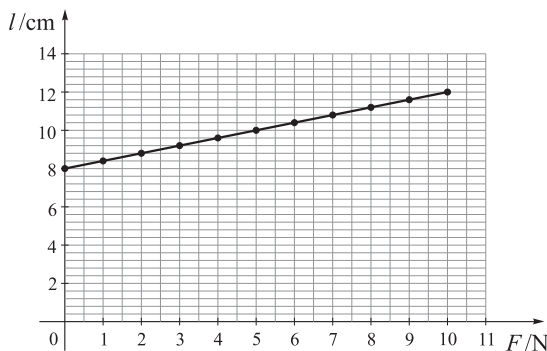


Županijsko natjecanje iz fizike, 28. rujna 2020.

Osnovne škole – zadatci

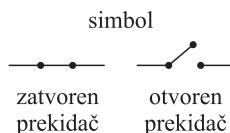
1. Mario i Noa voze se po kružnoj pisti dugačkoj 900 m. Startajući istodobno Mario je prestizao Nou svakih 18 minuta. Kada bi vozili u suprotnim smjerovima, startajući istodobno iz istog mjesta istim brzinama kao i prije, susretali bi se svake dvije minute. Izračunajte njihove srednje brzine.
2. Mara je pronašla staru kutiju punu pribora za pokuse iz elektrike. Pronašla je dva nespojena otpornika od 20Ω , i malu kutijicu u kojoj je otvoren strujni krug u kojem su već spojene baterija, nepoznati otpornik i ampermetar. Odlučila je otkriti koliki je napon na bateriji i koliki je otpor otpornika vezanog u krug pa je strujni krug zatvarala pomoću tih otpornika. Za tri različita slučaja zatvaranja strujnog kruga na ampermetru je očitala ove tri vrijednosti: 100 mA, 120 mA i 75 mA. Pomozi Mari izračunati napon baterije i otpor otpornika vezanog u taj krug.
3. Vita je u aluminijskom loncu mase 20 dag grijala 1.8 l vode na ploči električnog štednjaka. Za 7 minuta voda se zagrijala od 20°C do 50°C . Tada Vita doda još vode temperature 20°C tako da se tlak na ploču štednjaka udvostruči. Koliko još dugo treba grijati vodu do vrenja? Koliki je otpor grijače ploče koja je priključena na napon gradske mreže?
($c_{\text{Al}} = 890 \text{ J/kgK}$, $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$, $c_v = 4200 \text{ J/kgK}$)



4. Sofija je izmjerila produljenje opruge za različite sile i dobila rezultat prikazan na grafikonu. Na tu oprugu ovjesila je drveni kvadar i opruga je bila duga 11.8 cm. Zatim je pomoću opruge vukla taj kvadar, stalnom brzinom, uz kosinu dugu 50 cm i visoku 30 cm. Pri tome je produljenje opruge bilo 3.3 cm. Kolika je korisnost te kosine? Koliko bi bila duga opruga da je kosina idealna tj. da je korisnost 1.
5. Tara živi u Puli, ali često posjećuje baku u Rijeci. Putuje autobusom i kad je srednja brzina autobusa 86.4 km/h autobus dođe 15 minuta ranije od predviđenog vremena. Kada je srednja brzina 64.8 km/h autobus kasni 10 minuta. Odredite predviđeno vrijeme trajanja puta, udaljenost od Pule do Rijeke i srednju brzinu koju predviđa vozni red.

Praktični zadaci

1. Uloga prekidača u strujnom krugu je otvaranje ili zatvaranje strujnog kruga. Umjesto prekidača u našim strujnim krugovima mogu poslužiti i dvije žice.
 - a) Izmjerite napon na bateriji od 4.5 V.
 - b) Spojite u strujni krug bateriju od 4.5 V i dvije žaruljice M i N. Pomoću dvije žice "prekidača" učinite da žaruljica M svijetli stalno, a žaruljica N samo kad je prekidač otvoren. Izmjerite struju kroz žaruljicu M i napon na žaruljici M za otvoreni i zatvoreni prekidač. Nacrtajte shemu spoja s ucrtanim mjernim uređajima.



