Eesti koolinoorte 67. füüsikaolümpiaad

18. jaanuar 2020. 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; 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. (**PÄÄSTERÕNGAS**) (*6 p.*) *Autor: EFO žürii.*
Saab aru, et ülesande lahendamiseks pole ülesandes antud paatide kiirused olulised. [**1 p.**] Vaatleme taustsüsteemi, mis on seotud vee vooluga jões. [**1 p.**] Kuna voolu mõjul liiguvad mõlemad paadid ja päästerõngad ühteviisi allavoolu, võime ette kujutada, et vesi jões ei voola ja paadid sõidavad seisvas vees. [**1 p.**] Sel juhul jäävad mõlemad vette visatud päästerõngad liikumatult oma kohale ning kuna paat eemaldub päästerõngast 3 minutit, siis kulub samal paadil tagasi päästerõnga juurde sõitmiseks samuti 3 minutit. [**1 p.**] Olukord jääb samaks ka siis, kui vesi jões voolab, sest siis liiguvad mõlemad paadid ja päästerõngad vee voolu kiirusega ühteviisi allavoolu. [**1 p.**] Seega mõlemad paadid jõuavad päästerõngaste juurde samaaegselt. [**1 p.**]

2. (**KOHTUMISPAIK**) (*8 p.*) *Autor: EFO žürii.*
Lahendus 1
Arvutame välja, kui palju aega pärast esimese auto linnast A väljumist hakkab esimene auto sõitma tagasi linnast B linna A ja teine auto linnast A linna B.
Esimesel autol kulub aega, et hakata linnast B väljuma

$$t_1 = \frac{s}{v_1} + t_3 = 3{,}9\,\mathrm{h} \qquad [\mathbf{2\ p.}]$$

Teisel autol kulub aega, et hakata linnast A väljuma

$$t_2 = t_5 + \frac{s}{v_2} + t_4 = 4{,}75\,\mathrm{h} \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

Seega väljub linnast B auto $\Delta t = 4{,}75\,\mathrm{h} - 3{,}9\,\mathrm{h} = 0{,}85\,\mathrm{h}$ varem. [**1 p.**]
Autod kohtuvad linnast A kaugusel x, linnast A väljunud auto on sõitnud kohtumispaika ajavahemiku t. Saame seose

$$\frac{x}{v_2} + \Delta t = \frac{s - x}{v_1} \qquad [\mathbf{2\ p.}] \qquad \Rightarrow \qquad x = 60\,\mathrm{km}.[\mathbf{2\ p.}]$$

Lahendus 2
Kirjutame üles autode liikumisvõrrandid.
Kohtumiskoht asub linnast A kaugusel x, sinna jõudmiseks on mõlemad autod teel olnud aja t [**1 p.**].

$$\frac{s}{v_1} + t_3 + \frac{s - x}{v_1} = t_5 + \frac{s}{v_2} + t_4 + \frac{x}{v_2}. \qquad [\mathbf{5\ p.}]$$

Asendades tähised arvudega ja lahendades võrrandi, saame et autod kohtuvad $x = 60\,\mathrm{km}$ linnast A. [**2 p.**]

3. (**BUSSID**) (*8 p.*) *Autor: Moorits Mihkel Muru.*
Olgu busside keskmine kiirus v, kahe linna vaheline teepikkus s, busside väljumise periood T. Jukul kulub Berliini jõudmiseks aeg $t = s/v$ [**1 p.**] Selle aja jooksul väljub Berliinist $N = t/T$ bussi (mis tuleb ümardada alla lähima täisarvuni) [**2 p.**]. Lisaks sellele näeb Juku sõites sama palju

busse, mis on väljunud enne tema bussi väljumist [**2 p.**]. Lõpuks tuleb veel lisada buss, mis väljus Jukuga samal ajal [**2 p.**]. Seega kokku näeb Juku $2N + 1 = 2\frac{s}{vT} + 1 = 73$ bussi [**1 p.**].

