

Eesti koolinoorte 56. füüsikaolümpiaad

17. jaanuar 2009. 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 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 (VÄRVITILGAD LAUAL)

Laua sirgjoonelise liikumise tõttu peavad ühest ja samast düüsisist langevate tilkade jäljed asetsema ühel sirgel, erinevate düüside jaoks peavad need sirged olema paralleelsed. See jätab vaid võimaluse, et täpid A ja D pärinevad ühest ja B ning C teisest düüsisist. [2,5 p.]

Langegu tilgad düüsidest vastavalt sagedustega f_1 ja f_2 . Siis $|AD| \cdot f_1 = |BC| \cdot f_2 = v$, kus v on laua liikumise kiirus ja $|AD|$ ning $|BC|$ vastavate löikude pikkused. Siit $f_2/f_1 = |AD|/|BC|$ [2,5 p.]. Mõõtes löikude pikkused jooniselt saame $f_2/f_1 = 2$ [1 p.].

Vastus: tilkade lanegmise sagedused erinevad 2 korda.

Märkused:

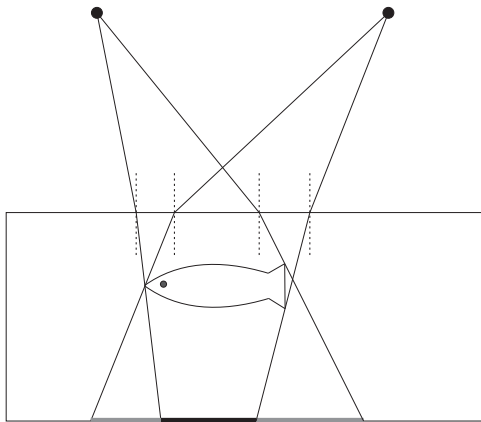
- Õigeks tuleb lugeda ka tulemus $f_2/f_1 = 0,5$, kuna düüside järjekorda pole spetsifitseeritud.
- Õigeks tuleb lugeda vastused vahemikus $1,8 \dots 2,2$ ($0,45 \dots 0,55$). Vastuse esitamisel suurema tuvenümbrite arvuga: [-0,5 p.].

2. ülesanne (RONG TUNNELIS)

Rong läbis ühe minutiga vahemaa $L = tv = 1/60 \text{ h} \cdot 80 \text{ km/h} = 4/3 \text{ km}$ [2 p.]. Kuna rong läbib minutiga pikema vahemaa, kui on tunneli pikkus, siis võrdub läbitud vahemaa ja tunneli pikkuse erinevus rongi pikkusega. Rongi pikkus oli $\Delta L = L - s = 1/3 \text{ km}$ (pikkuste vahe eest [2 p.], õige vastuse eest [2 p.]).

3. ülesanne (AKVAARIUM)

Lahendus on esitatud joonisel.



Hindamine: Tõmmatud õiged kiired kuni vee eralduspinnani — [2 p.]. Kiirte murdumine õiges suunas — [2 p.]. Valgusallikate asukoha määramine — [2 p.].

4. ülesanne (SILLAD)

Pärast oma silla ületamist sõidab jalgrattur kohtumispaika

$$t_j = s/u. \quad [2 \text{ p.}]$$

Auto sõidab kohtumispaika

$$t_a = t_j + \Delta t, \quad [2 \text{ p.}]$$

kus $\Delta t = 1$ min. Sildade vaheline kaugus on seega

$$s_0 = v(t_j + \Delta t) + s. \quad [2 \text{ p.}]$$

Teisendades minutid sekunditeks, saame sildade vaheliseks kauguseks 12 kilomeetrit.
[2 p.]

5. ülesanne (TERMOS)

Olgu c_x otsitav erisoojus.