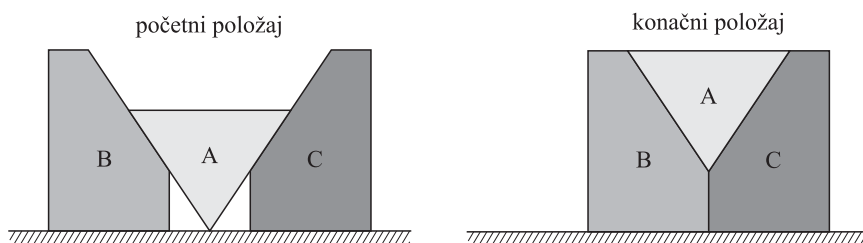
- c) Spojite u strujni krug bateriju od 4.5 V i dvije žaruljice M i N. Pomoću dvije žice učinite da žaruljica M svijetli stalno, a žaruljica N samo kad je prekidač zatvoren. Izmjerite struju kroz žaruljicu M i napon na žaruljici M za otvoreni i zatvoreni prekidač. Nacrtajte shemu spoja s ucrtanim mjernim uređajima.
2. Odredite koliko se energije preda okolini pri miješanju vruće i hladne vode jednakih masa. Jasno opišite postupak i navedite svoja mjerenja i rezultate. Pripazite da početna razlika temperatura bude veća od 15 °C.
Oprez. Vodu zagrijavaj u staklenoj laboratorijskoj čaši.

Srednje škole – zadatci

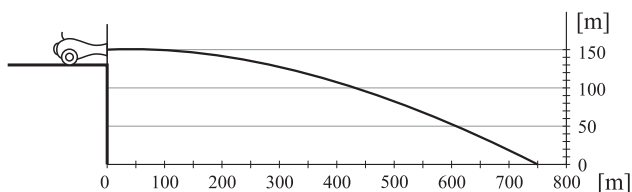
1. skupina

1. Vlak A ima duljinu 180 m, a vlak B 120 m. Vlakovi se gibaju po paralelnim prugama stalnim brzinama v_A i v_B . Ako se vlakovi gibaju u istom smjeru i vlak A prestiže vlak B, onda promatrač iz vlaka A vidi vlak B u vremenu od 80 s. Ako se vlakovi gibaju u suprotnim smjerovima, promatrač iz vlaka B vidi vlak A u vremenu od 9 s. Pretpostavlja se da promatrači miruju u odnosu na vlak u kojem se nalaze te da gledaju prema drugom vlaku okomito na smjer gibanja vlaka. Izračunajte brzine vlakova.
2. Borna i Domagoj utrkuju se na stazi dužoj 800 m. Obojica istovremeno kreću sa starta. Borna jednoliko ubrzava prvih 14 s gibanja, zatim trči stalnom brzinom te naposljetku ubrzava zadnjih 10 s gibanja. Borna prolazi ciljnom linijom 234 s nakon početka gibanja brzinom 4.6 m/s. Domagoj jednoliko ubrzava prvih 15 % duljine staze, a zatim trči stalnom brzinom od 4 m/s.
 - a) Tko prvi prolazi kroz cilj i za koliko vremena?
 - b) Nacrtajte grafove ovisnosti brzine o vremenu za Bornu i Domagoja.
 - c) U kojem trenutku se Borna i Domagoj nalaze na jednakoj udaljenosti od starta i koliko iznosi ta udaljenost?
3. Tri tijela A, B i C nalaze se na horizontalnoj podlozi u početnom položaju prikazanom na slici. Tijelo C učvršćeno je za podlogu i ne može se pomaknuti.

