



### Natjecanje i smotra iz fizike 2016./17.

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: školsko/općinsko, županijsko i državno.

Školska/općinska natjecanja su održana 30. siječnja 2017. godine. Zadatke je pripremio državno povjerenstvo i elektroničkom poštom poslalo ih u 587 škola domaćina natjecanja (OŠ – 419, SŠ – 168). U natjecanju je sudjelovalo 3144 učenika (OŠ – 1588, SŠ – 1556).

Na temelju uspjeha na općinskom natjecanju županijska povjerenstva su pozvala učenike na Županijsko natjecanje koje je održano 8. ožujka 2017. godine. I za ovu razinu natjecanja zadatke je pripremio državno povjerenstvo. Sudjelovalo je 1203 učenika osnovnih i srednjih škola (OŠ – 450, SŠ – 753).

Nakon što su županijska povjerenstva dostavila izvješća državno povjerenstvo je uskladilo bodovanje i prema jedinstvenim listama poretka za pojedine kategorije pozvalo 108 učenika (OŠ – 43, SŠ – 65) 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 60 učenika osnovnih škola prijavilo 37 radova te 66 učenika srednjih škola 37 radova. Na jednom 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 Državno natjecanje: 6 radova (11 učenika) iz osnovne škole i 6 radova (10 učenika) iz srednjih škola.

Državno natjecanje iz fizike održalo se u Vinkovcima od 2. – 5. svibnja 2017. godine. Domaćin je bila Tehnička škola Ruđera Boškovića iz Vinkovaca. Pozvano je ukupno 129 učenika u pratnji 91 mentora.

Svečano otvaranje održano je u kongresnoj dvorani hotela Slavonija. Pozdravni govor održao je *Mate Vukušić*, prof., ravnatelj Tehničke škole Ruđera Boškovića iz Vinkovaca koji je pozdravio sve sudionike Državnog natjecanja i zaželio im dobrodošlicu, kao i uspjeh svim učenicima. Nakon njega, dobrodošlicu su svima, a posebno su mnogo uspjeha poželjele svim natjecateljima doc. dr. sc. *Jadranka Mustapić Karlić*, pročelnica Upravnog odjela za obrazovanje i sport Vukovarsko-srijemske županije i *Ivana Biljan*, predstojnica podružnice Agencije za odgoj i obrazovanje u Osijeku. Kulturno-umjetnički dio svečanog otvaranja osmislili su i izveli učenici Tehničke škole. Svečano zatvaranje, uz dodjelu pohvalnica i darova najuspješnijim sudionicima natjecanja također je održano u kongresnoj dvorani hotela Slavonija, uz pozdravne riječi ravnatelja.

Sudionici još jednom koriste priliku za zahvalu ravnatelju i djelatnicima Tehničke škole Ruđera Boškovića, čelništvu grada i županije na pruženoj potpori i uspješnoj organizaciji natjecanja.

Više detalja o samoj provedbi natjecanja, kako i o sudionicima natjecanja mogu se vidjeti na mrežnim stranicama [http://natjecanja.hfd.hr/smotra\\_natjecanje/2016-17/index.php](http://natjecanja.hfd.hr/smotra_natjecanje/2016-17/index.php).

Nagrade su dobili učenici kako slijedi:

## Osnovne škole

*Vilim Branica*, OŠ Jordanovac, Zagreb, *Nora Ivić*, OŠ Pučišća, Pučišća, *Krešimir Nežmah*, OŠ Matije Gupca, Zagreb, *Grgur Premec*, I. osnovna škola Dugave, Zagreb (I. nagrada); *Antonija Križanec*, OŠ Sračinec, Sračinec, *Vedran Cifrek*, OŠ Novi Marof, Novi Marof, *Barbara Pisačić*, OŠ Franje Krežme, Osijek, *Jakov Ljubičić*, OŠ Bogumila Tonija, Samobor, *Ema Borevković*, OŠ Cvjetno naselje, Zagreb, *Olga Jerković Perić*, OŠ Josipa Jurja Strossmayera, Zagreb (II. nagrada); *Mirko Armanda*, OŠ Bol, Split, *Nikola Kušen*, OŠ Ivana Kukuljevića Sakcinskog, Ivanec, *Borna Bračić*, OŠ Josipa Jurja Strossmayera, Zagreb, *Elena Čokor*, OŠ Petrijanec, Petrijanec, *Ema Skočir*, OŠ Dobri, Split, *Ana Bodrožić Selak*, OŠ Pojišan, Split, *Jan Pelić*, OŠ Bakar, Bakar, *Duje Štolfa*, OŠ Mertojak, Split (III. nagrada).

## Eksperimentalni radovi

*Bruna Barbaroša*, *Juraj Pavlović*, Jureći Tomica, OŠ Bartola Kašića, Zagreb (I. nagrada); *Reveka Bae*, *Karla Pustak*, Jakost magneta, OŠ Jure Kaštelana, Zagreb (II. nagrada); *Marko Sirovica*, Čudo u konkavnom zrcalu, OŠ Ljubo Babić, Jastrebarsko (III. nagrada).

## Srednje škole

### 1. skupina

*Marko Srpak*, Prva gimnazija, Varaždin (I. nagrada); *Darijan Gudelj*, III. gimnazija, Split, *Janko Vrček*, Prva gimnazija, Varaždin (II. nagrada); *Mario Oraić*, Prirodoslovna škola Vladimira Preloga, Zagreb, *Bernard Faulend*, XV. gimnazija, Zagreb, *Marko Korda*, III. gimnazija, Split (III. nagrada).