Vaatleme esimest juhtu, kus termosel oli algselt külmem vesi. Kuna külmem vesi oli termosega soojuslikus tasakaalus, siis oli ka termose temperatuur t_1 . Temperatuuride ühtlustumisel annab soojem vesi energiat ära. Külmem vesi ja termos saavad energiat juurde. Paneme kirja soojusliku tasakaalu võrrandi:

$$m_1c(T_1 - t_1) + mc_x(T_1 - t_1) = m_2c(t_2 - T_1) \quad (1)$$

Vaatleme teist juhtu, kus termosel oli algselt soojem vesi. Kuna soe vesi oli termosega soojuslikus tasakaalus, siis oli ka termose temperatuur t_2 . Temperatuuride ühtlustumisel annavad termos ja soojem vesi energiat ära. Külmem vesi saab energiat juurde. Kirjutame soojusliku tasakaalu võrrandi:

$$m_1c(T_2 - t_1) = m_2c(t_2 - T_2) + mc_x(t_2 - T_2) \quad (2)$$

Lahutame teineteisest võrrandid (1) ja (2).

$$m_1c(T_1 - T_2) + mc_x(T_1 - t_1) = m_2c(T_2 - T_1) - mc_x(t_2 - T_2)$$

Tähistame $T_2 - T_1 = \Delta T$.

$$-m_1c\Delta T + mc_x(t_2 - t_1) = m_2c\Delta T + mc_x\Delta T$$

$$-\Delta Tc(m_2 + m_1) = mc_x(\Delta T + t_1 - t_2)$$

$$c_x = -\frac{\Delta Tc(m_2 + m_1)}{m(\Delta T + t_1 - t_2)} = 930 \text{ J/kg} \cdot \text{C}.$$

Hindamine: Kui valemities (1) ja (2) ei arvestata termose soojusmahtuvust, siis saab mõlema valemi eest kokku [2 p.]. Kui valemities (1) ja (2) arvestatakse termose soojusmahtuvust, siis saab ühe õige valemi eest [3 p.] (kahe õige valemi eest kokku 6 p). õige vastuse eest saab [2 p.].

6. ülesanne (MÖÖDASÕIT)

Möödasõidu lõpul on veoauto ja bussi vaheline kaugus $20 \text{ m} + 80 \text{ m} = 100 \text{ m}$ [1 p.]. Möödasõit kestab seega

$$t = \frac{400 \text{ m} - 100 \text{ m}}{25 \text{ km/h} + 20 \text{ km/h}} = 6,7 \text{ s.} \quad [2 \text{ p.}]$$

Möödasõidul sõidab sõiduauto $15 \text{ m} + 15 \text{ m} + 20 \text{ m} = 50 \text{ m}$ rohkem kui veoauto. [2 p.]

Sõiduauto kiirus peab veoauto suhtes olema $v = \frac{50 \text{ m}}{6,7 \text{ s}} = 7,5 \text{ m/s}$ [2 p.].

Sõiduauto minimaalne kiirus maantee suhtes on seega $20 \text{ m/s} + 7,5 \text{ m/s} = 27,5 \text{ m/s}$ [1 p.].

7. ülesanne (PIRNID)

Olgu pirni 1 takistus R_1 , pirni 2 takistus R_2 ja pingeallika pinge U . Siis pirni 1 pinge on U ja pirnidel 2 igaühel pinge $U/3$. [3 p.] Teades, et

$$\frac{U^2}{R_1} = \frac{(U/3)^2}{R_2}, \quad [2 \text{ p.}]$$

saame, et $R_1 = 9R_2$ [1 p.]. Võrdse nimipinge korral on nimivõimsused takistusega pöördvõrdelised, järelikult $P_2 = 9P_1 = 90 \text{ W}$ [2 p.].

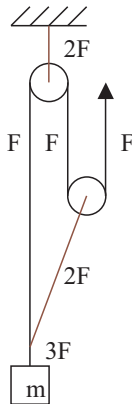
8. ülesanne (KANNATANU PÄÄSTMINE)

Võttes tõmbejõu F -ks saab leida poliispasti ülekandeteguri. Rullikul mõlemad põhikõieosad on sama tõmbejõuga, rullikut hoidev köis aga topelt tõmbejõuga. Haaravates sõlmedes on alla ja ülespoole suunatud jõudude summa tasakaalus.

Jõus saavutatakse kolmekordne võit. Massi m tõstmisel on tõmbejõud $F = mg/3$ ning leitav iga osa kohta vastavalt joonisele.

