# Eesti koolinoorte 61. füüsikaolümpiaad

*1. märts 2014. 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.** (*JÕE ÜLETAMINE*) (*4 p.*) Paat võtab osa kahest liikumisest: sõidab risti jõge ning liigub allavoolu. Jõe laius $s = 120\,\mathrm{m}$; allavoolu liikumine $l = 12\,\mathrm{m}$.
Sõidu aeg $t = \frac{l}{v_j}$ [**1 p.**].

Paadi kiirus $v_p = \frac{s}{t} = \frac{sv_j}{l}$ [**1 p.**].

Pannes arvandmed asemele, saame

$$v_p = \frac{120\,\mathrm{m} \cdot 0{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{12\,\mathrm{m}} = 8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad [\mathbf{2\ p.}].$$

**2.** (*KUJUTIS KUMERLÄÄTSEGA*) (*6 p.*) Kasutades kiirte pööratavuse printsiipi võib kumerläätsega tekitatud tõelise kujutise korral eseme ja kujutise asukohad vahetada [**4 p.**]. Kumerläätsega tekitatud näiva kujutise puhul seda teha ei saa [**2 p.**]. Seega, Kui ese asub läätsest kaugemal kui läätse fookuskaugus, langevad punktid C ja A kokku. Kui ese asub läätsele lähemal kui fookuskaugus, punktid C ja A kokku ei lange.

**3.** (*KUJUTIS TASAPEEGLIS*) (*6 p.*) Kärbes liigub kiirusega $v$ ning liikugu peegel kiirusega $u$. Aja $t$ möödudes on kärbes liikunud peeglile lähemale teepikkuse $s = (v - u)t$ võrra. Samapalju on peeglile lähemale liikunud ka kärbse kujutis [**1 p.**]. Et aga peegel on vahepeal liikunud $ut$ võrra [**1 p.**], on kujutis liikunud vaatleja suhtes teepikkuse $s' = ut - s = (2u - v)t$ võrra [**2 p.**]. Et kärbse kujutis peeglis jääks paigale, peab $s' = 0$, millest $u = v/2$ [**1 p.**]. Seega peaks peegel liikuma kärbsega samas suunas kiirusega 0,5 m/s [**1 p.**].

**4.** (*MAA PÖÖRLEMISPERIOOD*) (*8 p.*) Päikese näivat liikumist taevas põhjustavad nii Maa pöörlemine kui ka tiirlemine [**2 p.**]. Maa tiirlemise tõttu erineb Maa täispöörete arv aastas ühe võrra keskmiste päikeseööpäevade arvust [**4 p.**]. Kuna Maa tiirlemise suund ühtib Maa pöörlemise suunaga, siis teeb Maa ühe aasta jooksul ühe täispöörde rohkem [**1 p.**]. Seega on Maa pöörlemisperioodiks $P = \frac{365{,}256}{366{,}256} \cdot 86\,400\,\mathrm{s} = 86\,164\,\mathrm{s}$ ehk $P = 23\,\mathrm{h}\ 56\,\mathrm{min}\ 4\,\mathrm{s}$ [**1 p.**].

**Teine lahendus** Päike teeb täistiiru taevas sagedusega $f_k = \frac{1}{86\,400\,\mathrm{s}}$ [**1 p.**]. Maa tiirlemise sagedus on $f_t = \frac{1}{365{,}256 \cdot 86400\mathrm{s}}$ [**1 p.**]. Kuna Maa pöörlemis- ja tiirlemissuunad ühtivad, siis kehtib võrrand $f_k = f_p - f_t$ [**5 p.**], kus $f_p$ on Maa pöörlemise sagedus. Siit saame avaldada Maa pöörlemisperioodi $P = \frac{1}{f_p} = \frac{1}{f_k + f_t} = 86\,164\,\mathrm{s}$ ehk $P = 23\,\mathrm{h}\ 56\,\mathrm{min}\ 4\,\mathrm{s}$ [**1 p.**].

**Märkused** Nimetuse keskmine päikeseööpäev tingib asjaolu, et Maa elliptilise orbiidi tõttu on Päikese näiv nurkkiirus taevas veidi muutlik.

Maa tiirlemisperioodi nimetatakse ka sideeriliseks aastaks.

Enamasti mõistetakse aastana troopilist, mitte sideerilist aastat, mis on defineeritud pööripäevade kordumise põhjal. Troopilise ning sideerilise aasta erinemise põhjustab Maa telje pretsessioon. Igapäevaelus ei ole olulised mitte Maa pöörlemine ning tiirlemine vaid hoopis Päikese ööpäevane liikumine taevas ning aastaaegade kordumine, mistõttu laialdaselt kasutatavad ööpäeva ning aasta mõisted erinevadki Maa pöörlemis- ning tiirlemisperioodidest.

