

Eesti koolinoorte 62. füüsikaolümpiaad

28. veebruar 2015. 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. (RONG) (6 p.) Leiame teepikkused erinevatel lõikudel. Kiirendades ning aeglustades saame rongi keskmise kiiruse alg- ja lõppkiiruse aritmeetilise keskmisena. Jaotame graafiku seitsmeks osaks: 0-1 min, 1-4 min, 4-5 min, 5-6 min, 6-7 min, 7-9 min ja 9-10 min. Leiame, kui pika tee läbis rong igal lõigul. Arvutustes on aeg teisendatud tundideks ([**1 p.**]). 0-1 minutil ning 4-5 minutil läbib rong sama teepikkuse

$$s_{0-1} = s_{4-5} = \frac{5 \text{ km/h}}{2} \cdot \frac{1}{60} \text{ h} \approx 41,67 \text{ m} \quad [\mathbf{1 p.}]$$

1-4 minutil läbib rong teepikkuse

$$s_{1-4} = 5 \text{ km/h} \cdot \frac{3}{60} \text{ h} = 250 \text{ m} \quad [\mathbf{1 p.}]$$

6-7 minutil ning 9-10 minutil läbib rong sama teepikkuse

$$s_{6-7} = s_{9-10} = \frac{3 \text{ km/h}}{2} \cdot \frac{1}{60} \text{ h} = 25 \text{ m} \quad [\mathbf{1 p.}]$$

7-9 minutil läbib rong teepikkuse

$$s_{7-9} = 3 \text{ km/h} \cdot \frac{2}{60} \text{ h} = 100 \text{ m} \quad [1 \text{ p.}]$$

Kogu teepikkus, mille rong läbib on seega

$$s = 2s_{0-1} + s_{1-4} + 2s_{6-7} + s_{7-9} \approx 483,3 \text{ m} \quad [1 \text{ p.}]$$

Teine lahendus

Kuna on tegemist kiiruse ja aja graafikuga, siis graafiku alune pindala annab meile läbitud teepikkuse [2 p.]. Teisendades kiiruse ([1 p.]) ning leides kahe trapetsi pindala, saame tulemuseks

$$s = \frac{3 \text{ min} + 5 \text{ min}}{2} \cdot \frac{5 \text{ m/min}}{0,06} + \frac{2 \text{ min} + 4 \text{ min}}{2} \cdot \frac{3 \text{ m/min}}{0,06} \approx 483,3 \text{ m} \quad [3 \text{ p.}]$$

2. (PAAT JA PARV) (8 p.) Vaatleme paadi liikumist parvega seotud taustsüsteemis [1 p.]. Kuna parve viib allavoolu vee vool jões, on parve kiirus võrdne voolu kiirusega jões [1 p.]. Parve suhtes liigub paat sarnaselt liikumisega seisvas vees [1 p.]. Seega kulub külla ja külast tagasi parveni sõiduks samasuur ajavahemik [1 p.]. Seega saame voolukiiruseks jões

$$v_v = \frac{s - l}{2t} = 4 \text{ km/h} \quad [2 \text{ p.}]$$

Paadiga allavoolu sõites kehtib seos $s = (v_p + v_v)t$ [1 p.], millest

$$v_p = \frac{s - v_v t}{t} = 24 \text{ km/h} \quad [1 \text{ p.}]$$

Vastus. Voolukiirus on 4 km/h ja paadi kiirus seisvas vees 24 km/h.

3. (KÄRBSE KUJUTIS) (8 p.) Kuna peegel liigub iga sekundiga 2 m kärbse liikumise sihi poole, siis liigub kärbse kujutis 4 m kärbse liikumise sihi poole. Seega kärbse kujutise kiirus põranda suhtes

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 5 \text{ m/s}$$

Hindamisjuhend

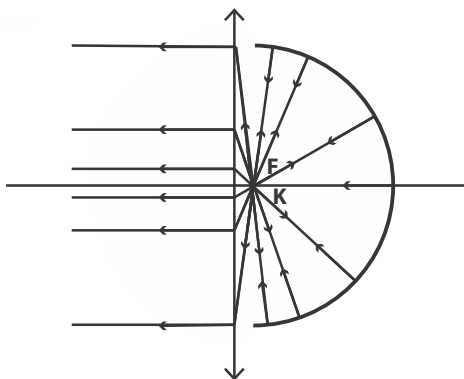
Ruumiline ettekujutus olukorrast - [2 p.]

Kujutise liikumise kiiruse leidmine peegli suhtes - [2 p.]

