

# Eesti koolinoorte 50. füüsikaolümpiaad

1. veebruar 2003. a. Piirkondlik voor

Gümnaasiumi ülesannete lahendused

**NB!** Käesoleval lahendustelehel on toodud iga ülesande üks õige lahenduskäik. Kõik alternatiivsed õiged lahenduskäigud annavad samuti täisarvu punkte. Iga alternatiivse lahenduskäigu jaoks tuleb kontrollijatel koostada hindamisskeem juhitudes juuresoleva hindamisskeemi punktijagamisproportsioonist.

## 1. ülesanne

Olgu otsitav pikkus  $l$ , siis on rippuva ketiosa kaal  $\rho gl$  (2 p.) See kaal peab olema tasakaalustatud kummipaela pikenemisest tingitud elastsusjõuga  $k\Delta L$ :  $\rho gl = k\Delta L$ , millest  $\Delta L = \rho gl/k$  (2 p.) Ülesande tingimustest  $l + \Delta L + L = 2L$ , millest

$$l = L - \Delta L = L - \frac{\rho gl}{k} \Rightarrow l = \frac{L}{1 + \rho g/k} \quad (2 \text{ p.})$$

## 2. ülesanne

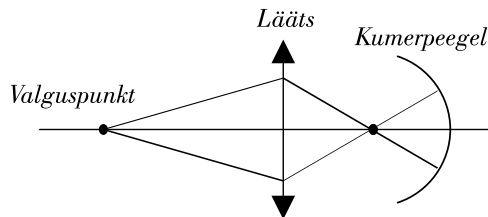
Tähistame lennuki massi  $m$ . Reaktiivjõud  $F = mg/4$  (1,5 p.) annab kiirenduse  $a = F/m = g/4$  (1,5 p.) Hoovõturaja pikkus avaldub:

$$s = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{2v_0^2}{g} = 1440 \text{ m.} \quad (3 \text{ p.})$$

## 3. ülesanne

Joonis õige kiirtekäiguga (kus on vähemalt üks optilise teljega mitteühtiv kiir) annab (2 p.). Kui valguspunkt asetseb optilisel peateljel, kaugemal läätses fookuskaugusest, tekib läätses abil saadud valguspunkti kujutis läätses taga optilisel peateljel (1 p.) Paigutades peegli nii, et peegli keskpunkt kattub valguspunkti kujutisega, tekitab nõguspeegel kujutise täpselt samasse punkti (2 p.) Kasutades kiirte pööratavuse printsiipi, saame kujutise samasse kohta läätses ees, kus paikneb valguspunkt (1 p.)

## 4. ülesanne



Kasulik võimsus, mida tehissüda peab arendama, on:

$$P = 13000 \text{ Pa} \cdot \frac{0,005 \text{ m}^3}{60 \text{ s}} \approx 1,1 \text{ W. } (4 \text{ p.})$$

Akust tarbitav vool:

$$I = \frac{2 \cdot 1,1 \text{ W}}{12 \text{ V}} \approx 0,18 \text{ A,}$$

kus kordaja 2 on tingitud 50%-sest kasutegurist (2 p.). Sellise vooluga tühjeneb aku

$$t = \frac{48 \text{ Ah}}{0,18 \text{ A}} \approx 270 \text{ h}$$

jooksul (2 p.)

## 5. ülesanne

Voltmeetrid näitavad pinget, mis on nende klemmidel (2 p.), seega takistile langeb pinge  $U = \mathcal{E} - U_1 - U_2 = 0,2 \text{ V}$  (3 p.) Takistus  $R = U/I$  (2 p.),  $R = 200 \text{ k}\Omega$  (1 p.)

## 6. ülesanne

Kuna varras on kaalutu, siis (a) kõikide vardale mõjuvate jõudude summa peab olema null ja (b) kõikide vardale mõjuvate jõumomentide summa peab olema null (vastasel korral hakkaks varras lõpmata suure kiirendusega liikuma) (3 p.) Olgu konkreetseuse mõttes  $M > m$ . Koormus  $M$  hakkab siis langema mingi joonkiirendusega  $a$ , koormus  $m$  aga hakkab sama kiirendusega tõusma. Mõjugu varras koormusele  $m$  jõuga  $F$  ja koormusele  $M$  jõuga  $F'$ . Newtoni II seadus annab siis

$$\left. \begin{aligned} ma &= F - mg \\ Ma &= Mg - F' \end{aligned} \right\} (2 \text{ p.})$$

