

Školsko natjecanje iz fizike, 17. veljače 2025. g.

Osnovne škole – zadatci

1. U čajnoj kuhinji studentskog doma studenti su se koristili mikrovalnom pećnicom snage 920 W, kuhalom za vodu snage 2000 W i tosterom kojim bi, nakon spajanja na gradsku mrežu, tekla struja jakosti 2.5 A. Kada je Ivana ušla u čajnu kuhinju, svi su uređaji već bili zauzeti i spojeni na gradsku mrežu od 230 V. U jedinu slobodnu utičnicu priključila je vlastiti električni uređaj otpora $17\ \Omega$. Čim je to napravila, osigurač je *iskočio* i nestalo je struje u cijeloj čajnoj kuhinji.

Kolika je maksimalna vrijednost struje koja je potekla strujnim krugom za koju je osigurač prekinuo strujni krug u kuhinji? Pretpostavite da u čajnoj kuhinji nije bilo drugih električnih uređaja osim nabrojenih i da je struje nestalo samo tamo. Otpor svih uređaja je stalan.

2. Vani je napadalo mnogo snijega pa su Ivan, Mihael i Borna odlučili otići na sanjkanje. Prvo su Ivan i Mihael, svaki težine 400 N, sjeli na saonice, a Borna ih je povlačio stalnom horizontalnom silom od 90 N, pa su se saonice gibale stalnom brzinom po podlozi. Kada su Ivan i Borna sjeli na saonice, Mihael ih je trebao vući stalnom horizontalnom silom od 110 N kako bi se gibale stalnom brzinom po horizontalnoj podlozi.

Ako je faktor trenja između snježne podloge i saonica 0.1, odredite masu saonica i Bordinu težinu.

3. Na najvišem katu luksuznog hotela, na visini od 30 metara iznad prizemlja, nalazi se apartman koji ima vlastiti bazen. Bazen je pravokutna oblika, dubine 1.25 m, širine 4 m i duljine 8 m. Bazen će se puniti vodom pomoću pumpe za vodu, snage 3.5 kW i korisnosti 0.7, koja se nalazi u prizemlju hotela.

Hoće li se bazen uspjeti napuniti prije negoli stignu gosti, kojima do ulaska u apartman treba točno sat vremena?

Gustoća vode je $1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

4. Unutar staklenke nalaze se kiseli krastavci u tekućini. Sadržaj staklenke u potpunosti je ispunjava. Na etiketi piše kako je ukupna masa sadržaja unutar staklenke 670 g, a očijeđena masa iznosi 360 g.

Ako prazna staklenka ima masu 300 g, a staklenka u potpunosti ispunjena vodom ima masu 920 g, odredite srednju gustoću krastavaca. Pretpostavite da je tekućina unutar staklenke jednake gustoće kao i voda, $1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Također, pretpostavite da su krastavci vodonepropusni.

5. Aluminijska posuda, mase 150 g, ispunjena je vodom mase 0.5 kg. U vodu su uro njene lopatice, koje su povezane s utezima, mase 10 kg, na takav način da se, dok utezi padaju, lopatice okreću u vodi i tako je zagrijavaju. Korisnost takvog zagrijavanja je 0.75. Utezi se puste padati s visine od 3 m.

a) Odredite za koliko će se povisiti temperatura vode u aluminijskoj posudi.

b) Odredite koliko će se energije predati vodi prilikom njezina zagrijavanja. Izrazite tu energiju u mjernoj jedinici kilokalorije (1 kcal), ako znate da vrijedi $1\ \text{cal} = 4.2\ \text{J}$.

Specifični toplinski kapacitet vode iznosi $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$, a aluminija $900 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$. Zanimajte prijenos topline na zrak.

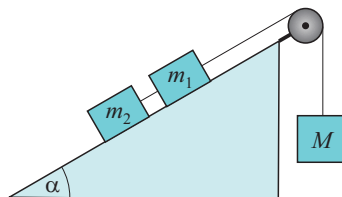
Srednje škole – zadatci

1. skupina

1. Vlak, gibajući se jednoliko pravocrtno, za 2 minute prijeđe 3.6 km nakon čega pola minute jednoliko usporava te se zaustavi na stanici gdje jednu minutu čeka iskrcaj i ukrcaj putnika. Potom jednoliko ubrzavajući 20 s prelazi 200 m pruge nakon čega se 2 minute nastavlja gibati jednoliko postignutom brzinom. Nacrtajte graf ovisnosti brzine vlaka u vremenu te izračunajte prosječnu brzinu vlaka.

