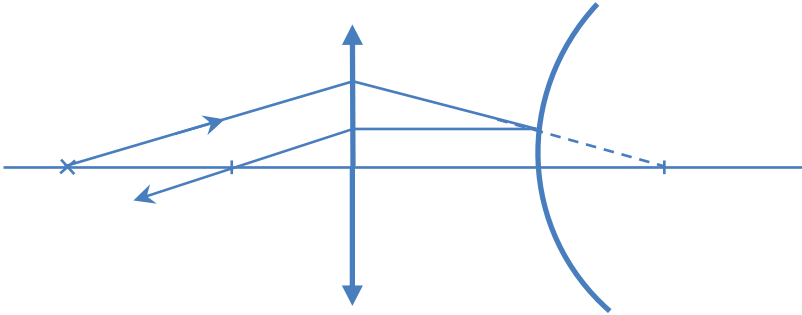


# Eesti koolinoorte 64. füüsikaolumpiaad

15. aprill 2017. a. Vabariiklik voor.  
Põhikooli ülesannete lahendused

## 1. (OPTILINE SKEEM) (8 p.)



Et kujutis tekiks peegli ees peegli fookuses, peavad peegilt peegeldunud ja läätsele langevad kiired olema paralleelsed.

Kumerpeegilt peegelduvad paralleelsetena kiired, mis peegelduseks koonduvatele kiirtele, mille pikendus läbib kumerpeegli fookuse peegli taga. Kumerpeegel tuleb paigutada läätse taha nii, et ühtivad läätse kujutis ja peegli fookus. Sel juhul on kumerpeegilt peegeldunud kiired paralleelsed. Valguspunkti asukoht läätse ees peab olema kuskil optilisel peateljel ja kaugemal kui läätse fookus, sest siis on kujutis tõeline.

## 2. (TILKUMINE) (8 p.)

Kogu jää on sulanud siis, kui kraanidest tilkunud vesi on jahtunud  $0^{\circ}\text{C}$ -ni ning eraldunud soojus on läinud anumasse oleva jää soojendamiseks  $0^{\circ}\text{C}$ -ni ning sulatamiseks.

Jää soojendamiseks vajaminev soojushulk  $Q_1$

$$Q_1 = c_j m_j (0^{\circ}\text{C} - T_j) 2100 \text{ J}$$

Jää sulatamiseks vajaminev soojushulk  $Q_2$

$$Q_2 = \lambda m_j = 33\,000 \text{ J}$$

Kogu jää sulatamiseks vajaminev energia on seega  $Q_{kogu}$

$$Q_{kogu} = Q_1 + Q_2 = 35\,100 \text{ J}$$

Üks tilk külma vett annab  $0^\circ\text{C}$ -ni jahtudes soojushulga  $Q_k$

$$Q_k = c_v m_k (T_k - 0^\circ\text{C}) 5,04 \text{ J}$$

Üks tilk sooja vett annab  $0^\circ\text{C}$ -ni jahtudes soojushulga  $Q_s$

$$Q_s = c_v m_s (T_s - 0^\circ\text{C}) 50,4 \text{ J}$$

Kuna soe vesi tilgub kaks korda aeglasemalt, siis iga sooja vee tilga kohta tilgub kaks külma vee tilka. Nimetame kolme tilka üheks tsükliks, milleks kulub 2 sekundit. Ühes tsükliks eraldunud tilgad annavad jahtudes soojushulga  $Q_t$

$$Q_t = 2 * Q_k + Q_s = 60,48 \text{ J}$$

Seega kogu vajamineva soojushulga  $Q_{kogu}$  jaoks on vaja  $n$  kahesekundilist tsükli

$$n = \frac{Q_{kogu}}{Q_t} = 580,36$$

Kuna külma enamust soojust tuleb sooja vee jahtumisest, siis peab tilkuma 581 sooja tilka, milleks kulub aeg  $t$

$$t = 581 \cdot 2 = 1162 \text{ s} \approx 19 \text{ min } 22 \text{ s}$$

### 3. (RONGID) (8 p.)

Teatud aja  $t$  möödudes on reisirongi kiiruseks  $v_1 - \frac{\Delta v}{\Delta t} t$

Kui aja  $t$  möödudes on reisirong jõudnud kaubarongile järele ja nende kiirused sel hetkel on võrdsed, ei toimu kokkupõrget.