Na tijelo B djelujemo stalnom silom F u horizontalnom smjeru prema desno zbog čega se tijela A i B gibaju sve dok ne dođu u konačan položaj prikazan na slici. Iznos sile F jednak je težini tijela B. Masa tijela A iznosi $m_A = 1$ kg, a odnos masa tijela A i B je $m_A : m_B = 1 : 2$. Tijelo A oblika je pravilne prizme čija je baza jednakokraničan trokut duljine stranice a . Razmak između tijela B i C u početnom položaju je $a/2$. Trenje između svih površina je zanemarivo.



- Odredite iznos i smjer ubrzanja tijela A.
 - Odredite iznos i smjer ubrzanja tijela B.
 - Odredite iznos i smjer sile kojom tijelo A djeluje na tijelo C (smjer sile nacrtajte na skici).
4. Top mase 1 t nalazi se na vrhu brijega. Iz topa je ispaljeno tane mase 2 kg u horizontalnom smjeru. Putanja, po kojoj se tane giba nakon ispaljivanja, prikazana je na slici. Prije ispaljivanja taneta top miruje. Koeficijent trenja između topa i horizontalne podloge je 0.111. Gravitacijsko ubrzanje iznosi $g = 9.81$ m/s².
- Izračunajte brzinu kojom je ispaljeno tane iz topa.
 - Izračunajte brzinu taneta u trenutku kada padne na tlo.
 - Izračunajte pomak topa po horizontalnoj podlozi nakon ispaljivanja taneta.



5. Dizalo u zgradi ima masu 7 t, a u njemu se može voziti maksimalno osam ljudi. Pretpostavlja se da je prosječna masa čovjeka 80 kg. Uže dizala može izdržati maksimalno opterećenje od 120 kN. Dizalo se spušta stalnom brzinom od 760 cm/s.
- Izračunajte minimalni zaustavni put dizala u slučaju maksimalnog opterećenja.
 - Dizalo s maksimalnim opterećenjem giba se prema gore jednakom stalnom brzinom kao u prethodnom slučaju. Izračunajte napetost užeta prilikom kočenja, ako je zaustavni put za 50 % veći nego u prethodnom slučaju.

2. skupina

1. Kuglasto šuplje kućište izrađeno od željeza lebdi u potpunosti potopljeno u vodi. Vanjski polumjer je $R = 0.3$ m, gustoća željeza je $\rho_{Fe} = 7870$ kg/m³. Odredite unutarnji polumjer r . Ukoliko se u vodu u kojoj se nalazi kućište uspe sol, u

količini da kućište sad pluta na površini tako da se središte kugle nalazi točno na razini površine vode, kolika je sada gustoća vode s dodanom soli (sol se u potpunosti otopi u vodi).