2. Ivan i Marija utrkuju se na pravocrtnoj stazi dugoj 200 m te kreću iz mirovanja. Ivan ubrzava jednoliko 5.5 s, a Marija 4.4 s do svojih maksimalnih brzina kojima pretrče ostatak staze te istovremeno prelaze ciljnu liniju 33.0 s nakon početka utrke. Koliko iznose njihove akceleracije i maksimalne brzine?

3. Promotrite tri bloka povezana kao na slici nerastezljivim užetom zanemarive mase, prebačenim preko koloture zanemarive mase. Statički faktor trenja između blokova mase $m_2 = 3m_1 = 3 \text{ kg}$ i kosine iznosi $\mu_s = 1/\sqrt{3}$. Kosina s tlom zatvara kut $\alpha = 30^\circ$. Nacrtajte sve sile koje djeluju na blokove te odredite maksimalnu vrijednost mase bloka M pri kojoj bi sustav ostao u ravnoteži.



4. Skijaš u početnom trenutku kreće iz stanja mirovanja i spušta se na skijama tijekom 6 s stalnim ubrzavanjem niz ravnu dugu skakaonicu prekrivenu snijegom koja s tlom zatvara kut od 30° . Od prve do treće sekunde prijeđe put od 19.55 m. Uzmite u obzir silu trenja između skija i snijega, a zanemarite otpor zraka. Ubrzanje slobodnog pada iznosi 9.81 m/s^2 . Nacrtajte dijagram sila na skijaša. Odredite koliku udaljenost prijeđe skijaš nakon 6 s te koeficijent trenja između skija i snijega.

5. S koje bi visine trebalo ispustiti kuglicu da udari o tlo pet puta većom brzinom nego kad je ispustimo s visine od 4905 mm? Kako se odnose i koliko iznose vremena pada u oba slučaja? Zanemarite otpor zraka. Ubrzanje slobodnog pada iznosi 9.81 m/s^2 .

2. skupina

1. Na dnu zgrade u cijevi kružnog poprečnog presjeka u kojoj teče voda ukupan je tlak 300 kPa te je tlak jednak ukupnom tlaku u toj cijevi na vrhu zgrade. Ako se protok zaustavi, ukupni tlak na vrhu padne na 125 kPa, što je upola manje od tlaka na dnu u tom slučaju. Odredite:

- visinu zgrade;
- brzinu kojom voda teče kroz cijev na dnu i na vrhu;
- polumjer cijevi na dnu ako je na vrhu njezin polumjer 2 cm.
- Ako bismo s vrha zgrade iz te cijevi pustili vodu u horizontalnom smjeru, na kojoj bi udaljenosti od zgrade ona dotaknula tlo? Pretpostavite da se voda ponaša kao idealan fluid gustoće 1 kg/L , da nema grananja u cijevi, niti otpora zraka.

2. Ledena santa oblika uspravne prizme pluta u oceanu tako da je 11.2 % njezine visine izvan vode.

a) Odredite gustoću leda.

b) Odredite visinu i površinu baze sante ako je poznato da, kada se na nju popne jedan tuljan mase 75 kg, gornja se stranica sante nalazi 30 cm iznad površine vode, a kada se na njoj nalaze dva tuljana, svaki mase 75 kg, cijela je santa taman potopljena.

Uzmite da je gustoća oceana 1.025 g/mL te je santa uvijek uspravna.

3. Promotri idealan plin koji prolazi redom kroz sljedeće procese (pri čemu su brojevima označene početna, odnosno konačna stanja svakog procesa):

(1-2) izohorno hlađenje pri kojem se temperatura plina smanji za 30 %;

(2-3) izotermna ekspanzija;

(3-4) izobarna promjena u kojoj se temperatura plina udvostruči te na kraju koje je tlak plina upola manji u usporedbi s tlakom s početka svih procesa (tlakom u stanju označenom s 1).

Odredite omjere početnih i konačnih temperatura te volumena plina (omjere za stanja označena s 1 i 4). Skicirajte ovaj proces u p - V dijagramu i naznačite u njemu točke koje predstavljaju stanja 1-4.

4. Velika kazaljka gradskog sata duljine 1 m napravljena je od ABS plastike, dok je pozadina na kojoj se nalaze brojevi staklena i oblika kruga radijusa 101 cm. Odredite na kojoj će temperaturi velika kazaljka točno dodirivati rub podloge. Koliki je tada omjer konačne i početne površine pozadine sata.

Koeficijent linearnog tematskog širenja stakla je $4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, dok je koeficijent linearnog termalnog širenja ABS plastike $60 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Pretpostavite da je početno mjerenje sata izvršeno na temperaturi od 20°C , da su prije navedeni koeficijenti konstante te da su svi elementi sata uvijek na istoj temperaturi.

