Eesti koolinoorte 54. füüsikaolümpiaad

27. jaanuar 2006. a. Piirkondlik voor

Põhikooli ülesannete lahendused

Eessõna

Käesoleval lahendustelehel on toodud iga ülesande üks õige lahenduskäik (mõnel juhul ka enam). Kõik alternatiivsed õiged lahenduskäigud tuleb hinnata samuti maksimumhindega. Iga alternatiivse lahenduskäigu jaoks tuleb kontrollijatel koostada hindamisskeem juhindudes juuresoleva hindamisskeemi punktijagamisproportsioonist. Soovituslikud maha-arvamise punktid: numbriline arvutusviga — 0,5; 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 punktiga; üksik viga lähtevalemis: 0,5 p. (kui märgiviga) kuni 50% (sisuline viga).

1. ülesanne (*BUSS JA JALAKÄIJA*)

Kuna inimene ja buss alustasid ja lõpetasid liikumise koos, siis kulub neil sama maa läbimiseks võrdne aeg [**1 p.**]. Kestku bussi peatus ajavahemiku Δt. Inimesel kulus teise ristmikuni jõudmiseks $t_i = s/v_i$ [**1 p.**].

Buss läbis sama vahemaa ajaga $t_b = s/v_b + \Delta t$. [**2 p.**]

Võrdsustame omavahel t_i ja t_b: $s/v_i = s/v_b + \Delta t$. [**1 p.**]

Avaldame võrrandist aja Δt:

$$\Delta t = \frac{s}{v_i} - \frac{s}{v_b} = \frac{0{,}3\ \text{km}}{5\ \text{km/h}} - \frac{0{,}3\ \text{km}}{30\ \text{km/h}} = 0{,}05\ \text{h} = 3\ \text{min}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Võimalikud on ka teistsugused lahendused.

2. ülesanne (*VEE SEGAMINE*)

Segu temperatuur oleneb kallamise järjekorrast, sest õhuke alumiiniumplekk on hea soojusjuht ja läbi selle toimub soojusvahetus ümbritseva keskkonnaga [**2 p.**]. Kui enne valada sisse keev vesi, siis see jahtub sel ajal kui hakatakse külma vett kallama [**2 p.**]. Kui enne valada külm vesi, siis see hakkab soojenema ja segu temperatuur tuleb kõrgem [**2 p.**].

3. ülesanne (*RATTASÕIT*)

Miku sõit jaguneb kolmeks etapiks: esimene — ühtlane kiirenemine, teine — liikumine muutumatu kiirusega ja kolmas — ühtlane pidurdamine [**1 p.**]. Tähistame nende kohta käivaid suurusi vastavalt indeksitega 1, 2 ja 3. Ühtlase kiirenemise ja ühtlase pidurdamise puhul kehtib valem keskmise kiiruse leidmiseks:

$$v_k = \frac{v_0 + v_{\max}}{2}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Esimese ja kolmanda etapi keskmised kiirused olid võrdsed:

$$v_1 = v_3 = \frac{v_2}{2} = \frac{10\text{ m/s}}{2} = 5\text{ m/s}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Veel teame me suurusi: $t_1 = t$ ja $t_3 = \tau$. Kogu teekonna pikkus oli:

$$s = v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3 = u\,(t_1 + t_2 + t_3). \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Siit leiame tesie etapi kestuse:

$$5 \cdot 12 + 10t_2 + 5 \cdot 8 = 8 \cdot (12 + t_2 + 8),$$

$$100 + 10t_2 = 160 + 8t_2 \quad \Rightarrow \quad t_2 = 30\text{ s}. \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

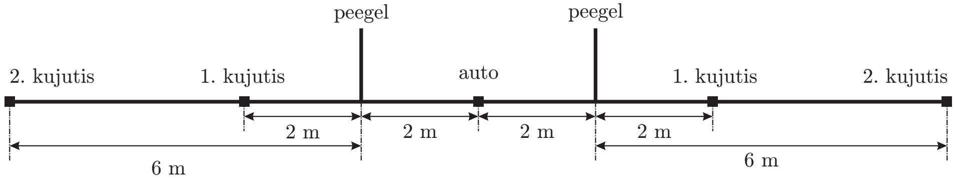
Järelikult: $s = 8 \cdot (12 + 30 + 8) = 400$ m. [**1 p.**]

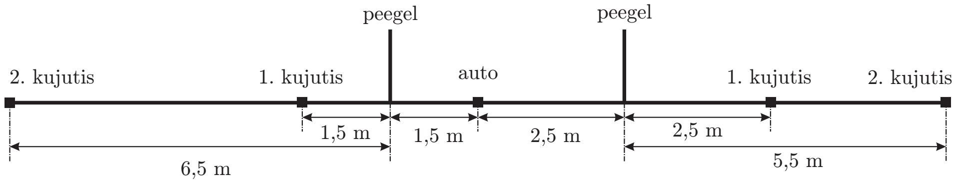
4. ülesanne (*AUTOD PEEGLIS*)

