

Natjecanje i smotra iz fizike 2015./16.

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

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

Školska/ općinska natjecanja su održana 27. siječnja 2016. godine. Zadatke je pripremio državno povjerenstvo i elektroničkom poštom poslalo ih u 598 škola, domaćina natjecanja (OŠ – 428, ŠS – 170). U natjecanju je sudjelovalo 3203 učenika (OŠ – 1628, ŠS – 1575).

Na temelju uspjeha na općinskom natjecanju županijska povjerenstva su pozvala učenike na županijsko natjecanje koje je održano 25. veljače 2016. godine. I za ovu razinu natjecanja zadatke je pripremio državno povjerenstvo. Sudjelovalo je 1248 učenika osnovnih i srednjih škola (OŠ – 517, ŠS – 731).

Nakon što su županijska povjerenstva dostavila izvješća, državno povjerenstvo je uskladilo bodovanje i prema jedinstvenim listama poretka za pojedine kategorije pozvalo 121 učenika osnovnih i srednjih škola (OŠ – 49, ŠS – 72) 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 19 učenika osnovnih škola prijavilo 12 radova te 60 učenika srednjih škola 36 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 (9 učenika) iz osnovne škole i 6 radova (8 učenika) iz srednjih škola.

Državno natjecanje iz fizike održalo se u Brodarici, Šibenik, od 25.–28. travnja 2016. godine. Domaćin je bila Osnovna škola Brodarica iz Brodarice. Pozvano je ukupno 138 učenika u pratnji 70 mentora.

Svečano otvaranje održano je u kongresnoj dvorani hotela Niko. Pozdravni govor održao je *Emil Božikov*, prof., ravnatelj Osnovne škole Brodarica koji je pozdravio sve sudionike Državnog natjecanja i zaželio im dobrodošlicu, kao i uspjeh svim učenicima. Nakon njega, dobrodošlicu su svima zaželjeli *Zoran Smolić*, dožupan Šibensko-Kninske županije, *Nikica Penđer*, dogradonačelnik grada Šibenika, i *Vlade Matas*, prof., predstojnik podružnice AZOO Split. Kulturno-umjetnički dio svečanog otvaranja osmislili su i izveli učenici OŠ Brodarica. Svečano zatvaranje, uz dodjelu pohvalnica i darova najuspješnijim sudionicima natjecanja također je održano u kongresnoj dvorani hotela Niko, uz pozdravne riječi ravnatelja.

Sudionici još jednom koriste priliku da zahvale ravnatelju i djelatnicima OŠ Brodarica, 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/2015-16/index.php.

Nagrade su dobili učenici kako slijedi:

Osnovne škole

Bernard Faulend, OŠ Pavleka Miškine, Zagreb, *Luka Bulić Bračulj*, OŠ Meje, Split, *Luka Hobor*, OŠ Eugena Kumičića, Velika Gorica, *Barbara Sumić*, OŠ Trstenik, Split (I. nagrada); *Marko Bakmaz*, OŠ Bartula Kašića, Zadar, *Eva Hudec*, OŠ Špansko Oranice, Zagreb, *Mario Oraić*, OŠ Prečko, Zagreb, *Janko Vrček*, VI. osnovna škola, Varaždin, *Ema Moškateo*, OŠ Grofa Janka Draškovića, Zagreb, *Darijan Gudelj*, OŠ Manuš, Split (II. nagrada); *Toma Draganja*, OŠ Dobri, Split, *Tomislav Kelava*, OŠ Bijaći, Kaštel Novi, *Krešimir Nežmah*, OŠ Matije Gupca, Zagreb, *Patricija Kranjčić*, OŠ Petrijanec, Petrijanec, *Luka List*, OŠ Antun Nemčić Gostovinski, Koprivnica, *Grgur Premec*, I. osnovna škola Dugave, Zagreb, *Marko Srpak*, II. osnovna škola, Varaždin, *Jure Škoro*, OŠ Strahoninec, Strahoninec, *Mirko Vilibić*, OŠ Trstenik, Split (III. nagrada).

Eksperimentalni radovi

Darian Sergio, Određivanje visine pomoću barometra, OŠ Turnić, Rijeka (I. nagrada); *Neva Dobrić*, Zvuk, OŠ Jure Kaštelana, Zagreb (II. nagrada); *Tatjana Rogulj*, *Sara Žaja*, Mali padobranski kup, OŠ fra Pavla Vučkovića, Sinj (III. nagrada).

Srednje škole

1. skupina

Domagoj Perković, III. gimnazija, Split (I. nagrada); *Bruno Golik*, Prva gimnazija Varaždin, Varaždin, *Andrija Tomorad*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Elizabeta Gegić*, XV. gimnazija, Zagreb, *Mislav Perić*, Gimnazija Požega, Požega, *Krunoslav Ivanović*, XV. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

2. skupina

Vilim Lendvaj, XV. gimnazija, Zagreb, *Filip Marijanović*, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Petar Nizić-Nikolac*, XV. gimnazija, Zagreb, *Paula Vidas*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Luka Jovanović*, XV. gimnazija, Zagreb, *Aleksandra-Saša Božović*, Prva gimnazija Varaždin, Varaždin, *Antonio Krivić*, III. gimnazija, Split, *Ilija Srpak*, Prva gimnazija Varaždin, Varaždin (III. nagrada).

3. skupina

Bruno Iljazović, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Igor Kladarić*, Gimnazija Matija Mesić, Slavonski Brod, *Patrik Papac*, Gimnazija Dubrovnik, Dubrovnik (II. nagrada); *Petar Suman*, Gimnazija Lucijana Vranjanina, Zagreb, *Timon Spiegl*, SŠ Krapina, Krapina, *Rocco Barač*, III. gimnazija, Split (III. nagrada).

