

# Eesti koolinoorte 72. füüsikaolümpiaad

13. veebruar 2025. 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.

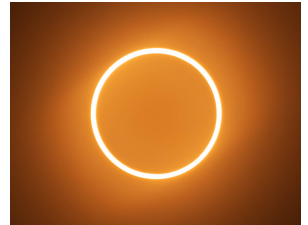
Arvesse lähevad 5 suurima punktide arvu saanud teoreetilist ja 1 eksperimentaalne ülesanne.

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

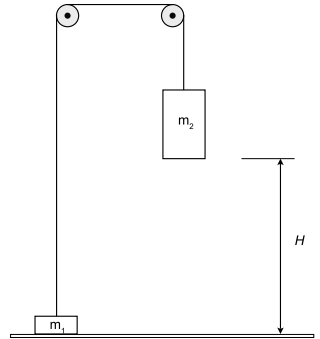
Eksperimentaalülesande lahendamisel võib kasutada üksnes loetelus toodud vahendeid.

Mõõtemääramatuse hindamist ei nõuta.

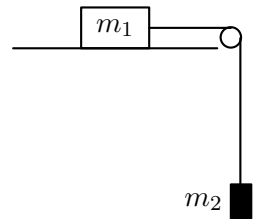
**1. (RÕNGAS)** Rõngakujulise päikesevarjutuse ajal ei kata Kuu täielikult Päikest (vaata suurendatud fotot lisalehel). Teades, et Päikese ja Kuu raadiused on vastavalt  $R_{päike} = 7,0 \cdot 10^8$  m ning  $R_{kuu} = 1734$  km ning et Päike asub Maast 150 miljoni kilomeetri kaugusel, arvutage ligikaudne Kuu kaugus Maast pildi tegemise hetkel. Jooniselt võib teha joonlauaga mõõtmisi. (6 p.)



**2. (RASKUSED)** Joonisel on olukord, kus kaks raskust massidega  $m_1 = 100$  g ja  $m_2 = 400$  g on ühendatud massitu nõoriga ja nõör on asetatud kahele massitule, ilma takistusetta veerevale rattele. Raskuse  $m_2$  ja aluspinnava vaheline kaugus  $H = 40$  cm. Alguses on raskused paigal ning mingil hetkel need vabastatakse. Kui suured on raskuste kineetilised energiad hetkel, kui raskus  $m_2$  puudutab aluspinda? (6 p.)



**3. (KLOTS LAUAL)** Süsteem koosneb laual asuvast klotsist (massiga  $m_1$ ), mille külge on kinnitatud venimatu nõõri abil koormis massiga  $m_2$ . Nõör jookseb üle lauaserva asuva hõõrdevaba ploki. Hõõrdeegur klotsi ja laua vahel on  $\mu$ .  
(a) Millise minimaalse hõõrdeeguri  $\mu_{min}$  väärtuse korral jääb süsteem paigale?



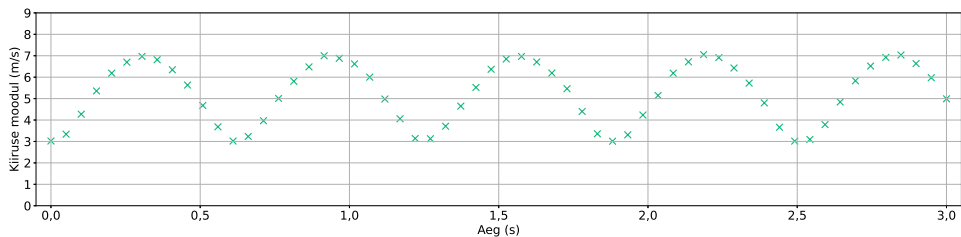
(b) Millise kiirendusega hakkab klots (massiga  $m_1$ ) liikuma, kui hõõrdejõud pole piisavalt suur süsteemi paigal hoidmiseks, st  $\mu < \mu_{min}$ ? (8 p.)

4. (NAABRIKÜTE) Juku ja Kalle elavad kõrvuti ruudukujulistes ühetoalistes korterites ning nad mõlemad kütavad oma korterit elektriradiaatoriga. Tubadel on üks ühine õhem sisesein ja kummalgi kolm välisseina. Kõik kuus välisseina on täpselt ühesugused ja ühesuguste mõõtmetega. Eeldame lihtsustavalt, et välistemperatuur on püsivalt  $T_0 = 0^\circ\text{C}$ . Alguses kütavad nad mõlemad võimusega  $P_1 = 1,44\text{ kW}$  ning mõlemas toas püsib temperatuur  $T = 24^\circ\text{C}$ . Ühel päeval kolmekordistub elektri börsihind; et Jukul on börsipakett, otsustab ta oma kütte välja lülitada. Kallel on aga kindel elektripakett, mille elektri hind 15 senti/kWh on fikseeritud, mistõttu pole temal järsust elektri hinna tõusust ei sooja ega külma. Küll aga armastab ta sooja ning kui ta õhtul koju tulles märkab, et toas on langenud temperatuur  $T_K = 18^\circ\text{C}$  peale, krutib ta radiaatorile võimsust juurde — seni kuni toas on jälle püsivalt  $T = 24^\circ\text{C}$  sooja. Leidke, kui palju läheb selline võimsuse tõstmine Kallele igas tunnis täiendavalt maksma ning kui külm Juku toas lõpuks on. Soojuskadusid läbi põranda ja katuse pole vaja arvesse võtta ning eeldada, et temperatuur on ühe korteri piires ühesugune.