Kuna reisirongi kiirus muutus ühtlaselt saame reisirongi keskmiseks kiiruseks kaubarongile järelejõudmisel

$$v_k = \frac{v_1 + \left(v_1 - \frac{\Delta v}{\Delta t} t\right)}{2}$$

ja reisirongi poolt läbitud teepikkuseks

$$s = \frac{v_1 + \left(v_1 - \frac{\Delta v}{\Delta t} t\right)}{2} t$$

Reisi- ja kaubarongi liikumisvõrrand on

$$\frac{v_1 + \left(v_1 - \frac{\Delta v}{\Delta t} t\right)}{2} t = l + v_2 t$$

Lahendades ruutvõrrandi saame kaubarongile järelejõudmise ajaks  $t = 20$  s.

20 sekundiga läbib reisirong 600 m ja 20 sekundi pärast on reisirongi kiiruseks 20 m/s, mis on sama, mis kaubarongil.

*Vastus:* Reisirong jõuab kaubarongile järele pärast 600 m pikkust sõitu ja ei pörku kaubarongiga.

#### 4. (JUHTMED) (8 p.)

Lambi takistuse saame  $r_L$  saame avaldada selle nimipinge  $U$  ja nimi- võimsuse seosest  $P = U^2/r_L$ , kust  $r_L = U^2/P = 5,76 \Omega$ . Keldrini veetud kahe juhtmesoone kogutakistus on  $r_J = 2\rho l/S = 8,50 \Omega$ . Juhtmed ja lamp on ühendatud jadamisi ning ahelat kogutakistusega  $r_K = r_L + r_J$  läbib seega vool voolutugevusega  $I = \mathcal{E}/r_K$ , millest saame avaldada lambi põlemise võimsuse:

$$P_L = I^2 r_L = \frac{\mathcal{E}^2 r_L}{(r_L + r_J)^2} = 4,8 \text{ W}.$$

#### 5. (KEHA TIHEDUS) (10 p.)

Vette sukeldatud kehale mõjub üleslükkejõud, mille tulemusel dünamomeetri näit väheneb. üleslükkejõu valem  $F_u = \rho_v g V$ .

Keha sukeldamisel vette surub keha välja oma ruumalaga võrdse koguse vett, mille tulemusel tõuseb vee tase anumast ja suureneb rõhk anuma põhjale  $\Delta p = \rho_v g \Delta h$

Kui keha on sukeldatud vette on dünamomeetri näit võrdne kehale mõjuva raskusjõu ja üleslükkejõu vahel  $F = mg - F_u$ , seega  $mg = F + F_u$

Avaldame rõhu muutusest vee taseme tõusu  $\Delta h$  ning keha ruumala  $V$

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho_v g} \quad V = \frac{\Delta p}{\rho_v g} \approx 0,000\,61 \text{ m}^3$$

Kehale mõjuv üleslükkejõud on  $F_u = \rho_v g V \approx 5,9 \text{ N}$

Seega  $mg = 9 \text{ N} - 5,9 \text{ N} = 15,1 \text{ N}$ , millest saame leida keha massi

$$m = F/g \approx 1,5 \text{ kg}$$

Keha aine tihedus on seega

$$\rho = \frac{m}{V} \approx 2500 \text{ kg/m}^3$$

## 6. (JÄÄTUNUD NAEL) (10 p.)

Olgu jää mass enne uppumist  $m_j$ , jää tihedus  $\rho_j$  ning otsitav metalli tihedus  $\rho$ .

