Eesti koolinoorte 72. füüsikaolümpiaad

13. veebruar 2025. a. Piirkondlik voor.
Põhikooli ülesannete lahendused (8.–9. klass).

Eessõna

Allpool on toodud iga ülesande üks õige lahenduskäik (mõnel juhul ka enam). **Kõik alternatiivsed õiged lahenduskäigud tuleb hinnata samuti maksimumpunktidega.** Iga alternatiivse lahenduskäigu jaoks tuleb kontrollijatel koostada hindamisskeem, juhindudes võimalusel juuresoleva hindamisskeemi punktijagamisproportsioonist. Soovituslikud mahaarvamise punktid:

- numbriline arvutusviga — [**0,5 p**];
- viga teisendustes — [**0,5 p**] (märgi jms väiksem viga) või [**1 p**] (viga, mis viib dimensioonide konfliktini), maha arvata ainult üks kord, st edasikanduvat viga mitte karistada;
- kui vastus tuleb füüsikaliselt absurdne, siis võib täiendavalt karistada [**0,5 p**];
- üksik viga lähtevalemis — [**0,5 p**] (kui märgiviga) kuni **50%** (sisuline viga).

1. (*AUTOGA MAALE*) (*6 p.*) *Autor: Hans Daniel Kaimre*

Selleks, et leida auto keskmine kiirus, jagame läbitud vahemaa selleks kulunud ajaga $v_\mathrm{k} = s/t_\mathrm{kogu}$ [**1 p**]. Koguaja leidmiseks leiame eri kiirustel läbitud lõikude ajad t_1 (0 kuni 10 km), t_2 (10 kuni 50 km), t_3 (50 kuni 60 km) ja t_4 (60 kuni 70 km) ja liidame need [**1 p**]. Selleks jagame graafikult konkreetsel kiirusel läbitud vahemaa kiirusega $t = s/v$:

$$t_1 = \frac{10\,\mathrm{km}}{50\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}} = \frac{1}{5}\ \mathrm{h} \quad [\mathbf{0.5\ p}]$$

$$t_2 = \frac{40\,\mathrm{km}}{90\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}} = \frac{4}{9}\ \mathrm{h} \quad [\mathbf{0.5\ p}]$$

$$t_3 = \frac{10\,\mathrm{km}}{70\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}} = \frac{1}{7}\ \mathrm{h} \quad [\mathbf{0.5\ p}]$$

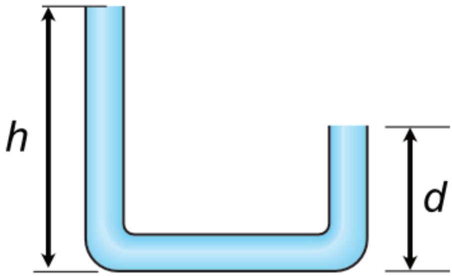
$$t_4 = \frac{10\,\mathrm{km}}{50\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}} = \frac{1}{5}\ \mathrm{h} \quad [\mathbf{0.5\ p}]$$

Nüüd saame arvutada t_{kogu} ja v_{k}:

$$t_{\text{kogu}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = \frac{1}{5} + \frac{4}{9} + \frac{1}{7} + \frac{1}{5} = 0{,}99\,\text{h} \quad [\mathbf{1\ p}]$$

$$v_{\text{k}} = \frac{70\,\text{km}}{0{,}99\,\text{h}} = 71\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \quad [\mathbf{1\ p}]$$