### 2. skupina

*Domagoj Perković*, III. gimnazija, Split (I. nagrada); *Luka Kraljević*, XV. gimnazija, Zagreb, *Mislav Perić*, Gimnazija Požega, Požega (II. nagrada); *Ivan Vranić*, X. gimnazija Ivan Supek, Zagreb, *Toni Ivanković*, III. gimnazija, Osijek, *Fran Žinić*, Gimnazija Josipa Slavenskog, Čakovec (III. nagrada).

### 3. skupina

*Filip Marijanović*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Ilija Srpak*, Prva gimnazija, Varaždin, *Lucija Jukić*, Prirodoslovno tehnička škola, Split (II. nagrada); *Maria Krajči*, Prva sušačka hrvatska gimnazija u Rijeci, Rijeka, *Aleksandra-Saša Božović*, Prva gimnazija, Varaždin, *Emil Huzjak*, V. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

### 4. skupina

*Bruno Iljazović*, XV. gimnazija, Zagreb, *Igor Kladarić*, Gimnazija "Matija Mesić", Slavonski Brod (I. nagrada); *Petar Beršić*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Petar Suman*, Gimnazija Lucijana Vranjanina, Zagreb, *Leo Šutevski*, XV. gimnazija, Zagreb, *Marko Leljak*, Klasična gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

## Eksperimentalni radovi

*Domagoj Smolić, Josip Nino Pleh*, Ispitivanje fizikalnih svojstava elektromagnetskog topa, Tehnička škola Čakovec, Čakovec (I. nagrada); *Emanuel Nižetić*, Mjehurići zraka u vodi, Elektrostrojarska škola, Varaždin (II. nagrada); *Nikola Lončar*, Mjerenje magnetskog polja Zemlje pomoću ravnog vodiča, Srednja škola Zlatar, Zlatar (III. nagrada).

## Zadaci s Državnog natjecanja

### Osnovna škola – teorija

1. Bova na moru se giba gore-dolje i svakih 1.5 s prođe kroz ravnotežni položaj. Udaljenost između najnižeg i najvišeg položaja je 1.2 m. Brzina valova je 7.2 km/h. Odredi valnu duljinu tih valova i put koji bova prijeđe u 5 minuta.

2. Vlak koči stalnom silom 40 kN pri ulasku u stanicu i u prvih pet sekundi prijeđe 75 m. Sljedećih 21 m prijeđe u 7 s. Kolika je masa vlaka?

3. Pri normalnom govoru zvučni val proizvodi tlak od 20 mPa na bubnjić u uhu. Površina bubnjića uha je  $0.52 \text{ cm}^2$ . Sila na bubnjić prenosi se prema pužnici preko košćica koje djeluju kao poluga. Krak te poluge je prema bubnjiću 1.5 puta kraći nego prema pužnici. Površina otvora pužnice je  $0.026 \text{ cm}^2$ . Koliki se tlak prenosi na tekućinu u pužnici?

4. Akvarij dužine 0.5 m, širine 20 cm i visine 40 cm napunjen je do  $\frac{3}{4}$  vodom i osvijetljen je s četiri žarulje na kojima stoji oznaka 25 W; 12 V. Sve žarulje su spojene serijski na izvor napajanja 12 V. Pretpostavite da se u žaruljici 10 % energije pretvara u svjetlosnu energiju.

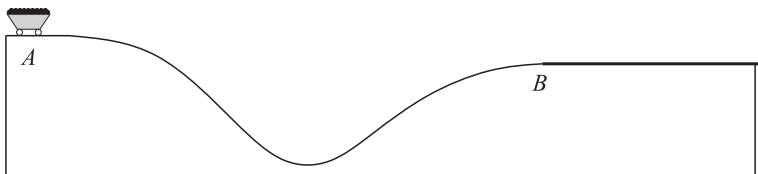
a) Koliko se zagrije akvarij ako žaruljice svijetle navečer od 8 h 50 min do 1 sat iza ponoći? Pretpostavite da je gubitak topline na okolinu zanemariv.

b) Koliki je omjer promjene temperature vode u akvariju ako su žarulje vezane serijski i ako su žarulje vezane paralelno?

c) Hoće li se zagrijavanje vode promijeniti i kako ako u serijskom spoju žarulja jednu od njih kratko spojimo? obrazloži odgovor.

(Gustoća vode je  $1 \text{ g/cm}^3$ , a specifični toplinski kapacitet je  $4200 \text{ J/kgK}$ .)

5. U zabavnom parku testiraju novu stazu za vožnju u kolicima. Kolica koja zajedno s teretom imaju masu 120 kg dolaze u točku A s kinetičkom energijom 5 kJ i nastavljaju gibanje bez trenja do točke B gdje počinje kočenje po posebnoj stazi gdje je koeficijent trenja između kolica i staze 0.8. Nadmorska visina točke A je 234 m, a točke B 222 m. Koliko duga mora biti staza za kočenje? Je li ta staza dovoljno duga i ako izvadimo teret mase 100 kg iz kolica uz pretpostavku da je kinetička energija praznih kolica u točki A 6 puta manja od kinetičke energije punih kolica u toj točki?



