Eesti koolinoorte 51. füüsikaolümpiaad

31. jaanuar 2004. a. Piirkondlik voor

Põhikooli ülesannete lahendused

Eessõna

Käesoleval lahendustelehel on toodud iga ülesande üks õige lahenduskäik. Kõik alternatiivsed õiged lahenduskäigud annavad samuti täisarvu punkte. Iga alternatiivse lahenduskäigu jaoks tuleb kontrollijatel koostada hindamisskeem juhindudes juuresoleva hindamisskeemi punktijagamisproportsioonist.

Soovituslikud maha-arvamise 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* punktiga; üksik viga lähtevalemis *0,5 p.* (märk) kuni 50% (sisuline viga).

1. ülesanne

Rongi kiirus jalgratturi suhtes on

$$v' = \frac{l}{\Delta t} = \frac{140\ \mathrm{m}}{8\ \mathrm{s}} = 17{,}5\ \mathrm{m/s} = 63\ \mathrm{km/h} \quad (\textit{2 p.}).$$

Rongi tegelik kiirus on rongi suhtelise kiiruse v' ja jalgratturi kiiruse v_1 summa:

$$v = v' + v_1 = 63\ \mathrm{km/h} + 12\ \mathrm{km/h} = 75\ \mathrm{km/h} \quad (\textit{2 p.}).$$

2. ülesanne

Kõik tihedused tuleb avaldada $\rho_3 = 1270\,\mathrm{kg/m^3}$ kaudu ja kõik ruumalad $V_1 = 100\,\mathrm{ml}$ kaudu.

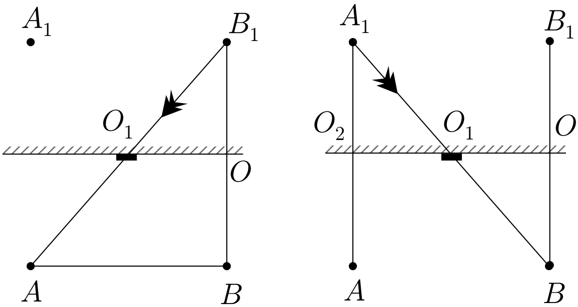
$$\rho_2 = \rho_3 - 270\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} = 1000\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} \quad (\textit{1 p.}).$$

$$\rho_1 = \frac{\rho_2}{1{,}27} = \frac{1000}{1{,}27}\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}} \quad (\textit{1 p.}).$$

$V_2 = 1{,}27 V_1 = 127$ ml (*1 p.*). $V_3 = 1{,}27 V_2 = 1{,}27 \cdot 127$ ml (*1 p.*). Teades valemit $m = \rho V$ (*0,5 p.*) jääb nüüd üle ainult tihedused ja massid omavahel korrutada: $m_1 = 0{,}0787$ kg (*0,5 p.*) $m_2 = 0{,}127$ kg (*0,5 p.*) ja $m_3 = 0,205$ kg (*0,5 p.*).

3. ülesanne

Näeme, et 10-sendiline asub jälle suletud silma kujutise kohal (*1 p.*). Suletud silma B kujutis tekib peegli taha punkti $B_1 (BO = OB_1)$ (*1 p.*). Seda me näeme lahtise silmaga A ja katame nähtava kujutise 10-sendilisega kinni punktis O_1. Kolmnurgad B_1OO_1 ja B_1BA on sarnased (kõik nurgad on vastavalt võrdsed) (*2 p.*). Kuna $B_1O = B_1B/2$, siis ka $O_1O = AB/2$. (*1 p.*)



Kui suleme teise silma (A), siis punktis O_1 olev 10-sendiline katab jälle suletud silma kujutise (A_1), sest $OO_1 = O_1O_2$ (*1 p.*).

4. ülesanne

Et tegemist on kahe identse risttahukaga, siis on ka nende ruumalad võrdsed. Tähistame seda V. Musta risttahuka rõhk:

$$p_m = \frac{F_m}{S} = \frac{\rho_m V g}{S} \quad (\textit{2 p.}).$$

Kehade süsteem avaldab vee all rõhku:

$$p = \frac{F_v + F_m - F_ü}{S} = \frac{(\rho_v + \rho_m - 2\rho)\, V g}{S} \quad (\textit{2 p.}).$$

Avaldades V mõlemast valemist, saame:

$$\frac{p_m S}{\rho_m g} = \frac{pS}{(\rho_v + \rho_m - 2\rho)\, g} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_m}{\rho_m} = \frac{p}{\rho_v + \rho_m - 2\rho} \quad (\textit{2 p.}).$$