5. Na jedan kraj U-cijevi površine poprečnog presjeka 5 cm^2 ispunjene živom spojen je spremnik pun idealnog plina, dok je drugi kraj otvoren tvoreći tako aparaturu koju nazivamo plinskim termometrom.

Ako je početni volumen plina 5 L, tlak jednak jednoj atmosferi i temperatura 20°C , odredite:

a) koliko se stupac žive podigne kada se plin zagrije za 20°C zanemarujući pri tome promjenu volumena plina zbog pomicanja žive;

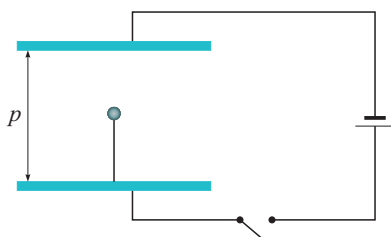
b) koliki je rezultat u slučaju kada se ne zanemari promjena volumena.

Uzmite da je gustoća žive konstantna i da iznosi $13\,545.85 \text{ kg/m}^3$. Zanemarite toplinsko širenje svih komponenti osim plina. Pretpostavite da je tlak okolnog zraka jedna atmosfera. Pretpostavite da u cijevi ima dovoljno žive da se njezina površina uvijek nalazi na okomito usmjerenom dijelu cijevi.

Fizikalne konstante: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, $p_{\text{atm}} = 101\,300 \text{ Pa}$, $T_0 = -273.15^\circ\text{C}$, $R = 8.314 \text{ J/Kmol}$.

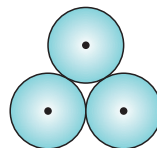
3. skupina

1. Mala naelektrizirana metalna kuglica mase 20 g obješena je o tanku nit izrađenu od električnog izolatora, tvoreći matematičko njihalo. Njihalo je obješeno o metalnu ploču tako da je nit okomita na površinu ploče, dok je njihalo u ravnoteži. Na udaljenosti $d = 10$ cm od metalne ploče postavljena je paralelno druga, jednaka metalna ploča tako da tvori veliki kondenzator. Metalna kuglica može se slobodno njihati u prostoru između dviju ploča. Pretpostavite da su ploče dovoljno velike da se mogu zanemariti svi rubni efekti. Prostor između ploča ispunjen je zrakom pa možete zanemariti silu vagona i otpor zraka. Gornja ploča spojena je na pozitivan pol izvora istosmjerne struje napona 35 V, a donja ploča na negativan pol (vidi sliku). Zanemarite unutarnji otpor izvora. Isključimo izvor napona i pažljivo zanjšemo njihalo s malim pomakom, te izmjerimo period njihanja 0.5 s. Uključimo li izvor napona, period njihala skрати se na 0.43 s.



- Odredite duljinu matematičkog njihala i količinu naboja na metalnoj kuglici.
- Koliko će iznositi period njihala ako zamijenimo polaritet izvora tako da gornja ploča bude spojena na negativan, a donja na pozitivan pol izvora?

2. Vrlo dugi bakreni vodič izoliran je debelim plastičnim PVC izolatorom polumjera 1 cm. Tri tako izolirana vodiča postavljena su paralelno jedan uz drugi (vidi presjek prikazan na slici – slika nije u mjerilu).



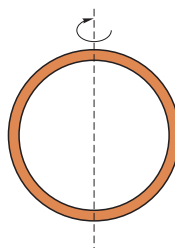
- Koliko iznosi i kojeg je smjera magnetsko polje u svakom od vodiča, uzrokovano protjecanjem struje kroz preostala dva vodiča?
- Koliko iznosi i kojeg je smjera sila po jedinici duljine vodiča?

U sva tri vodiča teče struja iznosa 100 mA u istom smjeru. Magnetska permeabilnost PVC plastike vrlo je mala, gotovo jednaka magnetskoj permeabilnosti vakuuma vodiča. Pretpostavite da je promjer presjeka vodiča mnogo manji od razmaka između paralelnih vodiča.

3. Astronaut ima na raspolaganju uteg mase m , dvije jednake opruge istih koeficijenata elastičnosti $k_1 = k_2 = k$ i nerastezljivu nit dužine l pomoću kojih može izraditi njihalo i oscilator s oprugama. Posjeduje samo zapornu uru kojom može mjeriti vrijeme te je izmjerio period njihala 2 s. Oscilator s oprugama može izraditi tako da dvije opruge spoji paralelno te izmjeri period osciliranja 3 s. Koliki bi period osciliranja astronaut izmjerio da opruge spoji serijski? Koliko iznosi duljina niti l ?