Olgu peegel, millele auto läheneb kiirusega v, esimene, ning millelt kaugeneb sama kiirusega – teine. Siis esimeses peeglis läheneb esimene auto kujutis mõlemale peeglile kiirusega v [**1 p.**] ja teises peeglis esimene kujutis kaugeneb mõlemast peeglist kiirusega v [**1 p.**]. Esimene kujutis esimeses peeglis tekitab teise kujutise teises peeglis ja vastupidi [**2 p.**]. Kuna esimene kujutis esimeses peeglis läheneb kiirusega v, siis teine kujutis teises peeglis samuti läheneb kiirusega v [**1 p.**]. Analoogiliselt, kuna esimene kujutis teises peeglis kaugeneb kiirusega v, siis teine kujutis esimeses peeglis samuti kaugeneb kiirusega v [**1 p.**].

Kokkuvõttes saime, et esimeses peeglis esimene kujutis läheneb temale ja teine kujutis kaugeneb temast. Järelikult esimeses peeglis eemaldub teine kujutis esimesest kiirusega $2v = 1\,\text{m/s}$ [**1 p.**]. Teises peeglis aga esimene kujutis kaugeneb temast ja teine kujutis läheneb temale. Järelikult teises peeglis läheneb teine kujutis esimesele kiirusega $2v = 1\,\text{m/s}$ [**1 p.**].

Märkus: Näitlikustavatel joonistel on kujutatud olukord hetkel, kui toa laius on 4 m ning auto asub alghetkel toa keskel (ülemine joonis). Alumisel joonisel on kujutatud olukord 1 sekundi möödumisel liikumise algusest.





5. ülesanne (*TERMOMEETER*)

Tähistades otsitava skaalakriipsude vahekauguse ΔL, saame välja kirjutada seosed

$$V_0 = \frac{m}{\rho} \quad \text{ja} \quad \Delta V = \frac{\pi D^2 \Delta L}{4} \quad \Rightarrow$$

$$\Delta L = \frac{4\alpha m}{\pi \rho D^2} = \frac{4 \cdot 0{,}00018 \cdot 0{,}002}{3{,}14 \cdot (60 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 13{,}5 \cdot 10^3} \approx 9{,}4 \text{ mm}.$$

Hindamine

Ruumala massi ja tiheduse kaudu — [**2 p.**]; silindri ruumala — [**2 p.**]; õige lõppvalem — [**3 p.**]; õige numbriline vastus — [**1 p.**].

6. ülesanne (*VIHM*)

Kokku sajab $h_v = vt = 8 \cdot 12 = 96$ mm vihma. Vihma jahtumisel eralduv energia

$$E_1 = m_v c \Delta t = \rho_v h_v S c \Delta t.$$

Lume sulatamiseks kuluv energia

$$E_2 = m_l \lambda = \rho_l h_l S \lambda.$$

Kuna $E_1 = E_2$, siis

$$\rho_v h_v S c \Delta t = \rho_l h_l S \lambda,$$

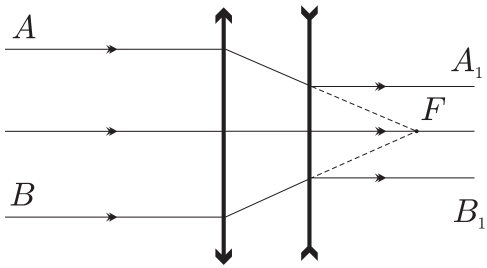
$$h_l = \frac{\rho_v h_v c \Delta t}{\rho_l \lambda} = \frac{1 \cdot 96 \cdot 4200 \cdot 6}{0{,}6 \cdot 340 \cdot 10^3} \approx 11{,}9 \text{ mm}.$$

Hindamine

Idee vihma jahtumisel eralduva energia ning lume sulamiseks kuluva energia võrdsusest: [**2 p.**]. Korrektselt leitud vihma jahtumisel eralduv energia: [**2 p.**]. Korrektselt leitud lume sulatamiseks kuluv energia: [**2 p.**]. Korrektne võrrand sulanud lumekihi paksuse jaoks: [**1 p.**]. Korrektne lõppvastus: [**1 p.**].

7. ülesanne (*OPTILINE KAST*)

Kastis võivad, näiteks, olla koondav lääts ja hajutav lääts, mille fookused langevad kokku (vt. joon.). On lubatud ka teised lahendused.



Hindamine

Õigete detailide valik — [**1 p.**]; detailide õige järjekord — [**1 p.**]; detailide õige asukoht (fookuste kokkulangemine) — [**2 p.**]; õige kiirte käik — [**4 p.**].