Kuna $\rho_m = 2\rho_v$, saame:

$$\frac{p_m}{2\rho_v} = \frac{p}{\rho_v + 2\rho_v - 2\rho} = \frac{p}{3\rho_v - 2\rho}\,,$$

$$2\rho_v p = p_m\,(3\rho_v - 2\rho) = 3\rho_v p_m - 2\rho p_m\,,$$

$$\rho_v = \frac{2\rho p_m}{3p_m - 2p} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 100}{3 \cdot 100 - 2 \cdot 110} = \frac{200}{80} = 2{,}5\ \mathrm{g/cm^3} \quad (\textit{2 p.}).$$

5. ülesanne

Stabiliseerunud temperatuuril on plekk-kruusi kiirgamisvõimsus võrdne keeduspiraali võimsusega (*2,5 p.*). Kui keeduspiraal välja lülitada, siis kruusitäis jahtub võimsusega

$P = 100$ W. Kiirgusvõimsuse muutumist 1°C temperatuuri muudu juures mitte arvestades on soojusbalansi võrrand $P\tau = cm\Delta t$ (*3 p.*), millest $\tau = cm\Delta t/P$ (*1,5 p.*), $\tau = 42$ s (*1 p.*).

6. ülesanne

Olgu liikuva raja pikkus S, selle kiirus u, sääse kiirus v ning Kalevi kiirus w. Sääsk liigub Hennu suhtes kiirusega $v + u$ (*1 p.*), seega jõuab sääsk Henuni ajaga $t_0 = S/(u + v)$ (*2 p.*). Tagasi jõuab sääsk ajaga $t = 2t_0 = 2S/(u + v)$ (*1 p.*). Kalev jõuab liikuva raja lõppu ajaga $t_1 = S/(u + w)$ (*2 p.*). Et sääsk jõuaks Kalevini enne seda, peab kehtima $t \le t_1$ (*1 p.*). Piirjuhul saame võrrandi:

$$\frac{2S}{u+v} = \frac{S}{u+w} \quad (\textit{1 p.}) \quad \Rightarrow \quad v = u + 2w = 3{,}4 \text{ m/s} \quad (\textit{2 p.}).$$

7. ülesanne

Olgu edasi-tagasi tee pikkus s, punase auto kiirus v_p ja sinise auto kiirus v_s. Siis punane auto läheneb sinisele autole tagantpoolt kiirusega $v_p - v_s$ (*1 p.*) ning $t_1 = 12$ minutiga "süüakse ära" täisringine edumaa s, st $s = (v_p - v_s)\,t_1$ (*2 p.*). Eestpoolt läheneb punane auto sinisele autole kiirusega $v_p + v_s$ (*1 p.*), peale kohtumist hakkab sellise kiirusega kahanema täisring, mis tuleb punase auto ninast ühte teeotsa, sealt teise teeotsa ning lõpuks sinise auto ninani: $s = (v_p + v_s)\,t_2$, kus $t_1 = 4$ min (*2 p.*). Otsime suurusi $t_s = s/v_s$ ja $t_p = s/v_p$. Paneme tähele, et eespooltoodud võrrandid võib ümber kirjutada kujul

$$\frac{1}{t_p} - \frac{1}{t_s} = \frac{1}{t_1} \quad (\textit{1 p.}), \qquad \frac{1}{t_p} + \frac{1}{t_s} = \frac{1}{t_2} \quad (\textit{1 p.}).$$

Liites need võrrandid omavahel leiame

$$t_p = 2\left(\frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_1}\right)^{-1} = 6 \text{ min} \quad (\textit{2 p.}).$$

ja lahutades:

$$t_s = 2\left(\frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1}\right)^{-1} = 12 \text{ min} \quad (\textit{2 p.}).$$

8. ülesanne

Olgu S anuma aluse pindala, ρ_1 ja ρ_2 vastavalt esimese ja teise vedeliku tihedused. Algolekus anuma ning teise vedeliku raskusjõud tasakaalustavad anumale mõjuvat esimese vedeliku ülestõukejõudu: $Mg + \rho_2 Shg = \rho_1 SHg$ (*3 p.*). Keha lisamisel toimub mõlema vedeliku väljatõrjumine massi m poolt (*2 p.*). Saame tingimuse $m = \rho_2 S\Delta h = \rho_1 S\Delta H$ (*3 p.*). Avaldame siit $\rho_2 S$ ja $\rho_1 S$:

$$\rho_2 S = \frac{m}{\Delta h} \quad (\textit{0,5 p.}), \qquad \rho_1 S = \frac{m}{\Delta H} \quad (\textit{0,5 p.})$$

ning asendame esimesse võrrandisse:

$$Mg + \frac{mgh}{\Delta h} = \frac{mgH}{\Delta H} \quad (\mathit{1\ p.}) \quad \Rightarrow \quad \Delta h = \frac{mh\Delta H}{mH - M\Delta H} = 4{,}5\ \mathrm{cm} \quad (\mathit{2\ p.}).$$