**5.** (*PARV*) (*8 p.*) Ujumise tingimusest saame, et $m_i g + m_p g = \rho_v g V$ [**3 p.**]. Parve mass tiheduse kaudu avaldub kujul $(m_i + \rho_p S h)g = \rho_v g S h$ [**3 p.**]. Avaldades sealt $h$ saame, et

$$h = \frac{m}{(\rho_v - \rho_p)S} = \frac{70\,\mathrm{kg}}{(1000\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} - 400\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}) \cdot 3\,\mathrm{m}^2} = 3{,}9\,\mathrm{cm} \quad [\mathbf{2\ p.}].$$

**6.** (*LUMI*) (*8 p.*) Poole lume mass oli $\rho V_2$ [**1 p.**], kus $\rho$ on vee tihedus. Lumele vee lisamise lõppedes oli segu temperatuur $t = 0\,°\mathrm{C}$ [**1 p.**]. Energia jäävusest saame võrrandi

$$c_v \rho V_1 (t_s - t) = c_l \rho V_2 (t - t_l) + \lambda \rho V_2 \quad [\mathbf{4\ p.}]$$

$$c_l V_2 (t - t_l) = c_v V_1 (t_s - t) - \lambda V_2$$

$$t_l = t + \frac{\lambda}{c_l} - \frac{c_v V_1}{c_l V_2}(t_s - t) \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

$$t_l = -15\,°\mathrm{C} \quad [\mathbf{1\ p.}].$$

**7.** (*PÜSTOLKUULIPILDUJA*) (*8 p.*) Kuuli lennuaeg võrdub kõrvalekalle märgist jagatud rongide suhtelise kiirusega [**2 p.**].

$$t = \frac{2{,}25\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 0{,}075\,\mathrm{s} \quad [\mathbf{2\ p.}]$$

Kuuli kiirus $v = \frac{60\,\mathrm{m}}{0{,}075\,\mathrm{s}} = 800\,\mathrm{m/s}$ [**1 p.**].

Kahe järgneva lasu vaheline aeg

$$T = \frac{2{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{20\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 0{,}0833\,\mathrm{s} \quad [\mathbf{2\ p.}].$$

Laskude sagedus $n = \frac{60\,\mathrm{s/min}}{0{,}0833 s} = 720\,\mathrm{lasku/min}$ [**1 p.**].

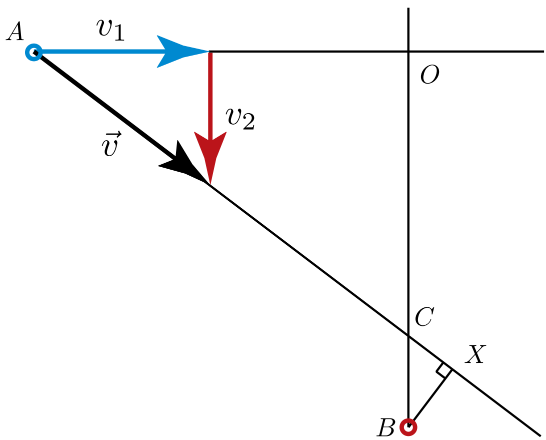
**8.** (*MOBIILILAADIJA*) (*10 p.*) Leiame ühel sammul saadava energia, arvestades, et kannale toetub jõud $F = mg$ [**2 p.**]. Vajudes kõrguse $h$ võrra, tehakse tööd $A_1 = mgh$ [**1 p.**], millest aku laadimiseks saadav elektrienergia on $W_1 = \eta A_1$ [**1 p.**]. Aku täislaadimiseks vajaliku energia leiame keskmise võimsuse $P = UI_k$ [**1 p.**] ja aja $T$ korrutisena $W = UI_kT$ [**2 p.**], mille kogumiseks vajalik sammude arv on

$$N = \frac{W}{W_1} = \frac{3.7 \cdot 0.13 \cdot 10 \cdot 3600}{0.2 \cdot 60 \cdot 9.8 \cdot 0.005} \approx 29400 \quad [\mathbf{2\ p.}].$$

Laadimiseks vajaliku jalutuskäigu pikkuseks saame

$$s = Nd = 44\,\mathrm{km} \quad [\mathbf{1\ p.}].$$

**9.** (*LENNUKID*) (*10 p.*) Lahendus muutub lihtsaks, kui vaatleme ühe lennuki suhtelist liikumist teise suhtes [**2 p.**]. Nimelt, lähme mõtteliselt punase lennukiga $B$ kaasaliikuvasse taustsüsteemi. Sel juhul paistab lennuk $B$ paigal püsivat, kuid lennuk $A$ näib liikuvat kiirusega $\vec{v}$ [**1 p.**], mille komponendid on joonisel välja toodud. Kiiruse mooduli leiame Pythagorase teoreemist: $v = 1000\,\mathrm{km/h}$ [**1 p.**]. Vähim kaugus kahe lennuki vahel kogu liikumise jooksul on mõistagi trajektoorini tõmmatud ristlõik $BX$ [**2 p.**], mille pikkuse järgnevalt leiamegi.