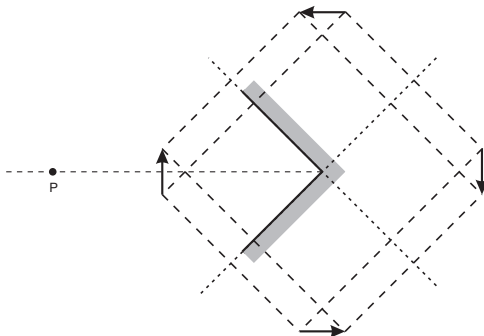
Hindamine: Sõltumata etappide järjekorrast hinnata:

- 1) seose, võit jõus on pöördvõrdeline kaotatud teepikkusega, kasutamine — [2 p.]
- 2) jõudude tasakaalu tingimus haaratsil — [2 p.]
- 3) jõudude tasakaalu tingimus rullikul — [2 p.]
- 4) a) osa õige vastus — [2 p.]
- 5) b) osa õige vastus — [2 p.]

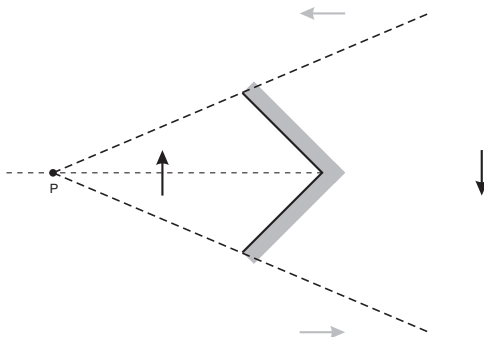


9. ülesanne (NURKPEEGEL)

Lahendus on toodud joonisel.



Tasub tähele panna, et peeglist on näha need esemed, mis jäävad peegli servasid ja vaatleja asukohta ühendavate sirgete poolt piiratud ala sisse.



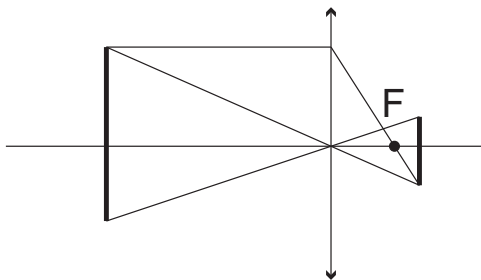
Sellises peeglis ei ole erinevalt tavalisest peeglist vasak ja parem pool ära vahetatud. Vaatleja näeb ennast sellisest peeglist nii nagu ta seisaks enda vastas.

Hindamine: Konstrueerib kujutise ülemises peeglis — [1 p.] ja alumises peeglis — [1 p.]. Konstrueerib ülemisest (alumisest) peeglist peegeldunud kujutise kujutise alumises (ülemises) peeglis — [3 p.].

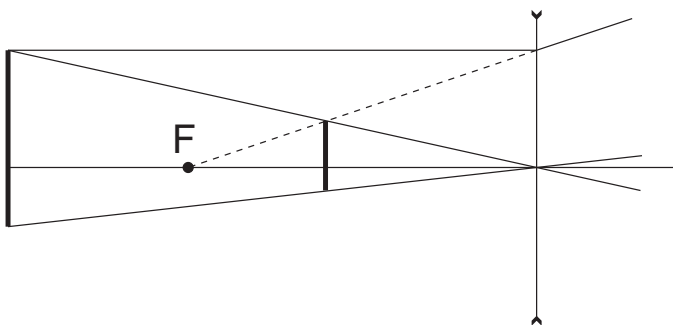
Leiab punktist P nähtava kujutise kasutades sirgeid, mis ühendavad punkti P ja peeglite välimisi otspunkte — [1 p.]. Valib õige kujutise — [1 p.]. Vastab õigesti lisaküsimusele — [3 p.].

10. ülesanne (LÄÄTS)

Esimene võimalus on kumera lääitse korral:



Teine võimalus on nõgusa lääitse korral:



Hindamine: Kumera lääitse juht (kokku **6 p**):

- lääitse tasandi konstrueerimine [**2 p.**]
- arusaamine, et lääts on kumer [**2 p.**]
- fookuse konstrueerimine [**2 p.**]

Nõgusa lääitse juht (kokku **6 p**):

- lääitse tasandi konstrueerimine [**2 p.**]
- arusaamine, et lääts on nõgus [**2 p.**]
- fookuse konstrueerimine [**2 p.**]

Kui õpilase joonise proportsioonid erinevad oluliselt ülesandes antust, võtta muidu õige konstruktsiooni korral iga juhu eest 1 p maha.