## Osnovna škola – eksperimentalni radovi

1. Kratkotrajni kontakt dvaju čvrstih tijela, pri kojem se javljaju velike kontaktne sile na mjestu dodira, naziva se sudar. Veoma bitna karakteristika dvaju tijela koja se sudaraju je elastičnost. Sudare opisujemo uvođenjem veličine  $k$  – koeficijenta restitucije kao mjere elastičnosti sudara. Koeficijent se definira omjerom razlika brzina poslije i prije sudara. Koeficijent restitucije ima vrijednosti od 0 do 1. Kada je koeficijent restitucije jednak nuli ( $k = 0$ ), to znači da se tijela “zalijepe” jedno za drugo i zajedno nastave kretanje, to je *plastični sudar*. Kada je koeficijent restitucije jednak jedan ( $k = 1$ ) takav sudar zovemo *potpuno elastični sudar*. Koeficijent restitucije se određuje eksperimentalno i zavisi od brzina tijela koji se sudaraju, materijala tih tijela, njihovog oblika i veličine. Zbog toga se koeficijent restitucije određuje za svaki slučaj sudara posebno.

Za lopticu koja slobodno pada na nepomičnu podlogu koeficijent restitucije se računa iz početne visine i visine odskoka:

$$k = \sqrt{\frac{h'}{h}}.$$

“Gubitak” energije u sudaru zove se  $Q$  – vrijednost sudara. Dobije se kao razlika kinetičkih energija neposredno poslije i neposredno prije sudara.

a) Odredi koeficijent restitucije  $k$  i vrijednost sudara  $Q$  pri sudaru pikule i školske klupe.

Izvedi 5 mjerenja s iste početne visine 25 cm.

b) Istraži kako se koeficijent restitucije mijenja s promjenom početne visine pikule.

c) Svoje rezultate prikaži i u dijagramu.

2. U strujni krug veži “našu” žaruljicu i izmjeri struju kroz žaruljicu i napon na njoj.

a) Izvedi još 3 mjerenja za 3 različita napona na žaruljici mijenjajući ostale elemente strujnog kruga

b) Nacrtaj shemu za svako mjerenje i jasno naznači što si izmjerio.

c) Nacrtaj I-U dijagram za tu žaruljicu.

Odredi otpor žaruljice.

3. Na klupi imaš malu oprugu. Odredi gustoću nepoznate tekućine pomoću male opruge, ravnala i podatka da je gustoća vode  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

Opiši i objasni postupak i navedi svoj rezultat.

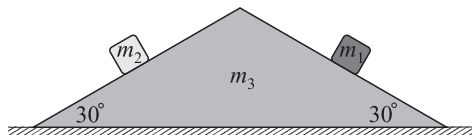
## Srednje škole – teorija

### 1. skupina

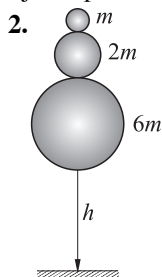
1. Tri tijela nalaze se u položaju kao na slici. Njihove mase su redom jednake:  $m_1 = 4 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 1 \text{ kg}$  i  $m_3 = 1 \text{ kg}$ . Trenje između svih površina je zanemarivo. U početnom trenutku pustimo sustav da se slobodno giba.

Duljina stranica kosine, na kojima se nalaze tijela mase  $m_1$  i  $m_2$ , iznosi 3 m.

a) Nacrtajte dijagrame sila na sva tri tijela.

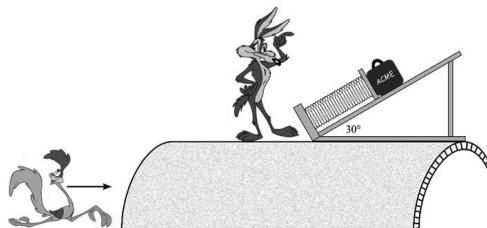


b) Nakon 0.5 s gibanja odredite položaj tijela mase  $m_1$  i  $m_2$  u odnosu na njihov početni položaj u sustavu kosine. Odredite položaj kosine nakon 0.5 s gibanja u odnosu na njezin početni položaj obzirom na horizontalnu podlogu.



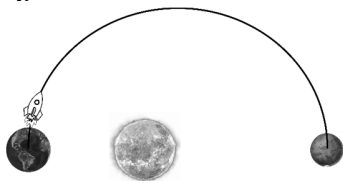
Tri lopte nalaze se u početnom položaju koji je prikazan na slici. Lopte se međusobno ne dodiruju, ali razmak između njih možemo smatrati zanemarivim u odnosu na dimenzije lopte i udaljenost od tla. U početnom trenutku lopte miruju u prikazanom položaju, a zatim ih pustimo da slobodno padaju. Lopte se savršeno elastično odbijaju jedna od druge i od tla. Izračunajte maksimalnu visinu na koju će se popeti lopta najmanje mase u odnosu na njezinu početnu visinu. Zanemarite otpor zraka.