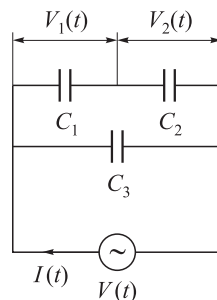
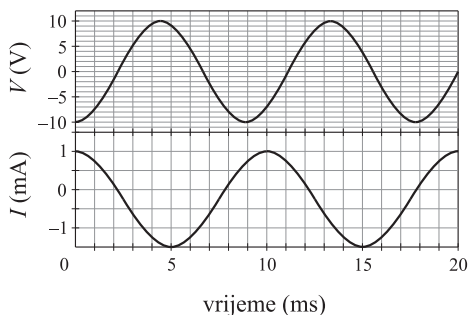
2. Da bi se sagradili temelji mosta, građevinska dizalica spušta kockasti betonski blok gustoće $\rho_b = 2300 \text{ kg/m}^3$ u rijeku, duljina brida kocke je 3 m; pokretna protuteža manje mase osigurava da je težište sustava točno na osi dizalice (kao što bi bilo bez opterećenja i protuteže). Kada je blok potpuno uronjen, za koliko se udaljenost protuteže od osi dizalice mora varirati (u postocima), tako da se ravnoteža cjelokupnog sustava ne promjeni. Izračunajte rad potreban da se betonski blok izvadi iz vode, ako se u početnom trenutku gornja ploha kocke nalazila u visini razine vode, a na kraju se donja ploha kocke nalazila u visini razine vode.
3. Toplinski stroj izvodi kružni proces u p - V ravnini tako da prolazi kroz sljedeća stanja: Stanje $A(p_0, V_0)$; stanje $B(3p_0, V_0)$; stanje $C(3p_0, 2V_0)$; stanje $D(2p_0, 2V_0)$; stanje $E(2p_0, 3V_0)$; stanje $F(p_0, 3V_0)$; i opet se vraća u stanje $A(p_0, V_0)$. Nacrtajte na grafu p - V procese koji se sastoje od kvazistacionarnih procesa. Radni plin motora sastoji se od n molova savršenog jednoatomskeg plina. Odredite i obrazložite:
 - a) U kojim procesima plin obavlja rad i u kojima se rad obavlja na plinu.
 - b) U kojim se procesima plin zagrijava, a u kojima se hladi.
 - c) Pri kojim se procesima povećava unutarnja energija plina, a pri kojima se smanjuje.
 - d) U kojim procesima plin apsorbira toplinu, a u kojima ju otpušta.
 - e) Izračunajte učinkovitost stroja.
 - f) Ako se uzme u obzir da je $p_0 = p_{\text{atm}}$ i $V_0 = 0.03 \text{ m}^3$, $n = 1 \text{ mol}$, izračunajte najnižu temperaturu T_n i najvišu temperaturu T_v koju dosegne plin tijekom ciklusa i utvrdite u kojim stanjima sustav dostiže te vrijednosti. Odredite učinkovitost motora koji provodi Carnotov ciklus između tih dviju temperatura.
4. Voda izlazi iz cijevi i pod kutom od 45 stupnjeva udara na okomiti zid brzinom od 20 m/s. Nakon udara, voda klizi duž zida. Izračunajte tlak kojim mlaz vode djeluje na područje zida koje udara.
5. Izumitelj tvrdi da je konstruirao četiri toplinska stroja od kojih svaki radi između dva izvora topline na 400 i 300 K. Podaci svakog toplinskog stroja, za svaki radni ciklus, su sljedeći:
stroj a): $Q_1 = 200 \text{ J}$; $Q_2 = -175 \text{ J}$; $W = 40 \text{ J}$;
stroj b): $Q_1 = 500 \text{ J}$; $Q_2 = -200 \text{ J}$; $W = 400 \text{ J}$;
stroj c): $Q_1 = 600 \text{ J}$; $Q_2 = -200 \text{ J}$; $W = 400 \text{ J}$;
stroj d): $Q_1 = 100 \text{ J}$; $Q_2 = -90 \text{ J}$; $W = 10 \text{ J}$.
Odredite koji su od ovih strojeva mogući, a koji su nemogući. Detaljno obrazložite vaše odgovore.

Uzmite u obzir sljedeće vrijednosti za fizikalne konstante, ako nije drugačije navedeno u zadatku: $R = 8.31 \text{ J/Kmol}$, $\rho_{\text{voda}} = 1000 \text{ kg/m}^3$, $P_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa}$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

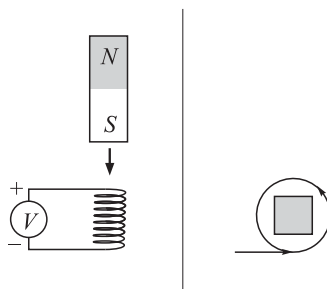
3. skupina

1. Strujni krug je prikazan kao na slici i sastoji se od izvora izmjeničnog napona V i tri kondenzatora C_1 , C_2 , C_3 . Na grafovima su dane vrijednosti struje $I(t)$ i napona na izvoru $V(t)$. Nađite vrijednosti kapaciteta C_1 , C_2 , C_3 , ako su naponi

