iako formula za brzinu vala ne vrijedi u ovom slučaju, još uvijek je vrlo dobra aproksimacija za valne duljine puno manje od duljine užeta, stoga ju možemo koristiti.

4. Vagon mase  $m = 236$  kg s četiri kotača nalazi se na vrhu kosine koja prvih  $L_1 = 50$  m ima nagib  $\alpha_1 = 60^\circ$ , a potom se idućih  $L_2 = 100$  m zaravnava na kosinu nagiba  $\alpha_2 = 30^\circ$  (slika lijevo). Na četvrtinu svakog kotača prijanjaju kočnice pritisnom silom  $F_p$  (slika desno). Skiciraj sile na vagon, te sile i momente na kotač! Kolika mora biti konstantna sila kočenja  $F_p$  da se vagon zaustavi na kraju drugog dijela kosine, ako vagon u početku miruje na vrhu kosine? Faktor trenja između kotača i kočnice je  $\mu_2 = 0.6$ . Prijelaz između dva nagiba je dovoljno gladak da ne uzrokuje dodatne promjene gibanja kolica – iznos brzine koju kolica imaju tik prije prijelaza imaju i tik nakon prijelaza. Kotači ne proklizavaju tijekom gibanja kolica.



### 4. skupina

1. Svjetlost koja se sastoji od dvije monokromatske komponente valnih duljina  $\lambda$  i  $\lambda'$  upada okomito na difrakcijsku rešetku konstante  $d = 1.7 \mu\text{m}$ , te se mjere maksimumi difrakcije (s iste strane središnjeg maksimuma) na pripadnim kutovima  $\alpha_k$  i  $\alpha'_k$ . Mjerenjima je utvrđeno da vrijedi  $\alpha_2 - \alpha'_1 = 8^\circ$ , te  $\alpha_3 = \alpha'_2$ . Iz ovih podataka odredite  $\lambda$  i  $\lambda'$  te sve kutove na kojima se javljaju difrakcijski maksimumi.

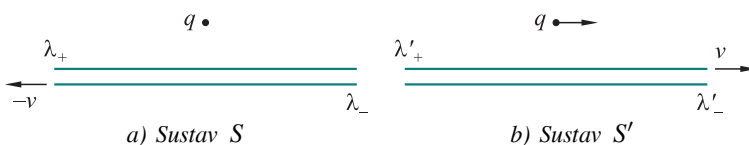
2. Promotrimo jako dugi neutralni ravni vodič koji nosi struju  $I$  iz perspektive nekog laboratorijskog sustava  $S$ . Takav vodič možemo modelirati kao superpoziciju pozitivno nabijenog pravca homogene linearne gustoće naboja  $\lambda_+$  koji miruje i negativno nabijenog pravca gustoće  $\lambda_- = -\lambda_+$  koji se giba brzinom  $-v$  kao na slici i stvara struju  $I = -\lambda_-v$ . Ako se u blizini takvog vodiča, na udaljenosti  $d$ , nalazi mirujući točkasti naboj  $q$ , tada su električna i magnetska sila na taj naboj jednake nuli. Međutim, ako



istu situaciju pogledamo iz drugog inercijalnog sustava  $S'$  u kojem negativno nabijeni pravac miruje, a pozitivno nabijeni pravac i točkasti naboj se gibaju brzinom  $v$  udesno, tada, naizgled, na naboj  $q$  u gibanju djeluje samo magnetska sila, pa bi se naboj trebao otkloniti od vodiča.

Da biste riješili ovaj paradoks, pretpostavite da je sila na točkasti naboj dana izrazom  $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$  u svim inercijalnim sustavima, ali da gustoća naboja pravca ovisi o brzini kojom se pravac giba na način  $\lambda(v) = \lambda_0 f(v)$ , gdje je  $\lambda_0$  gustoća naboja u sustavu mirovanja. Iz uvjeta da se točkasti naboj ne udaljava od vodiča u oba referentna sustava, odredite oblik funkcije  $f(v)$ .

Električno polje pravca je  $E = \lambda/(2\pi\epsilon_0 r)$ , gdje je  $\lambda$  linearna gustoća naboja, a  $r$  udaljenost od pravca.



3. Elektron se nalazi u  $n = 5$  energijskom stanju vodikovog atoma. Odredite na koliko se različitih načina elektron može spustiti u osnovno  $n = 1$  stanje. Koliko je različitih valnih duljina fotona moguće opaziti u tom procesu? Odredite im vrijednosti u nanometrima.

