

Eesti koolinoorte 71. füüsikaolümpiaad

6. aprill 2024. a.

Põhikooli ülesanded (8.–9. klass)

Palun kirjutada iga ülesande lahendus eraldi lehele.

Lahendamisaeg on 5 tundi.

Iga osavõtja võib lahendada kõiki pakutud ülesandeid.

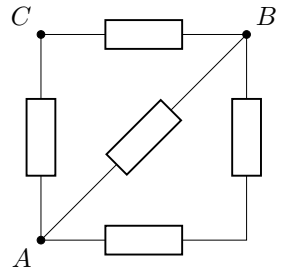
Arvesse lähevad 5 suurima punktide arvu saanud teoreetilist ja 1 eksperimentaalne ülesanne.

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

Eksperimentaalülesande lahendamisel võib kasutada üksnes loetelus toodud vahendeid.

Mõõtemääramatuse hindamist ei nõuta.

1. (VOOLUAHEL) Vooluahel koosneb viiest takistist, igäüks takistusega R . Punktide A ja B vaheline takistus on $R_{AB} = 12\ \Omega$. Kui suur on punktide A ja C vaheline takistus R_{AC} ? (6 p.)



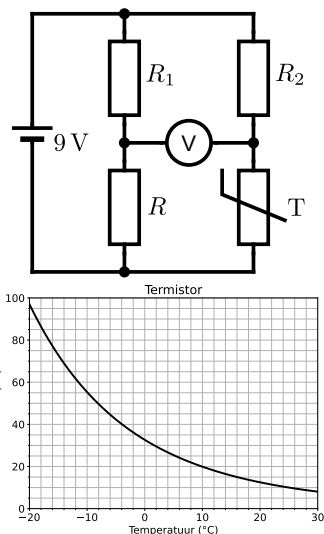
2. (PEEGELKERA) Seest õõnsa kera seinad on väga õhukesed ja sisepinnad on peegeldavad. Keras on väike auk, kust siseneb peenike laserikiir. Peale peegeldusi kera sees väljub kiir samast august. Kera seest väljudes on kiir pöördunud esialgse suunaga võrreldes nurga $\alpha = 144^\circ$ võrra. Mitu peegeldust toimus kera sees? (6 p.)

3. (AKNAPESUVEDELIK) Kortermaja otsas on kaks mootorit, mis tõstavad $l = 2$ m laiust aknapesemise lifti hoone küljel, kumbki mootor on ühendatud ühte lifti äärde. Vana Toomas kasutab lifti, et tõsta 5. korrusele ääreni täidetud aknapesuvedeliku tunni, väärtuslikku vedelikku üle ääre ajamata. Kalevipoeg oli tunni kahjuks sättinud liftile nii, et see asub vasemale tõstetrossile $d = 0,5$ m võrra lähemal kui paremale. Kui vasak mootor teeb tunni tõstmisel kokku tööd A , siis kui palju teeb tööd parem mootor?

Lifti valmistas kuulus Soome sepp ning selle mass on laadungiga võrreldes tühine. (6 p.)

4. (ELEKTRITÕUKERATAS) Elektritõukeratas suudab tasasel maal sõita $s = 40$ km kiirusega $v = 25 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ enne kui aku tühjaks saab. Kui kaugele on võimalik sõita samal kiirusel ülesmäge tõusuga $k = 0,01$ (1 cm iga läbitud 1 m kohta), kui tõukeratta ja sõitja mass on $m = 100$ kg, tõukeratta aku mahutavus on $E = 583,2$ Wh ja mootori kasutegur on sõltumata võimsusest $\eta = 90\%$? Eeldage, et tõukeratta mootor on piisavalt võimas ülesmäge samal kiirusel sõitmiseks. Raskuskiirendus on $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. (8 p.)

5. (*TERMISTOR*) Terje valmistas isetehtud termomeetri, mille elektriskeem on näidatud joonisel. Ta ühendas omavahel patarei pingega $U = 9\text{ V}$, kaks takistit takistusega $R_1 = R_2 = 5\text{ k}\Omega$, takisti teadmata takistusega R ning termistori (märgitud tähega T). Termistor on takisti, mille takistus sõltub oluliselt temperatuurist (vt graafik, suurendatult lisalehel). Temperatuuri mõõtmiseks kasutas Terje voltmeetrit. Ta teadis, et tema toa temperatuur on $T_1 = 25^\circ\text{C}$ ning voltmeetri näit oli seal $U_1 = 0\text{ V}$. Seejärel läks Terje õue ning seal oli voltmeetri näit $U_2 = 1,64\text{ V}$. Leidke tundmatu takisti takistus R ja temperatuur õues T_2 . Võib eeldada, et patarei ja voltmeeter on ideaalsed ning et õues oli külmem kui toas. (8 p.)



