Eesti koolinoorte 51. täppisteaduste olümpiaad

Füüsika lõppvoor. 7. märts 2004. a. Põhikooli ülesannete lahendused

1. ülesanne (KLAASTORU)

Plaat eraldub torust siis, kui petrooleumisamba rõhk saab võrdseks veesamba rõhuga. $\rho_v gh = \rho_p gh_p$, kus h_p on otsitav petrooleumisamba kõrgus. $h_p = \rho_v h/\rho_p =$ 45 cm.

2. ülesanne (LOENG)

Leiame auditooriumis oleva õhu massi:

$$m_õ = V_õ \rho_õ = 700 \text{ m}^3 \cdot 1{,}2510^3 \text{ kg/m}^3 = 875 \text{ kg}.$$

Leiame inimeste poolt eraldatud soojushulga 90 minuti jooksul:

$$Q = 150P\Delta t = 150 \cdot 80 \text{ W} \cdot 90 \cdot 60 \text{ s} = 6{,}48 \cdot 10^7 \text{ J}.$$

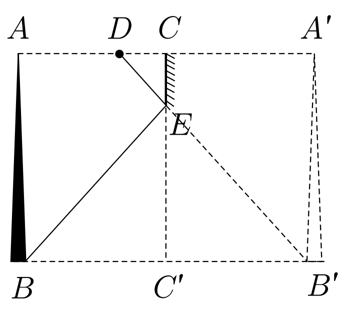
Koostame soojustasakaalu võrrandi eeldades õhu ja sisustuse isotermsust:

$$Q = (c_õ m_õ + c_v m_v)\,\Delta T,$$

kus ΔT on otsitav temperatuuri tõus. Lahendame võrrandi ΔT suhtes:

$$\Delta T = \frac{Q}{c_õ m_õ + c_v m_v} = 23{,}8\ ^\circ\text{C}.$$

3. ülesanne (PARIIS)



AB on Eiffeli torn ja $A'B'$ vastavalt selle peegeldus. Punktis D asub Peetri silm. Kuna $AC = CA' = BC' = C'B'$. Lõik CE on peeglis oleva torni kujutise pikkus,

CD peegli kaugus silmast. Sarnastest kolmnurkadest saame

$$\frac{A'B'}{CE} = \frac{DA'}{DC} \quad \Rightarrow \quad DA' = \frac{A'B' \cdot DC}{CE}.$$

Kuna $DC \ll DA' \to DC \ll CA' \to DC \ll AC$ siis võib võtta $DA' = AC$ ja $A'B' = AB$, seega Eiffeli torni kaugus korterist

$$AC = \frac{AB \cdot DC}{CE} \approx 2500 \text{ m}.$$

4. ülesanne (LÄÄTS)

Lõikamise tulemusena saadud kahe uue läätse fookuskaugus on sama, mis lõikamata läätsel, seega tekib kujutis läätsest sama kaugele kui terve läätse korral. Punktid L ja N on terve läätse keskkoht, mille läbimisel valguskiire käik ei muutu.

Mõlemad osad muudavad kiirte käiku iseseisvate läätsedena. Jooniselt näeme, et ΔMNL on sarnane $\Delta MM'M''$, saame

$$\frac{d}{l} = \frac{a}{a+k}.$$

Läätse valemist:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{k} \quad \Rightarrow \quad l = d\left(1 + \frac{f}{a-f}\right) = 3 \text{ cm}.$$

5. ülesanne (AEROSAAN)

Tuleb taibata, et propelleri tõmme T ei võrdu aerosaani poolt kelkudele avaldatud tõmbega. Tõmme T jaguneb kolme sarnaste hõõrdeomadustega keha vahel, seega alati $F = T/3$.

Leiame jõu F kiiruse v_2 jaoks graafikult — see on $0{,}35 \cdot 4000$ N$= 1400$ N, nii et $T = 3 \cdot 1400$ N$= 4200$ N.