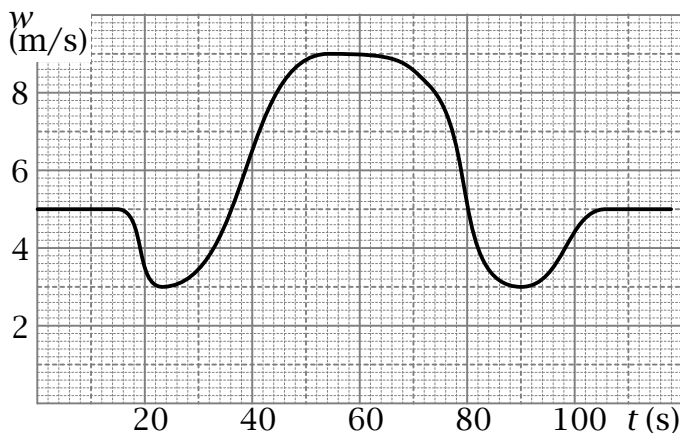
*Vihje:* Soojusvahetusvõimsus on iga seina puhul võrdeline temperatuuride vahega ühel ja teisel pool seina. (10 p.)

5. (PEEGELTORU) Toru, mille pikkus on  $l = 8\text{ cm}$  ja sisediaameeter  $d = 1\text{ cm}$ , sisepind on kaetud peegeldava kihiga. Toru üks ots on suletud ning teine ots on lahtine. Keset toru põhja (st torus suletud otsa küljes sümmeetriateljel) põleb tilluke valgusdiod. Visandage joonisel, mida on näha, kui vaadata toru otsast sisse toru teljelt  $a = 2\text{ cm}$  kaugusel lahtisest toru otsast ning samuti visandage joonisel, mida on näha, kui vaatluspunkt nihutada risti toru telje suunaga  $b = 0,5\text{ cm}$  võrra (st kohakuti toru servaga), jäädes samale kaugusele toru otsast. (10 p.)

6. (KIIRUSSENSOR) Tehnoloogiahuviline Kristo uudistas pisikese kiirussensori kallal, mis kinnitub jalgratta kodarale. Andmeid uurides avastas ta, et sensor mõõdab kiiruse moodulit maapinna suhtes ning sai graafikul toodud mõõtmistulemused. Leidke anduri kaugus ratta keskpunktist. (10 p.)



7. (TUUL) Erika sõidab jalgrattaga mööda sirget teed ühes suunas ja mõõdab seejuures tuule kiirust enda suhtes; tulemus on esitatud graafikul. Milline oli ta maksimaalne sõidukiirus, kui eeldada, et tuule kiirus ja suund maapinna suhtes ei muutunud ning on teada, et ta esimesed tosinkond sekundit oli paigal? (10 p.)



8. (ELEKTRIPENDEL) Kaks identset elektrit juhtivat kuuli massidega  $m$  ripuvad üksteise kõrval gravitatsiooniväljas  $g$  identsete nööride küljes, mis on kinnitatud samasse punkti. Kuulide raadiused on tühiselt väikesed. Nööride pikkus on  $l$ , nende mass on tühine ja need on elektrit mittejuhtivad. Mõlemad kuulid saavad laengu  $Q$  (kahe kuuli kogulaeng on seega  $2Q$ ), misjärel nad hakkavad üksteisest tõukuma. Liikuvad kuulid peatatakse nende tasakaaluasendis, kus nende vahekaugus on  $d_1$ . Seejärel hoitakse laetud kuule oma asukohtades paigal ning üks kuul viiakse kontakti kolmanda identse kuuliga, millel on laeng  $a \cdot Q$ , kus  $a$  on mingi reaalarvuline kordaja. Seejärel viiakse kolmas kuul lõpmata kaugemale ning nööride küljes olevad kuulid lastakse lahti. Nüüd tõmbuvad need kuulid kokku ning peale nende kokkupuudet tõukuvad selliselt, et liikumise peatamise järel hakkavad nad paiknema uues tasakaaluasendis, kus nende vahekaugus on  $d_2 = \sqrt[3]{\frac{9}{64}} \cdot d_1$ . Coulomb'i konstanti on  $k$ .