Kiiruste liitmise seose teadmine (Kärbse kiiruse avaldamine põranda suhtes) - [2 p.]

Arvutused ja arvuline vastus - [2 p.].

4. (VALGUSVIHK) (8 p.)



Kumerläätse ja nõguspeegli optilised peateljed peavad kattuma [1 p.].

Valgusallikas tuleb paigutada nõguspeegli optilisse keskpunkti K [2 p.], sest punktist K väljunud kiired peegelduvad peegilt tagasi punkti K , kuna nad on risti peegelpinnaga.

Kui samasse punkti K paigutada läätses fookus F [2 p.], siis punktist K väljunud kiired on pärast läätses paralleelsed [1 p.].

Korrektne Joonis - [2 p.]

5. (KÜTMINE) (8 p.) Et arvutada vee soojendamiseks tehtavat tööd, on meil vaja teada vee kogumassi $m = \rho V$ [1 p.] ning temperatuurimuutu $\Delta t = t_2 - t_1$ [1 p.]. Vee soojendamiseks vajalik energia avaldub kui

$$Q = mc\Delta t = \rho Vc(t_2 - t_1) \quad [2 \text{ p.}]$$

Kütmiseks vajalik puude mass avaldub energia Q ja kütteväärtuse k

jagatisena

$$M = \frac{Q}{k} = \frac{\rho V c (t_2 - t_1)}{k} \approx 190 \text{ kg} \quad [2 \text{ p.}]$$

Kütmiseks kuluva aja saame energia ja võimsuse jagatisena

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{\rho V c (t_2 - t_1)}{P} = 84 \cdot 10^3 \text{ s} \approx 23 \text{ h} \quad [2 \text{ p.}]$$

6. (TAKISTID) (8 p.) Olgu vooluallika pinge U , siis esimese takistuse takistus on

$$R_1 = \frac{U}{I_1} \quad [1 \text{ p.}]$$

Kui kaks takistust on ühendatud jadamisi, saame avaldise

$$R_1 + R_2 = \frac{U}{I_2}, \quad [1 \text{ p.}]$$

kust

$$R_2 = \frac{U}{I_2} - \frac{U}{I_1} = \frac{U(I_1 - I_2)}{I_1 I_2} \quad [2 \text{ p.}]$$

Ühendades takistid rööbiti, saame kogu takistuseks R

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_1 I_2}{U(I_1 - I_2)} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{U(I_1 - I_2)}{I_1^2} \quad [2 \text{ p.}]$$

Vooluringi hargnemata osas on seega voolutugevus

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U I_1^2}{U(I_1 - I_2)} = \frac{I_1^2}{I_1 - I_2} = 10 \text{ mA} \quad [2 \text{ p.}]$$

7. (JALGRATTURID) (10 p.) Olgu teepikkus Haapsalust kohtumispaigani s_1 . Kaugus sellest punktist Tallinna on $s_2 = s - s_1$ [1 p.]. Haapsalust väljunud ratturi kiirus nendel lõikudel on v_1 ja v_2 . Tallinnast väljunud ratturi kiirus on v . Kuna kohtumiskohani sõitsid mõlemad sama kaua [1 p.], siis

$$t_{\text{kohtumine}} = \frac{s_1}{v_1} = \frac{s - s_1}{v} \quad [1 \text{ p.}]$$

ning samuti sõitsid sama ajaga kohtumiskohast sihtpunkti

$$t_{\text{sihtpunkt}} = \frac{s_1}{v} = \frac{s - s_1}{v_2} \quad [1 \text{ p.}]$$

Nendest võrranditest saame avaldada v ja s_1 ,

$$v = \sqrt{v_1 v_2} = 30 \text{ km/h} \quad [3 \text{ p.}]$$

ning

$$s_1 = \frac{v_1 s}{v_1 + v} \approx 55 \text{ km} \quad [2 \text{ p.}]$$

Seega kohtusid ratturid Tallinnast $s_2 = s - s_1 = 100 \text{ km} - 55 \text{ km} = 45 \text{ km}$ kaugusel [1 p.].

8. (KUJUTIS) (10 p.) Kui ese ja kujutis on sama suured, siis asub ese kahe fookuskauguse kaugusel. Seega läätse fookuskaugus $f = 10 \text{ cm}$ [2 p.].

