Eesti koolinoorte 63. füüsikaolümpiaad

27. veebruar 2016. a. Piirkondlik voor.
Põhikooli *ülesannete lahendused*

Eessõna

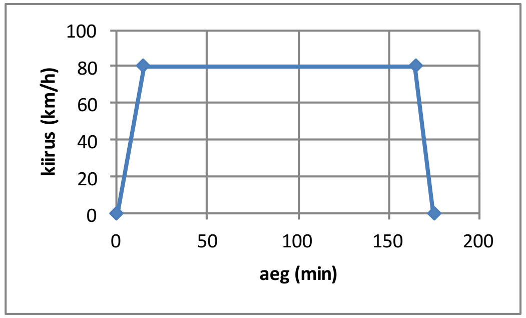
Allpool on toodud iga ülesande üks õige lahenduskäik (mõnel juhul ka enam). Kõik alternatiivsed õiged lahenduskäigud tuleb hinnata samuti maksimumhindega. Iga alternatiivse lahenduskäigu jaoks tuleb kontrollijatel koostada hindamisskeem, juhindudes võimalusel juuresoleva hindamisskeemi punktijagamisproportsioonist. 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. (*KÄRBES PEEGLIS*) (*6 p.*) Kui mingi ajavahemiku vältel liigub peegel kärbsest eemale kauguse a võrra, eemaldub kärbse kujutis peeglis kärbsest kauguse $2a$ võrra [**2 p.**].
Kui sama ajavahemiku vältel liigub ka kärbes peegliga samas suunas kauguse $2a$ võrra, tuleb kärbse kujutis kärbsele lähemale kauguse $2a$ võrra [**2 p.**].
Järelikult, et kärbse kujutis peeglis jääks liikumatuks peab peegel liikuma kärbsest eemale kärbse kiirusest kaks korda väiksema kiirusega ehk $v' = \frac{v}{2}$ [**2 p.**].

2. (*RONG*) (*6 p.*) Keskmine kiirus v_k avaldub

$$v_k = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Liikumine koosneb kolmest etapist: kiirenev, ühtlane ja aeglustuv liikumine. Rongi poolt läbitud teepikkus on võrdne kiiruse graafiku aluse pindalaga [**1 p.**].



$$v_k = \frac{s}{t} = \frac{\frac{vt_1}{2} + vt_2 + \frac{vt_2}{2}}{t_1 + t_2 + t_3} \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Ajaühikute teisendused [**1 p.**].
Arvutused ja vastus $v_k = 74{,}3\,\mathrm{km/h}$ [**1 p.**].

3. (*TÖÖ*) (*8 p.*) Tähistame kogu töö tegemise aja t, siis kogutöö on $A = Nt$. Esimene keha tegi tööd

$$N_1 t_1 = 0{,}25Nt, \quad \text{millest} \quad t_1 = \frac{0{,}25Nt}{N_1} \quad [\mathbf{2\ p.}].$$

Teine keha tegi tööd

$$N_2 t_2 = 0{,}75Nt, \quad \text{millest} \quad t_2 = \frac{0{,}75Nt}{N_2} \quad [\mathbf{1\ p.}].$$

Avaldame keskmise võimsuse N töö ja aja kaudu $N = \frac{A}{t} = \frac{Nt}{t_1+t_2}$,

$$N = \frac{Nt}{\frac{0{,}25Nt}{N_1} + \frac{0{,}75Nt}{N_2}} = \frac{NtN_1N_2}{Nt(0{,}25N_2 + 0{,}75N_1)} = \frac{N_1N_2}{(0{,}25N_2 + 0{,}75N_1)} \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Teisendused N_1 avaldamiseks:

$$N_1 = \frac{0{,}25N_2N}{N_2 - 0{,}75N} = 1000\,\mathrm{W} \quad [\mathbf{2\ p.}],$$

$$t_1 = \frac{0{,}25 \cdot 1600\,\mathrm{W}t}{1000\,\mathrm{W}} = 0{,}4t \quad [\mathbf{1\ p.}].$$

Vastus: Esimese seadme võimsus oli 1000 W ja sellega töötati 40 % kogu tööajast.