3. Ptica Trkačica trči stalnom brzinom 32 km/h po pravcu prema tunelu. Na vrhu tunela nalazi se Kojot, koji je u nastojanju da ulovi Pticu Trkačicu izgradio uređaj za lansiranje utega prikazan na slici. Duljina nerastegnute opruge jednaka je duljini platforme na kojoj se nalazi uteg. U početnom trenutku opruga je sabijena za polovicu svoje nerastegnute duljine (položaj prikazan na slici) i u istom trenutku Kojot pusti sustav opruge i utega da se giba. Trenje između utega i platforme, na kojoj se nalazi, je zanemarivo. Duljina platforme iznosi 2 m. Konstanta elastičnosti opruge iznosi 220 N/m. Masa utega jednaka je 2 kg. U trenutku, kada se uteg nalazi na najvećoj visini od tla za vrijeme leta, Ptica Trkačica se nalazi na ulazu u tunel. Duljina tunela jednaka je 6 m, a visina 9 m. Zanemarite masu opruge i dimenzije. Uzmite da je gravitacijsko ubrzanje Zemlje jednako  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



- Izračunajte brzinu utega u trenutku kada se odvoji od platforme.
- Izračunajte maksimalnu visinu, koju postiže uteg, za vrijeme leta.
- Hoće li uteg pogoditi Pticu Trkačicu?
- Promotrite gibanje utega po platformi. Odredite ovisnost ubrzanja utega o položaju na platformi te skicirajte tu ovisnost na grafu.

4.



Hohmannov transfer je manevar u orbitalnoj mehanici koji se koristi za prijelaz svemirske letjelice iz jedne kružne putanje u drugu kružnu putanju oko istog planeta ili zvijezde. Hohmannov transfer uključuje dvije gotovo trenutne promjene brzine (paljenjem motora) svemirske letjelice: prvi put se brzina mijenja u početnoj točki putanje kada letjelica iz početne kružne putanje ulazi u Hohmannovu putanju, a drugi put u konačnoj točki putanje kada letjelica iz Hohmannove putanje ulazi u konačnu kružnu putanju. Gibanje letjelice između dvije promjene brzine određeno je gravitacijom masivnog tijela oko kojeg se letjelica giba. Hohmannov transfer je energijski najpovoljniji, a koristi se npr. za lansiranje satelita iz niske orbite oko Zemlje u geostacionarnu orbitu, no i za lansiranje svemirskih letjelica između različitih planeta Sunčevog sustava.

U ovom zadatku promotrit ćemo lansiranje rakete sa Zemlje na Mars pomoću Hohmannovog transfera. Možemo uzeti da se Zemlja giba oko Sunca po kružnoj putanji polumjera  $149.6 \cdot 10^6$  km, a period gibanja iznosi 365.25 dana. Mars se također giba oko Sunca po kružnoj putanji s periodom 686.96 dana. Kružne putanje Zemlje i Marsa oko Sunca nalaze se u istoj ravnini te Zemlja i Mars rotiraju oko Sunca u istom smjeru. Kao što je prikazano na slici, Hohmannova putanja ima oblik polovice elipse čija se početna točka nalazi na kružnoj putanji Zemlje oko Sunca, a konačna točka na kružnoj putanji Marsa oko Sunca te se početna i konačna točka nalaze na suprotnim stranama u odnosu na Sunce. Raketa se na prikazanoj putanji giba samo pod utjecajem gravitacije Sunca, dok se utjecaj gravitacije drugih planeta može zanemariti. Iz danih podataka izračunajte:

- a) polumjer kružne putanje Marsa oko Sunca,
- b) veliku poluos elipse koja predstavlja putanju rakete,
- c) vrijeme transfera rakete sa Zemlje na Mars.
- d) Odredite položaj Marsa na početku transfera rakete sa Zemlje te položaj Zemlje na kraju transfera rakete na Mars i nacrtajte skicu.

U nastavku zadatka detaljnije ćemo razmotriti gibanje rakete od trenutka paljenja motora na Zemlji do ulaska u Hohmannovu putanju oko Sunca. Pretpostavimo da se raketa u početnom trenutku nalazi u niskoj kružnoj orbiti oko Zemlje na visini 322 km od površine Zemlje. Tada se pale motori rakete te ona dobiva dodatnu brzinu. Vrijeme ubrzavanja rakete je zanemarivo. Brzina, koju raketa ima nakon ubrzavanja, mora biti dovoljna da ona savlada gravitacijsko privlačenje Zemlje i da uđe u Hohmannovu putanju. (Ako bi raketa dobila brzinu dovoljnu samo da savlada gravitacijsko privlačenje Zemlje, ona bi se gibala po kružnoj putanji oko Sunca polumjera jednakog polumjeru kruženja Zemlje oko Sunca.) Put, koji raketa prijeđe do izlaska iz gravitacijskog polja Zemlje, je zanemariv u odnosu na udaljenost Zemlja-Sunce. Izračunajte:

- e) brzinu rakete u niskoj kružnoj orbiti oko Zemlje u referentnom sustavu Zemlje,
- f) razliku brzine koju raketa mora dobiti nakon paljenja motora kako bi savladala gravitacijsko privlačenje Zemlje i ušla u Hohmannovu putanju.

U orbitalnoj mehanici gibanje tijela po putanji oko masivnog tijela (planeta ili zvijezde) opisano je *vis-viva* jednadžbom:

$$v^2 = GM \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right),$$

gdje je  $v$  brzina koju tijelo ima na udaljenosti  $r$  od masivnog tijela,  $a$  je velika poluos putanje tijela,  $M$  je masa masivnog tijela.