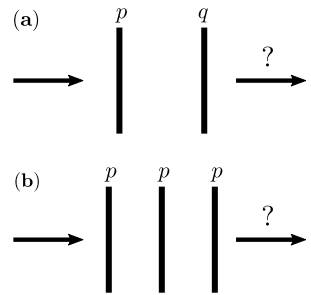
6. (*KOKTEIL*) Palaval suvepäeval otsustas tudeng Koidres oma laboris valmistada jahutava kokteili. Selleks segas ta pealt lahtises klaasanumas kokku $V_1 = 150\text{ ml}$ laual seisnud õunamahla, mille temperatuur oli võrdne toa temperatuuriga $T_1 = 30^\circ\text{C}$, ning $V_2 = 45\text{ ml}$ külmkapist võetud jõhvikamahla temperatuuriga $T_2 = 5,0^\circ\text{C}$. Maitseks lisas ta juurde $V_3 = 5,0\text{ ml}$ sidrunimahla, mille temperatuur oli samuti T_2 . Viimaks lisas ta joogi jahutamiseks sinna tüki kuiva jääd (tahke süsihappegaas) massiga $m = 31\text{ g}$, mida ta hoiustas spetsiaalses külmkapis temperatuuril $T_3 = -90^\circ\text{C}$. Leidke, millisel temperatuuril kokteili saab Koidres nautida, kui kogu kuiv jää on sublimeerunud.

Vee tihedus on $\rho_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, erisoojus $c_v = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$, sulamistemperatuur $T_v = 0^\circ\text{C}$ ning sulamissoojus $\lambda = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Kuiva jää erisoojus on $c_k = 1240 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$, sublimeerumistemperatuur atmosfäärirõhul on $T_s = -78,5^\circ\text{C}$ ning vastav sublimatsioonisoojus on $h_k = 571 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

Eeldage, et mahlad on füüsikaliste omaduste poolest identsed veega, kokteilis lahustuva süsihappegaasi kogus on tühine, kokteili vedelad komponendid saavutavad hetkeliselt soojusliku tasakaalu ning kokteili soojusvahetus gaasilise süsihappegaasiga ja väliskeskkonnaga on tühine.

Märkus: Sublimeerumiseks nimetatakse aine üleminekut tahkest olekust gaasilisse ilma vedela vaheetapita. (8 p.)

7. (KLAASPLAADID) Valge valguskiir on suunatud paralleelsete poolläbipaistvate klaasplaatide suunas. Eeldage, et kadusid ei ole ning peegeldustegur on iga plaadi kummalgi pinnal sama. Leidke, kui suur osa valgusest läheb summaarselt läbi klaasplaatide, kui



a) valguskiir läheb läbi kahe klaasplaadi, esimene plaat laseb läbi p osa valgusest ja peegeldab $1 - p$ osa valgusest ning teine plaat laseb läbi q osa valgusest ja peegeldab $1 - q$ osa valgusest;

b) valguskiir läheb läbi kolme klaasplaadi, kõik plaadid lasevad läbi p osa valgusest ja peegeldavad $1 - p$ osa valgusest. (10 p.)

8. (VARJUTUSED) Päikese- ja kuuvarjutuste sagedused sõltuvad Päikese keskpunktist Maa keskpunkti ja Kuu keskpunkti tõmmatud kiirte vahelise nurga sellisest suurimast väärtusest, mille puhul varjutusi veel näha on: varjutuste sagedus on väga heas lähenduses võrdeline selle nurga suurusega. Täieliku päikesevarjutuse ajal langeb Kuu täisvari kusagile Maa pinnale. Et Kuu ja Päikese näivad nurksuurused on peaaegu võrdsed ja muutuvad väikestes piirides (sest nende trajektoorid erinevad natuke ringjoonest), siis mõnikord kaob täisvari ära ja näha on nn rõngakujuline päiksevarjutus. Nii täieliku kui ka rõngakujulise päikesevarjutuse korral lõikub Päikese ja Kuu keskpunkte ühendav mötteline sirge kusagil Maa pinnaga. Täieliku kuuvarjutuse ajal jääb Kuu tervenisti Maa tekitatud täisvarju sisse. Kumba on võimalik sagedamini näha (ja mitu korda): kas ühest küljest täielikku kuuvarjutust või teisest küljest (ükskõik kus Maa peal) täielikku või rõngakujulist päikesevarjutust? Maa raadius $R_M = 6400$ km, Kuu raadius $R_K = 1700$ km.

