

Eesti koolinoorte 48. füüsikaolümpiaad

18. märts 2001. a. Lõppvoor

Põhikooli ülesannete lahendused

1. ülesanne

Buss reisijaga sõidab keskmise kiirusega $v = 20$ km/h. Vastusõitvate busside vahelised kaugused on $\Delta s = v\Delta t$, järelikult sõidab tänaval ühes suunas $n_1 = s/v\Delta t$ bussi. Reisija kohtab oma teekonnal kõik need bussid ning lisaks veel bussid, mis väljuvad tänava teisest otsast reisija bussisõidu ajal. Kuna iga buss läbib tänavapikkuse $s = 6$ km aja $t = s/v$ jooksul, siis nende lisabusside arv on $n_2 = t/\Delta t = s/v\Delta t$. Järelikult näeb reisija oma sõidu ajal $n = n_1 + n_2 = 2s/v\Delta t$ busse. Asendades kõik suurused nende arvvaartustega, saame $n = 7,2$, mis tähendab, et reisija kohtas 7 bussi.

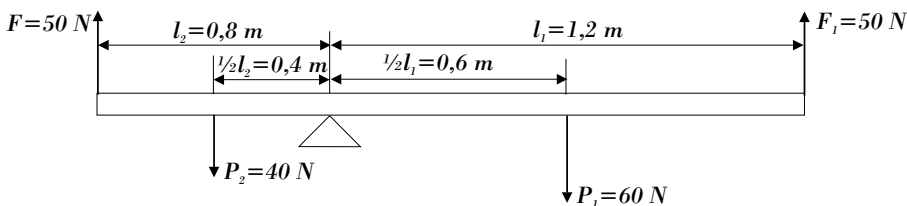
2. ülesanne

Kangi $l = 2$ m parempoolse osa pikkus on $l_1 = 1,2$ m ja mass $m_1 = 10 \cdot 1,2/2 = 6$ kg. Kangi vasakpoolse osa pikkus on $l_2 = l - l_1 = 2 - 1,2 = 0,8$ m ja mass $m_2 = 10 - m_1 = 4$ kg. Kangi paremale ja vasakule osale mõjuvad raskusjõud $P_1 = m_1g = 6 \cdot 10 = 60$ N ja $P_2 = m_2g = 4 \cdot 10 = 40$ N. Kangi tasakaalu võrrand:

$$F_1 \cdot l_1 - P_2 \cdot \frac{l_1}{2} = F \cdot l_2 - P_2 \cdot \frac{l_2}{2},$$

$$50 \cdot 1,2 - 60 \cdot 0,6 = F \cdot 0,8 - 40 \cdot 0,4 \quad \Rightarrow \quad 60 - 36 = F \cdot 0,8 - 16$$

$$F = \frac{60 - 36 + 16}{0,8} = 50 \text{ N.}$$



Joonis 1: vt. ül. 2

Kangi paremale ja vasakule osale mõjuvate raskusjõudude P_1 ja P_2 asemel võib võtta kogu kangi raskusjõu P , mis mõjub kangi raskuskeskmele kaugu-

sel $l_k = 1$ m kangi mõlemast servast. Sel juhul on raskusjõu õlg $l_P = 0,2$ m ja kangi tasakaalu võrrand on selline:

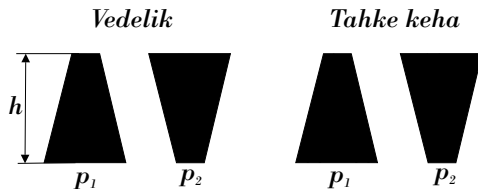
$$F_1 \cdot l_1 - P \cdot l_P = F \cdot l_2$$

$$50 \cdot 1,2 - 100 \cdot 0,2 = F \cdot 0,8 \quad \Rightarrow \quad 60 - 20 = F \cdot 0,8,$$

$$F = \frac{60 - 20}{0,8} = 50 \text{ N.}$$

3. ülesanne

Vedeliku rõhu valemist ei või alati kasutada tahke keha rõhu määramisel. Vedelik annab rõhku edasi igas suunas ühteviisi ja sellepärast pole oluline vedelikusamba kuju. Tahke keha avaldab rõhku ainult vertikaalsuunas ja tulemus oleneb toetuspinna suurusest. Seega: vedeliku rõhk ei sõltu anuma kujust, vaid vedelikusamba kõrgusest. Tahke keha puhul oleneb keha rõhk alusele sellest, missugune on keha põhjapindala S .