4. (*VOLTMEETER*) (*8 p.*) Rööpühendusega skeemiosa takistus on

$$R_r = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{2R}} = \frac{2}{3}R \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

ning ahela kogutakistus $R_k = R_r + R = \frac{5}{3}R$ [**1 p.**]. Ahelat läbiv voolutugevus on seega

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_k} = \frac{3}{5}\frac{\mathcal{E}}{R} \quad [\mathbf{1\ p.}].$$

Ahela rööpühendusega osale langeb pinge $U_r = IR_r = \frac{2}{5}\mathcal{E}$ [**2 p.**], mis on sama kummalgi rööpühenduse osal. Sellest pingest omakorda pool langeb voltmeetriga ühendatud takistile [**1 p.**]. Niisiis, $U = \frac{1}{2}U_r = \frac{1}{5}\mathcal{E} = 1{,}8\,\mathrm{V}$ [**1 p.**].

5. (*VEEBOILER*) (*8 p.*) Selleks, et soojendada kogus vett massiga m algtemperatuurilt t_0 lõpptemperatuurile t, kulub soojushulk $Q = cm\,(t - t_0)$ [**1 p.**], kus c on vee erisoojus. Boileri küttekehast eraldub minutis soojushulk $Q_1 = N \cdot 60\,\mathrm{s}$ [**1 p.**], millest veele läheb soojushulk $\eta Q_1 = Q$ [**1 p.**]. Seega suudab boiler ühes minutis soojendada veekoguse, mille mass on

$$m_1 = \frac{\eta N \cdot 60\,\mathrm{s}}{c\,(t - t_0)} \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Kasutades massi ja ruumala seost $m = \rho V$ [**1 p.**], saame ühes minutis soojendatava vee ruumalaks

$$V_1 = \frac{\eta N \cdot 60\,\mathrm{s}}{\rho c\,(t - t_0)} \quad [\mathbf{1\ p.}].$$

Teame, et ühes kuupmeetris on 1000 liitrit ja seega on ühes minutis soojendatava vee ruumala liitrites

$$V_1 = \frac{5000\,\mathrm{W} \cdot 0{,}8 \cdot 60\,\mathrm{s}}{1000\,\mathrm{kg/m^3} \cdot 4200\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}} \cdot (40\,°\mathrm{C} - 14\,°\mathrm{C})} \cdot 1000\,\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{m^3}} \approx 2{,}2\,\mathrm{L} \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

ehk maksimaalne dušist väljuva sooja vee vooluhulk on $2{,}2\,\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{min}}$.

6. (*KERA VEES*) (*10 p.*) Kerale mõjuv üleslükkejõud on

$$F_{\ddot{u}} = \frac{4}{3}\rho g \pi R^3 \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Ühtlase kiirusega vedelikus tõusvale kehale mõjuvad jõud:

$$F_{\ddot{u}} - mg - F_t = 0 \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Ühtlase kiirusega vedelikus vajuvale kehale mõjuvad jõud:

$$F_{\ddot{u}} - (m + \Delta m)g + F_t = 0 \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Õiged jõudude märgid [**1 p.**].
Kuna takistusjõud on mõlemal juhul sama, saame kirjutada

$$F_{\ddot{u}} - mg = (m + \Delta m)g - F_{\ddot{u}}, \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

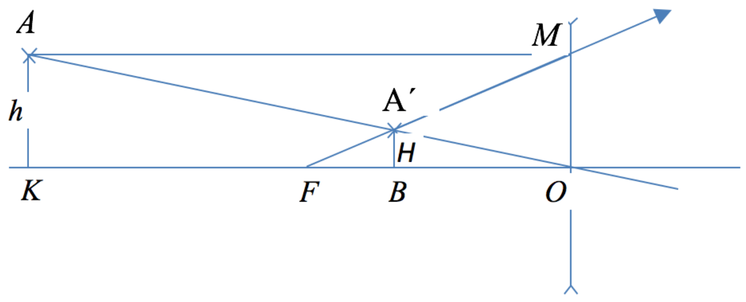
millest

$$\Delta m = \frac{2F_{\ddot{u}} - 2mg}{g} \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

ehk

$$\Delta m = \frac{8}{3}\pi R^3 \rho - 2m \quad [\mathbf{1\ p.}].$$

7. (*NÕGUSLÄÄTS*) (*10 p.*)



Joonise konstrueerimine [**2 p.**].
Märgata, et $AK = OM = h$ [**1 p.**]
Tähistame $A'B = H$, $KO = a$, $FO = f$ ja $BO = k$.
Kolmnurkade $\triangle FMO$ ja $\triangle FBA'$ sarnasusest selgub, et

$$\frac{h}{H} = \frac{OF}{FB} = \frac{f}{f-k}, \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

millest $hf - hk = Hf$, millest

$$f = \frac{hk}{h-H}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Et arvutada fookuskaugust tuleb teada kujutise kaugust.
Kolmnurkade $\triangle AKO$ ja $\triangle BOA'$ sarnasusest selgub, et

$$\frac{h}{H} = \frac{a}{k}, \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

