Eesti koolinoorte 58. füüsikaolümpiaad

29. jaanuar 2011. a. Piirkondlik voor. Põhikooli ülesannete lahendused

Eessõna

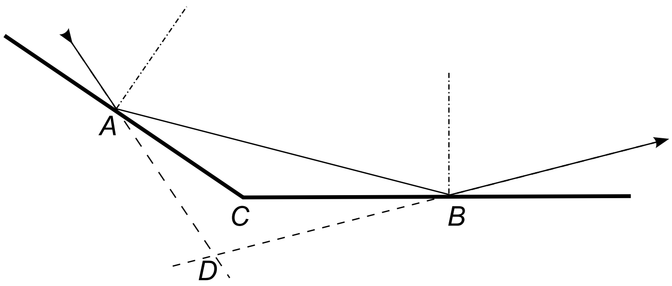
Allpool on toodud iga ülesande üks õige lahenduskäik (mõnel juhul ka enam). Kõik alternatiivsed õiged lahenduskäigud tuleb hinnata samuti maksimumhindega. Iga alternatiivse lahenduskäigu jaoks tuleb kontrollijatel koostada hindamisskeem, juhindudes võimalusel juuresoleva hindamisskeemi punktijagamisproportsioonist.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

Vaatleme orava liikumist seisva rongiga seotud taustsüsteemis piki raudteed suunatud koordinaattelje sihis (x-telg). Jõudmaks maksimaalsele kaugusele vaguni servast, peab orav esimene hüpe toimuma risti valitud koordinaattelje sihiga, tema kiirus piki x-telge on null ja x-koordinaadi väärtus ei muutu. Teise rongi vaguni katusel liigub orav valitud (seisva rongiga seotud) taustsüsteemis kiirusega v ja läbib vahemaa vt_1. Tagasihüppel, mis toimub nüüd risti x-teljega aga teise rongiga seotud taustsüsteemis (see tagab jälle maandumiskoha maksimaalse kauguse vaguni servast) on orava kiirus seisva vaguniga seotud taustsüsteemis v (teise rongi kiirus) ja ta läbib selles tausüsteemis piki x-telge vahemaa vt_2. Seega on orava endise ja uue asukoha vahe seisva vaguni katusel $s = v(t_1 + t_2) = 10(2 + 0{,}5) = 25$ m. Vastus: $s = 25$ m.

Hindamisjuhend:
1) Arusaamine, et esimest hüpet pole vaja arvestada. [**2 p.**]
2) Arusaamine, et kui orav on rongi katusel ja hüppel pärast seda liigub orav x-suunas teise rongi kiirusega. [**1 p.**]
3) Valemi $s = vt$ teadmine. [**1 p.**]
4) Lõppvalemi tuletamine. [**1 p.**]
5) Õige numbriline vastus. [**1 p.**]

2. (*TASAPEEGLID*)



Joonise tegemine [**2 p.**].

Vaatleme kolmnurka ABC. Tipu C juures on nurk 150°. Tipu A juures on peegeldumisseaduse järgi nurk 20° [**1 p.**]. Seega tipu B juures on nurk 10° [**1 p.**].

Vaatleme kolmnurka ABD. $\angle CAD$ on tipunurgana 20° [**1 p.**]. Seega kolmnurga tipu A juures on nurk 40°. Sarnaselt on tipu B juures kolmnurga nurk 20° [**1 p.**]. Seega tipu D nurk on 120° [**1 p.**] ja kõrvalekalde suurus on $180° - 120° = 60°$ esialgsest suunast [**1 p.**].

3. (*SUHKRUTÜKID*)

Suhkrutükkide lahustumisel saavad molekulid lahkuda ainult pinna kaudu [**1 p.**]. Seega on molekulide arvu kahanemine ajas võrdeline pindalaga [**1 p.**]. Välimises kihis asunud molekulide arv on samuti võrdeline pindalaga [**2 p.**]. Seega ei sõltu ühe kihi molekulide lahkumiseks vajalik aeg kera raadiusest ja tüki raadiuse kahanemise kiirus on ajas muutumatu [**2 p.**]. Kuna suhkrutükkide raadiuste kuupide suhted on proportsionaalsed tükkide masside suhetega, võtab suurema tüki lahustumine aega $t = 30 \cdot \sqrt[3]{2} \approx 38$ sekundit [**2 p.**].