Alternatiivne lahendus. Olgu t Jukul sõidulekulunud aeg ja k täisarvuline muutuja, mis näitab, mitu perioodi T on busside väljumise vahel (0 tähendab, et bussid väljusid samal ajal, negatiivsed väärtused väljusid Jukust hiljem ja positiivsed varem). Saame kirja panna busside asukohad ja panna need võrduma, kui bussid kohtuvad. Juku bussi kaugus Tallinnast on $s_J(t) = vt$ ja Berliinist väljuvate busside kaugused Tallinnast on $s_B(t) = s - v(t + kT)$, kus k tähistab erineva väljamisajaga olevaid busse [**1 p.**]. Pannes need võrduma saame

$$vt = s - v(t + kT). \qquad [\mathbf{2\ p.}]$$

Avaldame

$$k = \frac{s - 2vt}{vT}. \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

Kõige varasem kohtumine saab olla ajal $t = 0$ ja kõige viimane ajal $t = s/v$ [**1 p.**]. Saame leida maksimaalse ja minimaalse k väärtused. $k_{\max} = s/vT$, $k_{\min} = -s/vT$ [**2 p.**]. Pannes ülesandes antud väärtused valemisse saame, et k saab muutuda vahemikus $[-36{,}36]$, mis tähendab, et Juku loeb kokku 73 bussi [**1 p.**].

4. (**KANALISILD**) (*8 p.*) *Autor: Eero Uustalu.*

Õige vastus 720 tonni koos piisava põhjendusega annab [**8 p.**]

Osad eraldi:

Kuna kanali pikkust pole mainitud, ega ka seda, et silla läheduses oleks lüüse, siis võib eeldada, et kanal on nii enne kui ka pärast silda kilomeetreid pikk. [**1 p.**]

Ujudes tõrjub laev välja sama palju vett kui ise kaalub kuid väljatõrjutud vesi jaotub ühtlaselt kogu kanali pikkuse peale laiali ja kanali veetaset oluliselt ei tõsta [**1 p.**]

Seega koormab silda pikkusega $l = 18m$ (Arhimeedese seaduse kohaselt) vaid silla peal paiknev vesi [**2.5 p.**]

$m_{vesi} = d{\cdot}h{\cdot}l{\cdot}\rho_{vesi} = 8\,\mathrm{m}{\cdot}5\,\mathrm{m}{\cdot}18\,\mathrm{m}{\cdot}1000\,\mathrm{kg/m^3} = 720\,000\,\mathrm{kg} = 720\,\mathrm{tonni}$

Valem [**2 p.**]

Vastus [**1 p.**] tonnides [**+0.5 p.**]

5. (**SAUN**) (*8 p.*) *Autor: Richard Luhtaru.*
Vee mass on $m = \rho V$ ja seega vee soojendamiseks ja aurustumiseks kuluv soojushulk on

$$Q = c_v \rho V (T_k - T_0) + L\rho V, \qquad [\mathbf{2\ p.}]$$

kus $T_k = 100\,°\mathrm{C}$ on keemistemperatuur ja T_0 on vee algtemperatuur.

Kui kerise temperatuur väheneb ΔT võrra (ΔT on temperatuuri muutuse absoluutväärtus), siis kerise poolt antud soojushulk on

$$Q = c_k M \Delta T \qquad [\mathbf{2\ p.}]$$

Võrdustades seosed saame

$$\Delta T = \frac{\rho V\,(c_v(T_k - T_0) + L)}{c_k M} \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

Asendades sisse antud väärtused, saame

$$\Delta T_{(\text{külm})} \approx 7{,}65\,°\mathrm{C} \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

$$\Delta T_{(\text{kuum})} \approx 7{,}05\,°\mathrm{C} \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

Kuna $\frac{7{,}65-7{,}05}{7{,}05} \approx 0{,}085$ on väiksem kui 10%, siis Juhanil on õigus. [**1 p.**]

Märkus. Viimases reas lugeda õigeks ka lahendus, mis leiab $\frac{7{,}65-7{,}05}{7{,}05}$ asemel $\frac{7{,}65-7{,}05}{7{,}65}$ väärtuse või leiab, et $\frac{7{,}65}{7{,}05} < 1{,}1$.