2. (*KORK*) (*6 p.*) *Autor: Kaido Reivelt*



Korgile mõjuv lisarõhk on määratud vedelikusammaste kõrguste erinevusega toru kahes harus. Olgu veetase toru pikemas harus h. Veesammaste kõrguste erinevus kahes harus on siis $(h-d)$ ja sellise kõrgusega vedelikusamba poolt avaldatav lisarõhk lühemas toru harus kõrgusel d on

$$p = \rho g(h-d) \quad [\mathbf{2\ p}]$$

Ülesandes on antud ka toru ristlõike pindala, nii et on võimalik arvutada sellise kõrgusega vedelikusamba poolt korgile avaldatav jõud

$$F = pS = \rho g(h-d)S \quad [\mathbf{1\ p}]$$

Ülesande tekst ütleb, et kork lendab pealt, kui sellele mõjub jõud $F_k = 9,8\,\text{N}$. Selline tingimus on kirja pandav kujul

$$F_k = \rho g(h-d)S \quad [\mathbf{2\ p}]$$

Avaldame siit kõrguse h ja arvutame

$$h = d + \frac{F_k}{\rho g S} = 2{,}8\,\text{m} \quad [\mathbf{1\ p}]$$

3. (*6 JA 0*) (*8 p.*) *Autor: Eero Vaher, Oleg Košik*

Olgu sõlmpunkt punktide A ja B vahel E. Siis

$$\frac{1}{R_{AE}} = \frac{1}{R_X} + \frac{1}{3R_X} \quad \Rightarrow \quad R_{AE} = 0{,}75\,\mathrm{R}_X. \quad [\mathbf{1\ p}]$$

$$R_{AB} = R_{AE} + R_Y + R_X = 1{,}75\,\mathrm{R}_X + R_Y. \quad [\mathbf{1\ p}]$$

Punktide C ja D on rööpühendus, mille harude takistused on $3R_X$ ja $3R_Y$ [**1 p**]. Seega

$$\frac{1}{R_{CD}} = \frac{1}{3R_X} + \frac{1}{3R_Y} \quad \Rightarrow \quad R_{CD} = \frac{3R_X R_Y}{R_X + R_Y}. \quad [\mathbf{1\ p}]$$

Niisiis peame lahendama ära võrrandisüsteemi

$$\begin{aligned} 1{,}75\,\mathrm{R}_X + R_Y &= 15 \\ \frac{3R_X R_Y}{R_X + R_Y} &= 8. \end{aligned}$$

Avaldame esimesest võrrandist $R_Y = 15 - 1{,}75R_X$ ja asendame teise võrrandisse. Saame

$$3R_X(15 - 1{,}75\,\mathrm{R}_X) = 8(R_X + 15 - 1{,}75\,\mathrm{R}_X),$$

mis annab ruutvõrrandi

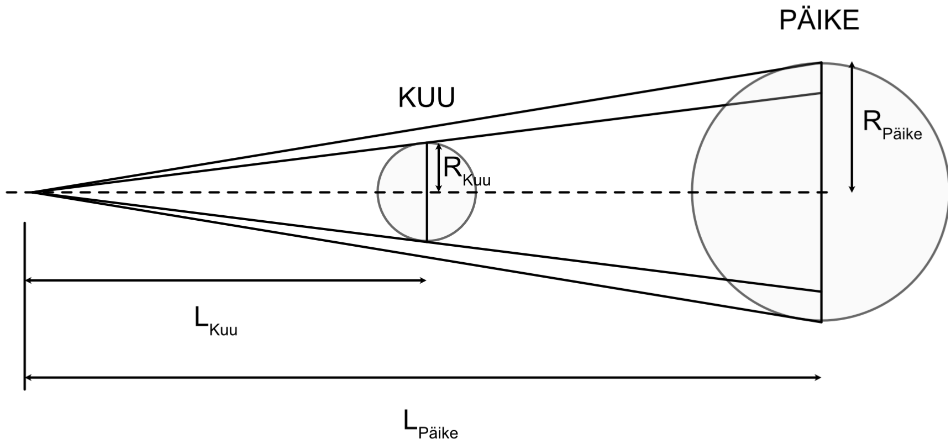
$$5{,}25R_X^2 - 51R_X + 120 = 0. \quad [\mathbf{2\ p}]$$

Selle ruutvõrrandi lahenditeks on $R_X = 4\,\Omega$ ja $R_X = \frac{40}{7}\,\Omega$ [**1 p**], neile vastavad väärtused $R_Y = 8\,\Omega$ ja $R_Y = 5\,\Omega$ [**1 p**].