4. skupina

Grgur Palle, V. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Karlo Delić*, III. gimnazija, Split, *Tin Komerički*, Tehnička škola Ruđera Boškovića, Zagreb (II. nagrada); *Ivan Jerčić*, III. gimnazija, Split, *Karlo Šerbetar*, Gimnazija Fran Galović, Koprivnica, *Domagoj Tomić*, XV. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

Eksperimentlani radovi

Magdalena Živković, Magnetični vlakici, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Jelena Gregorić*, *Luka Cavaliere Lokas*, Što možemo vidjeti kroz polaroide?, V. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Valentina Šteković*, Zašto kreda škripi?, Prva gimnazija Varaždin, Varaždin (III. nagrada).

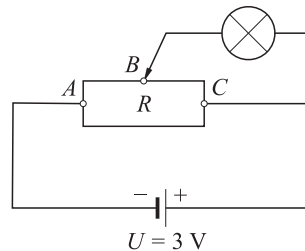
Zadaci s državnog natjecanja

Osnovna škola – teorija

1. Na jednom kraju bakrene cijevi duge 366 m proizveden je zvučni signal frekvencije 400 Hz. Do drugog kraja cijevi zvuk stigne 1 s prije kroz bakar nego kroz zrak. Kolika je brzina, valna duljina i frekvencija zvuka u bakru ako je valna duljina tog zvuka u zraku 825 mm?

2. Vlak mase $8 \cdot 10^6$ kg vozi stalnom brzinom 72 km/h. Vučna sila iznosi $2 \cdot 10^6$ N. U jednom trenutku motori prestanu raditi. Kolikom će se brzinom gibati vlak 20 s nakon prestanka rada motora?

3. Crtež prikazuje žarulju koja je priključena na potenciometar (djelitelj napona). Otpornik ima ukupan otpor $R = 24 \Omega$. Otpor žarulje iznosi 4Ω . Koliki je napon na krajevima žarulje i kolika struja njome prolazi kada se klizač nalazi točno na polovici otpornika R u točki B ? Što će se dogoditi sa sjajem žaruljice ako klizač pomaknemo ulijevo do točke A ?



4. Vesna je odlučila skuhati ručak na malom kuhalu, snage 1200 W. Vesna zna da je potrebno 12 minuta da se 1.5 l vode zagrije u velikom loncu, od sobne temperature (20°C) do vrenja na tom kuhalu. Koliko vremena će trebati da sve ponovo zakipi ako u 2 l vode koja vrije u istom tom loncu Vesna stavi 300 g suhog mesa specifičnog toplinskog kapaciteta 3.22 kJ/kgK i 38 dkg tjestenine specifičnog toplinskog kapaciteta 1800 J/kgK ? Meso je izvađeno iz hladnjaka pri temperaturi 5°C , a tjestenina je dugo stajala na stolu. Specifični toplinski kapacitet vode je 4200 J/kgK , gustoća vode je 1000 kg/m^3 . Pretpostavite da je udio energije koja se predaje okolini stalan.

5. Neopterećena opruga duga je 10 cm. Na krajevima opruge su dvije cigle. Masa cigle A je 1 kg, a masa cigle B 2 kg. Ako oprugu postavimo tako da je cigla A na stolu, a cigla B leži na opruzi tada je opruga duga 5 cm. Kolika je konstanta elastičnosti opruge? Kolika je duljina opruge ako oprugu i cigle okrenemo tako da je na stolu cigla B dok cigla A leži na opruzi?

Osnovna škola – eksperimentalni radovi

1. O papirnatim ubrusima navode se dva podatka. Prvi govori o masi 1 lista tog papira površine 1 m^2 i izražava se u g/m^2 . Papirnati ubrus na vašem stolu ima 40 g/m^2 . Drugi podatak je moć upijanja i govori koliko tekućine može upiti neki papir a iskazuje se koeficijentom upijanja. Koeficijent upijanja je omjer mase upijene tekućine i mase upijajućeg papira.

a) Provjeri moć upijanja papirnato g ubrusa i odredi koeficijent upijanja za tekućinu u boćici na stolu. Jasno opiši mjerenja i objasni svoj postupak.

b) Istraži ovisi li koeficijent upijanja o temperaturi tekućine? Napiši pretpostavku, opiši što se razlikuje od mjerenja u a) zadatku, izmjeri i napiši zaključak. Pokus izvedi

bez mjerenja temperature tekućine već bočicu s tekućinom uroni u vodu temperature oko 20°C više od sobne.

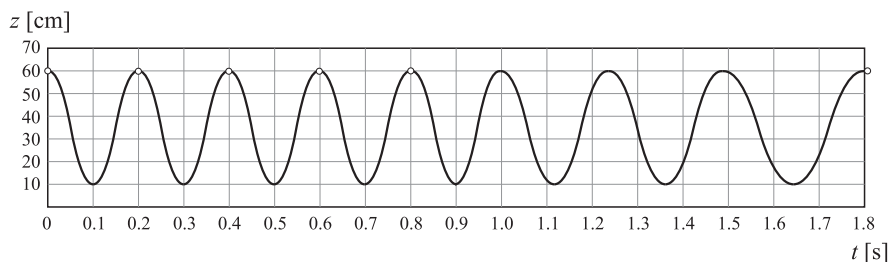
2. Na stolu je otpornik nepoznatog otpora. Odredi otpor otpornika. Izvedi 5 mjerenja, mjereći za 5 različitih vrijednosti struje kroz otpornik. Izvor je baterija 4.5 V. Svako mjerenje prikaži shemom s ucrtanim mjernim instrumentima i podacima. Nacrtaj dijagram ovisnosti struje o otporu otpornika.