8. ülesanne (*ÕHUPALLID*)

Mõlemale õhupallile mõjub raskusjõud ja üleslükkejõud [**1 p.**]. Hapnikuga täidetud pallile mõjub summaarne jõud

$$F_1 = m_1 g - \rho_0 g V = (\rho_1 - \rho_0)\, gV, \quad [\mathbf{1{,}5\ p.}]$$

mis on suunatud allapoole. Heeliumiga täidetud pallile mõjub aga jõud

$$F_2 = \rho_0 gV - m_2 g = (\rho_0 - \rho_2)\, gV, \quad [\mathbf{1{,}5\ p.}]$$

mis on suunatud ülespoole. Järelikult tasakaalu hoidmiseks tuleb hapnikuga ja heeliumiga pall kinnitada samale poole niidi kinnituspunktist vardaga [**2 p.**]. Olgu hapnikuga täidetud palli kinnituspunkti kaugus niidi kinnituspunktist d_2. Kirjutame välja kangi reegli:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2, \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

kus $l_1 = d_1/2$ ja $l_2 = d_2$ on jõuõlad (niidi kinnituspunkti suhtes). Asendades jõu väärtused, saame

$$\frac{(\rho_1 - \rho_0)\, gV d_1}{2} = (\rho_0 - \rho_2)\, gV d_2,$$

$$\frac{(\rho_1 - \rho_0)\, d_1}{2} = (\rho_0 - \rho_2)\, d_2. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Nüüd saame avaldada d_2:

$$d_2 = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_0 - \rho_2} \frac{d_1}{2} = 9{,}7\ \text{cm}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Järelikult tuleb heeliumiga täidetud õhupall kinnitada $d_1/2 - d_2 = 15{,}0$ cm kaugusele hapnikuga täidetud õhupallist. [**1 p.**]

9. ülesanne (*ELEKTRIKÜÜNLAD*)

Esialgu on tegelik pinge U_t iga lambi otstel

$$U_t = \frac{U_0}{N} = \frac{220}{20} = 11\ \text{V}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Kuna pinge lambil on väiksem nimipingest, on vooluvõimsus lambis väiksem lambi nimivõimsusest. Lähtudes seosest $P = U^2/R$ leiame tegeliku voolu võimsuse lambis esimesel juhul.

$$\frac{P_1}{P} = \frac{U_t^2 R}{U_1^2 R} \quad \Rightarrow \quad P_1 = \frac{P U_t^2}{U_1^2} = \frac{15 \cdot 11^2}{12^2} \approx 12{,}6\ \text{V}. \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Leiame 12 V ja 220 V lampide takistused lähtudes valemist $R = U^2/N$:

$$R_1 = \frac{12^2}{15} = 9{,}6\ \Omega, \quad R_2 = \frac{220^2}{15} \approx 3227\ \Omega. \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Pärast ühe lambi vahetust on jadamisi ühendatud lampide kogutakistus

$$R = nR_1 + R_2 = 19 \cdot 9{,}6 + 3227 \approx 3410\ \Omega. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Voolutugevus lampides on

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{3410} \approx 0{,}065\ V. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Voolu võimsus 12 V nimipingega lambis on sel juhul

$$P_2 = I^2 R_1 = 0{,}065^2 \cdot 9{,}6 \approx 0{,}04\ \mathrm{W}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Voolu võimsus lampides väheneb seega

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{12{,}6}{0{,}04} = 315\ \text{korda}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Kuna 12 V nimipingega lampides väheneb voolu võimsus 315 korda ja on 15 W asemel ainult 0,04 W, siis ilmselt lampide hõõgniit isegi ei hõõgu ning põleb ainult 220 V nimipingega lamp, kuna selles on voolu võimsus

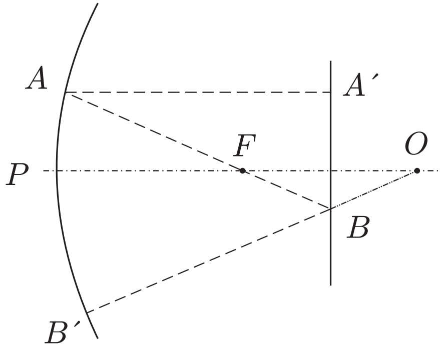
$$P' = 0{,}065^2 \cdot 3227 = 13{,}6\ \mathrm{W}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

10. ülesanne (*PEEGLID*)

Paigutame tasapeegli risti optilise peateljega PO, kaugusele 1,5 fookuskaugust nõguspeeglist (ehk nõguspeegli fookuse F ja keskpunkti O vahelise lõigu keskele).