Masa Zemlje iznosi  $5.972 \cdot 10^{24}$  kg, masa Sunca  $1.989 \cdot 10^{30}$  kg, polumjer Zemlje 6378 km, gravitacijska konstanta je jednaka  $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ .

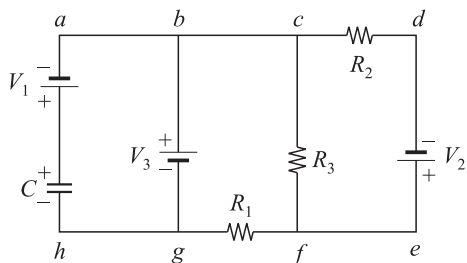
## 2. skupina

1. Kuglica nabijena pozitivnim nabojem i mase  $m = 1.0$  g počinje padati iz stanja mirovanja, u vakuumu, s visine  $h = 5.00$  m, u vertikalnom jednolikom električnom polju  $E = 1.00 \cdot 10^4$  N/C. U trenutku pada na tlo kuglica ima brzinu  $v = 21.0$  m/s. Odredite:

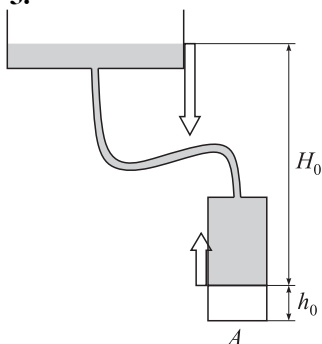
- a) smjer električnog polja,
- b) naboj na kuglici.
- c) Ukoliko kuglica pada kroz nevodljivu tekućinu gustoće  $0.88 \text{ kg/dm}^3$ , bez viskoznog trenja u istom električnom polju i padne na tlo brzinom za trećinu manjom u odnosu na pad u vakuumu, odredite polumjer kuglice.

2. Vrijednosti komponenata koje čine strujni krug su:  $V_1 = 3.00 \text{ V}$ ,  $C = 6.00 \mu\text{F}$ ,  $R_1 = R_2 = 5.00 \Omega$ ,  $R_3 = 3.00 \Omega$ ,  $V_2 = 4.00 \text{ V}$ ,  $V_3 = 8.00 \text{ V}$ . Odredite struju koja, nakon 10 s poslije spajana sklopa, teče kroz:

- granu  $de$ ,
- otpornik  $R_3$ ,
- grane  $bg$  i  $ah$ .
- Nađite naboj na kondenzatoru.



3.



Uređaj prikazan na slici sastoji se od cilindra s klipom površine  $A = 100 \text{ cm}^2$  zanemarive mase i debljine, koji klizi bez trenja. Klip zatvara dvoatomni idealni plin na temperaturi  $T = 20^\circ\text{C}$  u cilindru. Iznad klipa se nalazi živa koja je s cijevi spojena otvorenom posudom (iznad površine je atmosferski tlak). Početni položaj klipa nalazi se na visini  $h_0 = 10 \text{ cm}$  od tla, a visina žive je  $H_0 = 2 \text{ m}$  od klipa. Cilindar u kojem se nalazi plin termički je izoliran od okoline. U cilindru se nalazi maleni grijač, zanemarivog volumena, koji u trenutku  $t = 0$  počinje grijati konstantnom snagom od  $P = 2 \text{ W}$ . Uslijed prijenosa toplinske energije klip se počinje dizati.

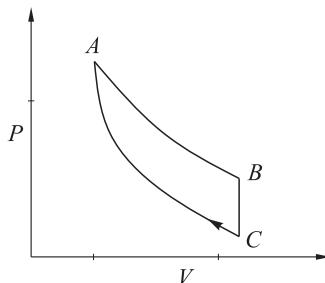
Pomoću mehaničkog uređaja posuda sa živom se spušta tako da se razina površine žive spusti efektivno 9 mm za svaki milimetar za koji se podigne klip.

Mehanički uređaj i grijač se isključe u trenutku kada se volumen plina udvostručio. Proces je dovoljno spor da se može pretpostaviti da je pretvorba gotovo statična.

- Izračunajte termodinamičke parametre za početno stanje ( $p, V, T$ ) plina u cilindru.
- Izračunajte termodinamičke parametre za konačno stanje plina u cilindru.
- Odredite funkciju  $p(V)$  koja opisuje proces, izračunajte glavne parametre koji ju definiraju i prikazati na  $pV$  dijagramu.
- Izračunajte  $Q, \Delta U$  i  $W$  u pretvorbi.
- Izračunajte koliko vremena traje pretvorba.
- Izvedite ovisnost temperature o volumenu i početnim parametrima izračunajte maksimalnu temperaturu koju postiže plin i vrijednost volumena za koju se to postiže.

4. Količina  $n = 1.2$  mola jednoatomnog idealnog plina, uz pomoć dva idealna izvora temperature  $T_A = 600 \text{ K}$  i  $T_C = 300 \text{ K}$ , prolazi kroz termodinamički ciklus prikazan na slici. Pretvorba  $AB$  je izotermna i reverzibilna, pri temperaturi  $T_A$ ;  $BC$  je izohorna ireverzibilna pretvorba (ali gdje je rad  $W = 0$ ) izvedena stavljajući plin u kontakt s izvorom  $T_C$ ;  $CA$  je adijabatska reverzibilna pretvorba. Ukoliko je  $p_A = 8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , izračunajte:

- volumen  $V_C$ ,
- rad obavljen u jednome ciklusu,
- učinkovitost ciklusa,





d) promjenu entropije “termodinamičkog svemira” (sustav + okoliš), tijekom ciklusa.