Atomski su prijelazi često uvjetovani tzv. izbornim pravilima. Kako bi se promjenio rezultat prvog dijela zadatka, ako elektronski prijelazi između dva stanja  $n \rightarrow m$  moraju zadovoljavati izborno pravilo prema kojem brojevi  $n$  i  $m$  moraju biti različite parnosti? Energija osnovnog stanja vodikovog atoma iznosi  $E = -13.6$  eV.

4. Banana srednje veličine sadrži  $m = 425$  mg kalija, od čega 0.012 % u obliku radioaktivnog izotopa vremena poluraspada  $T = 1.25 \cdot 10^9$  godina. Odredite koliko banana čovjek smije pojesti odjednom prije nego osjeti efekte radioaktivnog zračenja. Zračenje aktivnosti  $A_0 = 5 \cdot 10^8$  Bq smatra se opasnim. Molarna masa radioaktivnog izotopa kalija je  $M = 40$  g/mol.

Vrijednosti fizikalnih konstanti: brzina svjetlosti:  $c = 3.00 \cdot 10^8$  m/s, elementarni naboj:  $e = 1.60 \cdot 10^{-19}$  C; Planckova konstanta:  $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  Js =  $4.14 \cdot 10^{-15}$  eVs, Avogadrova konstanta:  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$  mol $^{-1}$ .

## Srednje škole – eksperimentalni zadatci

### 1. skupina – odbijanje pikule od nagnutog stola

**Pribor:** plastelin, mjerna vrpca (min 1.5 m), milimetarski papir, pikula (promjer oko 1.5 cm), obična olovka, gumica za brisanje, 2 ravnala od 40 cm, trokuti, kutomjer, dvije hrpe knjiga svaka hrpa visine 15 cm (može i nešto drugo visoko oko 15 cm), selotejp, uteg s kukicom 25 g (može i nešto drugo što se može objesiti npr. ključ), tanja špaga duljine 60 cm, rastavljena kemijska olovka, čavao duljine oko 8 cm.

**Zadatak.** Ispod nogu stola na jednoj strani staviti knjige čija je visina oko 15 cm tako da se dobije kosina. Umjesto knjiga mogu se staviti i neki drugi predmeti. Pošto su stolovi na kojima ćete raditi različitih duljina, a možda radite kod kuće, bitno je da nagib stola bude oko  $8^\circ$ .

Pustiti pikulu s visine 40 cm iznad stola. Kada se odbije od stola mora ponovo pasti na stol (ne na pod ili negdje drugdje). Mjesto gdje pikula prvi put padne na stol ne smije biti prekriveno (s papirom ili nečim drugim).

Iz mjerenja izračunati koliki je gubitak mehaničke energije nakon prvog odskoka u postocima.

Izračunati vrijeme od ispuštanja pikule do drugog udara u stol.

Kolika je najveća visina od stola koju dosegne pikula nakon odskoka?

Kolika je akceleracija pikule u najvišoj točki koju ona dosegne nakon odskoka?

Napraviti račun pogreške.

Prikazati rezultate dobivene mjerenjem.

Opisati postupak mjerenja.

## 2. skupina – određivanje mase olovke

**Pribor:** čaša s vodom (gustoća vode je  $1000 \text{ kg/m}^3$ ), ravnalo s mjernom skalom, gumica za brisanje grafitne olovke, tanki konac za šivanje, obična grafitna olovka – nova.

**Zadatak.** Pomoću priloženog pribora treba odrediti masu olovke.

U sklopu zadatka je potrebno:

1. Teorijski obrazložiti postupak mjerenja, izvesti odgovarajuće teorijske formule, definirati koje veličine i kako je potrebno mjeriti te skicirati postupak mjerenja.

2. Napraviti barem pet mjerenja odgovarajućih veličina, te za svako mjerenje odrediti masu olovke i podatke prikazati tabelarno.

3. Napraviti račun pogreške.

## 3. skupina – određivanje položaja i masa tijela zatvorenih u aluminijskoj cijevi

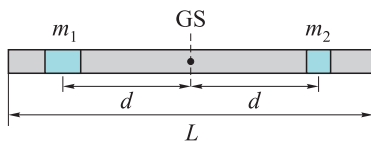
**Pribor:** stalak, spojka, dulja šipka, nit konca, škare, ljepljiva traka, mjerna traka, zaporni sat, digitalna vaga, 5 utega mase 50 grama, milimetarski papir, ravnalo, pripremljena aluminijska cijev pravokutnog presjeka, nekoliko plastičnih vezica, plastična stega, spojni kutnik (L profil).

