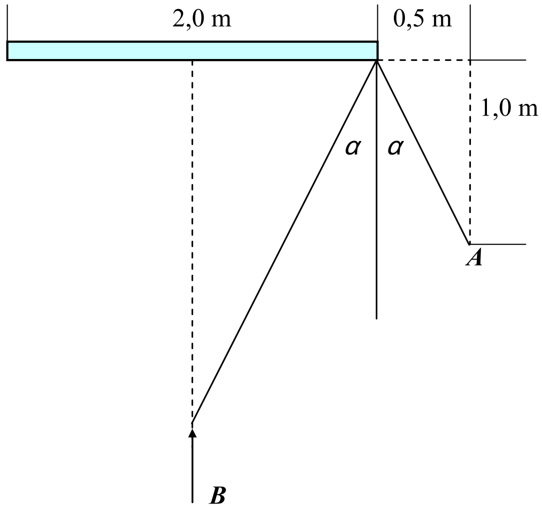
Eesti koolinoorte 59. füüsikaolümpiaad

14. jaanuar 2012. 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. (*PEEGEL*)



Joonis [**1 p.**]

Kolmnurkade sarnasus [**1 p.**]

Seos ja arvuline vastus $\frac{1\,\mathrm{m}}{x} = \frac{0{,}5\,\mathrm{m}}{1\,\mathrm{m}}$, siit $x = 2\,\mathrm{m}$ [**2 p.**].

2. (*KOER*)

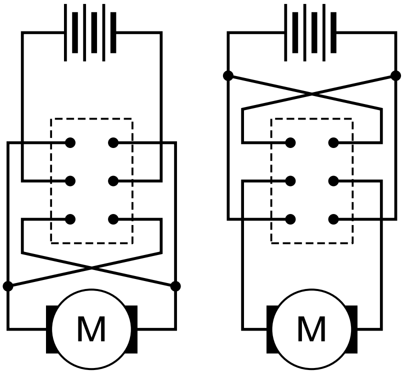
Paneme tähele, et koer jookseb kiirusega $v_3 = 10\,\mathrm{m/s}$ täpselt nii kaua kui Tarmol kulub kohale jõudmiseks aega. Tarmol kulub aega $t = \frac{s}{v_1}$. Seega $l = v_3 \frac{s}{v_1}$, $l = 2\,\mathrm{km}$.

Hindamisskeem

Koer jookseb täpselt nii kaua kui Tarmol kulub kohale jõudmiseks aega [**3 p.**]. Tarmol kulub aega $t = \frac{s}{v_1}$ [**1 p.**]. Seega $l = v_3 \frac{s}{v_1}$ [**1 p.**], arvuline vastus $l = 2\,\mathrm{km}$ [**1 p.**].

3. (*LÜLITI*)

Võimalikud ühendamisviisid on toodud joonisel. [**3 + 3 p.**]



4. (*BENSIINIKULU*)

Autol kulub $s = 100\,\mathrm{km}$ läbimiseks aeg $t = s/v$ [**1 p.**]. Selle ajaga kulutab mootor energiat $Q = Pt$ [**1 p.**]. Vastava energia saamiseks kulub $V = Q/\rho$ bensiini [**1 p.**]. Siit saab nüüd leida kütusekulu 100 km kohta.

$$V = \frac{Ps}{v\rho} \quad [\mathbf{4\ p.}] = \frac{58\,\mathrm{kW} \cdot 100\,\mathrm{km}}{90\,\mathrm{km/h} \cdot 35\,\mathrm{MJ/l}} \approx 6{,}6\,\mathrm{l} \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

5. (*KOLKSATUSED*)

Vaguniratta kolksatus toimub ratta üleminekul ühelt rööpalt järgmisele rööpale [**1 p.**]. Teatud arvu kolksatuste jooksul läbib vagun vahemaa ns [**1 p.**], kus n on kolksatuste arv ja s rööpa pikkus.

Kuna $s = vt$ [**1 p.**], saab panna kirja seose $ns = vt$ [**2 p.**].