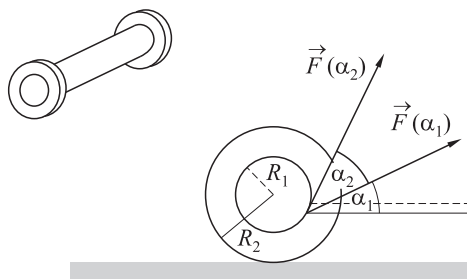
*Napomena.* Rješenja zadataka moraju se izraziti s tri značajne znamenke i u SI jedinicama.

*Vrijednosti fizikalnih konstanti* (vrijedi za sve zadatke): plinska konstanta  $R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , koeficijent adijabatske ekspanzije: za jednoatomi plin  $\gamma = 1.67$ , za dvoatomi plin  $\gamma = 1.4$ , atmosferski tlak,  $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$ , gustoća žive  $\rho_{\text{Hg}} = 13\,546 \text{ kg/m}^3$ , ubrzanje sile teže  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ .

### 3. skupina

1. Na kalemu sa slike, radijusa unutarnjeg cilindra  $R_1$  i vanjskog  $R_2$ , momenta inercije  $I$ , namotan je konac zanemarive debljine, tako da slobodan kraj konca visi s donje strane – namatan je suprotno od kazaljke na satu. Kalem stoji na stolu, a trenje između kalema i stola je takvo da kalem neće proklizati.

Mala Monika uhvati slobodan kraj konca i vuče konac silom  $F$  pod kutom  $\alpha$  u odnosu na horizontalu (na slici su prikazana dva takva proizvoljna kuta).



Diskutiraj smjer gibanja kalema u ovisnosti o kutu  $\alpha \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$  i omjeru  $\frac{R_1}{R_2}$ .

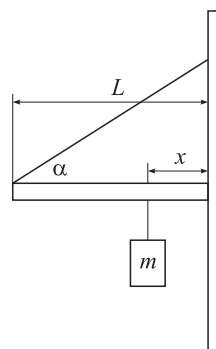
2. Radio Alžir je dugovalna radiopostaja koja odašilje AM radio na frekvenciji  $f = 153 \text{ kHz}$ . Radiovalovi te stanice do prijarnika dolaze na dva načina: pravocrtno (direktnim putem) i odbijanjem o ionosferu. Ionosfera je sloj atmosfere koji djeluje kao zrcalo za radiovalove i reflektira ih pod istim upadnim kutom natrag, a nalazi se na visini  $H = 60 \text{ km}$ .

a) Ako s  $L$  označimo udaljenost prijarnika od izvora, nađi takve  $L_n$  za koje nema signala.  $L_n$  izrazi preko  $f$ ,  $H$ ,  $n$  i brzine svjetlosti  $c$ . U svojem računu pretpostavite da je Zemlja ravna. Je li ta pretpostavka valjana za sve  $L$ ?

b) Koji je najveći, a koji najmanji takav  $L$  za danu frekvenciju? (Brzina svjetlosti  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .)

c) Za koje frekvencije ne postoje udaljenosti kod kojih dolazi do destruktivne interferencije?

3. Dizalica se sastoji od okomite čelične grede i horizontalne grede duljine  $L$  na nekoj visini, kako je prikazano na slici. Okomita greda je dobro učvršćena i nepomična, a horizontalna je učvršćena s jedne strane preko napete sajle, a s druge strane samo preko trenja koeficijenta  $\mu = 0.6$ . Teret težine  $m = 1000 \text{ kg}$  visi ispod horizontalne grede, na udaljenosti  $x = 0.4L$  od okomite grede. Masa tereta je puno teža od mase sajle i grede, pa njih zanemarujemo.



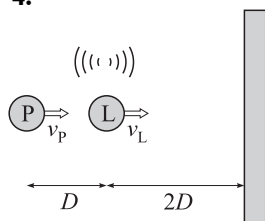
a) Skiciraj sve sile na horizontalnu gredu i sajlu.

b) Nađi raspon kuta  $\alpha$  za koji sustav miruje.

c) Nađi masu koju, obješenu okomito, sajla mora moći izdržati tako da ne pukne prilikom nošenja tereta.



4.



Policajac Petar hvata lopova Lovru koji bježi nepoznatom brzinom  $v_L$  prema velikoj zgradi i istodobno se manično smije (ispušta neki zvuk nepoznate frekvencije  $f_0$ ). Policajac trči za njim brzinom  $v_P = 10$  m/s, i istodobno čuje i njegov smijeh i jeku tog smijeha jer se zvuk odbija od zgrade ispred. Budući da su frekvencije njegovog smijeha kojeg Petar čuje  $f_1$  i smijeha kojeg čuje zbog jeku  $f_2$  jako bliske, ono što uho razaznaje su udari, tj. poznate su kombinacije frekvencija

$$f_s = \frac{f_1 + f_2}{2} = 250 \text{ Hz} \quad \text{i} \quad f_u = |f_1 - f_2| = 5 \text{ Hz}.$$

Zbog čega frekvencije  $f_1$  i  $f_2$  nisu iste? Odredite brzinu lopova i hoće li ga Petar stići prije nego spas pronađe u prostorijama velike zgrade ako je u početnom trenutku Lovre dvaput dalje od zgrade nego što je Petar od Lovre.

