

Eesti koolinoorte 69. füüsikaolümpiaad

12. veebruar 2022. 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 maksimumpunktidega.** Iga alternatiivse lahenduskäigu jaoks tuleb kontrollijatel koostada hindamisskeem, juhindudes võimalusel juuresoleva hindamisskeemi punktijagamisproportsioonist. Soovituslikud maha-arvamise punktid:

- numbriline arvutusviga — 0,5 p;
- 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. (JÕGI) (6 p.) Autor: Erkki Tempel

Olgu Juku kodu ja asula vaheline kaugus s , jõe voolukiirus u ja mootorpaadi kiirus v . Kirjutame kiiruse võrrandid kolme juhu jaoks:

Parvega allavoolu liikumine:

$$u = \frac{s}{8 \text{ h}}. \quad [1.5 \text{ p.}]$$

Mootorpaadiga ülesvoolu liikumine:

$$v - u = \frac{s}{2 \text{ h}}. \quad [1.5 \text{ p.}]$$

Mootorpaadiga allavoolu liikumine:

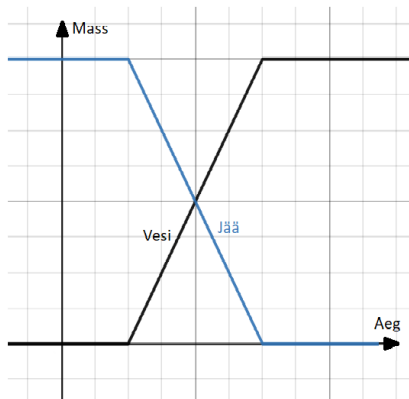
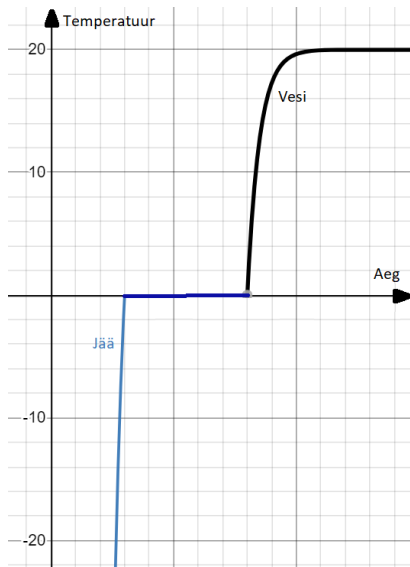
$$v + u = \frac{s}{t}. \quad [1 \text{ p.}]$$

Lahendades kolmest võrrandist koosneva võrrandite süsteemi saame, et

$$v = 5u. \quad [1 \text{ p.}]$$

$$t = 1.33 \text{ h} = 80 \text{ min}. \quad [1 \text{ p.}]$$

2. (JÄÄTÜKK) (8 p.) Autor: Kaido Reivelt



Hindamisjuhend:

Iga joone skitseimine annab 2 punkti (kokku 4 joont).

3. (VOOLUAHEL) (8 p.) Autor: Eero Vaher

Vaadeldavas skeemis on kaks rööpühenduses takistit jadamisi nelja rööpühenduses takistiga, mis omakorda on jadamisi kaheksa rööpühenduses takistiga. Olgu iga takisti takistus R . Vasakpoolse kahe rööbiti takisti kogutakistus on $R/2$, keskmise nelja kogutakistus on $R/4$ ning parempoolse kaheksa kogutakistus on $R/8$ [3 p.]. Ahela kogutakistus on järelikult $R/2 + R/4 + R/8 = \frac{7}{8}R$ [2 p.], millest keskmise nelja takisti kogutakistus moodustab $\frac{R/4}{\frac{7}{8}R} = \frac{2}{7}$ [2 p.]. Pingelang, mida voltmeeter mõõdab, on järelikult $U_V = \frac{2}{7}U_0 = 2\text{ V}$ [1 p.].

4. (TONGA VULKAAN) (8 p.) Autor: Mihkel Kree

Vulkaani tekitatud lööklaine levib mööda sfäärilist maakera pinda. Lühim tee kahe maakera pinna punkti vahel on osa ringjoonest, mille keskpunkt ühtib Maa keskpunktiga. [2 p.]

Sellise ringjoone ümbermõõt on niisiis võrdne maakera ümbermõõduga $P = 2\pi R$. Nurga α proportsionaalsusest täispöördega 360° saame Tonga ja Tartu vahelise kauguse $x = \frac{\alpha}{360^\circ}P$. [2 p.]