Punktist F asuvast valgusallikast punkti A poole lähtuv kiir peegeldub punktis A' tagasi. Punkti B poole aga lähtuv kiir peegeldub tagasi punktis B', sest kiire BB' pikendus läbib peegli keskpunkti. Kokkuvõttes tekib punktis F tõeline kujutis ja punktis O näiv kujutis.

Hindamine



Õigesti kirjeldatud tasapeegli paigutus — [**4 p.**], õigesti märgitud näiva kujutise asukoht — [**2 p.**], õige nõguspeegli poole lähtuva kiire käik — [**3 p.**], õige tasapeegli poole lähtuva kiire käik — [**3 p.**].

E1. ülesanne (*JOONLAUD*)

Eeldame, et joonlaua mass on kogu joonlaua ulatuses jaotunud ühtlaselt. Paigutame joonlaua risti laua servaga üks ots üle serva. Nihutame joonlauda ettevaatlikult ja määrame koha, kus joonlaud hakkab laua serval kalduma. Sellel kaugusel asub joonlaua masskese. Kuna mõõtejoonlaua skaala ei pruugi alata ega lõppeda joonlaua otstes, ei pruugi masskeskme asukoht olla 15 cm joonel. Mõõdame mündi läbimõõdu (Eesti Panga andmetel 23,25 mm). Asetame mündi mingisse skaala punkti, paigutame joonlaua laua servale ja nihutame joonlauda seni, kuni joonlaud hakkab üle laua serva kalduma. Fikseerime skaalal selle punkti. Arvutame mündipoolse õla d_m ja masskeskmepoolse õla d_k. Teades mündi massi m_m, arvutame seosest $F_m d_m = F_j d_k$ joonlaua massi m_j:

$$m_j = \frac{m_m d_m}{d_k} .$$

Täpsema tulemuse saamiseks tuleb teha mitu katset asetades mündi erinevatele kaugustele masskeskme asukohast ühele ja teisele poole masskeset.

<u>*Hindamine*</u>

Idee — [**3 p.**]. Joonlaua masskeskme asukoha määramine — [**1 p.**]. Mündi läbimõõdu mõõtmine — [**1 p.**]. Õlgade määramine mõõtmisel mündiga — [**1 p.**]. Kangi seose teadmine ja kasutamine — [**1 p.**]. Korduvmõõtmised erinevate jõuõlgadega — [**1 p.**]. Korduvmõõtmised juhul kui münt on ühel või teisel pool masskeset — [**1 p.**]. Tulemus (kui erinevus kaalumisel saadud tulemusest ei ületa 5%) – [**1 p.**].

E2. ülesanne (*KATSEKLAAS*)

Katseklaasi tuleb panna natuke vett, et see ujuks vertikaalasendis ja mõõta sisemise ning välimise veenivoo vahe Δh ning katseklaasi diameeter d. Siis katseklaasile mõjuv raskusjõud võrdub talle mõjuva üleslükkejõuga. Arvestades, et katseklaasis oleva vee panus on mõlemasse ühesugune, saame

$$m_k g = \rho_v V g \quad \Rightarrow \quad m_k = \rho_v V = \frac{\pi \rho_v d^2 \Delta h}{4}.$$

Siin m_k on katseklaasi mass ja ρ_v — vee tihedus.

<u>*Hindamine*</u>

Idee — [**3 p.**], katseklaasi diameetri mõõtmine — [**1 p.**], ühekordne katse läbiviimine ja nivoode vahe mõõtmine — [**2 p.**], arvutused — [**2 p.**], korduvad katsed (vähemalt 3 korda) — [**1 p.**], piisavalt täpne lõppvastus — [**1 p.**].

Võimalik vale lahenduskäik:

Paneme anumasse vett ja mõõdame veenivoo h_0 selles. Asetame katseklaasi anumasse ilma katseklaasi vett lisamata. Mõõdame anuma diameetri d_0 ja uue veenivoo anumas h_1. Siis oletades, et katseklaasi raskusjõu ja üleslükkejõu tasakaalu tõttu võrdub katseklaasi mass väljatõrjutud vee massiga, saame

$$m_k = \rho_v V = \frac{\pi \rho_v d_0^2 (h_1 - h_0)}{4}.$$

Tegelikkuses, kui katses katseklaasi vett mitte panna, kukub ta pikali. Lisaks raskusjõule ja üleslükkejõule mõjub talle siis ka hõõrdejõud anuma seina poolt. Sel juhul aga massi määramiseks arvutusi teha pole enam võimalik, mistõttu sellist lahendust ei saa lugeda õigeks.

<u>*Hindamine*</u> (kokku 5 p.)

Idee — [**1 p.**], katse teostamine ja mõõtmised — [**2 p.**], arvutused — [**1 p.**], korduvad katsed (vähemalt 3 korda) — [**1 p.**].