3. Na stolu imaš list papira za pisače i list papirnatog ubrusa. Usporedi koeficijent trenja novčića od 1 kn po papiru za pisače i po papirnatom ubrusu. Opiši i objasni postupak, izvrši mjerenja i napiši zaključak.

Srednje škole – teorija

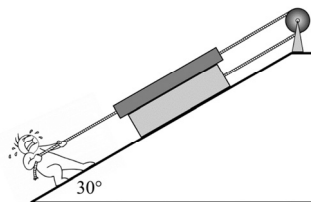
1. skupina

1. Kotač bicikla ima vanjski promjer 700 mm. Na udaljenosti 250 mm od središta kotača postavljeno je mačje oko. Biciklist vozi bicikl po ravnoj stazi najprije stalnom brzinom, a u trenutku 0.8 s počinje jednoliko usporavati. Na grafu je prikazana ovisnost visine (udaljenosti od tla) mačjeg oka o vremenu (radi jasnoće posebno je označeno da se u trenucima $t = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ i 1.8 mačje oko nalazi na najvišem položaju).



- Nacrtajte graf ovisnosti brzine bicikla o vremenu.
- Nacrtajte graf ovisnosti položaja bicikla o vremenu.
- Nakon koliko vremena od početka gibanja će se bicikl zaustaviti, koliki put će do tada prijeći te koliko iznosi srednja brzina po putu bicikla od početnog trenutka do zaustavljanja?

2. Daska mase 1 kg nalazi se na kvadru mase 8 kg. Na dasku i kvadar pričvršćeno je nerastezljivo uže zanemarive mase koje je prebačeno preko koloture zanemarive mase. Čovjek pomoću nerastezljivog užeta zanemarive mase vuče dasku prema podnožju kosine stalnom brzinom primjenjujući stalnu silu F . Koeficijent trenja između svih podloga iznosi 0.2.



- Nacrtajte sve sile koje djeluju na dasku.
- Nacrtajte sve sile koje djeluju na kvadar.
- Izračunajte iznos sile F .
- Izračunajte rad koji je potrebno utrošiti da se kvadar pomakne uz kosinu za 10 cm.

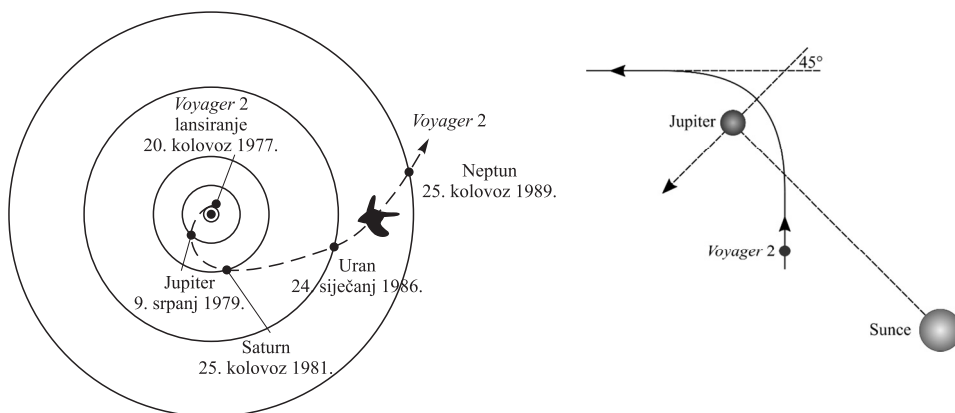
3. Atletičar se natječe u disciplini bacanja koplja. Položaj koplja opisan je položajem njegovog vrha. U trenutku izbačaja vrh koplja nalazi se na visini y_0 . Zanimarite otpor zraka.

a) Ako atletičar miruje za vrijeme izbačaja koplja, koplje padne na tlo na udaljenosti 35.2 m od mjesta izbačaja, a let koplja traje 2.75 s. Brzina koplja u trenutku izbačaja zatvara kut 45° s horizontalom. Izračunajte brzinu koplja neposredno nakon izbačaja.

b) Da povećate domet koplja atletičar koristiti zaletišta. Atletičar jednoliko ubrzava na zaletištu dugom 32 m te izbacuje koplje pod jednakim kutem u svom referentnom sustavu i s jednake visine kao i u prethodnom slučaju. Ako se domet koplja povećava za 25% u odnosu na prethodni slučaj, a vrijeme leta ostane jednako, izračunajte brzinu atletičara u trenutku izbačaja koplja. Izračunajte brzinu koplja u trenutku izbačaja u referentnom sustavu atletskog stadiona. Izračunajte ubrzanje atletičara na zaletištu.

c) Izračunajte visinu vrha koplja y_0 u trenutku izbačaja. Izračunajte maksimalnu visinu (udaljenost od tla) koju postiže vrh koplja za vrijeme leta u oba slučaja.

4. Prilikom planiranja putanja svemirskih letjelica često se koristi “efekt pračke” (engl. *slingshot effect*) koji se javlja prilikom prolaska letjelice blizu nekog od planeta u Sunčevom sustavu. Razmotrit ćemo ovaj efekt na primjeru svemirske sonde Voyager 2. Svemirsku sondu Voyager 2 lansirala je National Aeronautics and Space Administration, USA (NASA) 20. kolovoza 1977. Misija Voyagera 2 je istraživanje vanjskih planeta Sunčevog sustava: Jupitera, Saturna, Urana i Neptuna. Putanja Voyagera 2 obzirom na referentni sustav Sunca prikazana je na slici lijevo.