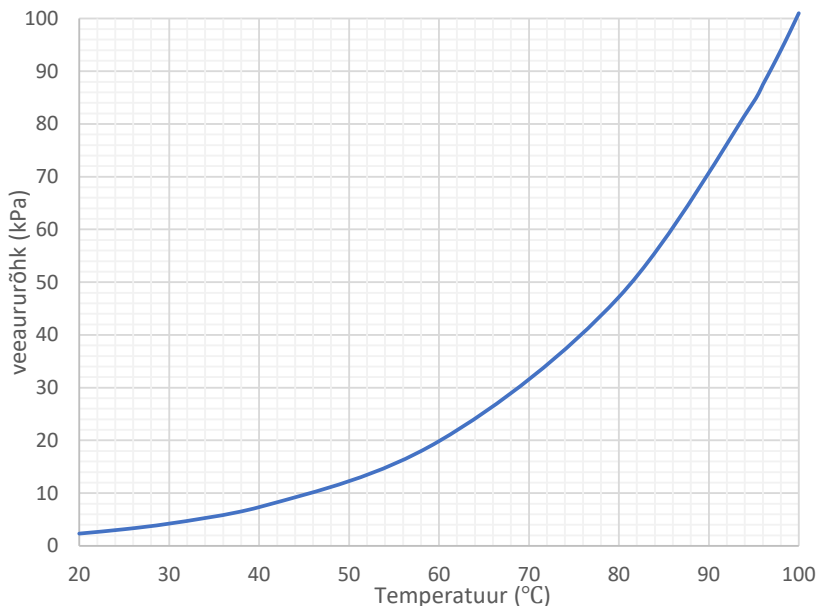
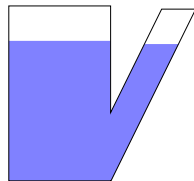
(a) Avaldage vahekaugused  $d_1$  ja  $d_2$  ülesande andmete kaudu.

(b) Leidke arvu  $a$  võimalikud väärtused.

Võite eeldada, et  $d_{1,2} \ll l$ , st mõlemas tasakaalus on pendli nööri ja vertikaali vaheline nurk väike ning saate kasutada lähendusi  $\sin(\theta_{1,2}) \approx \theta$  ja  $\cos(\theta_{1,2}) \approx 1$ . (10 p.)

9. (OSAKESTE KIIRENDI) Osakeste kiirendisse, mis koosneb kolmest vaakumiga tsoonist, siseneb tühiselt väikese algkiirusega osake, mille laeng on  $q$  ja mass tundmatu. Esimeses tsoonis kiirendab osakest pinge  $U$ , misjärel see siseneb teise tsooni, kus on nii homogeenne elektriväli  $\vec{E}$  kui ka homogeenne magnetväli  $\vec{B}$ ; viimane on risti osakese liikumissuunaga. Selgub, et osake läbib teise tsooni sirgjooneliselt ning siseneb kolmandasse tsooni, kus homogeenset elektrivälja enam pole, aga homogeenne magnetväli  $\vec{B}$  jätkub. Leidke, milline on osakese trajektoori kõverusraadius kolmandas tsoonis. (10 p.)

10. (TEEKANN) Silindrilise teekannu (vertikaalläbilõige on toodud joonisel) valatakse kuuma vett ning kohe seejärel kaetakse kann ülevalt hermeetiliselt sulgeva kaanega. Kannu ja tila horisontaallõigete pindalade suhe  $k \equiv S_k/S_t = 4$ . Kui teevesi on liiga kuum, siis voolab vesi tilast välja isegi siis, kui kann on vaid pooltäis. Milline on maksimaalne veetemperatuur, mille juures seda veel ei juhtu? Eeldada, et enne kannu kaanega sulgemist oli vee kohal olev õhk toatemperatuuril  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  ja täiesti kuiv. Kannu soojusmahtuvus lugeda tühiseks, st soojustasakaalu saabumisel on kannu temperatuur peaaegu võrdne teevee esialgse temperatuuriga. Arvutustes võib teha mõistlikke lähendusi. Küllastunud veeauru sõltuvus temperatuurist on toodud juuresoleval graafikul. Õhurõhk  $p_0 = 100\text{ kPa}$ . (14 p.)



**E1.** (*MUTRI TIHEDUS*) Määrata mutri tihedus.

*Katsevahendid:* väike mutter, klaas veega, puitjoonlaud, niit. Vee tihedus  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . (12 p.)

**E2.** (*SISETAKISTUS*) Leidke võimalikult täpselt tundmatu voltmeetri sisetakistus.

*Katsevahendid:* patarei, kaks erinevat analoog voltmeetrit, millest ühe sisetakistus on teada (kirjutatud voltmeetrile), neli juhet. Pidage silmas, et antud voltmeetritel on märkimisväärne süstemaatiline viga: kumbki neist võib näidata tegelikust väärtusest teatud protsendi võrra suuremat või väiksemat pinget. (14 p.)

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

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

1. (RÕNGAS - LISALEHT)