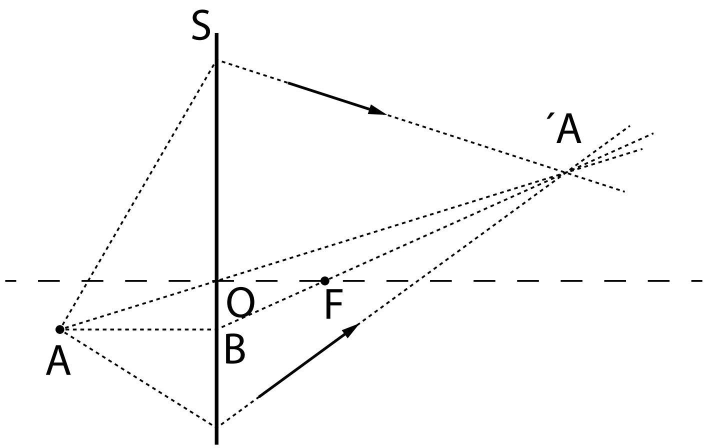

Punkti $C$ jõudes oli lennuk $A$ ida-lääne sihis liikunud vahemaa $|AO| = a = 20\,\mathrm{km}$ ning põhja-lõuna sihis järelikult

$|OC| = v_2 \cdot a/v_1 = 15\,\mathrm{km}$ [**1 p.**]. Järelikult $|BC| = a - |OC| = 5\,\mathrm{km}$ [**1 p.**]. Kolmnurga $BCX$ ning kiirusvektorite kolmikust moodustatud kolmnurga küljepikkuste võrdelisusest leiame meid huvitava pikkuse

$$|BX| = \frac{v_1 \cdot |BC|}{v} = 4\,\mathrm{km} \quad [\mathbf{2\ p.}].$$

*Märkus. Võib arvutada ka pikkuse |AC| ning kasutada kolmnurkade $BCX$ ja $ACO$ sarnasust.*
*Märkus:* Kui lõppvastuseks pakutakse 5 km, võib anda maksimaalselt **5p**.

**10.** (*LÄÄTSE SKEEM*) (*10 p.*) Olemasolevate kiirte pikendused lõikuvad punktis $A'$, mis on punktvalgusallika $A$ kujutiseks [**2 p.**]. Läätse keskpunkti $O$ saame kätte, kui tõmbame sirge läbi punktide $A$ ja $A'$ [**2 p.**]. Optiline peatelg on risti läätse tasandiga $S$ ning läbib punkti $O$ [**2 p.**]. Läätse fookuse $F$ leiame, kui joonistame valgusallikast $A$ kiire $AB$, mis on parallelne optilise peateljega [**2 p.**] ning peale läätse läbimist peab ta läbima punkti $A'$ [**2 p.**].
*Märkus:* lahenduseks piisab korrektse joonise olemasolust.



**E1.**(*TIKUTOPS*)(*12 p.*) Tikutops avaldab maksimaalset rõhku lauale siis, kui topsi pindala, mis lauale toetub on kõige väiksem. Kõige väiksema pindalaga saab tikutopsi toetada lauale nii, et lükkad sisemise osa natuke välja ning paned tikutopsi välise kesta servade peale seisma [**3 p.**].

Toetuspindala leidmine: Tikutopsi väline kest tuleb vajutada kokku (mööda murdejooni), siis saame paksuseks 1 mm ning pikkuseks 4,7 cm, seega pindala on $S = 0{,}1\,\mathrm{cm} \cdot 4{,}7\,\mathrm{cm} = 0{,}47\,\mathrm{cm}^2$ [**2 p.**].