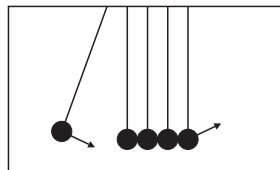
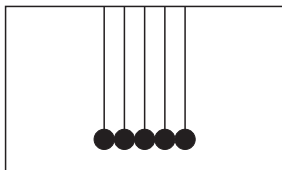
$V_1(t)$ i $V_2(t)$ jednaki, a samo jedan od tri kondenzatora ima dvaput veći kapacitet od (barem) jednog od preostalih.



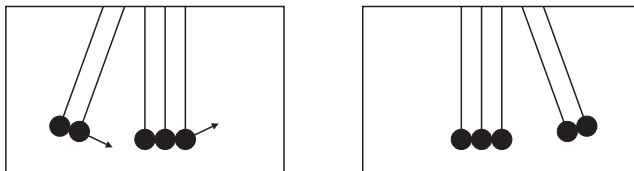
2. Transformator pretvara napon s američkog 120 V na europski standard 240 V. Kolika je iskoristivost (korisnost) transformatora ako je struja sekundara $I_2 = 12$ A, a struja na primaru $I_1 = 25$ A. Iskoristivost računamo kao omjer izlazne i ulazne snage. Koliko topline transformator generira kroz jednu minutu, ako pretpostavimo da se sva neiskorištena snaga troši na zagrijavanje?
3. Magnet ulazi u zavojnicu i izlazi kroz drugu stranu tako da mu je južni pol prema dolje. Magnet cijelo vrijeme ima konstantnu brzinu gibanja. Zavojnica je namotana tako da, gledano od "gore" žica se kreće u smjeru suprotno od kazaljke na satu. Skiciraj na grafu kako će ovisiti inducirani napon o vremenu kojeg vidi voltmetar V (obratiti pozornost na + i - polove voltmetra). Obrazloži odgovor! Hoće li graf biti simetričan s obzirom na neki specifični trenutak? Gdje će biti magnet u tom trenutku? Kakvo je asimptotsko ponašanje grafa (što kada je magnet jako daleko od zavojnice)?



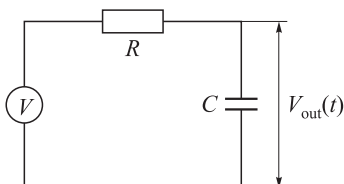
4. Newtonova kolijevka je zabavna igračka koja se sastoji od okvira na kojem visi pet identičnih kuglica koje se međusobno dodiruju, kao na prvoj slici. Pomaknemo li lijevu kuglicu i pustimo ju, ona će udariti u drugu kuglicu, a krajnja desna će se tada odbiti i popeti na visinu na kojoj je prije bila prva kuglica. Period takve oscilacije kolijevke je $T = 1$ s.



- a) Nađi duljinu niti na kojoj vise mase.
 b) Pomaknemo dvije kuglice s jedne strane i pustimo ih. Nakon sudara s ostalim kuglicama dvije kuglice miruju, a dvije s druge strane se odbiju. Pretpostavi da se kuglice odbiju s brzinama u_1 i u_2 te poveži te brzine s brzinom dvije početne kuglice v ! Kolika će im tada biti frekvencija oscilacija?



5. Jednostavni električni filter je sklop koji ovisno o frekvenciji ulaznog napona V , daje izlazni napon $V_{\text{out}}(t)$ čija je amplituda usporediva, tj. puno manja od ulaznog napona. Za sklop na slici odredi da li odgovara niskofrekventnom filteru (amplituda izlaznog napona jako pada ako je frekvencija previsoka) ili visokofrekventnom filteru. Nađi izraz za amplitudu napona V_{out} u ovisnosti o frekvenciji. Za koju frekvenciju f je napon maksimalan? Nađi područje frekvencija za koje je $V_{\text{out}} \geq \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$, gdje je V_{max} amplituda ulaznog napona. Vrijednosti komponenti su $R = 1 \text{ k}\Omega$ i $C = 2 \text{ nF}$.