6. ülesanne (BUSS)

Olgu teepikkus Tallinnast kohtumispaigani s_1 ja Tartust kohtumispaigani s_2 ning Tartust väljunud bussi kiirus v. Saame võrrandisüsteemi

$$\frac{s_1}{v_1} = \frac{s_2}{v}, \quad \frac{s_1}{v} = \frac{s_2}{v_2}.$$

Selle lahendamisel leiame kiiruse $v = \sqrt{v_1 v_2}$. Kogu sõiduks kulunud aeg on siis

$$t = \frac{s}{v} = \frac{s}{\sqrt{v_1 v_2}} = 2 \text{ h } 34 \text{ min}.$$

7. (KANG)

Leiame kangi toetuspunkti asukoha. Kuna alguses oli kang tasakaalus, siis asub toetuspunkt seal, kus kangi masskesegi. Olgu kangi pikkus l. Tema poolte massikeskmed asuvad kaugusel $l/4$ ja $3l/4$ punktist A. Punktist A asub siis kangi enda massikese kaugusel

$$l_A = \frac{l\rho_1/4 + 3l\rho_2/4}{\rho_1 + \rho_2} = \frac{\rho_1 + 3\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}\,\frac{l}{4}\,.$$

Punktist C asub see siis kaugusel

$$l_C = \frac{3\rho_1 + \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}\,\frac{l}{4} \quad \Rightarrow \quad \frac{l_A}{l_C} = \frac{\rho_1 + 3\rho_2}{3\rho_1 + \rho_2}\,.$$

Kui me asetame kaks keha kangi otsadele, siis on nende tekitatud jõumomendid võrdsed. Kuna keha massiga M asetati kangi tumedamale otsale, siis kehtib võrdus $Ml_A = ml_C$, kus m on teise keha mass. Siit

$$m = \frac{l_A}{l_C}\,M = 45 \text{ g}.$$

8. ülesanne (KAITSMED)

Kuna ülesande tingimuste kohaselt vool läbi kaitsme M on alati suurem kui vool läbi kaitsme N (kui kumbki kaitsmetest ei ole veel läbi põlenud), siis koguvoolu kasvades põleb esmalt läbi kaitse M. Koguvoolu väärtus on siis

$$\left(1 + \frac{R_M}{R_N}\right) I_{Mmax} = 1{,}5 \text{ A}.$$

Pärast kaitsme M läbipõlemist läbib kogu vool kaitset N ja võib omandada maksimaalse väärtuse 1,2 A. Kuna see väärtus on väiksem kui 1,5 A, on maksimaalne võimalik voolu väärtus 1,5 A (või matemaatiliselt täpne olles — sellele väärtusele kuitahes lähedane väiksem väärtus). Juhul, kui $I_{Nmax} = 1{,}7$ A saavutab vool oma maksimaalväärtuse 1,7 A alles pärast kaitsme läbipõlemist.

9. ülesanne (KAMIN)

Olgu Q ajaühikus radiaatorist eralduv soojushulk. Maja soojuskiirgus ajaühikus on võrdeline temperatuuride vahega sees ja väljas. Sama kehtib ka konvektsiooni kohta.

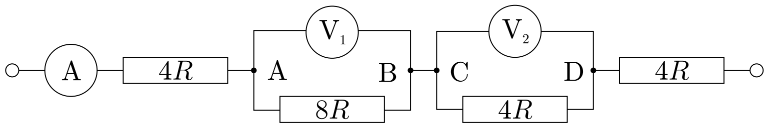
Tähistades maja soojuskiirgust ajaühikus ühe kraadi kohta tähega c ning soojuse kadu konvektsioonis ühe kraadi kohta ajaühikus (kui avatud on üks õhuaken) — b, saame ülesande tingimused kirja panna võrrandisüsteemina:

$$\begin{aligned} Q &= c\,(t_1 - t_0) = 30c, \text{ (õhuaknad kinni)} \\ Q &= c\,(t_2 - t_0) + b\,(t_2 - t_0) = 27\,(c+b), \text{ (üks õhuaken lahti)} \\ Q &= c\,(t_3 - t_0) + 2b\,(t_3 - t_0) = (t_3 + 5)\,(c + 2b), \text{ (kaks õhuakent lahti)} \end{aligned}$$

kus t_3 on toatemperatuur, kui on lahti mõlemad õhuaknad. Esimesest võrrandist arvutame c, seejärel teisest võrrandist b ja lõpuks kolmandast võrrandist $t_3 = 19{,}5°\text{C}$.