Vihje: kui täisnurkse kolmnurga üks nurk α on väga väike, siis $\alpha \approx \frac{180^\circ}{\pi} \frac{a}{b}$, kus $\frac{a}{b}$ on vastaskaateti a ja lähiskaateti b suhe. (10 p.)

9. (JAHTUMINE) Sofia on kaks ühesugust koonusekujulist kaaneta termost, mis on osaliselt täidetud võrdse koguse vedelikuga temperatuuril $T = 40^\circ\text{C}$. Koonusekujulised termosid on asetatud nii, et vedelikupind on põhjaga paralleelne ja koonuse tipp on allpool. Sofia lisab ühte termosesse juurde sama koguse soojemat vedelikku temperatuuril $T_{\text{liisa}} = 88^\circ\text{C}$, soojuslik tasakaal saabub hetkeliselt. Seejärel mõõdab Sofia otsekohe vedelike jahtumiskiirust ning leiab, et soojema vedeliku jahtumise kiirus on $k = 1,62$ korda suurem jahedama vedeliku jahtumise kiirusest. Jahtumisvõimsus on võrdeline jahutatava pindala ja temperatuuride vahega. Leidke õhutemperatuur $T_{\text{õhk}}$.

Eeldage, et vedeliku ja termose vahel soojusvahetust ei toimu ning et vedeliku tihedus ei sõltu temperatuurist.

Vihje: koonuse ruumala $V = \frac{1}{3}S_p H$, kus S_p on koonuse põhja pindala ning H selle kõrgus. (12 p.)

10. (UDU) Temperatuuril $T_1 = 25^\circ\text{C}$ on kuiva (st ilma igasuguse veeauruta) õhu tihedus $\rho_k = 1182,8 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$ ning temperatuuril $T_2 = 10^\circ\text{C}$ — $\rho'_k = 1245,5 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$. Temperatuuril T_2 on maksimaalselt niiskes õhus veeauru tihedus (st kuupmeetris õhus sisalduva veeauru mass) $\rho_m = 9,4 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$: kui õhus peaks olema rohkem veeauru, siis antud temperatuuril hõljub “ülejääk” udupiiskade kujul. Kui udupiiskades olevad molekulid välja arvata, siis on samal temperatuuril niiskes ja kuivas õhus täpselt ühesugune arv molekule ruumalaühiku kohta. Teatud õhumassis on $r = 2.5\%$ molekulidest veemolekulid ja temperatuuri T_1 juures on sellise õhu tihedus $\rho = 1171,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ning udupiisku õhus veel pole. Milline on selle, võimalik et nüüd juba udupiisku sisaldava, õhu tihedus temperatuuril T_2 ? Vee tihedus lugeda palju suuremaks, kui õhu oma. (14 p.)

E1. (KUULLAAGRI KUUL) Mõõta võimalikult täpselt kuullaagri kuuli diameeter.

Vahendid: väike kuullaagri kuul, kaks joonlauda. (10 p.)

E2. (VEDELIKU TIHEDUS) Määrata kollase vedeliku tihedus kahte kihti jaotunud vedelikus. Raskema vedeliku tihedus $\rho = 1,0 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Vahendid: joogikõrs, joonlaud, katseklaas kahte kihti jaotunud vedelikuga.

Märkus: Katses kasutatud vedelik võib määrida riideid ja paberit. (12 p.)

Füüsikaolümpiaadi ülesanded ja lahendused asuvad veebis aadressidel:

<https://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad>

<https://efo.fyysika.ee>

Lüütuge meie Facebooki lehega:

<https://www.facebook.com/fyysikaolympiaad>

5. (TERMISTOR — GRAAFIK)