Graafikult loeme välja, et lööklaine jõudis Tartusse umbes kl 20.15 ning arvestades, et lööklaine hakkas levima kl 06.15, saame levimise ajaks $t = 14\text{ h}$. [2 p.] (*Hindamisel lugeda õigeaks ka graafikult välja loetud kellaajad 20.05 kuni 20.30.*)

Lööklaine ehk heli levimiskiiruseks atmosfääris saame niisiis

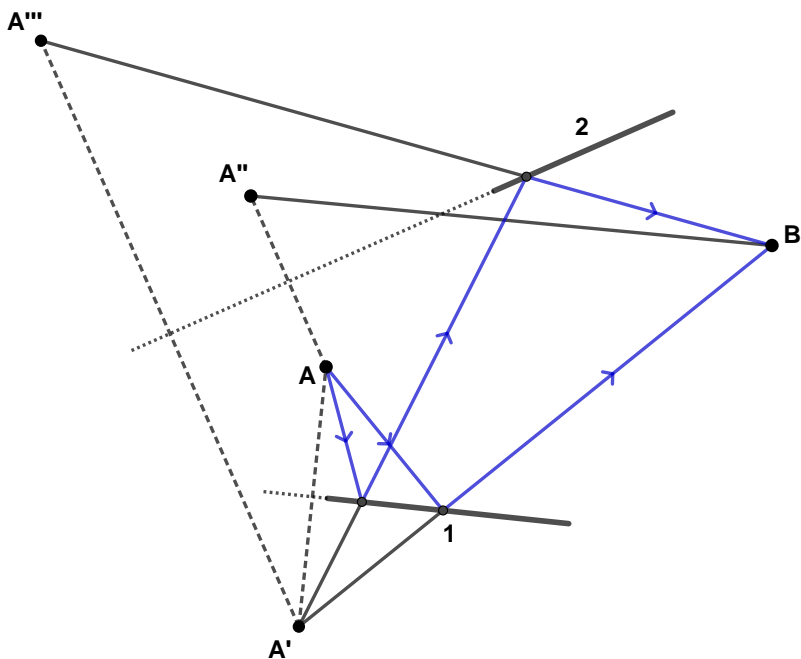
$$v = x/t = \frac{2\pi \cdot 6400\text{ km} \cdot 135^\circ}{360^\circ \cdot 14\text{ h}} \approx 1080\text{ km/h} \approx 300\text{ m/s}. \quad [2\text{ p.}]$$

Märkus. Saadud tulemus on mõnevõrra väiksem heli kiirusest 343 m/s normaaltemperatuuril 20°C . On teada, et heli kiirus õhus sõltub õhu temperatuurist vastavalt võrdelisusele $v \sim \sqrt{T}$, kus T on absoluuttemperatuur kelvinites. Sellest võrdelisusest saame arvutada, et näiteks temperatuuril 0°C on heli kiirus 331 m/s ning ka vastupidi, meie leitud kiirusele 300 m/s vastab õhutemperatuur -48°C . See tulemus langeb hästi kokku tüüpiliste temperatuuridega troposfääri ülakihtides kõrgusel $10 - 20\text{ km}$, kus vulkaani tekitatud lööklaine järelikult leviski.

5. (PEEGEL PEEGLIS) (8 p.) Autor: Richard Luhtaru

Konstrueerime Arvo kujutise peeglis 1 (A'), peeglis 2 (A'') ja punkti A' kujutise peeglis 2 (A'''). Pärti nägemiseks on kaks võimalust. Esimene võimalus on ainult peegli 1 kaudu, kiirte käigu saame konstrueerida lõigu $A'P$ abil. Teine

võimalus on peegli 1 ja seejärel peegli 2 kaudu, kiirte käigu saame konstrueerida lõigu $A''P$ abil. Ainult peeglist 2 pole võimalik Pärti näha, sest $A''P$ ei lõiku peegli 2. Samuti pole peeglist 2 võimalik näha peeglit 1, seega rohkem võimalusi pole.



Hindamisskeem:

Konstrueeritud A kujutis peeglis 1 (või B kujutis peeglis 1) — [1 p.]

Leitud kiirte käik ühekordse peegeldusega peeglis 1 — [1 p.]

