Eesti koolinoorte 56. füüsikaolümpiaad

Lõppvoor. 7. märts 2009. a.

Põhikooli ülesannete lahendused

1. (*KESKMINE KIIRUS*)

Keskmine kiirus on läbitud vahemaa ja selle läbimiseks kulunud aja suhe. Leiame jooniselt, kui suure vahemaa läbis auto 20 s jooksul läbitud. Selleks tuleb leida graafikualune pindala. Jaotame graafiku kolmnurkadeks ja trapetsiteks. Leiame üksikute kujundite pindalad ja liidame kokku. Kolmnurga pindala arvutatakse valemist $S = \frac{ah}{2}$ ja trapetsi pindala arvutatakse valemist $S = \frac{a+b}{2} \cdot h$.

Ajavahemik	Kiiruse vahemik	Kujund	Pindala
0 s - 2 s	0 m/s - 10 m/s	Kolmnurk	(10 m/s $\cdot$ 2 s) /2 = 10 m
2 s - 8 s	10 m/s - 25 m/s	Trapets	(10 m/s + 25 m/s)/2 $\cdot$ 6s = 105 m
8 s - 10 s	25 m/s - 0 m/s	Kolmnurk	(25 m/s $\cdot$ 2 s)/2 = 25 m
10 s - 12 s	0 m/s		0 m
12 s - 17 s	0 m/s - 15 m/s	Kolmnurk	(15 m/s $\cdot$ 5 s)/2 = 37,5 m
17 s - 20 s	25 m/s - 0 m/s	Kolmnurk	(15 m/s $\cdot$ 3 s)/2 = 22,5 m

Kokku läbis auto teepikkuse $s = 200$ m. Selleks kulus autol $t = 20$ s. Auto keskmine kiirus on $v = s/t = 10$ m/s.

2. (*KOORMIS VEES*)

Olgu kaalude näidud algselt F. Kui koormis lasti vette, hakkas koormisele mõjuma üleslükkejõud F. Seega koormise kaal vähenes. Sama palju aga anuma kaal suurenes. Koormise kaal on nüüd $F_1 = F - F$ ja anuma kaal on $F_2 = F + F$. Kaalude näidud erinevad $\Delta F = F_2 - F_1 = 2F$ võrra. Koormisele mõjuv üleslükkejõud on $F = \rho V g$, kus koormise ruumala $V = m/\rho_K$.

$$\Delta F = 2\rho V g = 2mg\frac{\rho_V}{\rho_K}.$$

Vastus: $\Delta F = 2mg\frac{\rho_2}{\rho_1}$

3. (*JÄÄKUUBIKUD*)

Olgu kuubiku mass m. Siis on ära sulanud jää mass $2{,}5m$. Jää sulamisel neeldub soojushulk $Q_1 = 2{,}5mL$. Vee jahtumisel eraldub soojushulk $Q_2 = Mc(t_1 - t_0)$. Võrdsustame soojushulgad Q_1 ja Q_2 ning avaldame võrdusest ühe jääkuubiku massi.

$$2{,}5mL = Mc(t_1 - t_0)$$

$$m = \frac{Mc(t_1 - t_0)}{2{,}5L}$$

Kuubiku ruumala on $V = m/\rho = \frac{Mc(t_1-t_0)}{2{,}5L\rho}$. Samas võrdub kuubi ruumala ka kuubi küljepikkuse kuubiga: $V = a^3$. Seega on kuubi küljepikkus

$$a = \sqrt[3]{V} = \sqrt[3]{\frac{Mc(t_1 - t_0)}{2{,}5L\rho}} = 2 \text{ cm}.$$

4. (*VASKJUHE*)