Alternatiivlahendus: Anumale mõjuva Archimedese jõu suhteline muutus on võrdne anuma bruto-massi suhtelise muuduga: $(M + m_v)/m = H/\Delta H$ (*4 p.*), kus m_v tähistab vedeliku massi anumas. Rõhu suhteline muutus anuma põhjas on võrdne anuma sisu massi suhtelise muuduga: $m_v/m = h/\Delta h$ (*4 p.*). Asnedades teise võrrandi esimesse leiame

$$\frac{M}{m} = \frac{H}{\Delta H} - \frac{h}{\Delta h} \quad (\mathit{2\ p.}) \quad \Rightarrow \quad \Delta h = \frac{h}{H/\Delta H - h/\Delta h} = 4{,}5\ \mathrm{cm} \quad (\mathit{2\ p.}).$$

9. ülesanne

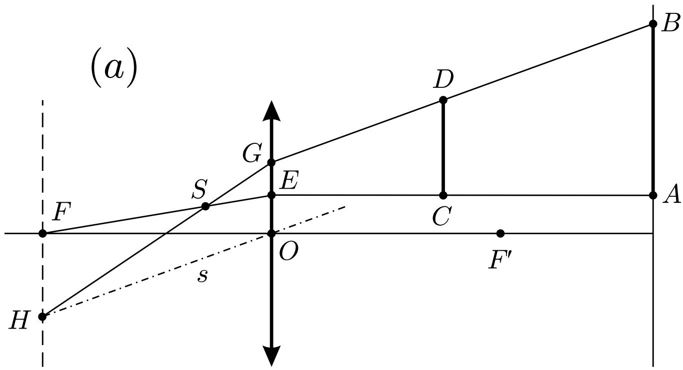
Silindrilises torus on vedelike kõrguste muutumise suhe sama temperatuurivahemiku korral võrdne vedelike ruumpaisumistegurite suhtega (*1 p.*). See suhe on $11/1{,}5 = 7{,}33$ (*1 p.*). Vähendades toru läbimõõtu 2 korda, väheneb tema ristlõikepindala 4 korda (*1 p.*) ja seetõttu muutub ka vedeliku taseme muutmise ulatus 4 korda fikseeritud temperatuurimõõdu korral (*1 p.*). Seega muutub veetase skaalal temperatuuri muutumisel 11° C võrra $4 \cdot 1{,}5^\circ$ C$= 6^\circ$ C (*1 p.*), mis on ilmselt ebapiisav algselt gradueeritud skaala jaoks (*1 p.*). Et kompenseerida vajakajäämist, on vaja suurendada paisuvat ruumala, st. reservuaari (*1 p.*). Olles juba suurendanud termomeetri näidu efektiivsust 4 korda toru läbimõõdu vähendamise kaudu, jääb puudu $7{,}33/4 = 1{,}83$ korda (*1 p.*), mille võrra peame suurendama reservuaari ruumala (*1 p.*). Kuna $V \sim r^3$ (*1 p.*), siis kerakujulise reservuaari läbimõõtu on vaja suurendada $\sqrt[3]{1{,}83} \approx 1{,}22$ korda ehk võtta reservuaar läbimõõduga 12,2 cm (*2 p.*).

Kui me prooviksime ehitada veetermomeetrit kasutades torusid esialgse diameetriga, siis peaksime me kasutama reservuaari läbimõõduga, mis on $\sqrt[3]{7{,}5} \approx 1{,}96$ korda suurem esialgsest reservuaarist ehk 19,6 cm. Kuna aga tehase laos nii suuri reservuaare ei ole, siis ainsaks väljapääsuks jääb peenemate torude kasutamine.