*Kui võrrandisüteemi on lahendatud proovimise teel ja saadud kätte ainult üks lahend kahest, anda võrrandisüsteemi lahendamise eest kokku [**2 p**].*

4. (*RÕNGAS*) (*8 p.*) *Autor: Kaido Reivelt*

Fotol kujutatud olukorda saab joonisel kujutada selliselt. [**3 p**]



Fotolt saab mõõta, et Päikese kujutise raadius moodustab u 13/12 Kuu kujutise raadiusest. [**1 p**]

See tähendab, et kui Kuu raadius oleks 1/12 võrra suurem või kui Päikese raadius oleks 1/12 võrra väiksem, siis kataks Kuu pildil Päikese täielikult.

Sarnastest kolmnurkadest saame vastavalt, et

$$\frac{L_{\text{Kuu}}}{L_{\text{Päike}}} = \frac{\frac{13}{12}R_{\text{Kuu}}}{R_{\text{Päike}}}$$

või

$$\frac{L_{\text{Kuu}}}{L_{\text{Päike}}} = \frac{R_{\text{Kuu}}}{\frac{12}{13}R_{\text{Päike}}} \quad [\mathbf{3\ p}]$$

Arvutades saame

$$\frac{L_{\text{Kuu}}}{1{,}5 \cdot 10^8\,\text{km}} = \frac{\frac{13}{12} \cdot 1734\,\text{km}}{7 \cdot 10^5\,\text{km}}$$

millest Kuu kaugus Maast pildi tegemise hetkel on $x \approx 4{,}0 \cdot 10^5$ km. [**1 p**]

5. (*RASKUSED*) (*8 p.*) *Autor: Kaido Reivelt*

Ülesande lahendamiseks tuleks kasutada mehaanilise energia jäävuse seadust

$$E_p + E_k = \text{const.} \quad [\mathbf{2\ p}]$$

Ülesandes kehad liiguvad ühesuguste kiirustega. Sellise kahest kehast koosneva süsteemi kineetiline energia hetkel, kui raskem keha puudutab aluspinda, on võrdne potentsiaalse energia erinevusega kehade esialgses asendis ja lõppasendis

$$E_k = E_{p1} - E_{p2} = m_2 gH - m_1 gH. \quad [\mathbf{3\ p}]$$

Edasi peab teadma, et kineetiline energia sõltub massist võrdeliselt ($E_k = \frac{mv^2}{2}$). Järelikult jaotub süsteemi kineetiline energia kahe keha vahel proportsionaalselt nende massidega:

$$E_{k1} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} E_k$$

ja

$$E_{k2} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} E_k. \quad [\mathbf{2\ p}]$$

Arvutades saame

$$E_{k1} = \frac{0,1}{0,1 + 0,4}(0,4 - 0,1) \cdot 9,8 \cdot 0,4 \approx 0,24\,\text{J},$$

$$E_{k2} = \frac{0,4}{0,1 + 0,4}(0,4 - 0,1) \cdot 9,8 \cdot 0,4 \approx 0,94\,\text{J}. \quad [\mathbf{1\ p}]$$

6. (*PEEGEL JA LÄÄTS*) (*10 p.*) *Autor: Jaan Kalda*

Peegel peab paiknema lõigu KK' keskristsirgel [**3 p**]. Et kahe läätse poolt tekitatud kujutise puhul on allika ja kujutise kaugused võrdsed, $|AK| = |K''K'|$, siis peavad need paarid paiknema läätse suhtes sümmeetriliselt (läätse valemist on näha, et sama kauguse $a + b$ saab ainult ühe a ja b paariga) [**2 p**]. Seega paikneb lääts lõigu $K''K$ keskristsirgel [**3 p**]. Läätse valemist leiame f väärtuse: $f = \frac{ab}{a+b} = 3\,\text{cm}$, kus $a = 12\,\text{cm}$ ja $b = 4\,\text{cm}$ [**2 p**].