4. skupina

- Pretpostavite da je elektron mala homogena kuglica naboja. Procijenite njegovu veličinu vođeni sljedećim uputama:
 - Prije svega, iz elektrostatike je dobro poznato da je potrebno obaviti određeni rad W da se izgradi homogeno nabijena kuglica naboja q i polumjera r . Jednostavnosti radi, pretpostavite da je taj rad jednak električnoj potencijalnoj energiji dva *točkasta* naboja q koji se nalaze na udaljenosti r .
 - Nakon što ste dobili izraz za W , pretpostavite da je taj rad pohranjen kao energija mirovanja elektrona i , na temelju toga, odredite numeričku vrijednost za r . Dobivena vrijednost se naziva klasični polumjer elektrona.
- Dokažite da se kružnica u gibanju relativističkom brzinom v deformira u elipsu i nađite vezu između ekscentriciteta elipse ϵ i brzine gibanja kružnice. Podsjetnik: ekscentricitet elipse s velikom poluosi a i malom poluosi b je
$$\epsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}.$$
- Faradayev rotator je uređaj koji se koristi za zakretanje ravnine polarizacije elektromagnetskih (EM) valova putem tzv. magneto-optičkog efekta. Rotator možemo zamisliti kao cilindar duljine ℓ u kojem postoji homogeno magnetsko polje B . Ako pustimo EM val kroz Faradayev rotator, tako da se val širi uzduž osi

simetrije cilindra, pri izlasku iz rotatora doći će do zakretanja smjera polarizacije EM vala prema formuli $\beta = \mathcal{V}B\ell$, gdje je β kut zakreta (u radijanima), a \mathcal{V} tzv. Verdetova konstanta koja ovisi o materijalu unutar rotatora.

Zamislite sada sljedeći eksperiment: Dva identična snopa svjetlosti putuju paralelno, tako da jedan prolazi kroz Faradayev rotator, a drugi pored njega. Nakon izlaska iz rotatora snopovi interferiraju. Odredite pri kojoj će najmanjoj vrijednosti magnetskog polja B_{\min} doći do destruktivne interferencije među snopovima.

Uzmite da je Faradayev rotator cilindar duljine $\ell = 10$ cm, te da je ispunjen materijalom Verdetove konstante $\mathcal{V} = 134$ rad/Tm.

4. Tanki bakreni disk polumjera $R = 20$ cm i zanemarive debljine izložen je sunčevom zračenju intenziteta $I = 1000$ W/m² koje upada okomito na disk. Pod pretpostavkom da je disk savršeno crno tijelo, odredite mu ravnotežnu temperaturu T_R nakon što je dovoljno dugo izložen suncu. Zanemarite sve druge izvore topline. Nakon što sunce zađe, disk se počinje hladiti. Pretpostavite da sunčevo zračenje trenutno nestane i procijenite za koliko će se vremena disk ohladiti za jedan stupanj. Masa diska je $m = 1$ kg, a specifični toplinski kapacitet bakra $c_{\text{Cu}} = 375$ J/kgK.
5. Maleni predmet se nalazi točno na polovici između konveksnog zrcala polumjera $R = 15$ cm i sabirne leće žarišne daljine $f = 10$ cm. Tjeme zrcala i leća nalaze se na udaljenosti $d = 10$ cm. Zbog prepreke koja je postavljena između predmeta i leće, slika predmeta se kroz leću vidi tek nakon što se zrake svjetlosti prvo reflektiraju od zrcala. Odredite položaj konačne slike, te utvrdite radi li se o realnoj ili virtualnoj slici.

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, permitivnost vakuuma: $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m, Stefan-Boltzmannova konstanta: $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Wm⁻²K⁻⁴.

Željko Skoko