Kolike će periode njihala i oscilatora s različito spojenim oprugama izmjeriti na Mjesecu gdje je ubrzanje sile teže 1.625 m/s²?

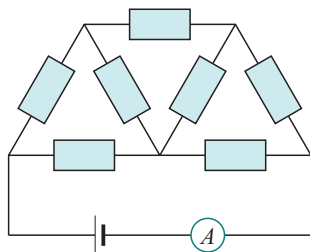
4. Bakreni prsten polumjera 5 cm rotira u homogenom magnetskom polju jakosti 0.5 T frekvencijom 20 Hz. Os rotacije okomita je na smjer magnetskog polja. Prsten rotira oko osi koja prolazi njegovim promjerom, a nalazi se u ravnini prstena (vidi sliku).



- Koliki se srednji elektromotorni napon inducira u prstenu u polovici perioda rotacije između dvaju uzastopnih položaja u kojima je magnetski tok kroz prsten najveći?

b) Koliki je srednji iznos inducirane struje u prstenu tijekom polovici perioda rotacije pod a) ako je električna otpornost bakra $1.68 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$, a poprečni presjek vodiča u prstenu je 3 mm²?

5. Ako je izmjerena jakost struje 5 A u prikazanom krugu, koliko iznosi napon izvora? Zanimajte unutarnji otpor izvora. Svi su otpornici jednaki i otpora $10\ \Omega$.



4. skupina

1. Mioni su nestabilne subatomske čestice koje se raspadaju u elektrone s prosječnim vremenom života od $2.2\ \mu\text{s}$.

a) Recimo da se dva miona u sudarivaču prilaze relativnom brzinom od $0.89c$, gdje je c brzina svjetlosti u vakuumu. Mirujući u laboratorijskom referentnom sustavu, May mjeri da su iznosi brzina ovih dvaju miona međusobno jednaki. Koliki je njihov iznos u laboratorijskom sustavu?

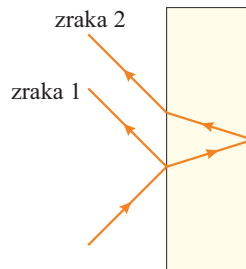
b) Razmotrimo sad samo jedan od miona iz zadatka a). Drugog miona nema, a stoga ni sudara. Koliki je prosječan put koji će ovaj mion prijeći, iz perspektive May, prije raspada?

2. Pobjeđujući u međuzvezdanoj utrci, Mavis, koja sjedi na prednjem kraju svog svemirskog broda, njime leti kroz ciljnu ravninu brzinom $0.6c$ u odnosu na tu ravninu. Uzvikuje "Hura!", a odašiljač na stražnjem kraju njezina broda prosljeđuje tu poruku svim sudionicima i gledateljima (događaj 2) upravo u trenutku (u Movisinu referentnom sustavu) kad prednji dio broda prelazi ciljnu ravninu (događaj 1). Ona mjeri duljinu broda kao 300 m. Stanley stoji u ciljnoj ravnini i miruje s obzirom na ravninu. Iz Stanleyjeve perspektive ova dva događaja nisu istovremena: on je izmjerio da se događaj 2 zbije $0.75\ \mu\text{s}$ prije događaja 1!

a) Na kojoj udaljenosti od ciljne ravnine Stanley mjeri poziciju zadnjeg kraja broda u trenutku događaja 2?

b) Ako je Stanley izmjerio da se događaj 2 zbije prije događaja 1, znači li to da relativnost nekako narušava načelo kauzalnosti, odnosno je li moguće da se posljedica dogodila prije uzroka? Da biste na to odgovorili, odredite koliko je minimalno Mavis morala uraniti s uzvikom u odnosu na prolazak cilja da bi u njezinu sustavu događaji 1 i 2 bili istovremeni. Što zaključujete o kauzalnosti?

3. Vjerojatno ste mnogo puta vidjeli kako se sloj ulja šareni pod Sunčevom svjetlosti. To je posljedica tzv. interferencije na tankim listićima. Slika pokazuje ovu situaciju. Svjetlost upada ne jednu plohu listića i dio se odmah reflektira (ovaj je slučaj predstavljen zrakom 1), dok drugi dio (zraka 2) prolazi u listić, reflektira se na nasuprotnoj plohi i u konačnici se vraća natrag, paralelno sa zrakom 1. Ove se dvije zrake u našem oku fokusiraju i interferiraju konstruktivno ili destruktivno, ovisno o razlici optičkih puteva.