6. (**JANGTSE KIIRUS**) (*8 p.*) *Autor: EFO žürii.*
Koostame seose

$$(v_j + v_l)t_{allavoolu} = (v_l + v_j)t_{ulesvoolu} \qquad [\mathbf{2\ p.}]$$

Kuna $t_{allavoolu} = 3 \cdot 24\,\mathrm{h} = 72\,\mathrm{h}$ ja $t_{ulesvoolu} = 4 \cdot 24\,\mathrm{h} = 96\,\mathrm{h}$, [**1 p.**] siis tehes teisendused saame, et $v_l = 7v_j$. [**1 p.**]
Voolu kiiruse saame seosest

$$s = (v_j + v_l)t_{allavoolu} = 8v_j t_{allavoolu} \qquad \Rightarrow \qquad v_j = \frac{s}{t_{allavoolu}} \qquad [\mathbf{3\ p.}]$$

Asendades arvudega, saame ülespaisutatud jões on vee voolukiiruseks $v_j = 1{,}13\,\mathrm{km/h} = 0{,}31\,\mathrm{m/s}$. [**1 p.**]

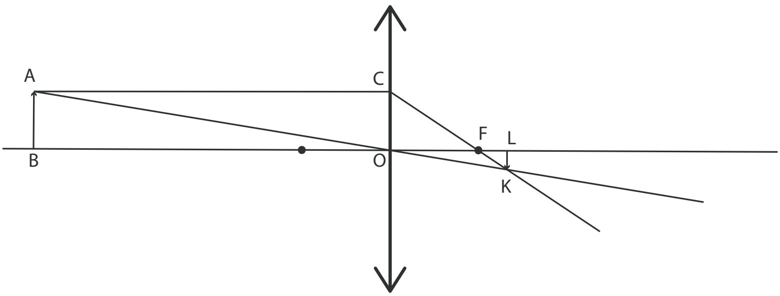
7. (**KAKSIKLÄÄTS**) (*10 p.*) *Autor: EFO žürii.*
Lahendus 1
Leiame läätse fookuskauguse $f = \frac{1}{D} = 20\,\mathrm{cm}$. [**1 p.**]
Kuna kujutis on täpselt sama suur kui ese, siis peab asuma ese läätsest kahekordse fookuskauguse kaugusel ($a = 40\,\mathrm{cm}$) [**1 p.**] ning ka kujutis asub kahekordse fookuskauguse kaugusel ($k_1 = 40\,\mathrm{cm}$). [**1 p.**]
Kui asetada asetada teine samasugune lääts esimese kõrvale, tekib liitlääts opilise tugevuse $D_2 = 10\,\mathrm{dpt}$ [**1 p.**] ning fookuskaugusega $f_2 = 10\,\mathrm{cm}$. [**1 p.**]
Ese asub sama koha peal, kus alguses, seega läätsest $a = 10\,\mathrm{cm}$ kaugusel. [**1 p.**] Kasutades läätse valemit saame leida, kui kaugele läätsest (k_2) tekib nüüd terav kujutis

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{k_2} = \frac{1}{f_2} \qquad \Rightarrow \qquad k_2 = \frac{af}{a-f} \approx 13{,}3\,\mathrm{cm}. \qquad [\mathbf{3\ p.}].$$

Seega tuleb nihutada ekraani läätsele lähemale $40\,\mathrm{cm} - 13{,}3\,\mathrm{cm} = 26{,}7\,\mathrm{cm}$. [**1 p.**]

Lahendus 2
Leiame läätse fookuskauguse $f = \frac{1}{D} = 20\,\mathrm{cm}$. [**1 p.**]
Kuna kujutis on täpselt sama suur kui ese, siis peab asuma ese läätsest kahekordse fookuskauguse kaugusel ($a = 40\,\mathrm{cm}$) [**1 p.**] ning ka kujutis asub kahekordse fookuskauguse kaugusel ($k_1 = 40\,\mathrm{cm}$). [**1 p.**]

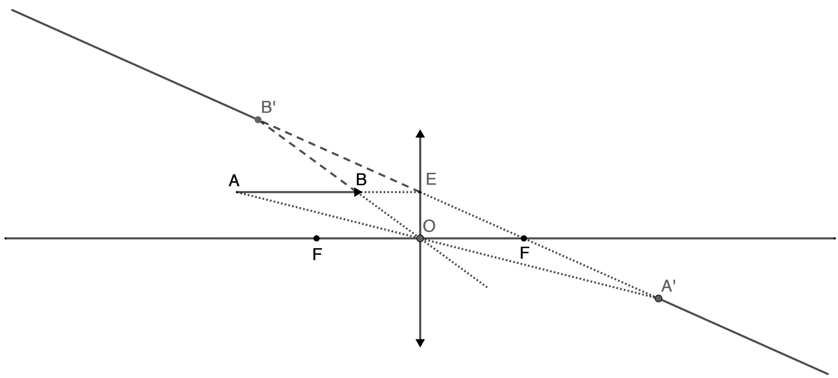
Kui asetada asetada teine samasugune lääts esimese kõrvale, tekib liitlääts opilise tugevuse $D_2 = 10\,\mathrm{dpt}$ [**1 p.**] ning fookuskaugusega $f_2 = 10\,\mathrm{cm}$. [**1 p.**]
Ese asub sama koha peal, kus alguses, seega läätsest $a = 10\,\mathrm{cm}$ kaugusel. [**1 p.**] Konstrueerides läätse kujutise asukoha antud andmetega, saame sarnastest kolmurkadest $\triangle ABO$ ja $\triangle KLO$ ning $\triangle OFC$ ja $\triangle KLF$ leida kujutise kauguse OL läätsest.