Brzina zvuka u zraku je  $c = 340$  m/s.

#### 4. skupina

1. Najjače električno polje koje se može uspostaviti u zraku iznosi  $E = 3 \cdot 10^6$  V/m. Pretpostavite da je cijeli prostor ispunjen takvim homogenim električnim poljem, te da u nj postavimo mirujućii elektron.

a) Nađite formulu koja opisuje vremensku ovisnost brzine elektrona  $v(t)$  te odredite  $\lim_{t \rightarrow \infty} v(t)$ . Uzmite da vrijeme  $t = 0$  označava početak gibanja elektrona.

b) Za koje će vrijeme  $\tau$  elektron doseći brzinu  $v = 0.99c$ ?

c) Koji će put  $s$  prevaliti za to vrijeme?

Uputa: za pravocrtna gibanja, električna sila na nabijenu česticu ne ovisi o brzini čestice.

2. Pretpostavimo da se višeelektronski atomi mogu dobro opisati Bohrovim modelom atoma. To znači da u atomu atomskog broja  $Z$ , koji se nalazi u stabilnom stanju, elektroni popunjavaju Bohrove energijske orbite energija

$$E_n = -\frac{Z \cdot 13.6 \text{ eV}}{n^2},$$

gdje je  $n = 1, 2, \dots, Z$ , i to tako da se u svakoj popunjenoj orbiti nalazi točno jedan elektron. Razmotrimo sada sljedeći eksperiment. Na atom bora ( $Z = 5$ ), koji se nalazi u stabilnom stanju, ispuca se kratkotrajni laserski puls frekvencije  $\nu = 1.93 \cdot 10^{16}$  Hz. Kao rezultat interakcije sa svjetlosti, elektron kinetičke energije  $E = 11.9$  eV je trenutno izbačen iz atoma. Nakon nekog (kratkog) vremena, atom spontano izbaci i drugi elektron, kinetičke energije  $E' = 56.2$  eV. Ubrzo, atom spontano emitira i foton frekvencije  $\nu'$  te se nakon toga nađe u stabilnom, dvostruko ioniziranom stanju.

a) Odredite orbitu iz koje je izbačen prvi elektron.

b) Objasnite kako je došlo do izbacivanja drugog elektrona, te nađite orbitu iz koje je izbačen.

c) Izračunajte nepoznatu frekvenciju emitiranog fotona  $\nu'$ .

3. Obična električna žarulja sadrži gusto namotanu zavojnicu od volframove niti, koju možemo aproksimirati plaštom cilindra duljine  $L = 2$  cm i polumjera baze  $R = 0.5$  mm. Za vrijeme rada žarulje volfram doseže temperature i do  $T = 3300$  K te zrači spektrom savršenog crnog tijela.

a) Odredite snagu žarulje  $P$  te valnu duljinu  $\lambda_{\max}$  na kojoj se javlja maksimum zračenja.

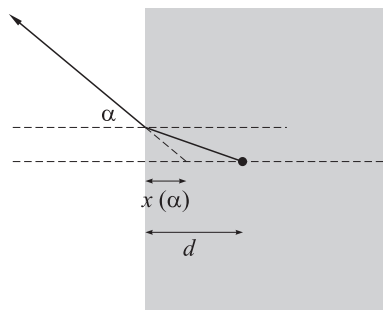
b) Pretpostavimo da u mraku gori samo jedna takva žarulja. S koje će maksimalne udaljenosti  $D$  ona biti vidljiva ljudskom oku?

Da bi ljudsko oko registriralo svjetlosni signal konstantnog intenziteta, nužno je da svake sekunde na nj upadne barem  $10^7$  fotona<sup>1</sup> srednje valne duljine  $\bar{\lambda} = 565$  nm. Uzmite da je polumjer zjenice u mraku  $r = 3$  mm.

4. Mala kuglica nalazi se usred prozirnog bloka načinjenog od optičkog materijala indeksa loma  $n > 1$  na udaljenosti  $d$  od ruba bloka. Kad kuglicu promatramo izvan bloka, u području ispunjenom zrakom ( $n_{\text{zrak}} = 1$ ), čini nam se da udaljenost kuglice od ruba bloka  $x$  ovisi o kutu  $\alpha$  pod kojim promatramo kuglicu, kao što je prikazano na slici.

Provedena mjerenja za nekoliko različitih kutova daju sljedeću ovisnost  $x(\alpha)$ :

$\alpha/^\circ$	$x/\text{cm}$
0	5.00
30	4.47
45	3.78
60	2.77
90	0.00



Koristeći ove podatke odredite indeks loma bloka  $n$ , kao i stvarnu udaljenost kuglice od ruba bloka  $d$ .

Vrijednosti fizikalnih konstanti: brzina svjetlosti:  $c = 3.00 \cdot 10^8$  m/s, elementarni naboj:  $e = 1.60 \cdot 10^{-19}$  C, masa elektrona:  $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg, Planckova konstanta:  $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  m<sup>2</sup>kg/s =  $4.14 \cdot 10^{-15}$  eVs, Stefan-Boltzmannova konstanta:  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$  Ws<sup>-2</sup>K<sup>-4</sup>, Wienova konstanta:  $b = 2.89 \cdot 10^{-3}$  mK.