Veetase muutus tänu sellele, et jää sulamisel selle ruumala vähenes:

$$\frac{m_j}{\rho_j} - \frac{m_j}{\rho_v} = S\Delta h.$$

Vahetult enne uppumist on nael koos jääga pea täielikult vee all ning naela ja jää summaarne mass võrdub väljatõrjutud vedeliku massiga:

$$m + m_j = \rho_v \left( \frac{m_j}{\rho_j} + \frac{m}{\rho} \right).$$

Viimast võrandist saab kirjutada ümber kujul

$$\frac{m}{\rho_v} - \frac{m}{\rho} = \frac{m_j}{\rho_j} - \frac{m_j}{\rho_v}.$$

Sellest ja esimesest võrandist saame

$$\frac{m}{\rho_v} - \frac{m}{\rho} = S\Delta h.$$

Siit saame avaldada  $\rho$ :

$$\rho = \frac{m\rho_v}{m - S\Delta h\rho_v}.$$

**7. (PRILLID) (10 p.)**

Kehtib seos  $D = \frac{1}{f}$

Silma ja prilliläätse koos kasutamisel nende optilised tugevused liituvad. Prillidega raamatut lugedes kehtib seos

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{k} = D_p + D_s$$

kus  $a$  on eseme kaugus,  $k$  kujutise kaugus,  $D_p$  prillide optiline tugevus,  $D_s$  silma optiline tugevus.

Ilma prillideta raamatut lugedes peab kujutise kaugus jääma samaks, muutub aga eseme kaugus

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{k} = D_s,$$

kus  $a_1$  on eseme kaugus siis, kui prille ei kasutata.

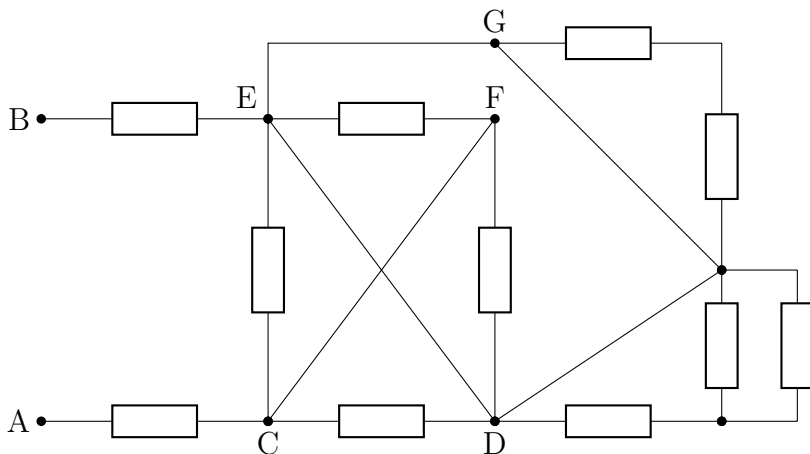
Eelnevatest Seostest saame

$$\frac{1}{a_1} = \frac{1}{a} - \frac{1}{f_p}$$

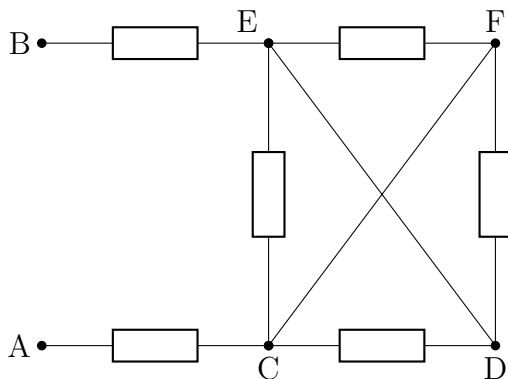
kus  $f_p$  on prilliläätsede fookuskaugus ning  $a_1 = 40$  cm.

8. (TAKISTID) (10 p.)