Promatrano iz referentnog sustava Jupitera (sustav u kojem Jupiter miruje) dio putanje Voyagera 2 prikazan je na slici desno. Obzirom na referentni sustav Jupitera na velikim udaljenostima od Jupitera brzina Voyagera 2 iznosi 7.8 km/s, a smjer brzine promijeni se za 90° nakon prolaska pored Jupitera. Brzina Jupitera u odnosu na Sunce iznosi 13.1 km/s.

a) Izračunajte promjenu iznosa brzine Voyagera 2 u sustavu Sunca prije i nakon prolaska pored Jupitera. Skicirajte vektore brzina Voyagera 2 prije i nakon prolaska pored Jupitera u sustavu Sunca. Pretpostavite da se Jupiter, za vrijeme prolaska Voyagera 2 pored Jupitera, giba po pravcu i zanemarite utjecaj Sunca i drugih planeta. Pokažite da je promjena brzine Jupitera zanemariva.

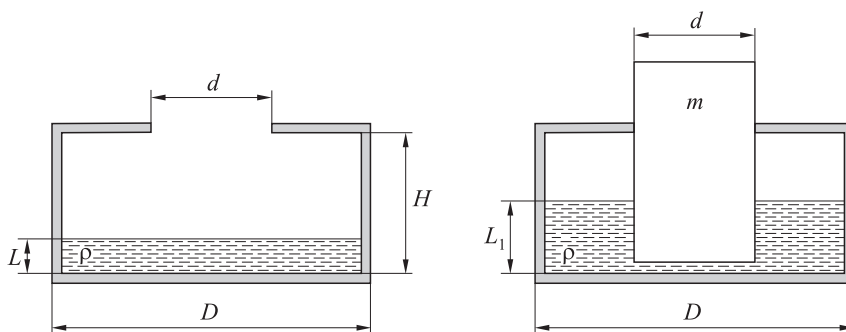
b) Pretpostavite da se nakon prolaska pored Jupitera i dovoljno daleko od njegovog gravitacijskog utjecaja, Voyager 2 nalazi na udaljenosti od Sunca približno jednako udaljenosti Sunca-Jupiter. Je li brzina Voyagera 2 dovoljna da napusti Sunčev sustav?

c) Prilikom prolaska pored Jupitera najmanja udaljenost Voyagera 2 od površine Jupitera iznosi 570 000 km. Izračunajte maksimalnu brzinu Voyagera 2 u referentnom sustavu Jupitera, koju postiže za vrijeme prolaska pored Jupitera.

Masa Sunca: $1.989 \cdot 10^{30}$ kg, masa Jupitera: $1.898 \cdot 10^{27}$ kg, masa Voyagera 2: 722 kg, udaljenost Sunce-Jupiter: $778.5 \cdot 10^6$ km, polumjer Jupitera: 70 000 km, gravitacijska konstanta: $G = 6.674 \cdot 10^{-11}$ Nm²/kg².

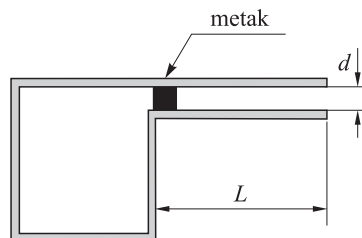
2. skupina

1. U cilindričnoj posudi nalazi se tekućina gustoće $\rho = 1000$ kg/m³. Dno posude je promjera $D = 0.4$ m, a otvor na vrhu je promjera $d = 0.1$ m. U posudu se polako stavi klip. Trenje između klipa i posude zanemarite, pretpostavite savršeno brtvljenje i izotermnu promjenu zraka prilikom spuštanja klipa. Konačni položaj mirnog i neopterećenog klipa prikazan je na desnoj slici. Izračunajte masu klipa.



Atmosferski tlak iznosi 100 000 Pa, $H = 0.28$ m, $L = 0.14$ m, $L_1 = 0.15$ m.

2. Kod zračnih pušaka se za ispaljivanje metka koristi zrak pod visokim tlakom koji se prilikom okidanja ostvari u spremniku iza metka te uzrokuje gibanje metka prema van. Na slici je prikazana pojednostavnjena skica zračne puške u trenutku ispaljivanja metka. Volumen spremnika iza metka, u kojem je stlačeni zrak pod tlakom 10 puta većim od atmosferskog, je $V_1 = 6$ cm³.



a) Izračunajte brzinu metka na izlazu iz cijevi.

b) Pretpostavite da se duljina cijevi puške može mijenjati. Za koju duljinu bi se dobila najveća brzina metka? Svi ostali parametri se ne mijenjaju. Koliko iznosi maksimalna brzina?

Pretpostavite da je zrak idealni plin i da je tijekom ispaljivanja ekspanzija adijabatska. Zanemarite trenje. Duljina cijevi je $L = 0.48$ m. Promjer cijevi (kalibar) je 4.5 mm. Adijabatska konstanta za zrak iznosi 1.4. Masa metka je 0.8 g. Duljina metka u odnosu na duljinu cijevi je zanemariva. Atmosferski tlak iznosi 10^5 Pa.

3. Elektronski top emitira tanak i vremenski stalan snop elektrona. Za ubrzavanje se koristi razlika potencijala 50 kV. Snop udara okomito na učvršćenu neutralnu metalnu kuglu u kojoj se elektroni zaustave. Središte kugle udaljeno je 0.5 m od topa. 100 sekundi nakon početka emitiranja elektrona, temperatura kugle poraste za Δt .

a) Odredite Δt ako je jakost struje snopa elektrona $0.3 \mu\text{A}$.

b) Odredite za koliko je porasla temperatura kugle 1 ns nakon uključivanja topa.

Pretpostavite da se elektroni odvođe s kugle preko uzemljenja i da pri tome nema izmjene topline. Cijeli sustav se nalazi u vakuumu. Polumjer kugle je 0.005 m , gustoća je 2700 kg/m^3 , specifični toplinski kapacitet je 900 J/(kgK) . Zanemarite relativističke učinke. Naboj elektrona je $-1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, a masa $9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

4. Između tri jednake paralelne metalne ploče stavi se dielektrik čija je dielektrična konstanta ϵ_r . Vanjske ploče spojene su na bateriju napona U . Razmak između susjednih ploča je D , duljina umetnutog dijela dielektrika je x , visina i širina ploča je L .