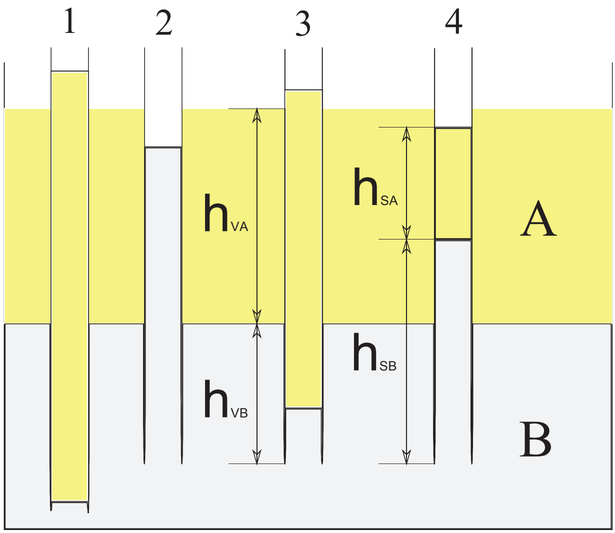
Tikutopsi massi saame leida, kui kasutame joonlauda kangina [**2 p.**]. Toetame joonlaua laua servale ning tikutopsi servapidi teise joonalau otsa ja leiame juhu, kus joonlaud ulatub maksimaalselt üle laua serva, kuid maha veel ei kuku. Kangi reeglist $mg\frac{l_1}{2} + Mgl_1 = mg\frac{l_2}{2}$ saame leida tikutopsi massi, kus $l_1$ on joonlaua lauapealse osa pikkus,$l_2$ üle laua oleva osa pikkus, m joonalua mass ning M tikutopsi mass [**2 p.**]. Täistikutopsi korral peaks vastus olema vahemikus 6,2-6,6 grammi.

Lauale avaldatud rõhu saame valemist $p = \frac{F}{S}$. Vastus tuleb kuskil 1300-1500 Pa [**1 p.**].
Kordusmõõtmised [**2 p.**].
*Märkus:* Kui tikutopsi ei panda servade peale seisma, siis saab maksimaalselt **10p.**

**E2.**(*VEDELIKU TIHEDUS*)(*12 p.*)

Ülesanne taandub vedelikusammaste rõhkude tasakaalule.

Kõrre sisse peab tekitama teise vedelikusammaste kõrguste jaotuse kui kõrrest väljas (nagu lähtub jooniselt). Juhtude 1 ja 3 tekitamiseks peab ülumise vedeliku kõrre sisse imema, kõrre pealt sulgema ning uputama alumise otsa alumise (tihedama) vedeliku põhjani ning seejärel avama. Juhtude 2 ja 4 tekitamiseks peab kas tühja kõrre pealt sulgema ja uputama alumise otsa alumise (tihedama) vedelikuni ning seejärel avama või puhuma põhja ulatuva kõrre tühjaks ja lubama taastäituda. Katse selgitus olemas või katse läbi viidud ehk sambad tekitatud ja mõõdetud - [**3 p.**].




Märgitakse, et vajalik on eralduspinna selge eristumine ja/või oodatakse vedelike eralduspinna selginemist [**1,5 p.**].

Lähtudes rõhkude võrdsusest toru alumises otsas juhu 4 näitel:

$$p = h_{VA} \cdot \rho_A \cdot g + h_{VB} \cdot \rho_B \cdot g = h_{SA} \cdot \rho_A \cdot g + h_{SB} \cdot \rho_B \cdot g \quad [\mathbf{1\ p.}]$$

$$(h_{VA} - h_{SA}) \cdot \rho_A = (h_{SB} - h_{VB}) \cdot \rho_B$$

$$\rho_A = \frac{h_{SB} - h_{VB}}{h_{VA} - h_{SA}} \cdot \rho_B \quad [\mathbf{0{,}5\ p.}]$$

Kõrre täiteks kasutatakse vaid ühte vedelikest (nagu juhtudel 1 ja 2 , kuna siis saab suurima vedelikusammaste kõrguste vahe) [**1,5 p.**].

Näidatakse, et täpseima tulemuse saab, kui kõrs täita vedelikuga mille kihi paksus anumas on väiksem (kuna siis saab suurima absoluutse vedelikusammaste kõrguste vahe) [**1,5 p.**].

Viiakse läbi vähemalt üks kontrollmõõtmine taastäidetud kõrrega [**1 p.**].

Vastus täpsusega piirides kuni ±3% [**2 p.**]. Tapsusega ±6% (1 punkt)

*Ülejäänud katsevariandid:*

Variant kus kõrs üritatakse täita kummagi vedelikuga ja tekitada U-toru kokku maksiumaalselt 6 punkti

Variandid kus üritatakse kasutada kõrre sulgemist ja õhurõhku (või õhu rõhu alandamist) kokku maksimaalselt 4 punkti