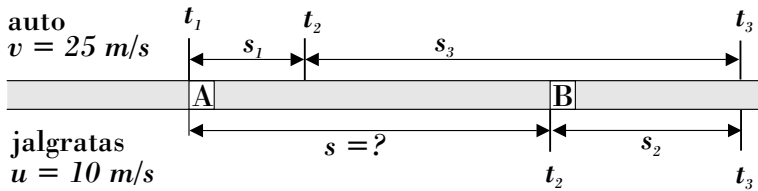


Joonis 2: vt. ül. 3

Vedeliku puhul $p_1 = p_2 = \rho gh$, kuid tahke keha puhul $p_1 < p_2 = mg/S$ (vt. joon. 2).

4. ülesanne

Auto ja jalgratta kiirused on vastavalt $v = 25$ m/s ja $u = 10$ m/s. Ajahetkel $t_1 = 0$ ületab auto esimese ristmiku (1). Ajahetkel $t_2 = 160$ s ületab jalgratas teise ristmiku (2). Auto on ajahetkeks t_2 läbinud vahemaa $s_1 = vt_2 = 25 \cdot 160 = 3000$ m = 3 km. Ajahetkel t_3 on nii auto kui ka jalgratas $s_2 = 5$ km kaugusel teisest ristmikust. Jalgratas läbis vahemaa s_2 ajavahemiku $t_3 - t_2 = s_2/u = 5000/10 = 500$ s jooksul. Auto oli sama ajavahemiku jooksul läbinud vahemaa $s_3 = v \cdot (t_3 - t_2) = 25 \cdot 500 = 12500$ m = 12,5 km. Ristmike vahelise kauguse saab leida nii: kõigepealt leida vahemaa $s_1 + s_3$, mille auto läbis ajavahemiku $t_3 - t_1$ jooksul, ja siis lahutada sellest vahemaa



Joonis 3: vt. ül. 4

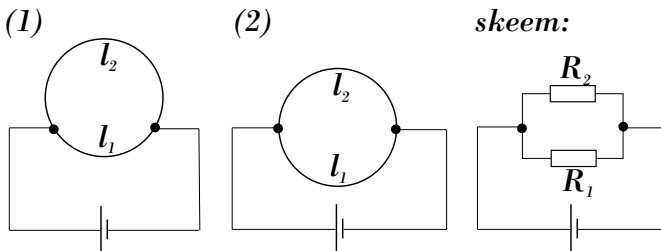
s_2 , mille jalgratas läbis ajavahemiku $t_3 - t_2$ jooksul: $s = s_1 + s_3 - s_2 = 3 + 12,5 - 5 = 10,5$ km.

5. ülesanne

Olgu rõnga pikkus l .

(1) Esimesel juhul jaotavad ühenduskohad rõnga osadeks 1:2, ehk $l_1 = l/3$ ja $l_2 = 2l/3$. Rõnga osade l_1 ja l_2 elektritakistuste arvutamiseks kasutatakse valemit: $R = \rho l/S$. Siis $R_1 = \rho l_1/S = \rho l_1/3S$ ja $R_2 = \rho l_2/S = 2\rho l_2/3S$. Rõnga osad l_1 ja l_2 paiknevad vooluringis rööbiti, seega tuleb rõnga kogutakistus R arvutada valemist:

$$\frac{1}{R_{(1)}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{9S}{2\rho l} \Rightarrow R_{(1)} = \frac{2}{9} \frac{\rho l}{S}.$$