10. ülesanne (LI)

Olgu ühe lambi takistus R ja voltmeetri takistus r. Jadamisi ühendatud kõrvalolevaid lampe saame asendada kogutakistusega. Skeemi võime ümber jonistada nii:



Paneme tähele, et $I_1 = I_{AB} = I_{CD}$. Et

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{8R} \quad \text{ja} \quad \frac{1}{R_{CD}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{4R},$$

siis

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = U_{AB} \cdot \frac{8R + r}{8Rr} \quad \text{ja} \quad I_{CD} = \frac{U_{CD}}{R_{CD}} = U_{CD} \cdot \frac{4R + r}{4Rr}.$$

Et voolutugevused on võrdsed, saame võrduse

$$U_{AB}\,(8R + r) = 2U_{CD}\,(4R + r).$$

Asendades U_{AB} ja U_{CD} väärtused, leiame et $r = 8R$. Voolutugevuse I_{AB} jaoks saame nüüd

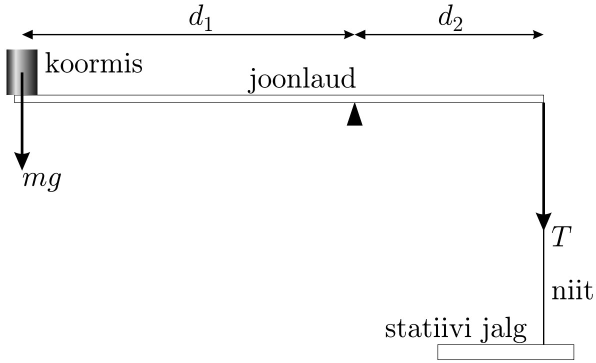
$$I_{AB} = U_{AB} \cdot \frac{8R + 8R}{8R \cdot 8R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{U_{AB}}{4I} = 100\ \Omega.$$

Leiame nüüd lampide koguvõimsuse skeemil. See on

$$P = 2I_1^2 \cdot 4R + \frac{U_1^2}{8R} + \frac{U_2^2}{4R} = 6{,}625\ \text{W}.$$

E1. ülesanne (NIIT)

Üks võimalik lahendus põhineb kangi kasutamisel (vt. joon.). Joonlauda kasutada kangina, vardaga statiivi toetuspunktina, statiivi jalga niidi ühe otsa kinnitamiseks. Viis niiti on antud selleks, et teha viis mõõtmist ja leida keskmine tulemus.



E2. ülesanne (TIHEDUS)

Keha ujub vedelikus, kui kehale mõjuv raskusjõud ja üleslükkejõud on suuruselt võrdsed. Ülelükkejõud võrdub keha poolt välja tõrjutud vedeliku raskusjõuga. Seega, kui keha ujub vees ning tundmatus vedelikus, kehtivad seosed:

$$mg = \rho_v g V_v, \quad mg = \rho g V.$$

kus indeksiga v on tähistatud olukord, mil keha ujub vees, indeksita aga keha ujumine tundmatus vedelikus. m elimineerimisel saame $\rho_v V_v = \rho V$, millest $\rho = \rho_v V_v / V$. Ülelükkejõu puhul arvestatakse keha veealuse osa ruumala, mis võrdub keha poolt väljatõrjutud vedeliku ruumalaga. Viimase saab arvutada vedeliku nivoo stabiilselt vedelikus. Mõõdame markerit kasutades veenivoo muutuse topsi vette asetamisel. Mõõdame anuma sisemise läbimõõdu. Kordame sama tundmatu vedeliku korral. Arvutame ruumalad. Arvutame tundmatu vedeliku tiheduse.