Kui eseme kujutis on kolm korda suurem kui ese, siis peab ta ka asuma kolm korda kaugemal (sarnased kolmnurgad joonisel) [1 p.]. Kui eseme kaugus on a , siis kujutise kaugus $k = 3a$ [2 p.]. Seega läätse valemist saame, et

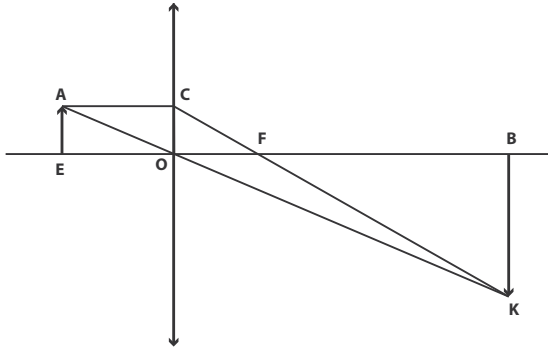
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{3a} = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{4}{3}f \approx 13,3 \text{ cm} \quad [2 \text{ p.}]$$

Läätse valemi teadmine - [2 p.]

Joonis - [1 p.]

Teine lahendus

Ülesande saab lahendada ka graafiliselt. Kõige mõistlikum on joonistada ese, mis lähtub optilisest peateljest ning tema kujutis, mis on esemest kolm korda suurem ning teisel pool optilist peatelge [2 p.]. Kiir eseme tipust kujutise tippu annab meile läätse asukoha [1 p.]. Eseme tipust optilise peateljega paralleelne kiir, mis pärast läätse läheb kujutise tippu, annab meile läätse fookuse asukoha [1 p.].



Sarnastest kolmnurkadest $\triangle COF$ ja $\triangle FBK$ saame, et

$$\frac{CO}{BK} = \frac{OF}{FB} \quad [1 \text{ p.}]$$

Kuna $BK = 3AE = 3CO$ [1 p.] ning $OF = f$, saame, et

$$FB = \frac{BK \cdot OF}{CO} \Rightarrow FB = 3OF \quad [1 \text{ p.}]$$

Sarnastest kolmnurkadest $\triangle AEO$ ja $\triangle OBK$ saame, et

$$\frac{AE}{BK} = \frac{EO}{OF + FB} \Rightarrow EO = \frac{4}{3}f \quad [2 \text{ p.}]$$

Kust eseme kaugus $EO = 13,3 \text{ cm}$ [1 p.].

9. (VOOLURING) (10 p.) Olgu lambi takistus R . Rööbiti ühendatud lampide kogutakistus on $R/2$ [1 p.] ja vooluringi kogutakistus $3R/2$ [1 p.]. Voolutugevus vooluringi hargnemata osas

$$I = \frac{2U}{3R} \quad [1 \text{ p.}]$$

ja voolutugevus ampermeetris, mis asub vooluringi ühes harus

$$I_h = \frac{U}{3R}. \quad [1 \text{ p.}]$$

Kui täiendav lüliti ühendada punktidega C ja D [2 p.], siis lüliti sulgemisega lühistatakse lamp, mis paikneb punktide C ja D vahel [1 p.]. Seega on vooluringi kogutakistus nüüd $R/2$ [1 p.] ning voolutugevus vooluringi hargnemata osas

$$I = \frac{2U}{R}. \quad [1 \text{ p.}]$$

Voolutugevus vooluringi ühes harus on aga

$$I_h = \frac{U}{R} \quad [1 \text{ p.}]$$

10. (VIHM) (10 p.) Vaatame lumega kaetud maatükki pindalaga S [2 p.]. Tiheduse valemist $\rho = m/V$ [1 p.] saame avaldada lume massi $m_l = \rho_l Sh$ [1 p.], kus S on selle maatüki pindala, mis on kaetud lumega. Lume sulamissoojus $Q_i = \lambda_l \rho_l Sh$ [1 p.]

Sadanud vihma mass $m_v = \rho_v SH$ [1 p.], kus H on mahasadanud vihmakihi paksus.

Vihma jahtumisel eraldunud soojushulk $Q_v = c_v \rho_v SH \Delta t$ [1 p.]

Lume sulamissoojus võrdub vihmavee jahtumisel eraldunud soojushulgaga.

$$\lambda_l \rho_l Sh = c_v \rho_v SH \Delta t \quad [1 \text{ p.}], \quad \text{millest} \quad H = \frac{\lambda_l \rho_l h}{c_v \rho_v \Delta t} = 8 \text{ cm} \quad [2 \text{ p.}]$$

Vastus. Vihma kiht peaks olema 8 cm paksune.

E1.(KEHA RUUMALA)(10 p.) Riputame keha dünamomeetri külge, saame teada kehale mõjuva raskusjõu $N_1 = F_r$, kus N_1 on dünamomeetri näit.