Joonis 4: vt. ül. 5

(2) Arvutage rõnga takistuse teisel juhul, kui ühenduskohad jaotavad rõnga kaheks võrdseks osaks $l_1 = l_2 = l/2$: siis $R_1 = R_2 = \rho l/2S$. Traatrõnga kogutakistus:

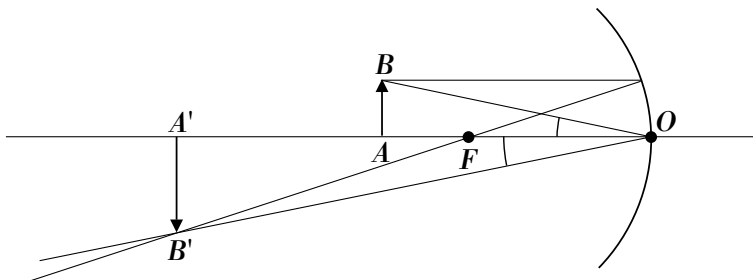
$$\frac{1}{R_{(2)}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{2}{R_1} = \frac{4S}{\rho l}, \quad R_{(2)} = \frac{\rho l}{4S}.$$

Elektriline võimsus: $P = U^2/R$. Kuna on teada, et pinge U rõnga ühenduskohtade vahel on mõlemal juhul samasugune, võib kirjutada: $P_{(1)}R_{(1)} = P_{(2)}R_{(2)}$. Järelikult

$$P_{(2)} = \frac{P_{(1)}R_{(1)}}{R_{(2)}} = \frac{100 \cdot 8\rho l S}{9\rho l S} = \frac{800}{9} \approx 90 \text{ W}.$$

6. ülesanne

Eseme AB kujutise $A'B'$ konstrueerimine nõguspeeglis:



Joonis 5: vt. ül. 6

Tuletame valemi nõguspeegli joonsuurenduse leidmiseks. Eseme kauguse peeglist $AO = a$ ja kujutise kaugus peeglist $A'O = k$. Kuna nurgad $\triangle AOB$ ja $\triangle A'OB$ on võrdsed, siis nõguspeegli joonsuurendus

$$s = \frac{A'B'}{AB} = \frac{k}{a}.$$

7. ülesanne

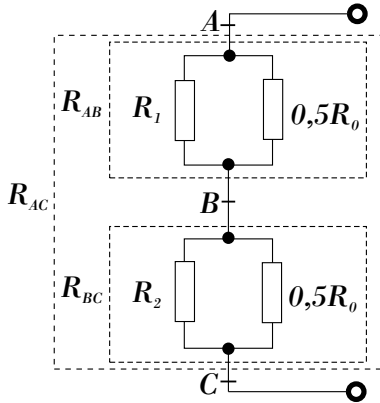
Liiva ja jää kogumass on leitav välja tõrjutud vee massina $m_{\text{tot}} = \rho_v S h_1 = 2 \text{ kg}$, kus ρ_v on vee tihedus. Kui liiv sadeneb põhja, siis mõjutab mann-ergu põhi liivateri jõuga $V_l(\rho_l - \rho_v)g$, kus V_l on liivaterade koguruumala. Kui jaotada leitud jõud üle mann-ergu põhja, saame sellele vastava keskmise rõhu $p_l = V_l(\rho_l - \rho_v)g/S$, mis peab olema võrdne veetaseme langu- sest tingitud rõhu muutusega (süsteemi “vesi+liiv” kaal ju ei muutu). Seega $V_l(\rho_l - \rho_v)g/S = \rho_v g h_2$ ning järelikult

$$m_l = V_l \rho_l = \frac{\rho_l \rho_v h_2 S}{\rho_l - \rho_v} \approx 170 \text{ g}.$$

Jää mass oli niisiis $m_j = m_{\text{tot}} - m_l \approx 1830 \text{ g}$.