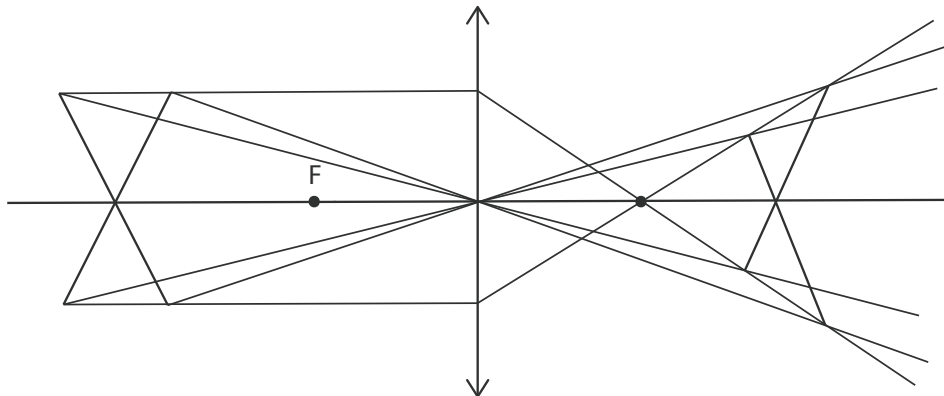
Konstrueeritud A kahekordne kujutis (või B kahekordne kujutis) — [2 p.]

Leitud kiirte käik kahekordse peegeldusega — [2 p.]

Joonise abil põhjendatud, miks ühekordne peegeldus peeglis 2 ei sobi — [2 p.]
(sealhulgas konstrueeritud A või B kujutis peeglis 2 — [1 p.]

Märkus. Noolte suund kiirte peal pole oluline. Nooli pole vaja, kui kiirte käigud eristuvad selgelt muudest (abi)joontest.

6. (KUJUTIS X) (8 p.) Autor: Erkki Tempel



Hindamisskeem:

Tähe "X" otspunktide valimine kujutise joonistamiseks - [2 p.]

Kiirte joonistamine läbi läätse keskpunkti - [2 p.]

Paralleelsete kiirte koondumine läbi fookuse - [2 p.]

Kujutise otspunkte ühendavad sirged on paralleelsed (joonise korrektsus) - [2 p.].

7. (JUHE) (10 p.) Autor: Jaan Kalda

$P = V_0^2/R$ ([1 p.]), millest $R = V_0^2/P = 26.45 \Omega$ ([1 p.] — punkti teenimiseks pole takistust arvuliselt vaja leida, piisab õigest valemist R jaoks). Leiame vasktraadist juhtme takistuse $r = 2L\rho/S$ ([2 p.]; kui tegur 2 puudub, siis [1 p.]). Vool juhtmes $I = V_p/(R + r) = 1.36 \text{ A}$ ([3 p.]; kui nimetajas pole takistuste summa, vaid R või r üksikult, siis ainult [1 p.]; arvuliselt leida pole vaja) ning juhtmes eralduv võimsus $P_j = rI^2 = rV_p^2/(R + r)^2 \approx 101 \text{ W}$ (valem $P_j = rI^2$ — [1 p.]; NB! punkti teenimiseks peab siin olema **õige** takistus r , kuid punkti saab ka siis, kui r -i avaldises on tegur 2 puudu; I asendamine P_j avaldisse kas õigesti leituna ülaltpoolt (r -i avaldises võib tegur 2 puududa) või valemiga — [1 p.]; arvuline **õige** väärtus 101 W — [1 p.]).

8. (PAKIROBOT) (10 p.) Autor: Taavi Pungas

1) Robot peab nägema autot $0.2 \text{ s} + 6 \text{ m}/6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} + 1 \text{ s} = 4.8 \text{ s}$ enne auto möödumist. [2 p.] Auto läbib selle ajaga 66.67 m. [2 p.]

2) Halvimal juhul jõuab robot tee keskele täpselt siis, kui on lõpetanud sensoritelt läheneva auto kohta saadud info töötlemise ja peab veel läbima 3 m. [2 p.] Seega peab robot nägema autot $0.2 \text{ s} + 3 \text{ m}/6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} + 1 \text{ s} = 3 \text{ s}$. [2 p.] Auto läbib selle ajaga 41.67 m. [2 p.]

