

# Eesti koolinoorte 70. füüsikaolümpiaad

10. veebruar 2023. a. Piirkondlik voor.

Gümnaasiumi ülesanded (10.–12. klass)

**Palun kirjutada iga ülesande lahendus eraldi lehele.**

Lahendamisaeg on 5 tundi.

Iga osavõtja võib lahendada kõiki pakutud ülesandeid.

Arvesse lähevad 5 suurima punktide arvu saanud teoreetilist ja 1 eksperimentaalne ülesanne.

Kasutada võib kirjutus- ja joonestusvahendeid ning kalkulaatorit. Muud abivahendid on keelatud.

Eksperimentaalülesande lahendamisel võib kasutada üksnes loetelus toodud vahendeid.

Mõõtemääramatuse hindamist ei nõuta.

**1. (VALGUSVIHK)** Maril on taskulamp, millest väljub paralleelne valgusvihk diameetriga 30 mm. Et koondada lambist tulenev valgus eredamaks, soovib Mari läätsede abil muuta valgusvihi väiksemaks paralleelseks valgusvihuks diameetriga 5 mm. Mari tuhnib oma sahtlis ringi ning leiab, et tal on nii kumerkui nõgusläätsed järgnevate fookuskaugustega: 1 cm, 2 cm, 3 cm, 5 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm ja 15 cm. Leidke, kuidas ja milliste fookuskaugustega läätsede abil on Maril võimalik oma eesmärk saavutada, kasutades

(a) kaht kumerlääts.

(b) üht kumerlääts ja üht nõguslääts.

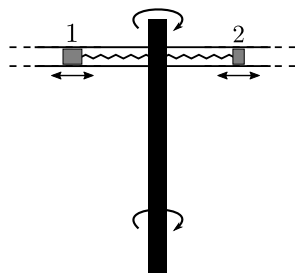
Kummalgi juhul joonistage skeem. (6 p.)

**2. (OTSENE KALORIMEETRIA)** Üks viis, kuidas mõõta inimeselt või loomalt eralduva soojuste võimsust, on otsene kalorimeetria. Selle käigus pannakse inimese soojusisolatsiooniga tupp, kus tagatakse inimese jaoks vajalik õhuvahetus. Kehast eralduva soojushulga leidmiseks läbib tuba veetoru, milles oleva vee temperatuur mõõdetakse enne ja pärast toa läbimist. Eeldage, et vesi siseneb tupp temperatuuril  $T_1 = 20,00^\circ\text{C}$  ning väljub temperatuuril  $T_2 = 20,15^\circ\text{C}$ . Vee kiirus torus on  $u = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ja toru ristlõikepindala on  $S = 1 \text{ cm}^2$ . Mis on inimese kehast eralduva soojuste võimsus  $P$ ? Vee tihedus on  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ning vee erisoojus on  $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$ . Võib eeldada, et õhuvahetuse käigus soojusvahetust ei toimu ning süsteem on termodünaamilises tasakaalus. (6 p.)

**3. (ÖKONOOMNE SÕIT)** Linnas kiirendab sisepelemismootoriga auto tippkiiruseni  $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  ning peab peatuma keskmiselt iga 100 meetri tagant. Linnasõidul võib õhutakistust mitte arvestada. Maanteel sõidab auto püsiva kiirusega  $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Õhutakistusjõud avaldub kujul  $F = cv^2$ , kus  $c = 1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$  ja  $v$  on auto kiirus. Auto kaalub 1,5 tonni. Leidke maantee sõidu ja linnasõidu kütusekulude suhe 100 km sõidu kohta. Eeldage, et mootori kasutegur ei sõltu kiirusest ja kiirendusest. (8 p.)

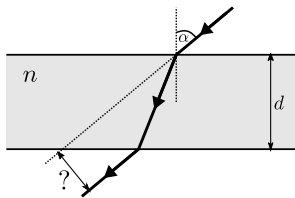
4. (*DROON*) Drooni massiga  $m = 500 \text{ g}$  hõljub õhus ja püsib paigal. Äkitselt hakkab puhuma järjest tugevnev tuuleil ning selleks, et drooni paigal hoida, käivituvad drooni horisontaalsuunas tõukavad propellerid. On teada, et tuule poolt droonile mõjuv horisontaalsuunaline jõud kasvab konstantse kiirusega nullist puhangu alguses kuni väärtuseni  $F_t = 25 \text{ N}$  ajahetkel  $t_t = 0,7 \text{ s}$ . Drooni horisontaalsuunalist liikumist kontrollivad propellerid avaldavad tõukejõudu, mis kasvab samuti konstantse kiirusega, nullist puhangu alguses kuni väärtuseni  $F_p = 20 \text{ N}$  ajahetkel  $t_p = 1,0 \text{ s}$ . Leidke drooni horisontaalsuunaline kiirus  $t = 0,5 \text{ s}$  pärast puhangu algust. (*8 p.*)