E1. ülesanne (HAAVLID)

Kallame mensuuri vett ja fikseerime skaalal vedeliku mahu näidu V_0 . Lisame seejärel haavleid, niiet veetase mensuuris jääks skaala ulatusse ja ülespoole haavlite taset (kerge loksutamisega sätime viimase horisontaalseks). Fikseerime koguruumala V_1 , mis jääb allapoole veetaset ja haavlite + veega täidetud osa ruumala V_2 . Veehulga jäävusest enne ja pärast haavlite lisamist

$$V_0 = V_2 \cdot S + (V_1 - V_2),$$

kus S on otsitav tühikute suhteline ruumala. Sellest seosest saame

$$S = 1 - (V_1 - V_0)/V_2.$$

Erijuhul kui haavlite tase ühtib veetasemega ($V_1 = V_2$), siis $S = V_0/V_2$.

Märkus: Sama läbimõõduga kerakeste juhusliku pakkimise korral on näidatud, et $S = 0,38$. Tihedaima (regulaarse) pakendi korral $S = 0,26$.

Hindamine: Kirjeldatud õige mõõtmisprotseduur ja arvutuseeskiri — [4 p.]. Teostatud mõõtmised ja esitatud tulemused — [2 p.]. Arvutatud S väärtus — [2 p.]. Tühikutega täidetud osa ruumala vahemikus $0,25 \leq S \leq 0,50$ — [2 p.].

E2. ülesanne (KUMMINIIT)

Kumminiidi pikenemine on võrdeline sellele rakendatud jõuga [1 p.]. Seega võime kirjutada $F = k \cdot (l - l_0)$ [1 p.], kus l on keha pikkus deformeeritud olekus, l_0 on keha pikkus deformeerimata olekus ja k on võrdetegur.

Kaaluda me mutrit küll saame, aga arvilist tulemust see meile ei anna, vaid ainult suhtelise pikenemise. Seepärast valemist $\rho = m/V$ lähtuda ei anna.

Archimedese seaduse kohaselt väheneb keha kaal vees aga sama palju, kui keha tõrjub vett välja ehk arviliselt $\rho_{vesi} \cdot V$, kui keha on veest tihedam.

Kaalumine õhus annab:

$$\rho_{mutter} \cdot V_{mutter} \cdot g = k \cdot (l - l_0), \quad [1 \text{ p.}]$$

kus l_0 on kumminiidilõigu algpikkus ja l on kumminiidi pikkus koormatuna mutriga.

Kaalumine vees omakorda annab:

$$(\rho_{mutter} - \rho_{vesi}) \cdot V_{mutter} \cdot g = k \cdot (l_v - l_0), \quad [1,5 \text{ p.}]$$

kus l_v on kumminiidilõigu pikkus mutri kaalumisel vette uputatuna.

Jagades võrrandid omavahel läbi, saame

$$\frac{l - l_0}{\rho_{mutter}} = \frac{l_v - l_0}{\rho_{mutter} - \rho_{vesi}},$$

kust

$$\rho_{mutter} = \frac{l - l_0}{l - l_{vesi}} \cdot \rho_{vesi}. \quad [1,5 \text{ p.}]$$

Kõik vajalikud mõõtmised on korralikult teostatud ja dokumenteeritud — [3 p.].
Kumminiidi pikkus on valitud nii, et l ulatub pea joonlaua maksimummõõduni — [1 p.].

Lõppvastus vahemikus $1,90 - 2,20 \text{ g/cm}^3$ [2 p.] või vahemikus kuni $1,80 - 2,30 \text{ g/cm}^3$ [1 p.].

(Tallinn: lõppvastus vahemikus $2,15 - 2,35 \text{ g/cm}^3$ [2 p.] või vahemikus kuni $2,05 - 2,45 \text{ g/cm}^3$ [1 p.]

Mutri ruumala mõõtmise/hindamise eest punkte üldjuhul mitte anda.

Kui õpilane oma lahenduses vaid oletab, et materjal on alumiinium, ning selle põhjal paneb vastuseks $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$, anda kogu lahenduse eest 1 p.

Vale elastsusjõu valemi kasutamine $F_e = k \cdot l$, kus l on niidi pikkus venitatud olekus — [max 6 p.].

Märkus. Konkreetne katse on konkreetse kummi ja selle kummi kindla löigu puhul hästi korratav (mm täpsusega) ja seega korduvad mõõtmised midagi juurde ei anna.

Märkus 2. Mutri materjali tegelik tihedus on $2,7 \text{ g/cm}^3$, kuid kuna kasutatav mudel ei võta arvesse kõiki faktoreid, on vastus nihkes.