Teisendades kiiruse $v = \frac{n \cdot 1000}{3600}$[**1 p.**],

saab seose avaldada kujul $n \cdot 25 = \frac{n \cdot 1000}{3600} \cdot t$ [**1 p.**], millest $t = 90\,\mathrm{s}$ [**1 p.**].

6. (*VÕIDUSÕIDUAUTO*)

Paneme tähele, et võidusõiduauto keskmine kiirus esimese kahe ringi jooksul peab samuti olema $v = 50\,\mathrm{m/s}$, ehk siis $v = \frac{2l}{t_1+t_2}$. Sellest saame, et $t_2 = \frac{2l}{v} - t_1$, $t_2 = 99\,\mathrm{s}$.

Hindamisskeem

Võidusõiduauto keskmine kiirus esimese kahe ringi jooksul peab samuti olema $v = 50\,\mathrm{m/s}$ [**4 p.**]. Võrrand esimese kahe ringi keskmise kiiruse kohta $v = \frac{2l}{t_1+t_2}$ [**1 p.**]. Avaldada $t_2 = \frac{2l}{v} - t_1$ [**2 p.**], arvuline vastus $t_2 = 99\,\mathrm{s}$ [**1 p.**].

7. (*TÜNN*)

Tühja tünni korral kehtib seos $mg = \frac{\rho_v V g}{10}$.[**2 p.**]

Vedelikku täis tünni korral kehtib seos $(m + \rho V)g = \frac{9\rho_v V g}{10}$.[**2 p.**]

Taandades ruumala V ja g saame $\frac{\rho_v}{10} + \rho = \frac{9\rho_v}{10}$, millest $\rho = \frac{8}{10}\rho_v$ [**3 p.**]

Vastus $\rho = 800\,\mathrm{kg/m^3}$.[**1 p.**]

8. (*KÜTTESÜSTEEM*)

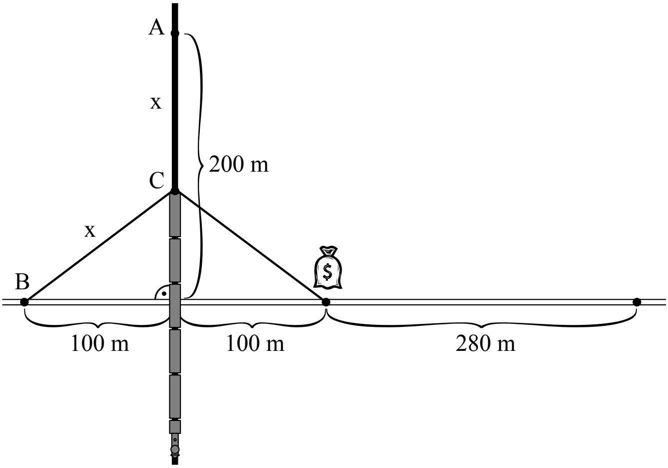
Mingi ajavahemiku Δt jooksul kaotab koolimaja väliskeskkonda soojust $Q_1 = N\Delta t$, sama palju soojust peavad andma selle aja jooksul talle radiaatorid [**1 p.**]. Toru ristlõike pindala on $S = \frac{\pi D^2}{4}$ [**1 p.**]. Aja Δt jooksul küttesüsteemi siseneva ja ühtlasi sellest väljuva vee ruumala on seega $V = Sv\Delta t$ [**2 p.**], kus v on otsitav veevoolu kiirus, ning mass $m = \rho V = \rho S v \Delta t$ [**1 p.**]. Radiaatorites eraldub soojushulk $Q_2 = mc(t_0 - t_1)$ [**1 p.**]. Kuna $Q_1 = Q_2$, saame võrrandi

$$N\Delta t = \rho\frac{\pi D^2}{4} v\Delta t c(t_0 - t_1), \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

millest

$$v = \frac{4N}{\pi D^2 \rho c(t_0 - t_1)} = 0{,}15\ \mathrm{m/s}. \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

9. (*KAUBOID*)