Tähistame skeemil olevad punktid järgnevalt:

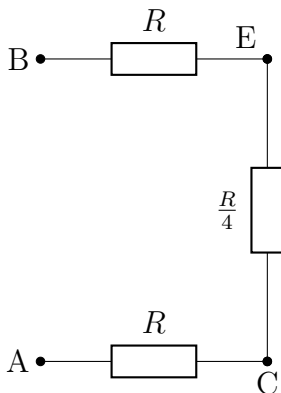


Punktid E ja D on ühendatud otse juhtmega ja ka läbi takistite, mis asuvad punktide D ja G paremal. Kui kaks punkti on juhtmega ühendatud, siis on pinge nendes punktides sama. Seega on pinge punktide D ja G paremal asuvatel takistitel null ja vool neid ei läbi. Võime need takistid ära jätta ja saame järgneva skeemi:



Mõtleme, kuidas saab vool minna punktist C punkti E. Selleks on neli võimalust, liikudes otse punktist C punkti E või läbides punkte CDE,

CFE või CFDE. Iga kord liigub vool läbi ühe takisti. Sisuliselt on tegemist nelja takisti paralleelse ühendusega. Seega on punktide C ja E vaheline takistus  $R/4$  ja saame skeemi:



Selles skeemis on kolm takistit jadamisi ühendatud. Punktide A ja B vahelise kogutakistuse leidmiseks tuleb need kokku liita, mis annab

$$R + R + \frac{R}{4} = \frac{9}{4}R.$$

### 9. (PINGE MÕÕTMINE) (10 p.)

Kui oleks tegemist ideaalse voltmeetriga, siis peaks pinge jagunema takistite klemmidel proportsionaalselt ning pinge takisti  $R_2$  klemmidel peaks olema 33,3 V. Kuna mõõdetud pinge on sellest oluliselt väiksem, mõjutab mõõtmisi voltmeetri takistus.

Voltmeetri takistuse leidmiseks tuleb kõigepealt leida voolutugevus takistites. Pingetakistitel  $R_1$  ja  $R_3$  on  $U_1 + U_3 = U - U_2$

$$U_1 + U_3 = 100 \text{ V} - 23,8 \text{ V} = 76,2 \text{ V}$$

Takistite  $R_1$  ja  $R_3$  kogutakistus on  $R_{13} = 5000 \Omega + 1000 \Omega = 6000 \Omega$ . Seega voolutugevus takistites on

$$I = \frac{U_1 + U_3}{R_{13}} = \frac{76,2 \text{ V}}{6000 \Omega} \approx 0,0127 \text{ A}.$$

Takisti  $R_2$  ja voltmeeter on ühendatud rööbiti, mille takistuse saame arvutada seosest

$$R_{\text{rööp}} = \frac{U_2}{I} = \frac{23,8 \text{ V}}{0,0127 \text{ A}} \approx 1874 \Omega.$$

Seosest  $R_{\text{rööp}} = \frac{R_2 \cdot R_v}{R_2 + R_v}$  saame, et  $R_v = 4993 \Omega$ .

Arvutame pinget väärtuse, mida näitab voltmeeter siis, kui on ühendatud takistiga  $R_1$ .

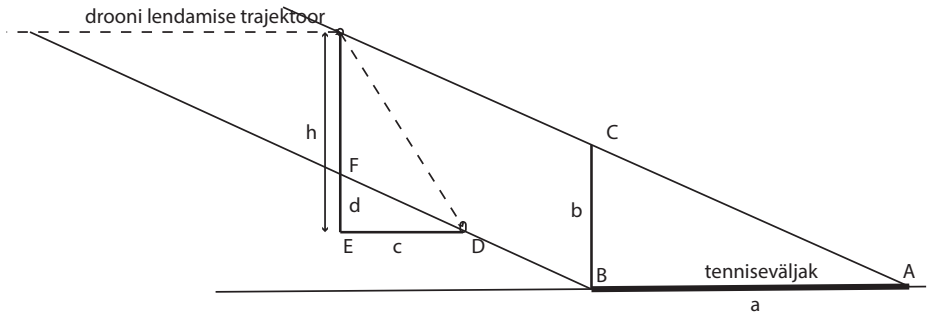
Vooluringi osa kogutakistus  $R = R_{\text{rööp}} + R_2 + R_3$ .