9. (*ALLVEELAEV*) (10 p.) Autor: Päivo Simson

Olgu laeva veepealne ruumala sadamas seistes V_1 ja veelune ruumala V_2 . Koguruumala on siis $V = V_1 + V_2$ ja teksti kohaselt $V_1 = \frac{1}{8}V$, millest $V_2 = 7V_1$. [1 p.] Nii sadamas seistes kui ka vee all olles on üleslükkejõud võrdne laeva kaaluga. [2 p.] Esimesel juhul on väljatõrjutud vee ruumala V_2 ja tasakaalutingimus on

$$\rho_v g V_2 = Mg, \quad [2 \text{ p.}]$$

kus M on laeva mass ja g on gravitatsioonikiirendus. Vee all olles on väljatõrjutud vee ruumala võrdne laeva koguruumalaga V ja laeva mass on ballastipaakides oleva vee massi võrra suurem. Tasakaalutingimus on seega kujul

$$\rho_v g (V_1 + V_2) = Mg + \rho_v V_b g, \quad [2 \text{ p.}]$$

mis esimese võrrandiga kombineerides annab $V_1 = V_b$, st sadamas seistes on laeva veepealse osa ruumala võrdne ballastipaakide ruumalaga. [2 p.] Esimesest võrrandist saame nüüd

$$M = \rho_v V_2 = \rho_v 7V_1 = 7\rho_v V_b = 8,61 \cdot 10^6 \text{ kg}. \quad [1 \text{ p.}]$$

Märkus. Kui õpilane ütleb lahenduses, et laeva veepealse osa ruumala on võrdne ballastipaakide ruumalaga, aga ei põhjenda seda, siis hinnata lahendust maksimaalselt 8 punkti vääriliseks.

10. (*KAKS TUBA*) (12 p.) Autor: Jarl Patrick Paide

Olgu mõlemas toas algne kütteallikas võimsusega N . Olgu toas, kus on lisaks kütteallikas võimsusega P temperatuur T_0 , teises toas temperatuur T_1 ja väljas temperatuur T_2 . Süsteem on tasakaalus kui $T_0 > T_1 > T_2$. Paneme kirja võrrandi mõlema toa jaoks kus paremal pool on toast lahkuv soojus ja vasakul pool tuppa sisenev soojus. Soojusülekanne ja süsteemi tasakaalu kirjeldamine [4 p.]

$$N + P = 3k(T_0 - T_2) + k(T_0 - T_1) \quad [3 \text{ p.}]$$

$$N + k(T_0 - T_1) = 3k(T_1 - T_2) \quad [3 \text{ p.}]$$

Siit saame avaldada temperatuurivahe $T_0 - T_1 = \frac{P}{5k}$ [2 p.]

E1. (*JOONLAUA MASS*) (10 p.) Autor: Erkki Tempel

Mõõdame A4 paberi pikkuse ja laiuse ning teades paberi pindtihedust, saame leida A4 paberi massi $m_p \approx 5 \text{ g}$

Leiame joonlaua massikeskme laua serval.

Asetame kokkuvolditud A4 paberi joonlaua ühe otsa peale ning leiame joonlaua ja paberi tasakaalupunkti.

Mõõdame paberi keskkoha kauguse toetuspunktist l_p ning joonlaua masskeskme kauguse toetuspunktist l_j .

Kasutades kangireeglit, saame tasakaalu jaoks kirjutada seose ning leida joonlaua massi m_j .

$$m_p l_p = m_j l_j \quad \Rightarrow \quad m_j = \frac{m_p l_p}{l_j}$$

Hindamisjuhend:

Paberi massi leidmine - [2 p.]

Joonlaua masskeskme leidmine - [2 p.]

Joonlaua tasakaalupunkti leidmine koos paberiga - [1 p.]

Tasakaalu seoste avaldamine - [1 p.]

Joonlaua massi avaldamine - [1 p.]

Jõuõlgade l_p ja l_j korrektne mõõtmine koos kordusmõõtmistega - [2 p.]

Joonlaua massi arvutamine - [1 p.].

E2.(PLASTILIIN) (10 p.) Autor: Konstantin Dukats

Määrata plastiliini ruumala sukeldumismeetodil. Valmistada plastiliinist laevuke ja mõõta selle poolt väljatõrjutud vedeliku ruumala [3 p.]. Tuletada ujumise tingimusest valem plastiliini tiheduse arvutamiseks:

$$\rho_p = \frac{m_p}{V_p} = \rho_v \frac{V_v}{V_p} \quad [3 \text{ p.}]$$

Tuleb teha vajalikud mõõtmised ja arvutada plastiliini tihedus [3 p.]. Vastus oleneb plastiliini sordist ja on ca $1.1 \dots 1.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ [1 p.].