a) Neka u označava upadni kut zraka na prvu plohu listića, l lomljeni kut u listiću, d njegovu debljinu, a n njegov indeks loma. Pretpostavite da se

listić nalazi u zraku. Koristeći se zakonima refleksije i loma te trigonometrijskim identitetima, izrazite razliku optičkih puteva zraka 1 i 2 preko u , d i n . Pritom vodite računa da pri refleksiji na prijelazu iz optički rjeđeg u optički gušće sredstvo dolazi do faznog pomaka koji rezultira povećanjem optičkog puta od $\lambda/2$, gdje je λ valna duljina svjetlosti. Zanimajte činjenicu da se valna duljina mijenja pri prelasku iz jednog sredstva u drugo.

b) Razliku optičkih puteva iz zadatka a) usporedite s uvjetom za konstruktivnu interferenciju. Neka je debljina tankog sloja (odnosno listića) jednaka $d = 10 \mu\text{m}$, a svjetlost koja nam upada pod kutom $u = 45^\circ$. Hoće li nam se sloj ulja činiti više plavim ili crvenim? Indeksi loma ulja za plavu i crvenu svjetlost su $n_P = 1.477$ i $n_C = 1.463$, a za valne duljine uzmite 480 nm i 665 nm.

4. Dječak visine 1.5 m stoji uz sam rub bazena savršeno ravnog dna koji je napunjen do samog vrha. Budući da nosi naočale s polaroidom, dječak primjećuje kako je svjetlost reflektirana od površine vode linearno polarizirana. Na dnu bazena njegova sjena završava na udaljenosti 3 m od ruba uz koji stoji.

a) Kolika je dubina bazena ako znamo da je indeks loma vode jednak 1.33?

b) Pod kojim kutom, mjereno od okomice na površinu bazena, putuje svjetlost koja dječaku upada u oči? Zanimajte visinu dječakova čela.

5. a) Za koju je konačnu vrijednost brzine omjer relativističke i nerelativističke kinetičke energije jednak 1.05?

b) Kolika je razlika reativističke i nerelativističke količine gibanja (s obzirom na nereativističku vrijednost) za satelit koji se nalazi blizu površine Marsa i jednoliko kruži oko njega? Za radijus Marsa uzmite $R_m = 3390 \text{ km}$, a za njegovu masu $M_m = 6.39 \cdot 10^{23} \text{ kg}$. Gravitacijska je konstanta $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$.

Agencija za odgoj i obrazovanje

★ ★ ★

PAŽNJA! — STARI BROJEVI — U našem skladištu ima starih brojeva, i to: god. XLIV, br. 1, 2, 3, 4; god. XLV, br. 1, 2, 3, 4; god. XLVI, br. 1, 2, 3, 4; god. XLVII, br. 1, 2, 3, 4; god. XLVIII, br. 1, 2, 3, 4; god. XLIX, br. 1, 2, 3, 4; god. L, br. 1, 2, 3, 4; god. LI, br. 1, 2, 3, 4; god. LII, br. 1, 2, 3, 4; god. LIII, br. 1, 2, 3, 4; god. LIV, br. 1, 2, 3, 4; god. LV, br. 1, 2, 3, 4; god. LVI, br. 1, 2, 3, 4; god. LVII, br. 1, 2, 3, 4; god. LVIII, br. 1, 2, 3, 4; god. LIX, br. 1, 2, 3, 4; god. LX, br. 1, 2, 3, 4; god. LXI, br. 1, 2, 3, 4; god. LXII, br. 1, 2, 3, 4; god. LXIII, br. 1, 2, 3, 4; god. LXIV, br. 1, 2, 3, 4; god. LXV, br. 1, 2, 3, 4; god. LXVI, br. 1, 2, 3, 4; god. LXVII, br. 1, 2, 3, 4; god. LXVIII, br. 1, 2, 3, 4; god. LXIX, br. 1, 2, 3, 4; god. LXX, br. 1, 2, 3, 4; god. LXXI, br. 1, 2, 3, 4; god. LXXII, br. 1, 2, 3, 4; god. LXXIII, br. 1, 2, 3, 4; god. LXXIV, br. 1, 2, 3, 4.

Cijena pojedinog broja je 3 EUR.

Izvanredni broj (E) – zadaci iz matematike (cijena 3 EUR); Izvanredni broj (F) – Rječnik matematičkih naziva – hrvatski, engleski, njemački (cijena 4 EUR); Izvanredni broj (H) – zadaci iz matematike (cijena 3 EUR); Izvanredni broj (I) – zadaci iz matematike (cijena 5 EUR); Izvanredni broj (J) – Sedam desetljeća MFL-a (cijena 4 EUR); Izvanredni broj (K), izbor intervjuja iz Matematičko-fizičkog lista (cijena 6 EUR).