7. (*NAABRIKÜTE*) (*10 p.*) *Autor: Jonatan Kalmus, Oleg Košik*

Olgu soojuvahetuse võimsus läbi ühe seina $k\Delta T$, kus k on võrdetegur. Kui tubade temperatuurid on võrdsed, siis soojusvahetus toimub ainult läbi kolme välisseina [**1 p**]:

$$P_1 = 3k \cdot (T - T_0) \quad [\mathbf{1\ p}] \quad \Longrightarrow \quad k = 20\,\mathrm{W/^\circ C}. \quad [\mathbf{1\ p}]$$

Kui Juku lülitab oma kütte välja, saame tema toa jaoks kirja panna soojustasakaalu võrrandi ning leida seeläbi Juku toatemperatuuri T_J:

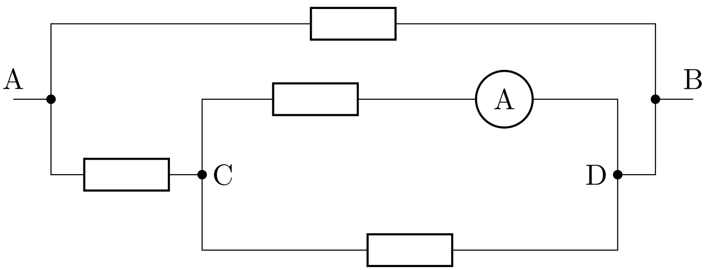
$$0 = 3k(T_J - T_0) + k(T_J - T). \quad [\mathbf{2\ p}]$$

Saame $T_J = T/4 = 6\,^\circ\mathrm{C}$ [**1 p**]. Kalle radiaatori võimsuseks saame

$$P_2 = 3k(T - T_0) + k(T - T_J) = 1{,}80\,\mathrm{kW}, \quad [\mathbf{2\ p}]$$

mis on $P_2 - P_1 = 0{,}36\,\mathrm{kW}$ [**1 p**] rohkem kui tavaliselt ja maksab umbes $0{,}36\,\mathrm{kW} \cdot 15\,\mathrm{senti/kWh} \approx 5{,}4$ senti tunnis rohkem [**1 p**].

8. (*MÕÕTEPIIRKONNA LAIENDAMINE*) (*12 p.*) *Autor: Jarl Patrick Paide*



Maksimaalne voolutugevus, mida saab mõõta, on 8 A. Vastav skeem on joonisel. (Klemmidel A ja B võib olla voolutugevus kuni 8 A). Olgu ampermeetril läbiv voolutugevus 1 A. Punktide C ja D vahelises rööpühenduses suhtuvad takistused 2:1 ja seega voolutugevused vastavalt 1:2. Seega kui ampermeetrit läbib voolutugevus 1 A siis punktide C ja D vahel on voolutugevus 3 A. Nüüd vaatame takistusi A ja B vahel ülemises ja alumises rööpühenduse harus, seal suhtuvad takistused vastavalt 3:5 ja seega voolutugevused vastavalt 5:3. Seega kui alumist haru läbib voolutugevus 3 A läbib ülemist 5 A. Ehk koguvoolutugevus on 8 A.

Hindamisskeem

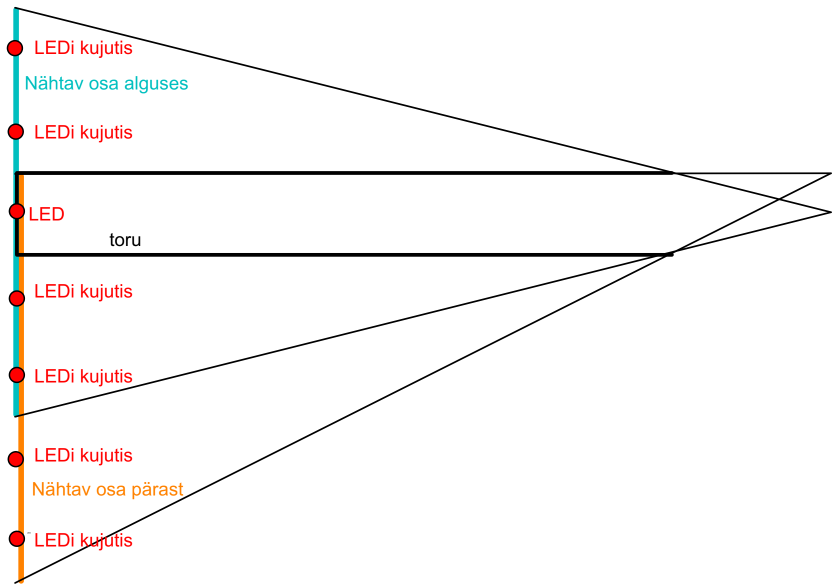
Leitud ja esitatud skeem 8 kordsele mõõtepiirkonna suurendamisele