Kuna jõudude  $F$  ja  $F'$  õlad on võrdsed, siis tingimuse (b) kohaselt  $F = F'$ . Seda arvestades saame võrrandisüsteemi lahendamisel

$$F = \frac{2Mmg}{M+m} \quad (2 \text{ p.})$$

Tingimuse (a) ja Newtoni III seaduse kohaselt jõudude  $F$  ja  $F'$  resultant on võrdne ja vastassuunaline varda poolt teljele mõjuva rõhumisjõuga (2 p.):

$$R = 2F = \frac{4Mmg}{M+m} \quad (1 \text{ p.})$$

## 7. ülesanne

Io tiirlemisperioodi jooksul muutub Maa ja Jupiteri vahekaugus (2 p.) Kaugus muutub kõige kiiremini, kui Maad ja Jupiteri ühendav sirge on Maa orbiidile puutujaks (2 p.) Aja jooksul, mis Iol kulub ühe tiiru tegemiseks, muutub Maa ja Jupiteri vahekaugus

$$2\pi \cdot 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} \cdot \frac{42,5 \text{ h}}{1 \text{ a}} \approx 4,6 \cdot 10^6 \text{ km}$$

võrra (3 p.) Selle täiendava vahemaa läbib valgus 15 s jooksul, seega saame valguse kiiruseks:

$$c = \frac{4,6 \cdot 10^6 \text{ km}}{15 \text{ s}} \approx 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s.} \quad (3 \text{ p.})$$

## 8. ülesanne

Kuna jääpurika läbimõõt kahaneb ühtlase kiirusega, on tema täielikuks ärasulamiseks kuluv aeg  $t = D/2u$  (2 p.), kus  $u$  on sulamiskiirus (ajaühikus sulava jääkihi paksus). Olgu purika läbimõõt mingil ajahetkel  $d$ . Tema otsast kukkivate tilkade suurus (ruumala  $v$ ) on hinnatav tingimusest, et tilgale mõjuv raskusjõud on võrdne tilgale mõjuva pindpinevusjõuga (suurema massiga tilk rebib ennast purika otsast lahti):  $mg = v\rho_v g = \pi d\sigma$  (4 p.) (pindpinevusjõud mõjub vertikaalsihis mööda purika otspinna perimeetrit). Kuna purika sellise läbimõõdu juures on tema pinnal ajaühikus tekkiva sulavee ruumala  $V = \pi dLu$  (2 p.) (otspinna suhtelise väiksuse tõttu sulamist temal ei arvesta), siis saame tilkade langemissageduseks  $f = \rho_j V / \rho_v v = Lu\rho_j g / \sigma$  (2 p.)

Näeme, et see suurus ei sõltu purika läbimõõdust ja on seega sama kogu sulamise käigus. Siit langenud tilkade koguarv  $N = ft = DL\rho_j g/2\sigma = 160$  (2 p.)

## 9. ülesanne

$t_1 = 80^\circ\text{C}$  juures on kaane all küllastunud aur rõhul  $P_1 = 4,8 \cdot 10^4$  Pa (leiame graafikult) (3 p.) ning järelkult õhu rõhk kaane all on  $p_1 = P_0 - P_1$  (2 p.) Pärast jahtumist on kaane alune aururõhk  $P_2 = 2,3 \cdot 10^3$  Pa (graafikult) (2 p.) ning õhurõhk  $p_2 = p_1 T_2/T_1$  (sest peale jahtumist õhu kogus ja ruumala ei muutu) (2 p.). Seega otsitav rõhk  $p = p_2 + P_2 = P_2 + (P_0 - P_1)T_2/T_1$  (2 p.) Asendades arvud leiame  $p \approx 45$  kPa (1 p.) Graafiku lugemite juures on lubatud väike ebatäpsus:  $P_1$  võib olla vahemikus 45 kuni 50 kPa,  $P_2$  aga 2 — 2,5 kPa; lõppvastus peab olema graafikult leitud väärtustega vastavuses.

## 10. ülesanne

Trajektoori peegelsümmeetria ja sinusoidaalne iseloom näitavad, et magnetväli peab olema paralleelne  $x - y$ -tasandiga (2 p.), võtkem  $x$ -telg temaga paralleelseks. Sinusoidi kõrgus  $h = 9$  mm (leitud jooniselt) annab elektroni poolt  $y - z$ -tasandis joonistatava ringi diameetri  $2R$  (1 p.) Seega

$$eBv_{\perp} = \frac{mv_{\perp}^2}{R}, \quad (2 \text{ p.})$$

millest  $v_{\perp} = eBR/m$  ( $v_{\perp}$  tähistab magnetväljaga risti olevat kiiruse komponenti) (1 p.) Elektroni tiirlemisperioodi

$$T = \frac{2\pi R}{v_{\perp}} = \frac{2\pi m}{eB}, \quad (1 \text{ p.})$$

ning järelkult sinusoidi samm

$$l = Tv_x = \frac{2\pi m v_x}{eB}, \quad (1 \text{ p.})$$

jooniselt  $l = 27$  mm (1 p.) Niisiis,  $v_x = eBl/2\pi m$  (1 p.) ning kiiruse moodul