## Srednje škole – eksperimentalni radovi

### 1. skupina – određivanje mase $m$ užeta

**Pribor:** uže nepoznate mase  $m$ , spajalica (masu spajalice zanemariti), metalni prsteni poznate mase (1 veći mase 5 g i 4 manja svaki mase 2 g), papirnata mjerna vrpca, školska klupa.

**Zadatak.** Odrediti masu  $m$  užeta isključivo navedenim priborom (ne smije se kao pomagalo u toku mjerenja koristiti pribor za crtanje, pisanje i sl.)

U sklopu zadatka treba:

- nacrtnati skicu eksperimenta,
- na skici prikazati veličine koje ćete mjeriti i veličine potrebne za objašnjenje postupka,
- opisati postupak mjerenja, objasniti fizikalne osnove (model) za rješenje zadatka, izvesti formulu za vezu između tražene mase i veličina koje ćete mjeriti.

<sup>1</sup> U slučaju pojedinih bljeskova svjetlosti, taj je broj znatno manji!

d) napraviti 5 mjerenja, podatke prikazati tabelarno, odrediti srednju vrijednost nepoznate mase užeta i provesti jednostavan račun pogreške pazeći na pouzdane znamenke.

## 2. skupina – određivanje mase zrna sačme i gustoće sačme

**Pribor:** plastična posuda s vodom, epruveta, sačma, ravnalo.

**Zadatak.** Odredite prosječnu masu zrna sačme. Odredite gustoću materijala od kojeg je napravljena sačma.

U sklopu zadatka treba:

- objasniti teorijsku podlogu mjerenja,
- izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti prosječnu masu zrna sačme i gustoću materijala sačme,
- napraviti 5 mjerenja, podatke prikazati tablično, odrediti prosječnu masu zrna sačme, srednju vrijednost gustoće materijala sačme.

Koristite podatak za gustoću vode  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

## 3. skupina

**Pribor:** ultrazvučni prijemnik, ultrazvučni predajnik, mjerne trake na letvicama (dva kom.), tri pravokutna profila (plastika, karton ili šperploča), voltmetar (AC mjerenja).

Na slici su prikazani ultrazvučni pretvornici. Jedan od njih je prijamnik (oznaka R), a drugi predajnik (oznaka T). Da bi predajnik emitirao u ultrazvučnom području potreban je generator tahvih signala. Predajnik je spojen na elektronički sklop koji to ostvaruje. Podatak o generiranoj frekvenciji zapisan je na kućištu elektroničkog sklopa (rezonantna frekvencija).



Prijamnik prima signale u širem rasponu ultrazvučnih frekvencija. Spojen je na kućište pojačala signala.

Mjerenja se očitavaju pomoću voltmetra koji se spaja na prijamnik na označeno mjesto.

### Zadatci.

Odrediti brzinu širenja ultrazvuka pomoću zadanog pribora na barem dva načina.

Opišite detaljno opažanja i obrazložite mjerenja. Skicirajte eksperimentalne postavke.

Objasnite fizikalne pojave na osnovu kojih ste izveli mjerenja i odredili brzinu ultrazvuka u zraku.

Procijenite točnost mjerenja. Što sve uvjetuje točnost mjerenja?

Usporedite mjerenja sa očekivanom teorijskom vrijednosti brzine.

*Napomene.* Upute za potreban izvor napona dane su uz pripremljeni pribor.

Predajnik učvrstite s manjim komadom plastelina na stol. Jednu mjernu traku na letvici postavite uz predajnik. Prijamnik učvrstite na kraj druge letvicu s mjernom trakom.

#### 4. skupina

**Pribor:** konkavno i konveksno sferno zrcalo na postolju, bikonveksna leća, svijeća, šibice, krojački metar, dva ravnala različite duljine, dva tanja kartona, škare, selotejp, plastelin, bijeli papir A4, milimetarski papir.

**Zadatak.** Odredite žarišnu daljinu konveksnog sfernog zrcala tako da:

- a) opišete način na koji ste odredili koja je strana sfernog zrcala konveksna,
- b) opišete teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka,
- c) napravite odgovarajuće skice rasporeda optičkih elemenata s naznačenim fizikalnim veličinama,
- d) tablično prikazete rezultate za minimalno pet mjerenja,
- e) provedete račun slučajnih pogrešaka uz zapis točnog rezultata i određivanje relativne maksimalne pogreške,
- f) konstruirate sliku za žarište konkavnog sfernog zrcala,
- g) konstruirate sliku za žarište konveksnog sfernog zrcala,
- h) konstruirate sliku za općeniti slučaj konveksnog sfernog zrcala sa svim označenim veličinama i navedenom naravi slike,
- i) konstruirate optički put zraka svjetlosti i položaj konačne slike u konkretno provedenom eksperimentalnom postupku,
- j) ukratko komentirate preciznost mjerenja prema dobivenoj maksimalnoj relativnoj pogrešci,
- k) prema stečenom eksperimentalnom iskustvu navedete što sve utječe na preciznost mjerenja,
- l) zaključno potvrdite teorijski model kojeg ste provjerili ovim eksperimentalnim mjerenjima tako da odredite koje su zrake svjetlosti dale konačnu sliku i koja je bila konačna narav slike u odnosu na početni predmet.

*Željko Skoko*