Rongi ja kauboide kiirus on 72 km/h = 20 m/s [**0,5 p.**]. Frankil kullani jõudmiseks kulunud aeg on leitav valemi $t = s/v$ järgi:

$$t_F = \frac{280\ \text{m}}{20\ \text{m/s}} = 14\ \text{s.}\ [\mathbf{1\ p.}]$$

Esimesel juhul peab Bill ootama kuni rong läbib oma pikkuse jagu maad ning seejärel ratsutama ristteest kullani. Kokku kulub seega

$$t_{B1} = \frac{200\ \text{m}}{20\ \text{m/s}} + \frac{100\ \text{m}}{20\ \text{m/s}} = 15\ \text{s.}\ [\mathbf{1\ p.}]$$

Aega, mis kulub Billil raudteeni jõudmiseks siin eraldi arvestama ei pea, sest see on ilmselgelt väiksem alghetkest rongi möödumiseni kuluvast ajast.
Teisel juhul ei saa Bill rongi eest mööda ratsutada, sest võrdsete kiiruste tõttu ei jõuaks ta kunagi rongist ette [**1,5 p.**]. Jääb üle rongist tagantpoolt mööda sõita. Vähim aeg kulub juhul, kui tühjal maal liikuda sirgjooneliselt ja tagumisest vagunist mööduda võimalikult lähedalt ehk Bill ja rongi tagumine ots jõuavad punkti C täpselt samal ajal (vaata joonist) [**1,5 p.**]. Võrdsete kiiruste tõttu on võrdsed ka lõigud AC ja BC [**1 p.**], mille pikkust tähistame x-ga. Tekib täisnurkne kolmnurk, mille külgede pikkused meetrites on: hüpotenuus x, üks kaatet 100 ja teine kaatet $200 - x$. Täisnurkses kolmnurgas kehtib Pythagorase teoreem: $a^2 + b^2 = c^2$, kus a ja b on kaatetite ning c hüpotenuusi pikkus. Seega saame kirjutada võrrandi

$$100^2 + (200 - x)^2 = x^2.\ [\mathbf{1{,}5\ p.}]$$

Pärast sulgude avamist koonduvad x-i ruutliikmed välja ja saame lihtsa lineaarvõrrandi, mille lahendiks on $x = 125$ (m) [**1 p.**]. Kullani jõudmiseks peab Bill läbima vahemaa $2x$ ja selleks kulub

$$t_{B2} = \frac{2 \cdot 125 \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = 12{,}5 \text{ s. } [\mathbf{1\ p.}]$$

Eraldi võib vaadelda vahepealset juhtu, kus Bill jõuab raudteeni punktis A', mis jääb punkti A ja risttee vahele. Seal ootab ta rongi möödumist ja kappab siis otsejoones kullani. Ajaliselt on see võrdväärne juhuga, kus Bill punktis A' ootamise asemel ratsutaks raudteega paralleelselt rongi otsale vastu ja selleni jõudes koos rongiga tagasi punkti A', pärast mida ta eemalduks raudteest ja sööstaks otse kulla poole. See võtaks aga kauem aega, kui pärast rongi lõpuni jõudmist kohe kulla poole liikumisel, mis tähendab, et igasugune ootamine ei ole mõistlik ja t_{B2} on vähim võimalikest.

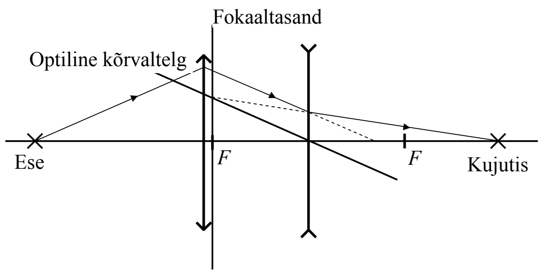
10. (*LÄÄTS*)

Nõgusläätse ette tuleb paigutada koondav lääts, mille optiline peatelg ühtib nõgusläätse optilise peateljega [**2 p.**].