$$OL = \frac{OB \cdot OF}{OB - OF} \approx 13{,}3\,\mathrm{cm}. \qquad [\mathbf{3\ p.}].$$

Seega tuleb nihutada ekraani läätsele lähemale $40\,\mathrm{cm} - 13{,}3\,\mathrm{cm} = 26{,}7\,\mathrm{cm}$. [**1 p.**]

8. (NOOLE KUJUTIS) (*10 p.*) *Autor: Oleg Košik.*



Konstrueerime kõigepealt punktide A ja B kujutised A' ja B'. Noole kujutis asub sirgel $A'B'$, kuid koosneb kahest osast: punktist A' paremale lõpmatusse ning punktist B' vasakule lõpmatusse. Seejuures kujutise parempoolne osa on tegelik ning vasakpoolne näiv.

Hindamine:
Konstrueeritud punkti A kujutis: [**2 p.**]
Konstrueeritud punkti B kujutis: [**3 p.**]
Korrektne noole kujutis (punktist A' paremale ja punktist B' vasakule): [**4 p.**] (kui punktid A' ja B' lihtsalt kokku ühendatud, siis [**0 p.**])
Kujutise parempoolne osa on tegelik ja vasakpoolne näiv: [**1 p.**]

9. (ANTIKAITSE) (*10 p.*) *Autor: Kaur Aare Saar.*

1. Igal ajahetkel peab kogu pingelangus olema 240 V. Algul on see jaotunud kõikide lampide vahel võrdselt, seega igal on lambil pingelangus $\frac{240\,\mathrm{V}}{16} = 15\,\mathrm{V}$ [**1 p.**].

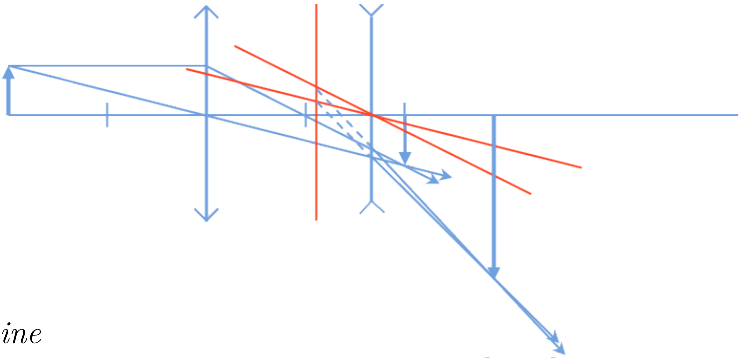
   Vahemikus 0 kuni τ ei liigu läbi ühegi lambi voolu. Seega pingelangus tervetel lampidel on 0 V [**1 p.**]. Kuna summaarselt peab pingelangus olema kõikidel lampidel kokku 240 V, siis on lambil A pingelangus 240 V [**1 p.**].

   Alates hetkest τ käitub lambiga A rööpselt ühendatud antikaitse kui suletud lüliti, seega seal pingelangus puudub ja lambil olev pingelangus on 0 V [**1 p.**]. Pingelangus teiste lampide vahel jaotub võrdselt, seega kõikidel teistel lampidel on pingelangus $\frac{240\,\mathrm{V}}{15} = 16\,\mathrm{V}$ [**2 p.**].

   (Kommentaar: Lahenduste eest, kus mingis alaosas ei summeeru pingelangused lampidel pingeallika pingeks, anda selle alaosa eest 0p.)