**Zadatak.** Odredite položaje tijela nepoznatih masa zatvorenih u aluminijskoj cijevi pravokutnog presjeka i odredite mase tih tijela.

Primijenite nerazorne metode! Nije dozvoljeno otvaranje cijevi.

*Upute.* Za aluminijsku cijev pravokutnog presjeka, duljine  $L$  oko 40 cm poznata je masa i ona iznosi  $m_0 = 115 \text{ g}$ . Debljina stijenke cijevi je 1 mm, međutim u rješenjima pretpostavite da se radi o tankim pločama!

Unutar cijevi koju ste dobili, skrivena su dva tijela nepoznatih masa ( $m_1$  i  $m_2$ ), koja su jednako udaljena od geometrijskog središta cijevi ( $d$ ). Dimenzije tijela su male, i može se pretpostaviti njihova simetričnost s obzirom na moguće osi rotacije. Tijela su učvršćena unutar cijevi u danim položajima.



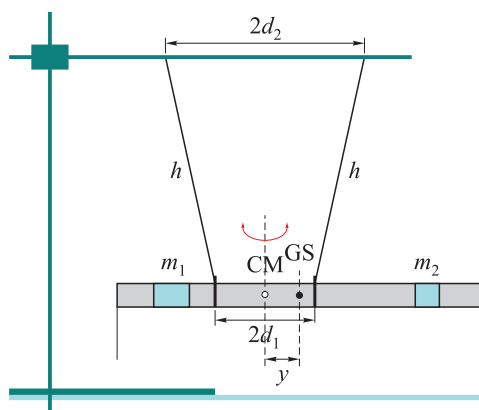
S vanjske strane cijevi nalaze se tri plastične vezice. Srednja ima na sebi kukicu, koja je predviđena za vješanje utega. Masa vezice s kukicom je manja od 1 grama i

ne doprinosi mjerenjima. Vezice sa strane predviđene su za vezivanje konca u prvom dijelu zadatka koji vam slijedi. Konac vežete s gornje strane u odnosu na dio gdje je postavljena kukica. Mase su im oko 0.5 grama i također ih zanemarite. Krajevi cijevi zatvoreni su s plastičnim čepovima, svaki mase 5 grama. Ni njihova masa ne bi trebala značajno utjecati na rezultate mjerenja. Čepovi su zalijepljeni na cijev! Cijev koristite tako kako je dobivena. Po potrebi pomičite vezice, ali ih ne bi trebalo skidati.

## Zadatci

### 1. dio

U prvom dijelu zadatka sastavite postav prema skici.



Aluminijsku cijev ovjesite kao bifilarno njihalo i ramotrite torzione oscilacije cijevi. Niti pomoću kojih se cijev treba ovjesiti treba simetrično zavezati s obje strane centra mase, koje prethodno treba odrediti. Gornje krajeve niti zatim učvrstite pomoću vezica na šipku postavljenu na stativ, tako da možete mijenjati razmak između ovjesišta.

Kolika je udaljenost  $y$  između geometrijskog središta i centra mase?

Period torzionih oscilacija bifilarnog njihala određen je izrazom:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{Ih}{mgd_1d_2}},$$

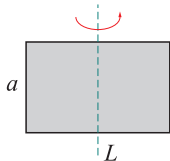
gdje je  $m$  ukupna masa (masa prazne cijevi i nepoznate mase):  $m = m_0 + m_1 + m_2$ ,  $I$  je ukupni moment tromosti aluminijskog profila s masama s obzirom na os koja prolazi okomito kroz centar mase.

Odredite periode za 5 različitih udaljenosti ovjesišta na šipki,  $2d_2$ . Ostale veličine nakon što ste ih odabrali i izmjerili te zapisali rezultate mjerenja ne mijenjajte. Period iskažite u sekundama, udaljenost  $d_2$  u centimetrima, masu u gramima. Preciznosti radi koristite CGS sustav mjernih jedinica. Sva mjerenja i rezultate izračuna prikažite tablično. Prikažite grafički ovisnost kvadrata perioda oscilacija o recipročnoj vrijednosti udaljenosti  $d_2$ , odnosno graf  $T^2$ ,  $1/d_2$ .