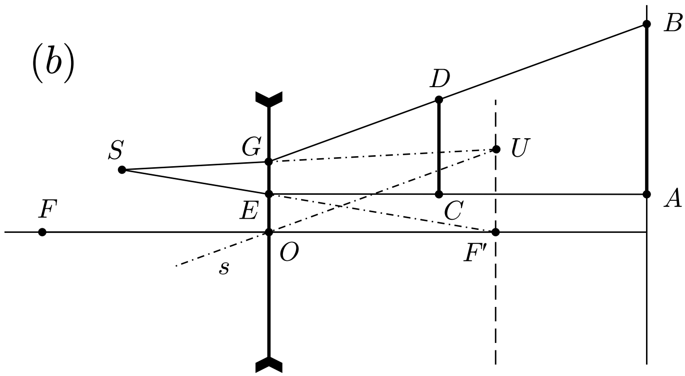
10. ülesanne

Tähistame punktid alljärgnevalt: varju alumine serv A, ülemine serv B; eseme alumine serva C, ülemine serv D; sirge AC lõikepunkt läätsega E, sirge BD lõikepunkt läätsega G, läätse keskpunkt O.

(a) Üks valgusallikalt lähtuv valguskiir peab läbima punkte A ja C ning teine — punkte B ja D, nende valguskiirte lõikepunkt annab meile valgusallika asukoha (*2 p.*). Esimese kiire rekonstrueerimiseks paneme tähele, et lõik AC on horisontaalne (*1 p.*) mistõttu peab kiir läbima fookust F ja valguskiireks on murdjoon AEF (*1 p.*). Teine kiir: tõmbame läbi O sirge s, mis on paralleelne BD-ga (*1 p.*), otsitav kiir peab



lõikuma s-ga (ekraanist kaugemal) fokaaltasandil. Teiseks kiireks on murdjoon BGH, kus H on s-i ja fokaaltasandi lõikepunkt (*1 p.*).



(b) Üks valgusallikalt lähtuv valguskiir peab läbima punkte A ja C ning teine — punkte B ja D, nende valguskiirte lõikepunkt annab meile valgusallika asukoha (*2 p.*). Esimese kiire rekonstrueerimiseks paneme tähele, et lõik AC on horisontaalne (*1 p.*) mistõttu peab valguskiire pikendus läbima fookust F' (ekraanipoolset) ja valguskiireks on murdjoon, mis moodustub lõigust AE ning lõigu $F'E$ pikendusest (*1 p.*). Teine kiir: tõmbame läbi O sirge s, mis on paralleelne BD-ga (*1 p.*), otsitav kiir peab lõikuma s-ga ekraanipoolsel fokaaltasandil, tähistame s ja antud fokaaltasandi lõikepunkti U-ga. Teiseks valguskiireks on murdjoon, mis moodustub lõigust BG ning lõigu UG pikendusest (*1 p.*).

E1. ülesanne

Statiivile kinnitatud vedrule kinnitatakse koormis ja leitakse stoppkella abil n võnkeks kulunud aja t, millest leitakse võnkeperiood T. Katset korratakse koormise erinevate massidega. Pendli võnkeperioodi sõltuvus koormise massist esitatakse katseandmete põhjal tabelina ning graafiliselt millimeetripaberil (teljestikus mT).

<u>*Hindamisskeem*</u>: Katse kirjeldus, kus on märgitud ka see, kui suure massiga koormisi antud vedru võimaldab kasutada (*2 p.*). Võnkeperioodi määramine ainult ühe võnke mõõtmisega (*1 p.*); kasutades seost $T = t/n$ (*1 p.*). Kordusmõõtmiste kasutamine (*1 p.*). Tabeli vormistamine, andmete kandmine tabelisse (*1 p.*). Kordusmõõtmistest aritmeetilise keskmise arvutamine (*1 p.*). Graafiku telgede õige määramine (*1 p.*). Graafiku mõõtkava (*1 p.*). Graafiku joonistamine (*1 p.*).

E2. ülesanne

<u>*Hindamisskeem*</u>: Traadi tihedus: $\rho = m/V$, kus traadi mass $m = \rho V$ (*1 p.*). Traadi ruumala $V = Sl$ (*1 p.*). Traadi ristlõike pindala $S = (\pi d^2)/4$ (*1 p.*). Mõõtmiste kirjeldus, kus on kirjeldatud ka kolmnurga kasutamist(*1 p.*). Traadi pikkuse määramine (ühe keeru pikkus korda keerdude arv, kus keeru pikkus $c = \pi d$)(*1 p.*). Keeru läbimõõdu mõõtmine: kui on arvestatud ainult keraamilise silindri või traadi kihi läbimõõtu (*1 p.*), kui on arvestatud traadikeeru välis- ja siseläbimõõtu ning on leitud keeru läbimõõdu aritmeetiline keskmine (*2 p.*). Traadi läbimõõdu määramine:

$$\text{traadi läbimõõt} = \frac{\text{mähise pikkus}}{\text{keerdude arv}} \quad (\textit{1 p.}).$$

Traadi massi arvutamine (*1 p.*).