4. (*TAMM*)

Sügavusel x veepinnast on veesamba põhjustatud rõhk $p = \rho g x$. Kitsale tammiribale väga väikese kõrgusega Δx ja pikkusega l mõjub jõud $\Delta F = pl\Delta x = \rho lgx\Delta x$. Näeme, et see jõud ΔF on võrdeline sügavusega, olles 0 kui $x = 0$ ja $\rho lgh\Delta x$ kui $x = h$, keskmine on $\frac{1}{2}\rho lgh\Delta x$. Kogujõud on summa kõikidest ΔF-idest, seega kokku $F = \frac{1}{2}\rho lgh^2 = 2{,}45 \cdot 10^7 N$.

Hindamisjuhend:
1) Rõhu valem sügavusel x [**2 p.**]
2) Jõud=rõhk*pindala [**1 p.**]
3) Keskmise leidmine (kas siis keskmise rõhu või jõu leidmine) ja põhjendus [**3 p.**]
4) Lõppvastus [**2 p.**]

5. (*VASKRÕNGAS*)

Rõnga takistus $R_{\bigcirc} = \rho\frac{l}{S}$ [**1 p.**], Traadi ristlõikepindala on $S = \frac{\pi d^2}{4}$ [**1 p.**]. Seega $R_{\bigcirc} = \frac{4\rho l}{\pi d^2}$ [**1 p.**], mis teeb rõnga takistuseks $R_{\bigcirc} = 1{,}30\,\Omega$. [**1 p.**] Rõnga osade takistused on vastavalt 2/3 ja 1/3 sellest takistusest ehk $R_1 = 0{,}87\,\Omega$ ja $R_2 = 0{,}43\,\Omega$ [**2 p.**]. Kuna rõnga kaared kui takistid on elektriliselt ühendatud rööbiti, siis vooluringi kogutakistus $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Arvuliselt $R = 0{,}29\,\Omega$ [**1 p.**]. Lähtudes Ohmi seadusest saame pinge rõnga punktide A ja B vahel $U = IR$ ehk $U = 0{,}06$ V [**1 p.**].

6. (*RADIAATORID*)

Veehulk massiga m annab ära soojushulga $Q = cm(t_s - t_v)$, mis kütab ruumi. Võimsuse saamiseks tuleb antud soojushulk jagada ajaga, mis kulub selle veehulga sisenemiseks radiaatorisse.

$$N = c\frac{m}{t}(t_s - t_v)$$

Kuna mõlemat radiaatorit läbib ajaühikus võrdne kogus vett, määrab võimsuste suhte sisenevate ja väljuvate temperatuuride muutude suhe. Teise radiaatori võimsus on suurem

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{t_{2s} - t_{2v}}{t_{1s} - t_{1v}} = 1{,}5 \text{ korda.}$$

Hindamisjuhend:
1) Soojushulga leidmine. [**2 p.**]
2) Võimsusele üleminek. [**3 p.**]
3) Võimsuste suhte avaldamine. [**2 p.**]
4) Õige arvväärtus. [**1 p.**]

7. (*JÄÄKARU*)

Olgu panga ruumala V ja jää tihedus ρ_j [**1 p.**]. Raskusjõu ja üleslükkejõu tasakaalust (ujumise tingimusest) saame

$$0{,}99\rho_v V = V\rho_j + M. \quad [\mathbf{3\ p.}]$$

Hülge massi lisamisel vajub kogu pank vee alla. Siit saame tingimuse:

$$V\rho_v = V\rho_j + M + m. \quad [\mathbf{4\ p.}]$$

Lahendades ρ_j suhtes, saame

$$\rho_j = \rho_v\left(0{,}99 - (1 - 0{,}99)\frac{M}{m}\right) \approx 0{,}9 \text{ g/cm}^3. \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

8. (*MOOTORPAAT*)

Vaatleme paadi liikumist parvega seotud taustsüsteemis [**2 p.**]. Allavoolu sõites viib jõe vool mõlemat kaasa ning paat eemaldub parvest kauguse $\Delta s = s_1 - s_2 = v_p t_1$ võrra [**2 p.**]. Kuivõrd ka paadi ülesvoolu sõites viib vool mõlemat võrdselt allavoolu, tuleb sama vahemaa paadil parvega seotud taust-süsteemis läbida ka tagasisõites. Seega kulub tagasisõidule parvega kohtumiseni samuti 45 minutit [**2 p.**].