Riputame keha dünamomeetri külge ning sukeldades vette, näitab dünamomeeter (N_2) keha raskusjõu F_r ja üleslükkejõu $F_{\ddot{u}} = \rho_v g V$ vahet

$$N_2 = F_r - F_{\ddot{u}} = N_1 - \rho_v g V \quad \Rightarrow \quad V = \frac{N_1 - N_2}{\rho_v g}$$

Hindamisjuhend

Eksperimendi idee - [3 p.]

Raskusjõu mõõtmine - [1 p.]

Vette asetatud kehale mõjuva jõu mõõtmine - [1 p.]

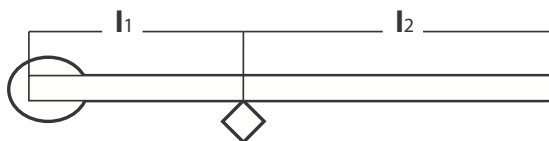
Seos $N_2 = F_r - F_{\ddot{u}} = N_1 - \rho_v g V$ - [1 p.]

Keha ruumala V avaldamine - [2 p.]

Kordusmõõtmised (3 katset) - [1 p.]

Vastus erineb õigest tulemusest kuni 5 cm^3 - [1 p.].

E2.(TIKUD)(14 p.) Koostame kahest tikust kangkaalu. Asetame ühe tiku teise peale risti. Alumist tikku hoiame nii, et terav serv oleks ülespoole, mille peale toetub ülemine tikk (vt. joonist). Määrame ülemise tiku tasakaalupunkti ning märgime selle ära.



Lahenduses eeldame, et tikuväävli raskuskese asub tikuväävli keskpunktis ning see ühtib tiku puidust osa otspunktiga.

Mõõdame tiku osade pikkused kummalgi pool tasakaalupunkti. Seal pool, kus asub tikuväävel, mõõdame kuni tikuväävli keskpunktini. Tähistame selle osa pikkuse l_1 ning teise osa pikkuse l_2 .

Mõõtmiseks märgime paberile tiku pikkuse ning tasakaalupunkti ning vaatame mitu tiku laiust kumbki osa pikk on. Asetame ühe tiku märgitud punkti ning tõstame teise tiku tihedalt tema kõrvale jne.

Tikuväävlile mõjub raskusjõud, mille rakenduspunkt asub toetuspunktist kaugusel l_1 ning tiku puidust osale raskusjõud, mille rakenduspunkt asub toetuspunktist kaugusel l_x (tiku puidust osa masskese). Tähistades tikuväävli mass m ning tiku puidust osa mass M , saame kirjutada kangi tasakaalu seose kujul

$$mgl_1 = Mgl_x, \quad \text{kus} \quad l_x = \frac{l_1 + l_2}{2} - l_1 = \frac{l_2 - l_1}{2}$$

Et leida, mitu protsenti moodustab tikuväävli mass tiku kogumassist,

jagame tikuväävli massi m tiku kogumassiga $M + m$:

$$M + m = M + \frac{Ml_x}{l_1} = \frac{M(l_1 + l_x)}{l_1}$$

seega,

$$p = \frac{m}{m + M} = \frac{ml_1}{M(l_1 + l_x)}$$

Asendades masside suhte m/M jõuõlgade suhtega l_x/l_1 , saame

$$p = \frac{l_x}{l_1 + l_x}$$

Asendades viimasest avaldisest l_x , saame

$$p = \frac{l_2 - l_1}{l_2 + l_1}$$

Tiku osade pikkused suhtuvad keskmise tiku korral $l_1 = 8$ tiku laiust ning $l_2 = 12$ tiku laiust.

Tulemus sõltuvalt tikust on 15% – 25%.

Hindamisjuhend

Tikkudest kangkaalu ehitamise idee - [2 p.]

Oletus, et tikuväävli massikeskme asukoht ühtib tiku puidust osa otspunktiga - [1 p.]

Tasakaalupunkti otsitakse tiku terava serva peal (mitte tiku lapiku külje peal) - [1 p.]

Mõõtmisteks vajaliku katseskeemi joonistamine paberile - [1 p.]

Tiku osade pikkuste mõõtmine tiku laiuste abil - [3 p.]

Matemaatilised teisendused - [4 p.]. (kui õpilane avaldab kangi seadusest ainult m/M , siis saab teisenduste eest 2 p.)

Kordusmõõtmised (vähemalt 3 korda) - [1 p.]

Tulemus vahemikus 15% – 25% - [1 p.].

Märkus: Kui lahendaja kasutab mõõtejoonlauda, saab ülesande lahenduse eest maksimaalselt 10 punkti.