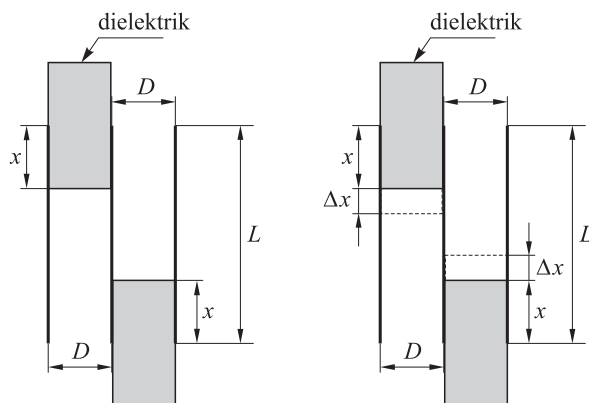
a) Odredite kapacitet sustava prikazanog na lijevoj slici.

b) Ako se svaki dielektrik pomakne za Δx prema središtu (lijevi dielektrik se spusti, a desni podigne za Δx kao na desnoj slici), odredite kapacitet sustava.

c) Odredite za koliko se promijenila energija sustava zbog pomicanja dielektrika za Δx . Vanjske ploče su cijelo vrijeme spojene na bateriju.

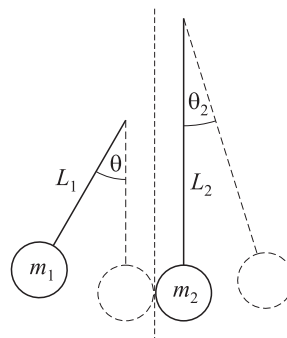
d) Odredite za koliko bi se promijenila energija ovakvog sustava zbog pomicanja dielektrika za Δx ako se, prije pomicanja dielektrika, metalne ploče odspoje od baterije.

Sve tražene vrijednosti izrazite pomoću zadanih veličina.



3. skupina

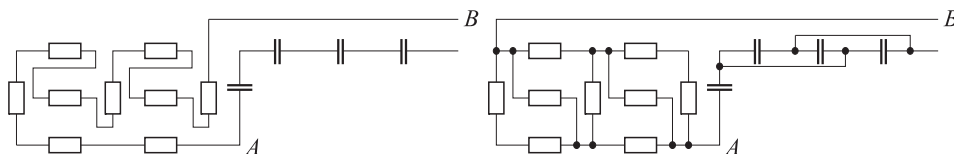
1. Dvije točkaste kugle masa $m_1 = m$ i $m_2 = 5m$ ovješene su na nerastezljive niti duljina $L_1 = 1 \text{ m}$ i $L_2 = 1.6 \text{ m}$ tako da se taman dodiruju kad vertikalno vise (na slici su kugle preuveličane radi jasnoće prikaza). Kugla m_1 otkloni se za $\theta = 30^\circ$ i pusti da se savršeno elastično sudari s kuglom mase $5m$. Odredite maksimalne kutne otklone kugli nakon sudara (zaokružite na najbliži stupanj). Skicirajte na istom grafu ovisnosti kutova otklona kugli od početka gibanja prve kugle sve do drugog sudara kugli. S koje se strane okomice (lijeve ili desne) kugle drugi put sudare? U dijelu zadatka koji traži crtanje koristite aproksimaciju malih titraja.



2. Kugla se sastoji od dvije homogene polukugle koje su slijepljene skupa. Gustoća materijala jedne polukugle η puta je veća od gustoće materijala druge polukugle. Kugla

se stavi na kosinu. Odredite maksimalni nagib kosine i potreban koeficijent trenja između kugle i kosine takav da kugla može na njoj mirovati. Promotrite rezultat u granicama $\eta = 1$ i $\eta \rightarrow \infty$. Koji je fizikalni smisao ovih granica? (Krutina najmanje gustoće je aerografen pri 160 g/m^3 , a najveće osmij, pri $22\,600 \text{ kg/m}^3$.) Centar mase polukugle nalazi se na njenoj osi simetrije, na $3/8$ visine mjereno od baze.

3. Učenik nije znao čitati upute za lemljenje te je krivo polemio zadani sklop. Umjesto sheme zadane s lijeve strane on je zalemio shemu na desnoj strani. Za koliko posto se promijeni otpor između A i B zbog njegove greške? Za koliko se posto promijeni iznos impedancije cijelog sklopa ako se spaja na izvor kružne frekvencije 2016 rad/s ? Na više ili na niže? Svi otpornici imaju otpor od 2016Ω , svi kapacitori kapacitet od 20.16 nF . Ovisi li dobivene postotne promjene o iznosima otpora i kapaciteta?



4. Kvadrat se izradi od nerastezljive žice dužine $4l$ i postavi se u homogeno magnetsko polje iznosa B koje je okomito na njegovu ravninu. Lijeva dva i desna dva vrha kvadrata razvlače se stalnom relativnom brzinom v okomitom na njihove spojnice (udesno, odnosno ulijevo) tako da je žica u svakom trenu pravokutnog oblika. Koliko vremena treba da se kvadrat deformira u dužinu? Odredite vremensku ovisnost površine pravokutnika $S(t)$ i trenutne elektromotorne sile inducirane u petlji $V(t)$ pomoću zadanih veličina. Trenutna vremenska ovisnost elektromotorne sile određuje se tako da se oduzmu tokovi u trenutku $(t + \Delta t)$ i u trenutku t , rezultat se podijeli $s - \Delta t$, te se *na kraju* postavi $\Delta t = 0$. U kojem je trenutku elektromotorna sila najvećeg iznosa i koliko iznosi?