5. (*VEDRU KEERUTAMINE*) Kaks erineva jäikusega, kuid sama pikkusega vedru on kinnitatud ühest otsast posti külge. Kummagi vedru teises otsas on raskus, kusjuures esimese vedru otsas olev raskus on kaks korda suurema massiga kui teise vedru otsas olev raskus. Mõlemad vedrud asuvad hõõrdevabas kanalis, kus raskused saavad liikuda ainult horisontaalselt, mistõttu gravitatsiooniga arvestama ei pea.

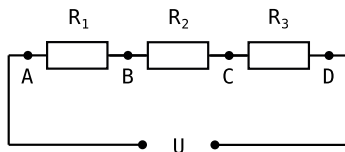


Post hakkab pöörlema nii, et ka vedrude otsas olevad massid hakkavad liikuma ringsel trajektoorigil. Selle peale pikeneb esimene vedru kaks korda ja teine neli korda. Mis on vedrude jäikuste suhe? Vedrude enda massid võib lugeda raskuse massiga võrreldes tühiselt väikeseks. Eeldage, et vedru pikenedamine on piisavalt väike selleks, et kehtiks Hooke'i seadus. (*8 p.*)

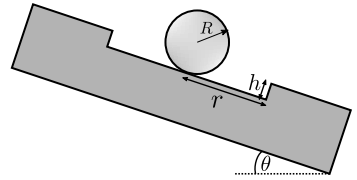
6. (*KLAASPLAAT*) Leidke, kui palju nihkub valguskiir kõrvale esialgse sihi suhtes pärast klaasplaadi läbimist. Kiire langemisnurk on  $\alpha$ , klaasi murdumisnäitaja on  $n$  ning klaasplaadi paksus on  $d$ . Täispunktidest saamiseks palume vastuses mitte kasutada trigonomeetrilisi pöördfunktsioone (nt arcsin, arccos). (*10 p.*)



7. (*VOLTMEETER*) Kolm tundmatut takistit on ühendatud jadamis ja neile on rakendatud pinge  $U = 126 \text{ V}$ . Tundmatu sisetakistusega voltmeetriga mõõdetakse pingeid joonisel näidatud punktide vahel. Tulemuseks on näidud  $V_{AB} = V_{CD} = 28 \text{ V}$  ja  $V_{AC} = 84 \text{ V}$ . Millist pinget näitab voltmeeter, kui selle klemmid ühendada punktidega B ja C? (*10 p.*)



8. (SÜVEND JA KERA) Tasandil on silindrikujuline süvend raadiusega  $r$  ning sügavusega  $h$ , mis on risti tasandi pinnaga. Süvendi sisse asetatakse kera raadiusega  $R$ , nii et kera puudutab süvendi keskpunkti ja kera on algselt paigal. Tasand on maapinna suhtes kaldus nurga  $\theta$  võrra. Millist tingimust peavad rahuldama antud suurused, et kera saaks mingi arvu põrgete järel süvendist välja hüpata? Võib eeldada, et hõõrdumist ei toimu, põrked on täielikult elastsed, pindade ebatasasuste tõttu on põrkesuunad vähesel määral juhuslikud ning  $h < R$ . (10 p.)



9. (SÜGAV KAEV) Kilplased ehtasid umbes 11 meetri sügavuse pumbakaevu. Lihtsustatult võime nende kaevu vaadelda kui pikka vertikaalset silindrilist toru, mille ülaotsas tekitab pump alarõhu ja imeb seeläbi vett ülespoole. Toru alumine ots on lahtine: vesi saab sealt vabalt nii sisse kui välja voolata. Kilplased proovisid hommikul vett pumbata — pumpasid ja pumpasid, aga pumbatoru ülemisest otsast jäi veetase ikka umbes meetri kaugusele. Nad väsisid ära ja läksid puhkama. Peale paaritunnist puhkust tulid tagasi ja proovisid uuesti, aga nüüd jäi veetase pumbatoru ülemisest otsast veel kaugemale. Mitme sentimeetri võrra jäi veetase teisel katsel madalamaks? On teada, et õhus oli vett nii enne kui pärast  $\rho_a = 8 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$ , aga et õhk oli soojenenud hommikusest  $T_1 = 10^\circ\text{C}$  väärtuseni  $T_2 = 20^\circ\text{C}$ , siis suhteline õhuniiskus oli vähenenud  $r_1 = 80\%$ -lt  $r_2 = 40\%$ -ni. Vee tihedus on  $\rho_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ja molaarmass  $\mu = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ , gaasikonstant  $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K}\cdot\text{mol}}$ , vabalangemise kiirendus  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Eeldage, et vee temperatuur torus on võrdne õhutemperatuuriga ning õhurõhk päeva jooksul ei muutunud. (12 p.)