- On mõistetud, et takististega mängimine võimaldab mõõtevahemikku suurendada [**2 p**]
- Esitatud õige skeem 8-kordse võimenduse saamiseks [**5 p**]
- Näidatud arvutuslikult, et võimendus on 8-kordne [**5 p**]

*Kui võimendus pole 8 kordne [**max 6 p**]*

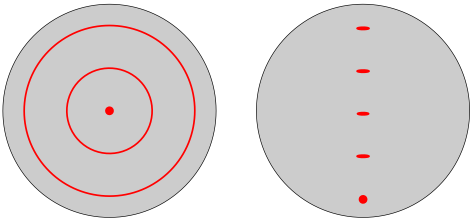
- On mõistetud, et takististega mängimine võimaldab mõõtevahemikku suurendada [**2 p**]
- Esitatud skeem ampermeetri mõõtepiirkonna võimendamiseks [**2 p**]
- Leitud esitatud skeemi võimendus arvutuslikult [**2 p**]

9. (*PEEGELTORU*) (*12 p.*) *Autor: Jaan Kalda*



Dioodist tekivad kontsentriliste ringide kujulised kujutised raadiustega nd, kus n on täisarv [**2 p**]. Toru lahtisest otsast kaugusel a paistab toru kinnise otsa tasandist ringikujuline piirkond diameetriga $d(l+a)/a = 5\,\mathrm{cm}$ [**2 p**]. Sinna sisse mahub kaks väiksemat ringi raadiustega 1 cm ja 2 cm. Seega tuleb visandada diood ja selle ümber kaks ringjoont; joonis kahe ringiga (LED võib, kuid ei pea olema kujutatud): [**2 p**] (teistsuguste jooniste eest osalisi punkte ei anta).

Kui vaatluspunkti nihutada, siis nihkub nähtava piirkond (ringikujuline piirkond); selle nihke suuruse c saame leida sarnastest kolmnurkadest (vt toru külglõike joonist): $c = bl/a = 2\,\mathrm{cm}$ [**2 p**]. Aga me ei näe enam tervet ringjoont, sest iga peegeldunud kiir läbib silindri telge ning seetõttu jõuavad nüüd vaatluspunkti vaid need kiired, mis peegelduvad vaatluspunki suhtes diametraalselt vastas asuvast seinast [**2 p**]. Seega on näha peegeldustena 1-cm vahekaugustega nelja heledat veidi piklikuks venitatud laiku nii, nagu näidatud joonisel.



Õige joonis võrdsel vahemaal asuva nelja punktiga või nelja ovaalse väikse laiguga – nagu juuresoleval joonisel (LED võib, kuid ei pea olema kujutatud): [**2 p**]. Kui punktide arv on õige, kuid paigutus ei ole selline, nagu juuresoleval joonisel (punktide vahemaad pole võrdsed või ei ole äärmiste punktide kaugus ringi servast selline, nagu peab, st ühelt poolt pool naaberpunktide vahemaast ja teisel pool poolteist vahemaad): osalised punktid, [**1 p**].