Kõik juhtivuselektronid asenduvad aja t jooksul, mis keskmiselt kulub elektronil juhtme ühest otsast teise jõudmiseks. Kui juhtivuselektronide arv juhtmetükis on N ja tüki ruumala $V = Sl$, siis nende suuruste suhte (elektronide arvu ruumalaühikus) saab leida, jagades vase aatomite (ja seega ka juhtivuselektronide) arvu ühes moolis (Avogadro arvu N_A) mooli ruumalaga V_M . See omakorda on leitav molaarmassi M ning tiheduse ρ suhtena. Juhtivuselektronide kogulaeng $q = Ne = It$, kus t on otsitav aeg ja e elementaarlaeng. Järelikult

$$\frac{N}{Sl} = \frac{N_A}{V_M} = \frac{N_A}{M} \cdot \rho$$

ning

$$q = Ne = N_A \frac{Sl\rho}{M} e = It,$$

millest

$$t = N_A \cdot \frac{Sl\rho}{MI} e,$$

arvuliselt $t = 1352$ s ehk 22 min 32 s.

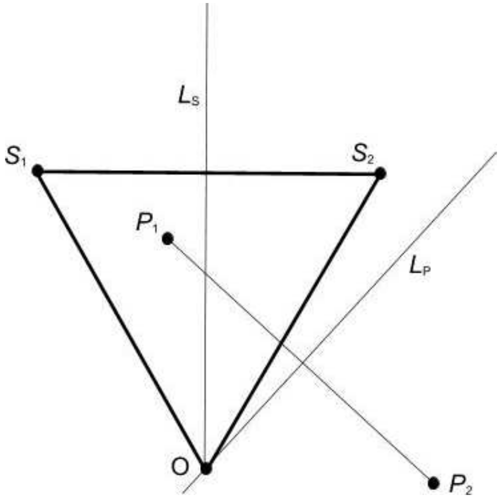
5. (*KOLMNURK*)

Kolmnurga keskmine tihedus on väiksem kui 1 g milliliitri kohta ja seega konstruktsioon tervikuna asub veepinnal. Tipus B asuvale kerale mõjuv resultantjõud on 0 (sest ta tihedus on võrdne vee tihedusega) ja seega võib seda kera vaadelda kui kangi pöörlemiskeskpunkti. Kehale C mõjuv resultantjõud on võrdne ja vastassuunaline kerale A mõjuva resultantjõuga. Uurides nüüd kolmnurga pöörlemist ümber tipu B on näha, et jõud kerale A ja kerale C mõjuvad mooda ühte ja sama sirget, kui külg AC on risti veepinnaga. See vastab tasakaalulisele olukorrale, sest nihkel sellest asendist hakkab üks kera pöörlemispunktile lähenema ja teine kaugenema ja pöördemomendid pole sellel juhul enam võrdsed. Lihtsast geomeetriast on näha, et külje AB nurk veepinnaga on tasakaaluasendis 30 kraadi.

Vastus: 30°

6. (*VÄRVITILGAD LAUAL*)

Sama värvi tilgad asetsevad ühel ringjoonel. Eri värvi tilkadele vastavad ringjooned on kontsentrilised, nende ühine keskpunkt O on pöörlemistelje lõikepunkt lauaga. Selle punkti saab leida, kui sama värvi punkte ühendavatele lõikudele S_1S_2 ja P_1P_2 (vastavate ringjoonte kõõludele) joonestatud keskristsirgete (sirged L_S ja L_P) lõikepunkti. Ühendades sinised punktid sedasi leitud pöörlemiskeskmega, näeme et vastavatest raadiustest ja "sinisest"kõõlust moodustub võrdkülgne kolmnurk S_1S_2O, seega on "sinise"raadiusvektori pöördenurk $\Phi = 60° = \pi/3$. Kuna see nurk kaetakse $t = 1/6$ s jooksul, siis ühe sekundi jooksul kaetakse nurk $360° = 2\pi$, st laud teeb sekundis ühe täispöörde.



Vastus: üks täispööre sekundis.