Arvutustest saame  $R_{\text{rööp}} = 2498 \Omega$  ja kogutakistus  $R = 6498 \Omega$ .

Voolutugevus on nüüd  $I = 100 \text{ V} / 6498 \Omega \approx 0,0154 \text{ A}$ .

Voltmeetri näit  $U_1 = I \cdot R_{\text{rööp}} \approx 38,5 \text{ V}$ .

## 10. (DROONI VARI) (13 p.)



Paralleelselt maapinnaga lennates liigub drooni vari punktist  $B$  punkti  $A$ .

Kui droon laskub ning jõuab punkt  $D$ , siis drooni vari liigub laskumise ajal punktist  $A$  punkti  $B$ .

Lennukõrguse muutus  $h$  on löikude  $b$  ja  $d$  summa.

Kolmnurgast  $\triangle ABC$  saame kätte kõrguse  $b$

$$\tan \alpha = \frac{b}{a} \quad \Rightarrow \quad b = a \tan \alpha$$



Kolmnurgast  $\triangle DEF$  saame kätte kõrguse  $d$

$$\tan \alpha = \frac{d}{c} \quad \Rightarrow \quad d = c \tan \alpha$$

Drooni horisontaalne kiirus on kogu lennu ajal  $v$ . Algul ületas droon lennuväljaku ajaga  $t_1$ , seega

$$b = vt_1 \tan \alpha$$

Tagasilennul oli drooni lennuaeg  $t_2$ , seega

$$d = vt_2 \tan \alpha$$

Drooni lennukõrguse muutus  $h$  on seega

$$h = b + d = v \tan \alpha (t_1 + t_2)$$

### **E1.**(RUUMALAD)(14 p.)

Kasutame joonlauda kangina. Toetuspunktiks on lauaseriv. Leiame joonlaua massikeskme. Edaspidi on joonlaua massikese täpselt laua serval. Leiame kehade jõuõlgade  $l_{A1}$  ja  $l_{B1}$  pikkused toetuspunktist.

$$m_A l_{A1} = m_B l_{B1}$$

Nüüd uputame keha  $A$  keha vette ning leiame uuesti jõuõlgade  $l_{A2}$  ja  $l_{B2}$  kaugused toetuspunktist. Kehale  $A$  mõjub ka üleslükkejõud  $F_y = \rho_{vesi} g V_A$

$$l_{A2}(m_A - \rho_{vesi} V_A) = m_B l_{B2}$$

Nüüd uputame keha  $B$  keha vette ning leiame uuesti jõuõlgade  $l_{A3}$  ja  $l_{B3}$  kaugused toetuspunktist. Kehale  $B$  mõjub ka üleslükkejõud  $F_y = \rho_{vesi} g V_B$

$$l_{A3} m_A = l_{B3} (m_B - \rho_{vesi} V_B)$$

Avaldades nendest kolmest võrudest ruumalade suhte, saame

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{1 - \frac{l_{B2} l_{A1}}{l_{A2} l_{B1}}}{\frac{l_{A1}}{l_{B1}} - \frac{l_{A3}}{l_{B3}}} \approx 4,4$$

**E2.**(LÄÄTSED)(12 p.)

Leiame kumerlääitse fookuskaguuse  $f_k$  kasutades kaugel asuvat valgusalikat, näiteks laelampi.

Asetame kumerlääitse ja nõguslääitse üksteise peale ning leiame liitlääitse fookuskauguse  $f_l$  samal meetodil.

Teades, et liitlääitse optiline tugevus on üksikute lääitsete optiliste tugevuste summa, saame leida nõguslääitse optilise tugevuse ja fookuskauguse  $f_n$ .

$$D_l = D_k + D_n \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{f_l} = \frac{1}{f_k} + \frac{1}{f_n} \quad \Rightarrow \quad f_n = \frac{f_k f_l}{f_k + f_l}$$