10. (*TUUL*) (*12 p.*) *Autor: Jaan Kalda*

Mõõdetud tuule kiirus on minimaalne, kui teesihiline kiiruskomponent on võrdne jalgratta kiirusega [**2 p**]. Sellisel juhul on mõõtmistulemuseks tuule teega ristsihilne komponent — see on $3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ [**2 p**]. Et tuule kiirus maapinna suhtes on $3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ (graafiku algusosa põhjal) [**2 p**], siis on tuule teesihiline komponent Pythagorase teoreemi abil leitav kui $w = \sqrt{5^2 - 3^2}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ [**2 p**]. Jalgratta ja õhu suhtelise kiiruse teesuunaline komponent siis, kui jalgratturi kiirus on maksimaalne, on leitav jällegi Pythagorase teoreemi abil, $v = \sqrt{9^2 - 4^2}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ [**2 p**]; liites sellele tuule teesihilise komponendi, saame jalgratturi kiiruse $u = w + v \approx 12\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ [**2 p**].

Kui Pythagorase teoreemi asemel kasutatakse kiiruste graafilist liitmist, siis antakse vastava tehte eest täispunktid, kui tulemus ei erine õigest väärtusest enam, kui $0{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$; kui viga on suurem, kuid väiksem, kui $1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, siis pooled punktid.

E1. (*VARDA RUUMALA*) (*10 p.*) *Autor: Erkki Tempel*

Kuna varras on pikem kui joonlaud, ei saa selle pikkust otseselt mõõta.
Kasutame niiti ning mõõdame varda pikkuse l.
Varda diameeter on väike ning seda ei saa joonlauaga täpselt mõõta. Keerame varda ümber 10 tiiru niiti ning mõõdame 10 ümbermõõdu pikkuse.
Varda ümbermõõdu kaudu saame leida varda raadiuse ja ristlõike pindala S.
Varda pikkuse ja ristlõike pindala kaudu leiame varda ruumala.

Hindamisskeem:

- Varda pikkuse mõõtmine niidi abil [**1 p**]
- Varda ümbermõõdu mõõtmine (vähemalt 5 ümbermõõdu kaudu) [**1 p**]
- Varda raadiuse leidmine [**1 p**]
  - Varda diameetri otsene mõõtmine [**1 p**] (Raadiuse arvutamise eest punkte ei saa)
- Varda ristlõike pindala leidmine [**1 p**]
- Varda ruumala leidmine [**2 p**]
- Kordusmõõtmised [**2 p**]
- Täpsus ($\pm 1\,\%$) [**2 p**]

E2. (*PLIIATSI MASS*) (*10 p.*) *Autor: Erkki Tempel*

Mõõdame A4 paberi pikkuse ja laiuse ning teades paberi pindtihedust, saame leida A4 paberi massi $m_p \approx 5\,\mathrm{g}$.
Leiame joonlaua masskeskme laua serval. Joonalau masskese jääb edasise katuse käigus laua servale.

Asetame kokkuvolditud A4 paberi joonlaua ühe otsa peale ning leiame, kuhu tuleb paigutada pliiatus, et joonlaud jääks tasakaalu.
Mõõdame paberi keskkoha kauguse toetuspunktist l_p ning pliiatsi masskeskme kauguse toetuspunktist l_j.
Kasutades kangireeglit, saame tasakaalu jaoks kirjutada seose ning leida joonlaua massi m_j:

$$m_p\, l_p \;=\; m_j\, l_j \quad\Longrightarrow\quad m_j \;=\; \frac{m_p\, l_p}{l_j}\,.$$

Hindamisskeem:

- Paberi massi leidmine [**2 p**]
- Joonlaua masskeskme leidmine [**1 p**]

- Joonlaua masskeskme on pliiatsi ja paberi tasakaalu korral laua serval [**1 p**]
- Joonlaua tasakaalupunkti leidmine koos paberiga [**1 p**]
- Tasakaalu seoste avaldamine [**1 p**]
- Joonlaua massi avaldamine [**1 p**]
- Jõuõlgade l_p ja l_j korrektne mõõtmine koos kordusmõõtmistega [**2 p**]
- Joonlaua massi arvutamine [**1 p**]