Koondava läätse optilise tugevuse arvuline väärtus peab olema suurem nõgusläätse optilise tugevuse arvulisest väärtusest, sest ainult sel juhul käitub kogu läätsede süsteem valgust koondavana [**2 p.**].

Joonis. Idee [**1 p.**]. Joonistame nõgusläätse optilise kõrvaltelje, mis on paralleelne nõgusläätsele langeva valguskiirega [**1 p.**] ja nõgusläätse eesmise fokaaltasandi [**1 p.**]. Nõgusläätsesele langev optilise kõrvalteljega paralleelne valguskiir murdub nõgusläätses nii, et selle kiire pikendus läbib punkti, kus lõikub nõgusläätse konkreetne optiline kõrvaltelg eesmise fokaaltasandiga [**1 p.**].

Analüüsime joonise abil kumerläätse ja nõgusläätse omavahelist asetust. Kuna hajutav ja koondav lääts asuvad teineteisest eemal, siis peab valgusallika kaugus koondavast läätsest olema selline, et koondavast läätsest langeks nõgusläätsele valguskiir, mis lõikuks läätsede optilise peateljega nõgusläätse ja selle tagumise fookuse vahel. Ainult sellisel juhul on valgusvihk ka pärast nõgusläätse koonduv [**4 p.**].



E1. (*PABER*)

Kiri ”$80\,\mathrm{g/m^2}$”tähendab, et paberi iga ruutmeetri mass on $80\,\mathrm{g}$. $80\,\mathrm{g/m^2}$ võib tähistada näiteks tähega r. Kasutades ühikut, saab tuletada valemi $r = m/S$, kus m on paberilehe mass ja S on pindala.

Paberilehe pindala $S = ab$, kus a ja b on paberilehe mõõtmed.

Paberilehe mass $m = rS$ [**1 p.**].

Paberilehe paksuse määramiseks voltida leht kokku ja mõõta joonlauaga saadud paki paksus, paki paksus jagada paberikihtide arvuga [**1 p.**]. Paberilehe paksus $d = L/n$, kus L on paki paksus ja n on paberi kihtide arv pakis [**1 p.**].

Mõõtmised: Paberilehe pikkuse ja laiuse mõõtmine [**1 p.**]. Paberipaki paksuse mõõtmine [**1 p.**].

Arvutused: Paberilehe pindala [**1 p.**]. Paberilehe mass koos ühikuga [**1 p.**]. Paberilehe paksus koos ühikuga [**1 p.**].

E2. (*PENDEL*)

Katse läbiviimiseks tuleb niidijupp siduda mutri külge ja niidi teine ots fikseerida kinnitusklambri vahele.

Seejärel tuleb mõõta niidi pikkus (mutri massikeskmest kinnituskohani) ja mõõta võnkeperiood. Võnkeperioodi täpseks määramiseks tuleb stopperiga mõõta aeg, mis kulub mitme võnke tegemiseks (>5), ja jagada see võngete arvuga.

Konstandi α võimalikult täpseks hindamiseks tuleb katseid korrata. (Niidi pikkust võib, kuid ei pea varieerima.)

Vastus tuleb matemaatilise pendli teooriast $\alpha = \pi/\sqrt{g} \approx 2\,\mathrm{s/m^{0,5}}$, korrektselt läbi viidud katse tulemus ei erine sellest rohkem kui 10%.

Hindamisskeem:

Katse idee [**2 p.**]

Võnkeperioodi mõõtmisel n võnkeks (>5) kulunud aja lugemine ja sellest võnkeperioodi arvutamine [**1 p.**]. Kui on mõõdetud ainult üheks võnkeks kulunud aeg, siis seda punkti ei saa.

Korduskatsed [**3x1 p.**] (iga korduskatse annab ühe punkti, maksimaalselt 3).

Arvutus $\alpha = \frac{T}{\sqrt{l}}$ iga katseseeria jaoks [**3x0,5 p.**], mitme mõõtmise korral α keskmistamine.[**0,5 p.**]

Realistlik vastus (±10%) [**2 p.**]