2. Kui lambil olev pinge tõuseb üle 21 V, siis antikaitse aktiveerub [**1 p.**]. Järelikult lampide arv, mis saab korraga põleda peab olema suurem kui $\frac{240\,\mathrm{V}}{21\,\mathrm{V}} = 11.4$ [**2 p.**]. Seega korraga saab põleda minimaalselt 12 lampi [**1 p.**].
   Kui terveks on jäänud vaid 11 lampi, siis oleks igal lambil pingelangus $\frac{240\,\mathrm{V}}{11} = 21{,}8\,\mathrm{V}$, mis aktiveeriks kõik antikaitsmed, mis lühistaks pingeallika.

10. (**LÄÄTSEDE SÜSTEEM**) (*12 p.*) *Autor: EFO žürii.*



Hindamine

Kujutise konstrueerimine kumerläätsega. - [**2 p.**]

Kujutise konstrueerimine nõgusläätsega: optilised kõrvalteljed, fokaaltasand, kiired. - [**3 p.**]

Nõgusläätsele sobiva asukoha leidmine. - [**2 p.**]

Läätsede süsteemi abil tekkinud kujutise joonestamine. - [**1 p.**]

Nõguslääts tuleks paigutada kumerläätse taha enne kumerläätse poolt tekitatud kujutist, nii et kumerläätse kujutis jääks nõgusläätse ja selle tagumise fookuse vahele. - [**2 p.**]

Kui siin kasutatud nõgusläätse fookuskaugus on väiksem, on tekkinud kujutis suurem. - [**2 p.**]

E1.(*MAKARONID*)(*10 p.*) *Autor: EFO žürii.*

Kasutame spagetti kangina. [**1 p.**] Täpsema tulemuse saamiseks tuleb kasutada kahte või kolme spagetti koos. [**1 p.**]

Asetame torumakaroni spagettide otsa ning tasakaalustame laua serval. [**1 p.**] Mõõdame spagettide masskeskme ning torumakaroni masskeskme kauguse toetuspunktist (jõuõlad). [**1 p.**] Spagettide masskese asub spagettide keskel.

Mõõtmiseks saame kasutada väikest spageti juppi. [**1 p.**] Leiame, mitu korda erinevad spageti ja makaroni jõuõlgade pikkused.

Kangireeglist $m_s l_s = m_m l_m$ saame leida, mitu korda erinevad torumakaroni ja spageti massid.

$$\frac{m_m}{m_s} = \frac{l_s}{l_m} \qquad [\mathbf{3\ p.}]$$

Kordusmõõtmised - [**1 p.**]

Õige tulemus täpsusega ±20 % - [**1 p.**]

E2.(*KUMMINIIT*)(*12 p.*) *Autor: EFO žürii.*
Õhus mõjub ülesriputatud kehale raskusjõud $F_o = mg$, millest on võimalik arvutada keha mass $m = \frac{F_o}{g}$. [**1 p.**]
Kui keha sukeldada täielikult vette, mõjub kehale üleslükkejõud $F_y = \rho_v g V_k$. [**1 p.**]
Kui keha on sukeldatud vette, on keha mõju riputusvahendile üleslükkejõu võrra väiksem raskujõust. $F_v = F_o - \rho_v g V_k$. [**1 p.**]
Eelmisest seosest saab leida keha ruumala

$$V_k = \frac{F_o - F_v}{\rho_v g}.$$

Seega, keha tihedus võrdub

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{F_o \rho_v g}{g(F_o - F_v)} = \rho_v \frac{F_o}{F_o - F_v} \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

Jõud saab mõõta kumminiidi pikenemise abil. Kumminiidi pikenemine on võrdeline kumminiiti venitava jõuga $F = k(l - l_0)$. [**1 p.**]
Mõõdame kumminiidi pikkuse, kui niiti ei ole venitatud l_0. [**1 p.**]
Mõõdame kumminiidi pikenemise, kui keha ripub kumminiidi otsas õhus. Kehtib seos

$$F_o = mg = k(l_o - l_0) \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

Mõõdame kumminiidi pikenemise, kui keha on sukeldatud vette

$$F_v = F_o - F_y = k(l_v - l_0) \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

Leiame eelmistest seostest keha keskmise tiheduse

$$\rho = \rho_v \frac{l_o - l_0}{l_o - l_v} \qquad [\mathbf{1\ p.}]$$

Arvutame mõõtmistulemustest keha keskmise tiheduse - [**1 p.**]
Kordusmõõtmised - [**1 p.**]
Õige tulemus täpsusega $\pm 20\,\%$ - [**1 p.**]