8. ülesanne

Tähistused: voltmeetrete V_1 ja V_2 takistused vastavalt R_1 ja R_2 ning reostaadi takistus R_0 . Vooluringi võib kujutada järgmise skeemiga:



Joonis 6: vt. ül. 8

Voltmeeter V_1 näitab pinget suurusega $U_{AB} = I \cdot R_{AB}$ ja voltmeeter V_2 näitab pinget $U_{BC} = I \cdot R_{BC}$. Voolutugevuse I saab leida, kui jagada pinge reostaadi otstel (U) vooluahela kogutakistusega ($R_{AC} = R_{AB} + R_{BC}$):

$$I = \frac{U}{R_{AC}} = \frac{U}{R_{AB} + R_{BC}}$$

Kuna takistid R_1 , $0,5R_0$, R_2 ja $0,5R_0$ paiknevad paaridena rööpühenduses, siis saab takistite paaride kogutakistused R_{AB} ja R_{BC} arvutada välja järgmiste valemitega:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{2}{R_0},$$

$$R_{AB} = \frac{R_0 R_1}{R_0 + 2R_1} = \frac{10000 \cdot 6000}{10000 + 2 \cdot 6000} = \frac{30000}{11} \Omega,$$

$$\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{R_2} + \frac{2}{R_0},$$

$$R_{BC} = \frac{R_0 R_2}{R_0 + 2R_2} = \frac{10000 \cdot 4000}{10000 + 2 \cdot 4000} = \frac{20000}{9} \Omega.$$

Seega vooluahela kogutakistus R_{AC} :

$$R_{AC} = R_{AB} + R_{BC} = \frac{30000}{11} + \frac{20000}{9} = \frac{490000}{99} \Omega$$

Voolutugevus I :

$$I = \frac{U}{R_{AC}} = 100 \cdot \frac{99}{490000} = \frac{99}{4900} \text{ A.}$$

Voltmeeter V_1 näitab pinget

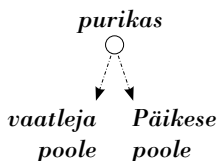
$$U_{AB} = IR_{AB} = \frac{99 \cdot 30000}{4900 \cdot 11} \approx 55 \text{ V.}$$

ja voltmeeter V_2 näitab pinget

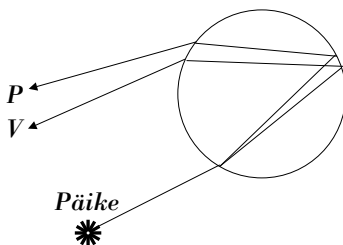
$$U_{BC} = IR_{BC} = \frac{99 \cdot 20000}{4900 \cdot 9} \approx 45 \text{ V.}$$

9. ülesanne

Päikesekiired murduvad piisas jääpurika tipus ning peegelduvad piisa tagaküljel. Kuna valguse erinevad lainepikkused murduvad piisas erinevalt (valguse dispersioon), siis selle tõttu paistab jääpurika ots ühe nurga alt vaadatuna sinakalt ning teise nurga alt punakalt.



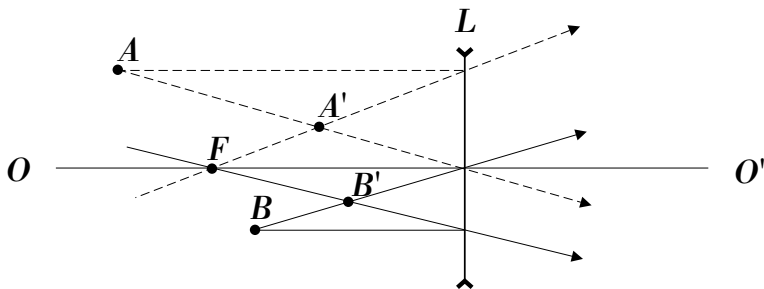
Joonis 7: vt. ül. 9



Joonis 8: vt. ül. 9

10. ülesanne

Kuna punkt A ja selle kujutis A' paiknevad läätses ees, siis järelikult on lääts L hajutav lääts (nõugslääts). Teades punkti A ja tema kujutise A' asukohta läätses L optilise telje OO' suhtes, saab leida läätses L fookuse F (konstruktsioon on joonisel tähistatud punktiirjoontega). Seejärel saab



Joonis 9: vt. ül. 10

leida konstrueerimise teel punkti B kujutise B' (konstruktsioon on joonisel tähistatud pideva joonega).