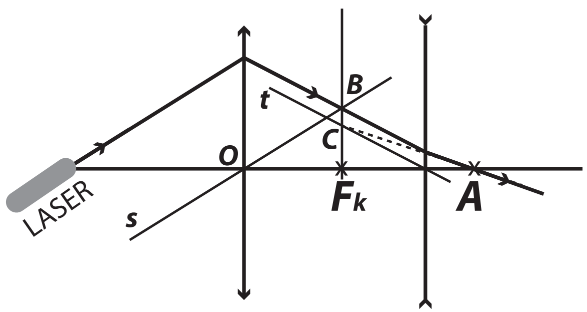
Asendades $a = 10 + k$, saame, et

$$\frac{h}{H} = \frac{10+k}{k} \quad \text{ning} \quad k = \frac{10H}{h-H} = 5\,\text{cm} \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

ning

$$f = \frac{hk}{h-H} = 7{,}5\,\text{cm}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

8. (*LÄÄTSE FOOKUS*) (*10 p.*)



Joonistame laseri kiirega paralleelse optilise kõrvaltelje s [**1 p.**]. Kumerläätsele langenud optilise kõrvalteljega paralleelne kiir lõikab pärast murdumist läätses fokaaltasandit punktis B, kus lõikuvad optiline kõrvaltelg s ja läätse fokaaltasand [**2 p.**]. (Fokaaltasand on tasand, mis on risti läätse optilise peateljega ja läbib fookust.) Et konstureerida valguskiire käik nõgusläätses, joonistame nõgusläätsele langevale kiirele paralleelse optilise kõrvaltelje t [**2 p.**]. Nõgusläätsele langenud optilise kõrvalteljega paralleelne kiir hajub pärast murdumist läätses, läbides punkti A [**1 p.**], nii et hajunud kiire pikendus lõikab optilist kõrvaltelge punktis C, kus lõikuvad optiline kõrvaltelg ja fokaaltasand [**2 p.**]. Jooniselt on näha, et läätsede fokaaltasandid ühtivad, järelikult ühtivad ka nende fookused [**2 p.**].

9. (*PAAT VEES*) (*10 p.*) Olgu paadi kiirus seisvas vees v, veevoolu kiirus u. Paadil lõpeb kütus kaugusel x linnast A.

Paadi ülesvoolu sõites kehtiv seos

$$v - u = \frac{s}{t_1} \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Allavoolu sõites kuni kütuse lõppemiseni kehtib seos

$$v + u = \frac{s-x}{t_k} \quad [\mathbf{3\ p.}]$$

ja pärast kütuse lõppemist

$$u = \frac{x}{t_2 - t_k} \quad [\mathbf{3\ p.}]$$

Lahendades kolmest võrrandist koosneva võrrandisüsteemi, saame

$$u = \frac{s(t_1 - t_k)}{t_1(t_2 + t_k)} = 3{,}75\,\text{km/h}$$

$$v = \frac{s(t_1 + t_2)}{t_1(t_2 + t_k)} = 6{,}25\,\text{km/h}$$

$$x = \frac{s(t_2 - t_k)(t_1 - t_k)}{t_1(t_2 + t_k)} = 6\,\mathrm{km} \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

10. (*KÜTUSEKULU LINNAS*) (*10 p.*) Kogu mootori poolt tehtud töö läheb peatumise järgselt autole kineetilise energia $E_k = mv^2/2$ andmiseks [**2 p.**]. Teisendame kiiruse SI ühikutesse: $v = 13{,}9\,\mathrm{m/s}$ [**1 p.**]. Kütuse massiga m_k põletamisel vabaneb energia $E_p = Mm_k$ [**1 p.**]. Osa kütuselt tulevast energiast kulub auto kineetilise energia suurendamiseks

$$\eta M m_k = \frac{mv^2}{2} \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