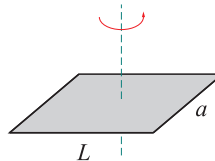
Na osnovu mjerenja odredite *ukupni moment tromosti*. Napišite sve potrebne izraze koje koristite prilikom izračuna. Procijenite točnost svojih mjerenja.

Odredite *moment tromosti prazne aluminijske cijevi* (bez nepoznatih masa). Izvedite izraz pomoću kojeg ćete izračunati traženi moment tromosti.

Poznati su izrazi za momente tromosti tankih pravokutnih ploča za slučaj kad osi rotacije prolaze kroz njihova središta:



$$I = \frac{1}{12}ML^2$$



$$I = \frac{1}{12}M(L^2 + a^2)$$

Što sve doprinosi ukupnom momentu tromosti?

## 2. dio

Kako bi došli do potrebnih jednadžbi pomoću kojih ćete doći do traženih rješenja, u drugom dijelu zadatka aluminijsku cijev opteretite dodatnim (vanjskim) utezima  $m_v$  i uravnotežite s obzirom na odabrano okretište sustava. Za okretište koristite L profil koji se pomoću plastične stegle učvrsti uz rub stola. Dodatne mase mogu za vrijeme izvođenja mjerenja visiti preko ruba stola.

Opišite postupak izvedbe mjerenja, skicirajte postupak izvedbe mjerenja, iskažite primijenjene fizikalne zakonitosti, imenujte i označite sve veličine i primjenjenu zakonitost zapišite u matematičkom obliku.

Mjerenja prikažite tablično i grafički. Interpretirajte značenje grafa koji ćete nacrtati.

Kada ste izveli sva mjerenja postavite sustve jednadžbi, riješite ih na osnovu prethodnih mjerenja i odredite nepznate mase  $m_1$  i  $m_2$  te njihovu međusobnu udaljenost ( $2d$ ).

Navedite nekoliko parametara koji uvjetuju točnost vaših mjerenja.

## 3. dio

Opišite (i pripadnim jednadžbama) kako biste riješili ovaj eksperimentalni zadatak, da niste u priboru dobili vagu.

## 4. skupina – određivanje žarišne daljine udubljenog dijela žlice

**Pribor:** žlica za juhu, lučica, šibice, škare, A4 milimetarski papir, A4 bijeli papir.

**Zadatak.** Odredite žarišnu daljinu udubljenog dijela žlice na dva različita eksperimentalna načina tako da:

- I. napravite neposredna mjerenja primjenom subjektivnog određivanja oštine slike na papirnoj traci postavljenoj u žarište i pri tome:
  - a) nacrtate skicu refleksije zraka svjetlosti u žarištu za konkavno sferno zrcalo
  - b) ukratko opišete način rada
  - c) rezultate minimalno šest mjerenja prikažete tablično
  - d) za eksperimentalno dobivenu žarišnu daljinu provedete račun slučajnih pogrešaka koji uključuje pojedinačno odstupanje od srednje vrijednosti, zapis točnog rezultata i relativnu maksimalnu pogrešku
  - e) kratko komentirate preciznost mjerenja i oblik žlice u odnosu na dobiveni rezultat;
- II. napravite mjerenja na klasičan način s predmetom i slikom, uz uvjet da za predmet koristite plamen svijeće, a sliku prikazujete na zaslonu od bijelog papira, ali radi

kvalitetnijeg prikaza u eksperimentalnom setu pripremite mali zaslon, također od bijelog papira, s vrhom obrnutog oblika slova 'V', takvog oblika da ga, usmjerenog prema zastoru, pridržava tijelo lučice i pri tome:

f) nacrtate konstrukciju slike za eksperimentalni primjer prema kojem ćete odrediti žarišnu duljinu i odredite narav slike

g) skicirate tlocrt eksperimentalnog seta s optičkom osi

h) ukratko opišete način rada

i) rezultate minimalno 8 mjerenja prikažete tablično

j) za računski dobivenu žarišnu daljinu provedete račun slučajnih pogrešaka;

III. napravite sumarnu analizu dobivenih rezultata i pri tome:

k) usporedite žarišne duljine dobivene I. i II. eksperimentalnim setom

l) usporedite relativne maksimalne pogreške i ukratko ih komentirate s naglaskom na utjecaj preciznosti mjerenja u eksperimentalnim setovima

*Napomena.* Pribor za crtanje nije dio propisanog pribora i s njim se mogu crtati konstrukcije slika, ali za mjerenja udaljenosti koristiti isključivo milimetarski papir!