1. eksperiment

Lahenduse idee:

Soojendada piirituslambiga teatud kogus vett. Piirituslambis piirituse (etanooli) põlemisel eralduv soojushulk (Q_e) on võrdne soojushulkade summaga, mis kulutatakse vee soojendamiseks (Q_v) ja anuma soojendamiseks (Q_a) teatud temperatuuri võrra. Vee soojendamiseks kulub soojushulk $Q_v = c_v m_v (t_{v1} - t_{v0})$, kus c_v on vee erisoojus, m_v — soojendatava vee mass, t_{v0} — vee algtemperatuur (enne soojendamist) ja t_{v1} — vee lõpptemperatuur (pärast soojendamist). Anuma soojendamiseks kulunud soojushulk $Q_a = c_{al} m_a (t_{v1} - t_{v0})$, kus c_{al} on alumiiniumi erisoojus ja m_a on anuma mass. Piirituse põlemisel eralduva soojushulga (Q_e) arvutamiseks tuleb kasutada valemit: $Q_e = K m_e$, kus K on piirituse kütteväärtus (ehk 1 kg piirituse täielikul põlemisel eralduv soojushulk) ning m_e on piirituse mass, mis kulub ära täielikul põlemisel. Piirituse massi m_e saab leida, kui lahutada piirituselambi massist enne põlemist m_{p0} piirituselambi mass pärast põlemist m_{p1} : $m_e = m_{p0} - m_{p1}$. Võib kirjutada soojustasakaalu võrrandi: $Q_e = Q_v + Q_a$ ehk

$$K (m_{p0} - m_{p1}) = c_v m_v (t_{v1} - t_{v0}) + c_{al} m_a (t_{v1} - t_{v0}),$$

Siit:

$$K = \frac{(t_{v1} - t_{v0}) (c_v m_v + c_{al} m_a)}{m_{p0} - m_{p1}}$$

Otsitakse 1 g piirituse põlemisel eralduvat soojushulka $K' = K/1000$:

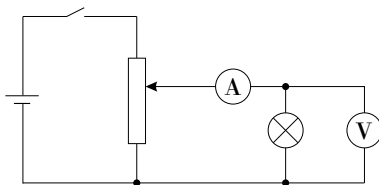
$$K' = \frac{(t_{v1} - t_{v0})(c_v m_v + c_{al} m_a)}{1000 \cdot (m_{p0} - m_{p1})}$$

Töö käik:

1. Valada anumasse mõõtesilindriga vett ja arvutada vee mass m_v . Fikseerida vee algtemperatuur t_{v0} . Leida kaalumise teel piirituselambi algmass m_{p0} .
2. Soojendada piirituslambiga veega täidetud anumad.
3. Mõõta vee lõpptemperatuur t_{v1} ja piirituselambi mass pärast põlemist m_{p1} .
4. Arvutada K' väärtus.

2. eksperiment

Hõõglambi takistus sõltub hõõgniidi temperatuurist. Temperatuuri tõustes takistus suureneb. Hõõgniidi temperatuur sõltub voolutugevusest. Mida suurem on voolutugevus, seda suurem on temperatuur. Lambi hõõgniit on toatemperatuuril siis, kui voolutugevus lambis on 0 ehk pinge lambi hõõgniidi otstel võrdub nulliga. Mõõdame voolutugevuse lambis pinge erinevate väärtuste korral ja arvutame igal pingel väärtusele vastava takistuse väärtuse. Erilist tähelepanu tuleb pöörata mõõtmistele pingel väikestel väärtustel. Joonistame graafiku, mille ühel teljel on pingel, teisel — takistuse väärtus. Pikendades graafiku väärtuseni $U = 0$, saame hõõgniidi takistuse toatemperatuuril. Pingel muutmiseks kasutame reostaati pingel jagajana. Vooluringi skeem on toodud joonisel 10.



Joonis 10: vt. ül. E1