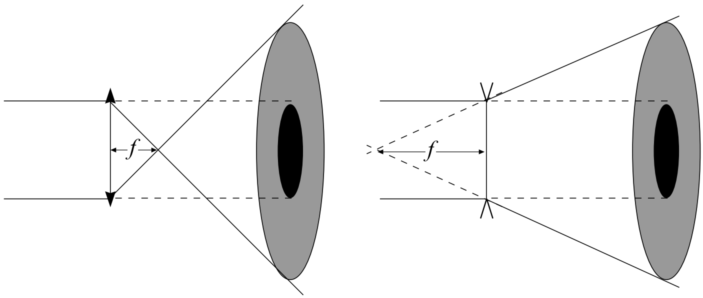
7. (*ÕHUPALLI VARI*)

Täisvari kaob, kui õhupalli nurkläbimõõt saab võrdseks Päikese nurkläbimõõduga, see toimub õhupalli kõrgusel $h = 1500$ m, kuhu jõudmiseks õhupallil kulub $t = 750$ s, sinnani toimub varju läbimõõdu kahanemine ühtlaselt algväärtusest $D = 14$ m, seega kiirusega $u = 1{,}9$ cm/s.

Vastus: kahaneb kiirusega 1,9 cm/s.

8. (*LÄÄTS*)

Läätse tekitatud valguskoonuse lõikepind ekraaniga on suurem ring, kui lääts ise (ja tema vari), sest keskosa heledus on väiksem, kui fooni heledus. Sellise olukorra saab tekitada nii koondav kui ka hajutav lääts, vt joonist. Tumeda piirkonna piirid vastavad läätse varjule, mis on samade mõõtmetega, kui lääts (sest valgusallikas on kaugel ja seega langevad kiired paralleelsed), vt joonist. Jooniselt mõõdame diameetriks $a = 45\,\mathrm{mm}$. Hele on see piirkond, kuhu langeb nii otse allikast tulev valgus, kui ka läätse poolt hajutatud valgus; heleda ringi välisdiameeter $b = 73\,\mathrm{mm}$ on määratud läätse poolt hajutatud valguskoonuse ja ekraani lõikejoonega. Selle koonuse tipp asub valgusallika näiva kujutise kohal, kaugusel f läätse keskpunktist.



Hajutava läätse korral saame sarnasest koonustest $f/a = (f + d)/b$, millest

$$D = -\frac{1}{f} = \frac{b/a - 1}{d} = -6\,\mathrm{dptr.}$$

Koondava läätse jaoks saame analoogselt $f/a = (d - f)/b$, millest

$$D = \frac{1}{f} = \frac{b/a + 1}{d} = 26\,\mathrm{dptr.}$$

Märkus: jooniselt leitud mõõtmed a ja b ei pruugi vastata reaalsetele mõõtmetele (mõõtkava ei pruugi olla 1:1), aga see pole oluline, sest lõppavaldisse läheb suhe b/a, st mõõtkavast sõltuv tegur taandub välja.

9. (*SUPP*)

a) Graafiku põhjal kulub vedeliku A aurustumiseks temperatuuril $T_1 = 80°\mathrm{C}$ ajavahemik $t_1 = 40{,}5\,\mathrm{s}$. Tahkise B sulamiseks temperatuuril $T_2 = 50°\mathrm{C}$ kulub ajavahemik $t_2 = 3{,}5\,\mathrm{s}$. Üle antud soojushulkade suhe $ML/m\lambda = t_1/t_2$, millest

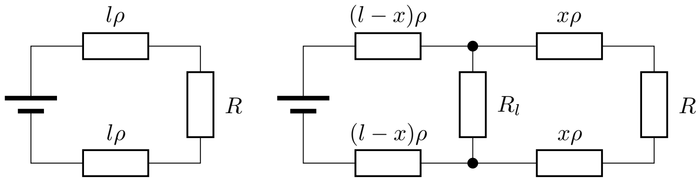
$$m = M\frac{L}{\lambda}\frac{t_2}{t_1} \approx 0{,}49\,\mathrm{kg.}$$