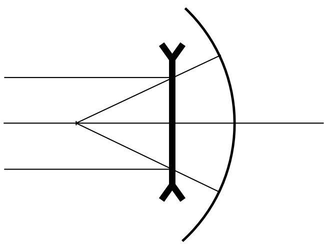
Parv läbib selle ajaga vahemaa $s = s_1 - s_2$, mis on 6 km [**1 p.**]. Vee voolukiirus jões on seega

$$v_j = \frac{s_1 - s_2}{2t_1} = 4\ \text{km/h}. \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

Paadi kiiruse saame arvutada seosest $s_1 = (v_p + v_j)t_1$, millest $v_p = \frac{s_1 - v_j t_1}{t_1}$ ehk 16 km/h.[**2 p.**]

9. (*OPTILINE SÜSTEEM*)

Nõgusläätsele langenud optilise peateljega paralleelne valgusvihk hajub nii, et hajunud valguskiirte pikendused lõikuvad fookuses läätse ees. Kui nõguspeegel paigutada läätse taha nii, et nõguspeegli optiline keskpunkt ühtiks läätse fookusega, siis on peeglile langenud hajunud valguskiired peegli pinnaga risti ja peeglile langenud ja peeglilt peegeldunud valguskiired langevad kokku. Seega lõikuvad nõguspeeglilt peegeldunud valguskiired nõgusläätse fookuses ja nõgusläätselt läheb tagasi optilise peateljega paralleelne valgusvihk. Et selline optiline süsteem töötaks, peab nõguspeegli kõverusraadius olema suurem nõgusläätse fookuskaugusest.



Hindamisjuhend:
1) Idee ja selgitus. [**6 p.**]
2) Joonis. [**2 p.**]
3) Tingimus. [**2 p.**]

10. (*PENDEL*)

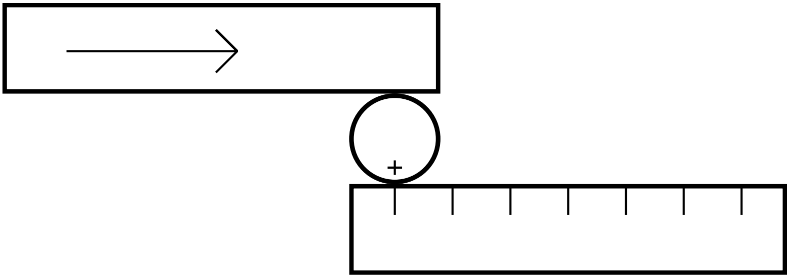
Esialgse hinnangu perioodile, $\tau = 2{,}425$ s, saame $\tau_1 = t_2 - t_1$ ja $\tau_2 = t_4 - t_3$ keskmisest. Seda kasutades näeme, et t_1 ja t_3 vahel pidi toimuma täpselt 24 võnget, samamoodi t_2 ja t_4 vahel. Saame kaks sõltumatut mõõtmist 24 võnke kestuse kohta: $\tau'_1 = (t_3 - t_1)/24 = 2{,}4146$ s ja $\tau'_2 = (t_4 - t_2)/24 = 2{,}4125$ s. Nende keskmine annab meie hinnangu pendli perioodi kohta, $\tau' = 2{,}4135 \text{ s} \approx 2{,}414$ s.

Hindamisjuhend:
1) Esialgne hinnang perioodile. [**3 p.**]
2) Arusaamine, et pikemates ajavahemikes peab olema täpselt täisarv võnkeid. [**2 p.**]
3) Kahe pikema ajavahemiku valik. [**2 p.**]
4) Valitud ajavahemike jaoks täisvõngete arvu leidmine. [**2 p.**]
5) Lõplik hinnang perioodile. [**3 p.**]

Kui alampunktides 3 või 5 on kasutatud kahe ajavahemiku asemel ühte, anda vastava alampunkti eest pooled punktid.