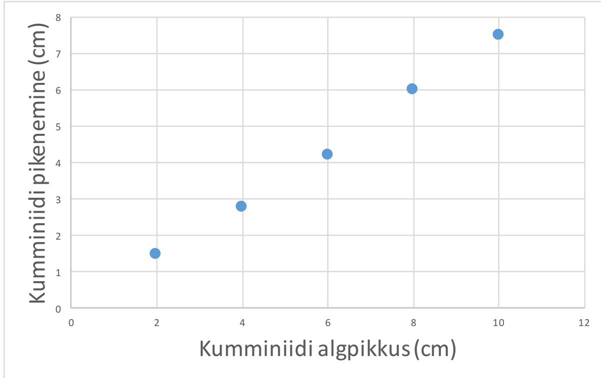
Vahemaa L läbimiseks kulub kütust $m_\mathrm{k} = \frac{E_k}{\eta M}$ [**1 p.**], millele vastab ruumala $V = m_\mathrm{k}/\rho$ [**1 p.**]. Leitud kütuse ruumala V kulub vahemaa $L = 500\,\mathrm{m} = 0{,}5\,\mathrm{km}$ läbimiseks. See aga tähendab, et sajale kilomeetrile kulub 200 korda rohkem kütust [**1 p.**]. Niisiis, otsitav auto kütusekulu on

$$k = V \cdot \frac{200}{100\,\mathrm{km}} = \frac{mv^2}{2\eta M \rho} \cdot \frac{200}{100\,\mathrm{km}} = 3{,}7\,\frac{\mathrm{L}}{100\,\mathrm{km}}. \qquad [\mathbf{2\ p.}]$$

E1.(*KUMMINIIT*)(*10 p.*) Graafiku joonistamiseks peame mõõtma kumminiidi pikenemise Δl erinevate algpikkuste l_0 korral. Korraliku graafiku saamiseks on vaja mõõta pikenemine vähemalt viie erineva algpikkuse puhul.

Kumminiidi pikenemise Δl leidmiseks mõõdame kumminiidi alg- ja lõpp-pikkuse $\Delta l = l_{\text{lõpp-pikkus}} - l_{\text{algpikkus}}$.

Kumminiidi algpikkuse ja pikenemise vahel valitseb lineaarne sõltuvus



Hindamisjuhend

Idee: hoida sõrmedega kumminiiti fikseeritud kohast ning mõõta algpikkust venimata olekus, seejärel riputada kumminiidi otsa koormis, mõõta lõpp-pikkus ja arvutada pikenemine - [**3 p.**]

Korrektselt teostatud mõõtmised - [**1 p.**]

Kumminiidi pikenemise arvutamine - [**1 p.**]

Graafiku telgede valik ja graafiku konstrueerimine - [**2 p.**]

Mõõtmine viie erineva algpikkuse korral - [**2 p.**] (3-4 algpikkust - [**1 p.**])

Seose tüübi määramine - [**1 p.**]

E2.(*PANGARÖÖVEL*)(*12 p.*) Selleks, et leida 10 kg 5-sendiste müntide arv, peame leidma ühe mündi massi. Selleks kasutame kangimeetodit. Kuna joonlaud on kolmnurkne, peame kõigepealt leidma selle raskuskeskme. Selleks asetame joonlaua laua servale (joonlaua skaala on laua servaga risti) ning leiame koha, kus joonlaua laua peal olev osa ning üle laua olev osa on tasakaalus [**1 p.**].

Edaspidistes mõõtmistes peab joonlaua asend olema laual nii, et joonlaua raskuskeskme asukoht ühtiks laua servaga ning joonlaua skaala on laua servaga risti [**2 p.**].

Asetame ühe mündi (näiteks 20-sendise) joonlaua laua peal oleva osa peale ning teise (5-sendise) mündi joonlaua teise otsa peale. Nüüd hakkame liigutama 20-sendist joonlaua keskpunkti poole ning leiame koha, kus joonlaud jääb tasakaalu [**2 p.**].

Vastavalt kangi reeglile on mündile mõjuvate raskusjõudude ja jõuõlgade korrutised võrdsed.

$$m_{20}g \cdot l_{20} = m_5 g \cdot l_5 \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Mõõtes müntide keskpunktide kaugused (l_{20} ja l_5) pöörlemisteljest [**2 p.**] ning teades 20-sendise mündi massi, saame 5-sendise mündi massiks

$$m_5 = \frac{5{,}7\,\mathrm{g} \cdot l_{20}}{l_5} \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Vastus täpsusega $3{,}9\,\mathrm{g} \pm 0{,}2\,\mathrm{g}$ - [**2 p.**], $3{,}9\,\mathrm{g} \pm 0{,}4\,\mathrm{g}$ - [**1 p.**].
Seega 10 kg müntide väärtus on

$$n = \frac{10\,\mathrm{kg}}{m_5} \cdot 0{,}05\,\mathrm{EUR} \approx 130\,\mathrm{EUR}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$