4. skupina

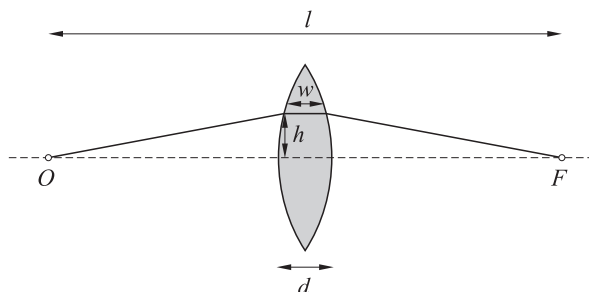
1. Kao rezultat testiranja nuklearnog oružja sredinom prošlog stoljeća, u atmosferi su stvorene znatne količine radioaktivnog izotopa vodika-tricija. Jezgra tricija, triton, sastoji se od jednog protona i dva neutrona te se standardno označava ${}^3_1\text{H}$. Triton je nestabilna jezgra s vremenom poluraspada od 12.3 godine. Atomi tricija u atmosferi se brzo vežu u molekule vode i, nošeni kišom, završe u oceanu. Tamo dolazi do radioaktivnog raspada u kojem se triton ${}^3_1\text{H}$ raspada na stabilnu jezgru helija ${}^3_2\text{He}$ koju u normalnim okolnostima, kao niti triton, ne nalazimo u oceanu. Stoga je, mjerenjem relativnih udjela izotopa helija ${}^3_2\text{He}$ i tricija ${}^3_1\text{H}$ u uzorku morske vode, moguće odrediti koliko se dugo radioaktivan tricij nalazi u oceanu.

a) Kojeg je tipa raspad ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}$? Nastaju li još neke čestice u tom raspadu? Ako da, koje?

b) Mjerenja na uzorku morske vode iz 1952. godine su pokazala da je omjer izotopa helija naspram tricija $0.483 : 1$. Ako sav tricij u oceanu pripišemo eksploziji jedne atomske bombe, koje je godine ta bomba eksplodirala?

c) Druga je atomska bomba na istom mjestu eksplodirala 1955. godine, a mjerenja uzorka morske vode iz 1956. godine pokazuju da je omjer izotopa helija naspram tricija tada bio $0.158 : 1$. Pod pretpostavkom da je jačina atomske bombe proporcionalna količini stvorenog tricija u trenutku eksplozije, odredite koja je od atomskih bombi, prva ili druga, bila snažnija. Koliko puta?

2. Točkasti izvor svjetlosti se nalazi u točki O , a vi želite konstruirati leću koja bi svjetlost fokusirala u točku F , na udaljenosti $\ell = 1$ m od izvora. U tu ćete svrhu koristiti komad stakla debljine $d = 2$ cm i indeksa loma $n = 1.62$. Zbog jednostavnosti, napraviti ćete simetričnu bikonveksnu leću i postaviti je točno između točaka O i F , kao na donjoj slici.



a) Prema Fermatovom principu, da bi se zrake svjetlosti, koje su istovremeno krenule iz točke O , fokusirale u točki F , one moraju tamo stići istovremeno. Koliko je vremena potrebno svjetlosti da dođe iz točke O do točke F , ako prolaze kroz gore spomenutu leću?

b) Zbog simetrične konstrukcije, svjetlost se unutar leće giba paralelno optičkoj osi. Koristeći tu činjenicu, kao i Fermatov princip, odredite kako debljina leće w mora ovisiti o visini h tako da leća ima tražena svojstva.

c) Jednom kad ste izbrusili leću da bude traženog oblika, koliko je ona velika? To jest, gledano iz smjera optičke osi, koliki je njen polumjer R ?

d) Ukoliko izvor emitira svjetlost u svim smjerovima, koliki je udio emitirane svjetlosti fokusiran u točki F ?

3. Uzorak idealnog crnog tijela temperature $T = 1000$ K stavi se u laboratorijsku centrifugu kraka $r = 1$ m i zavrti do kutne brzine ω . U središtu centrifuge, na samoj osi rotacije, nalazi se optički spektrometar pomoću kojeg se mjeri temperatura uzorka u gibanju.

a) Hoće li izmjerena temperatura biti veća ili manja od stvarne temperature uzorka?

b) Pri kojoj će se kutnoj brzini ω izmjerena temperatura razlikovati za $\Delta T = 1$ K od stvarne?

4. Je li foton stabilna čestica? Ovaj će nam zadatak dati odgovor na to pitanje. Pretpostavite da se foton energije E_γ giba u vakuumu i, u nekom trenu, spontano raspadne. Budući da je foton nositelj elektromagnetske interakcije, za očekivati je da su produkti raspada fotona neke nabijene čestice. Najlakše nabijene čestice su elektron i njegova antičestica, pozitron. Zbog zakona očuvanja naboja, među produktima raspada mora biti isti broj čestica i antičestica. Uzmimo, stoga, da se foton spontano raspada na elektron-pozitron par: $\gamma \rightarrow e^+e^-$.

a) Napišite zakone očuvanja energije i količine gibanja za gornji raspad, te iz njih odredite izraze za kutove raspršenja elektrona i pozitrona u odnosu na smjer upadnog fotona. Pokažite da se kut raspršenja e^\pm može izraziti samo kao funkcija količina gibanja e^\pm i njegove mase. Što nam dobiveni rezultati govore o spontanom raspadu fotona?

Promotrimo sad drugu mogućnost raspada fotona. Foton upada u mirujuć olovni blok i sudari se s jezgrom olova N^1 uslijed čega dolazi do raspada $\gamma N \rightarrow Ne^+e^-$.

¹ Nucleus = jezgra.