b) Temperatuuridel üle T_1 on anumas ainult vedelas olekus olev aine B, mille sojusmahtuvuse saame leida graafiku tõusu abil: temperatuuri tõstmiseks ühe kraadi võrra kulub aega $\tau_1 = 2/40 = 0{,}05\,\text{min}$. Kui aine B soojusmahtuvus on C_B, siis $C_B \cdot 1°\text{C}/ML = \tau_1/t_1$, millest $C_B \cdot 1° = ML\tau_1/t_1$. Analoogselt leiame aine A ja B segu soojusmahtuvuse kasutades graafikut temperatuuride T_1 ja T_2 vahel: $(C_B + C_A) \cdot 1°C = ML\tau_2/t_1$, kus $\tau_2 = 5/30 \approx 0{,}167\,\text{min}$. Nendest kahest võrdusest leiame, et $C_A \cdot 1° = ML(\tau_2 - \tau_1)/t_1$ ja järelikult

$$c_A = C_A/M = L(\tau_2 - \tau_1)/(t_1 \cdot 1°) \approx 2{,}5\,\text{kJ/kgK}.$$

10. (*LÜHIS*)

Tähistame juhtme pikkuse tarbijast kus tekkis lühis x-ga ja lühise takistuse mida otsime R_l-ga. Saame järgmise skeemi:



Et voolutugevus läbi vooluallika suurenes 2 korda siis, oomi seadusest saame, et lühisega ahela takistus peab olema 2 korda väiksem kui lühiseta oma. Saame võrrandi:

$$2\rho l + R = 2\left(2\rho\,(l-x) + \frac{R_l\,(2\rho x + R)}{R_l + 2\rho x + R}\right)$$

Koormisest läheb läbi $\frac{1}{8}$ esialgsest voolust ja kuna koguvool kasvas 2 korda siis läheb lühisest läbi $2 - \frac{1}{8}$ esialgsest voolust. Koormis juhtmetega lühiseni on rööbiti lühisega seega on pinged võrdsed ja oomi seadusest

$$U = IR = \frac{1}{8} I_0\,(R + 2\rho x) = \left(2 - \frac{1}{8}\right) I_0 R_l$$

Avaldame sealt

$$2\rho x = 15R_l - R$$

Asendame selle esimesse võrrandisse:

$$2\rho l + R = 2\left(2\rho l + R - 15R_l + \frac{15R_l^2}{16R_l}\right)$$

Lihtsustame, eeldusel et $R_l \neq 0$ sest muidu tuleks $2\rho x$ negatiivne.

$$0 = 2\rho l + R + \left(\frac{30}{16} - 30\right) R_l$$

$$R_l = \frac{16\,(2\rho l + R)}{16 * 30 - 30}$$

$$R_l = \frac{8}{255}\,(2\rho l + R)$$

E1 (*PLIIATS*)

Asetame pliitasi mõõtesilindri nii, et ta ujuks. Fikseerime ruumala muutuse ΔV_0. Pliiatsi mass võrdub väljatõrjutud vedeliku massiga, seega $m = \rho_v \Delta V_0$.

Pliiatsi ruumala leidmisel paneme tähele, et meil vett ei ole piisavalt, et pliiatsit tervenisti uputada. Küll aga me saame teda uputada kahest erinevast otsast, märkides pliiatsil koha, milleni uputame. Mõõtesilindri abil mõõdame ΔV_1 ja ΔV_2. Pliiatsi ruumala seega $V = \Delta V_1 + \Delta V_2$. Tiheduseks saame

$$\rho = \rho_v \frac{\Delta V_0}{\Delta V_1 + \Delta V_2}.$$

E2 (*PIRN*)

Nominaaltakistuse lihtsalt arvutame: $R_1 = U_0^2/P_0$. Kuivõrd see on umbes 3 suurusjärku väiksem, kui takistus R, siis takistiga järjestikku patarei klemmidele ühendatuna on lambil eralduv võimsus nominaalrežiimiga võrreldes tühine ning temperatuur faktiliselt toatemperatuur.

Mõõdame sellise ühenduse juures pinged lambil U_1 ja takistil U_2. Lambi takistus $R_0 = R \cdot U_1/U_2$. Otsitav suhe $k = R_1/R_0$.