10. (ALAJAAMA KAUGUS) Maja peakaitsmeni tuuakse elektrivool alajaamast jämeda alumiiniumist juhtme paari abil, millest üks, nn nulljuhe, on maandatud alajaama juures. Mõlemad juhtmed on ühepikkused ja ühesuguse ristlõike pindalaga  $S = 35 \text{ mm}^2$ . Alumiiniumi eritakistus on  $\rho = 2,7 \cdot 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$ . Tegemist on elektriliini kõige alajaamapoolsema tarbimispunktiga — elektriliin jätkub järgmiste majapidamiste poole. Maja sees on elektri edasi kandmiseks peenemad sinist ja pruuni värvi juhtmed, mis on peakaitsmes ühendatud alajaamast tulevate juhtmete külge: sinine on ühendatud nulljuhtmega ja pruun võrgupinget kandva nn faasijuhtmega. Peale selle saab peakaitsme juurest alguse sealsamas maandatud rohe-kollane maandusjuhe. Maandamine tagab selle, et juhe omab maapinna elektrilist potentsiaali (kui juhtmes on elektrivool, siis kehtib see vaid maanduspunkti lähedal; maandusjuhtmes voolu ei ole). Et maapind on hea elektrijuht, siis on maapinna potentsiaal kõikjal üks ja sama.

Kui majas on sisse lülitatud elektriradiaator, siis on maja peakaitsme juures pinge sinise ja kolla-rohelise juhtme vahel  $U_1 = 30\text{ V}$  ning sinise ja pruuni vahel  $U_f = 210\text{ V}$ . Radiaatori nominaalpinge on  $U_n = 230\text{ V}$  ja nominaalvõimsus on  $P_n = 2\text{ kW}$  (st kui radiaatorile rakendatakse nominaalpinge, siis eraldub radiaatoril nominaalvõimsus). Radiaatori välja lülitamisel väheneb rohe-kollase juhtme ja sinise juhtme vaheline pinge väärtuseni  $U_0 = 20\text{ V}$ . Kui pikk on majast alajaamani viiv juhtmepaar? Eeldage, et nii radiaatorit kui ka elektriliinil paiknevaid teisi tarbijaid võib heas lähenduses vaadelda kui takisteid. Muuhulgas tähendab see, et kuigi võrgus on vahelduvpinge, võib arvutusi teha täpselt samamoodi nagu alalispinge puhul. (12 p.)

**E1. (PLIIATSI TIHEDUS)** Leidke võimalikult täpselt pliiatsi keskmine tihe-  
dus. Joonlauda kangina kasutada ei tohi. Kirjaklambreid võib painutada ja  
deformeerida.

*Katsevahendid:* piisavalt sügav ja lai anum veega, joonlaud, teritamata pliiats,  
10 kirjaklambrit. (12 p.)

**E2. (VEEREHÕÕRE)** Tasasel pinnal veerevale kehale (nt silinder, kera või  
ratas) mõjuvat jõudu  $F_v$ , millega mõjutab pind veerevat keha ning mis on  
rakendatud keha ja pinna puutepunktis keha kiirusvektoriga vastassuunaliselt,  
nimetatakse veerehõõrdejõuks. Sarnaselt liughõõrdejõuga on veerehõõrdejõud  
võrdeline toereaktsiooniga:  $F_v = \mu_v N$ , kusjuures võrdetegurit  $\mu_v$  nimetatak-  
se veerehõõrdeteguriks. Leidke pliiatsi veerehõõrdetegur veeremisel mööda  
lauapinda. Vabalangemise kiirendus on  $g = 9,8\text{ m/s}^2$ . NB! Töölauda ei tohi  
kallutada!

*Katsevahendid:* silindrilise kujuga pliiats, joonlaud, stopper. (12 p.)

*Füüsikaolümpiaadi ülesanded ja lahendused asuvad veebis aadressidel:*  
<https://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad>  
<https://efo.fyysika.ee>

*Lülituge meie Facebooki lehega:*  
<https://www.facebook.com/fyysikaolympiaad>