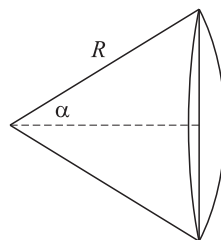
Dakle, u sudaru se foton raspadne na elektron-pozitron par, a jezgra se odbije, bez raspada. Ovaj se proces naziva *dezintegracija fotona u materijalu*.

b) Odredite kojom minimalnom energijom E_γ (u MeV) foton mora udariti u mirujuću jezgru olova da dođe do raspada. Masa jezgre olova je $M = 207.2u$.

Prilikom računa koristite relativističke izraze za energiju i količinu gibanja te zanemarite elektrostatsko privlačenje/ odbijanje među nabijenim česticama.

Vrijednosti fizikalnih konstanti: brzina svjetlosti $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, elementarni naboj $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, unificirana atomska jedinica mase $u = 1.66 \cdot 10^{-27}$ kg.

Formula za oplošje kugline kape polumjera R i polukuta α : $2\pi R^2(1 - \cos \alpha)$.



Srednje škole – eksperimentalni radovi

1. skupina – Određivanje koeficijenta kinetičkog trenja

Pribor: drveni kvadar poznate mase, uteg poznate mase, čelična kuglica poznate mase, spojene slamke, kolotura, nit, plastelin, šipka, držač, ravvalo.

Zadatak. Odredite koeficijent kinetičkog trenja između drvenog kvadra i stola.

U sklopu zadatka treba:

- Objasniti teorijsku podlogu mjerenja.
- Izvesti formulu kojom ćete pomoću izmjerenih veličina odrediti koeficijent kinetičkog trenja i nacrtati odgovarajuće dijagrame sila.
- Napraviti 10 mjerenja, podatke prikazati tablično, odrediti srednju vrijednost koeficijenta kinetičkog trenja i odstupanja od srednjih vrijednosti pazeći pritom na pouzdana mjesta.

Koristite vrijednost $g = 9.81$ m/s².

2. skupina – Određivanje gustoće ρ

Pribor: žica čiju gustoću mjerimo, staklena čaša, epruveta, škarice, samoljepiva traka, mjerna traka (ili milimetarski papir), bočica s vodom 0.5 l (gustoća vode je 1000 kg/m³).

Zadatak. Odrediti gustoću ρ materijala od kojeg je napravljena žica.

U sklopu zadatka treba:

- Objasniti fizikalne osnove (model) za rješenje zadatka i opisati precizno, uz skice, koje veličine i kako ćete mjeriti.
- Napraviti najmanje 6 mjerenja i podatke prikazati tabelarno.
- Provesti račun pogreške za ρ .

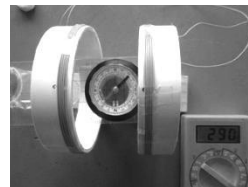
3. skupina

Pribor: kompas, izvor napona (baterija), spojne žice, ljepiva traka, izolirana ili lak žica za zavojnice, multimetar, pločica s promjenjivim otpornikom (trimerom), mjerna

traka, nit konca ili najlona, štapičasti magneti, kutomjer, arak papira, plastične cijevi i postolje, stativni pribor, zaporni sat.

1. dio

Na slici je prikazan dio jednostavnog eksperimentalnog postava kojim se treba odrediti horizontalna komponenta magnetske indukcije Zemljinog magnetskog polja.

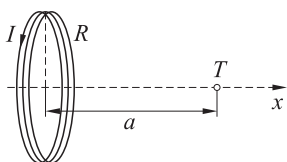


Pomoću dvije međusobno spojene zavojnice potrebno je ostvariti homogeno magnetsko polje. Koji uvjeti moraju biti ispunjeni da bi se takvo polje ostvarilo? Obrazložite odgovore i ako je moguće provjerite i eksperimentalno svoje odgovore i opišite opažanja.

Iznos magnetske indukcije u točki T na osi x koja prolazi okomito na ravninu zavojnice, kroz njezino središte, i udaljena je za a od središta zavojnice može se na osnovi Biot-Savartova zakona izračunati prema izrazu:

$$B = \mu \frac{NIR^2}{2(R^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$$

gdje je N broj namotaja zavojnice, R polumjer zavojnice, I jakost struje koja prolazi zavojnicom, μ permeabilnost sredstva.



Apsolutna permeabilnost vakuumu iznosi, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ TmA}^{-1}$, a relativna permeabilnost zraka je približno jedan, $\mu_r = 1$.

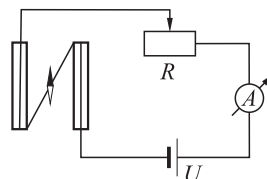
Koji je smjer vektora magnetske indukcije u točki T ?

Skicirajte izgled magnetskog polja dviju usporednih zavojnica kojima teku struje u istom smjeru.

Napišite izraz za magnetsku indukciju za slučaj da su zavojnice razmaknute na udaljenosti njihovog promjera u točki koja je jednako udaljena od jedne i druge zavojnice i da kroz njih teku struje u istom smjeru. Obrazložite.

Što se događa ako u zavojnicama struje ne teku u istom smjeru? Pokušajte odgovor i eksperimentalno provjeriti.

Na slici je dan shematski prikaz određivanja magnetske indukcije Zemlje.



Na osnovu shematskog prikaza opišite detaljno kako se izvodi određivanje magnetske indukcije Zemlje.

Napomena. Promjenjivi otpornik (trimer) je spojen na eksperimentalnu pločicu i moguće je mijenjati vrijednost njegova otpora njegovim zakretanjem (utor). Koristi se za promjenu jakosti struje u danom spoju.



Pomoću multimetra se očitava jakost struje u strujnom krugu. Vrijednost očitavanja se očitava na mA skali. Multimetar treba spojiti serijski (zašto?) i jakosti struje koje se mogu očitavati su maksimalno 200 mA!