Kui õpilane annab lõppvastuseks τ_1 ja τ_2 keskmise, anda 3 punkti.

E1. (*EUROSENT*)



Asetame sendi ja joonlauad tasasele pinnale joonisel kujutatud viisil. Sendi pöörame asendisse, kus selle mõni servalähedane märge asub kohakuti ühe joonlaua kriipsuga, mille registreerime alguspunktina. Surume sendi kergelt joonlaudade vahele ja liigutame ühte joonlauda noolega näidatud suunas. Selle tulemusel hakkab sent pöörlema. Libisemise vältimiseks tuleks joonlaudu hoida võimalikult paralleelsena. Peame silmas märget eurosendil ja jätkame liikumist, kuni sent on teinud joonlaua pikkuse piires maksimaalse arvu täispöördeid. Paneme kirja märke lõppkoordinaadi ja pöörete arvu. Koordinaatide vahe jagatud pöörete arvuga annabki eurosendi ümbermõõdu. Kordame katset vähemalt kolm korda ja lõpptulemuseks võtame katsete keskmise. Eurosendi ümbermõõt on 51,1 mm.

Hindamisjuhend:
1) Idee. [**5 p.**]
2) Joonlaua kogu ulatuse kasutamine. [**2 p.**]
3) Kordusmõõtmised. [**2 p.**]
4) Õige vastus vahemikus 51,1 $\pm$ 0,5 mm. [**1 p.**]

Joonlauaga mündi läbimõõdu otsesel mõõtmisel saadud tulemus teenib maksimaalselt 4 punkti.

E2. (*LUUBI SUURENDUS*)

Asetame luubi millimeetripaberist erinevatele kaugustele ja võrdleme erinevatel kaugustel ruudustiku suurust läbi luubi ja ilma luubita. Mõõdame luubi kaugused millimeetripaberist ja hindame vastavad suurendused. Joonestame graafiku, millel on antud suurenduse sõltuvus eseme kaugusest luubist, kanname graafiku väljale punktid ja ühendame need.

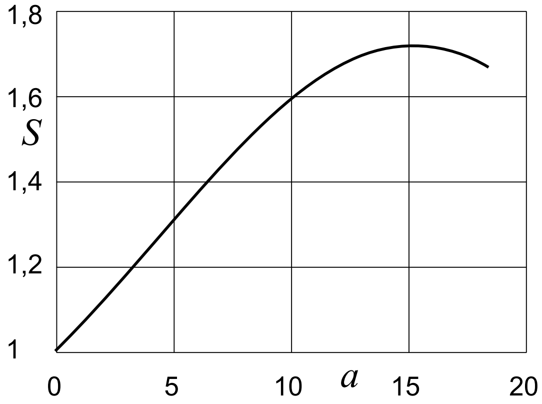
Teoreetiliselt tuletatud avaldis luubi suurenduse jaoks (vastavalt tekstis toodud definitsioonile):

$$S = \frac{fl}{l(f-a)+a^2},$$

kus l on silma ja objekti vahekaugus ning a — objekti ja läätse vahekaugus. Kui $f > l/2$, siis omab suurendus kui funktsioon a-st maksimumi $a = l/2$ juures,

$$S_m = \frac{f}{f - l/4}.$$

Väärtuste $l = 30\,\mathrm{cm}$ ja $f = 18\,\mathrm{cm}$ jaoks on graafik toodud juuresoleval joonisel.



Hindamisjuhend:
1) Idee katse teostamiseks. [**4 p.**]
2) 4-5 erineval kaugusel mõõtmist. [**2 p.**]
3) Mõõtmiste käigus on vahemaa luubi ja kujutise vahel väiksem kui fookuskaugus (ehk kasutusel luubina). [**1 p.**]
3) Mõõtmiste põhjal suurenduste arvutamine. [**2 p.**]
4) Tulemuste arvväärtused on mõistlikud (±30%). [**1 p.**]
5) Korrektne graafik. [**2 p.**]