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_{\perp}^2} = \frac{eB}{m} \sqrt{R^2 + \left(\frac{l}{2\pi}\right)^2} \quad (1 \text{ p.})$$

Joonise andmete põhjal

$$\sqrt{R^2 + \left(\frac{l}{2\pi}\right)^2} = 10 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad v = 1,8 \cdot 10^6 \text{ m/s.} \quad (1 \text{ p.})$$

## E1. ülesanne

a) Idee: raamatust saab moodustada kaldpinna, mille kaldenurka saab muuta, tõstes või langetades raamatu üht serva. Asetame pliiatsi ükskord kaldpinnale, nii, et see saaks sealt alla veereda, teinekord nii, et pliiats saaks libiseda. Leia-me minimaalse kaldenurgaga asendi (määraates raamatu tagumise otsa kõrguse  $h$ ). Mõõtes ära kaldpinna otsa sellised minimaalsed kõrgused  $h_v$  ja  $h_l$ , mille puhul pliiats veel veereb (või libiseb), saame leida otsitava suhte (2 p.).

b) Arvutusvalemi tuletamine: hõõrdejõu valem  $F = mgh/L$  (1 p.), kus  $h$  — kaldpinna kõrgus ja  $L$  — raamatu pikkus, arvutusvalem

$$\frac{F_v}{F_l} = \frac{h_v}{h_l},$$

kus indeks  $v$  tähistab veeremist ja  $l$  — libisemist (1 p.).

c)  $h_v$  mõõtmine (1 p.), mitme mõõtmise keskmise leidmine (1 p.).

d)  $h_l$  mõõtmine (1 p.), mitme mõõtmise keskmise leidmine (1 p.).

e) Otsitava suhte arvutamine (1 p.) Lubatud on 50% erinevus võrreldes korraldajate endi poolt antud katsevahendite komplekti juures saadud väärtusega. NB! Vältimaks vigu peaksid katse läbi viima üksteisest sõltumatult vähemalt kaks korraldajat.

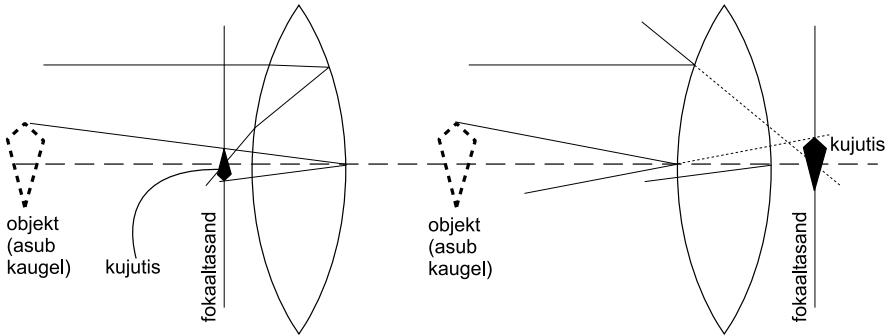
f) Veahinnang (1 p.).

## E2. ülesanne

a) Kujutised tekivad valguse peegeldumisel läätse esimeselt ja tagumiselt pinnalt (1 p.).

b) Läätsede tagumiselt, nõgusalt pinnalt peegeldumisel tekkiva kujutise konstrueerimine (2 p.).

c) See on tõeline kujutis (1 p.).



*NB!* Joonisel on objektid ebaproportsionaalselt lähedal.

d) Tõeline kujutis on ümberpööratud (1 p.).

e) Läätsel eesmiselt, kumeralt pinnalt pinnalt peegeldumisel tekkiva kujutise konstrueerimine (2 p.).

f) See on näiv kujutis (1 p.).

g) Näiv kujutis on päripidine (1 p.).

h) Mõlemad kujutised on vähendatud, kuid tõeline kujutis on väiksem (1 p.), sest esimeselt pinnalt toimub ainult peegeldumine, tagumiselt aga lisaks veel murdumine läätses: see lühendab fookuskaugust (ilma murdumiseta oleksid need mõlemal juhul võrdsed) ja seepärast on kujutis väiksem.

i) Meile lähemal asub tõeline kujutis (1 p.).

j) Kauguse kindlakstegemiseks võib näiteks silma lähendada läätsel. Kui kauguse kujutisest saab väga väikeseks, muutub kujutis ebateravaks (1 p.). Kaugusi saab kindlaks teha ka parallaksi meetodil, liigutades pead ja leides juurdeviidud eseme (pliiatsi) sellise asendi, kus see ese kujutise suhtes ei liigu.