Broj namotaja na svakoj zavojnici neka je 100 ili više. Izmjerite promjer svojih zavojnica. Na osnovu odgovora na prethodna pitanja odredi razmak između zavojnica.

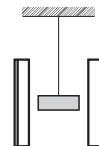
Treba izvesti mjerenja, tablično ih prikazati, a na osnovu kojih se može nacrtati grafički prikaz ovisnosti magnetske indukcije zavojnica i funkcije kuta odklona magnetske

igle kompasu kako bi se na osnovu grafa mogla odrediti vrijednost magnetske indukcije Zemlje. Što pokazuje kompas?

Procijenite tačnost mjerenja. S obzirom na mogućnost da se rezultati o odnosu na druge osobe koje paralelno izvode mjerenja mogu razlikovati, potrebna je detaljna analiza rezultata mjerenja!

2. dio – Mjerenje magnetske indukcije Zemlje pomoću magnetskog njihala

Ovjesi li se i postavi li se ravni ili štapičasti magnet u magnetsko polje tako da je magnet usmjeren s magnetskim silnicama vanjskog polja, on miruje. Tada je njegov ukupni moment sile jednak nuli.



Iznos vektora momenta sile M određen je izrazom: $M = \mu B \sin \Theta$, gdje je Θ kut između vektora magnetskog dipolnog momenta μ i vektora magnetske indukcije B .

Kada magnet nije usmjeren sa silnicama vanjskog magnetskog polja, on se zakreće kako bi se usmjerio sa silnicama vanjskog polja. Ako je I_m moment tromosti magnetu, a α njegova kutna akceleracija, tada je:

$$I_m \alpha = -M = -\mu B \sin \Theta \quad \text{ili} \quad \alpha = -\frac{\mu B}{I_m} \sin \theta.$$

Za male kutove odklona $\sin \Theta \approx \Theta$ pa se kutna akceleracija može izraziti kao: $\alpha = -\frac{\mu B}{I_m} \theta$.

Proporcionalnost kutne akceleracije i kuta odklona ukazuje na harmonijske oscilacije i prema analogiji s matematičkim njihalom, može se izraziti period oscilacija kao

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_m}{\mu B}}$$

ili

$$B = \left(\frac{4\pi^2 I_m}{\mu B} \right) \frac{1}{T^2}$$

Usmjeri li se magnetsko polje zavojnice u smjeru magnetskog polja Zemlje, ukupno polje u kojem se magnet nalazi proizlazi iz magnetskog polja Zemlje i magnetskog polja zavojnica. Tada se ukupna magnetska indukcija može odrediti kao zbroj magnetskih indukcija zavojnice i Zemlje:

$$B_{\text{uk}} = B_{\text{zem}} + B_{\text{zav}}.$$

Treba izraziti period kao funkciju:

$$\frac{1}{T^2} = C_0 + C_1 I$$

gdje je potrebno odrediti parametre C_0 i C_1 , na osnovu mjerenja perioda oscilacija magnetu u magnetskom polju. Ovisnost recipročne vrijednosti perioda titranja $\frac{1}{T^2}$ o jakosti struje I potrebno je prikazati grafički.

Očitane podatke treba uvrstiti u izraz pomoću kojeg će se izračunati magnetska indukcija Zemlje.

Mjerenja treba izvršiti za najmanje pet do deset različitih vrijednosti jakosti struje i procijeniti tačnost mjerenja. Početni kutovi odklona neka su do 15° .

Paziti na duljinu niti o koju je ovješeni magnet. Ispitajte kako duljina niti utječe na harmonijske oscilacije magnetu.

Obrazloži kojom metodom se može preciznije odrediti iznos horizontalne komponente magnetske indukcije Zemlje.

Kako bi se odredila ukupna magnetska indukcija Zemlje?

4. skupina

Pribor: izvor svjetlosti, metar, ravnalo, pomična mjerka, karton, škare, selotejp, plastelin, bijeli papir A4, dva kutomjera, milimetarski papir.

Zadatak. Istražite ovisnost osvijetljenosti o udaljenosti od izvora svjetlosti i kutu upadanja zraka svjetlosti tako da:

I. a) primijenite odgovarajuću eksperimentalnu metodu i nacrtajte odgovarajući grafički prikaz s minimalno 5 eksperimentalnih točaka kojim ćete dokazati kakva je ovisnost osvijetljenosti o udaljenosti od izvora

b) opišite teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka

c) napravite odgovarajuću skicu s naznačenim fizikalnim veličinama

d) ukratko opišite način vršenja mjerenja

e) tablično prikažite rezultate mjerenja

f) ponovite postupak, mjerenja i grafičku analizu za drugu udaljenost prvog zastora od izvora svjetlosti

II. g) primijenite odgovarajuću eksperimentalnu metodu i nacrtajte odgovarajući grafički prikaz s minimalno 5 eksperimentalnih točaka kojima ćete dokazati kakva je ovisnost udaljenosti o kutu upadanja zrake svjetlosti

h) opišete teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka

i) napravite odgovarajuću skicu s naznačenim fizikalnim veličinama

j) ukratko opišite način vršenja mjerenja

k) tablično prikažite rezultate mjerenja

l) ponovite postupak, mjerenja i grafičku analizu za drugu udaljenost drugog zastora od izvora svjetlosti

III. m) analizirajte dobivene eksperimentalne rezultate tako da navedete što sve utječe na preciznost dobivenih eksperimentalnih rezultata

n) zaključno, povežite dobivene grafičke prikaze s odgovarajućim algebarskim izrazom vezanim za osvijetljenost i definirajte odgovarajuću mjernu jedinicu.

Željko Skoko