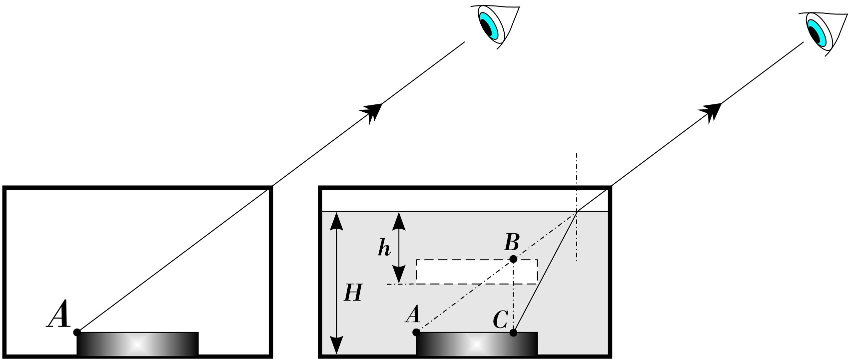
Eesti koolinoorte 48. füüsikaolümpiaad

20. jaanuar 2001. a. Piirkondlik voor

Põhikooli ülesannete lahendused

1. ülesanne

Ülesande lahendus on toodud joonisel.



Vee optiline tihedus on suurem kui õhu oma. Järelikult, kui kiir väljub veest õhku, kaldub ta veepinna normaalist eemale ehk teiste sõnadega on murdumisnurk langemisnurgast suurem. Järelikult saab vaatleja samast punktist, kus ta tühja tassi puhul nägi ainult mündi punkti A, näha mündi punkti C. Vaatleja seisukohalt paistab asi nii, nagu asuks münt väiksemal sügavusel kui ta tegelikult asub. Võib näidata, et tegeliku ja näilise sügavuste suhe on $H/h = n$, kus n on vee murdumisnäitajaga.

2. ülesanne

Arvutame kui sügavale vajub tühi parv. Olgu parve vee all asuv osa d_1 ja parve ristlõikepindala S. Siis peab kehtima võrdus: $\rho_p dS = \rho_v d_1 S$, mis tähendab, et parve poolt välja tõrjutud vee mass on võrdne parve massiga. Sellest võrdusest saame, et $d_1 = \rho_p d/\rho_v = 0{,}9 \cdot 40/1 = 36$ cm. Kuna on öeldud, et parv saab vajuda vee alla vaid $h = 38$ cm võrra, siis tähendab see, et parve peal asuv koormus võib parve vee alla suruda vaid $h - d_1 = 2$ cm võrra. Järelikult võib panna kirja teise võrduse

$$\frac{P}{g} = \rho_v S \left(h - d_1\right) \quad \Rightarrow \quad S = \frac{P}{\rho_v g \left(h - d_1\right)} = 2 \text{ m}^2.$$

3. ülesanne

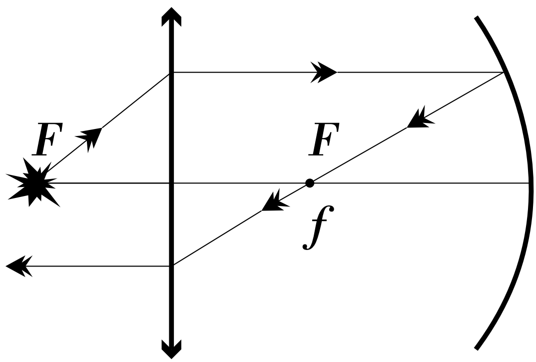
Leiame traatide pikkuste suhte l_a/l_v eeldades, et traate võib käsitleda kui pikke silindreid. Traatide massid on võrdsed, järelikult $d_a S_a l_a = d_v S_v l_v$, kust $l_a/l_v = d_v S_v / d_a S_a$. Traatide takistused arvutatakse valemiga $R = \rho l/S$. Traatide takistuste suhe on

$$\frac{R_a}{R_v} = \frac{\rho_a l_a/S_a}{\rho_v l_v/S_v} = \frac{\rho_a d_v S_v^2}{\rho_v d_a S_a^2} = \frac{0{,}028 \cdot 8{,}9 \cdot 1^2}{0{,}017 \cdot 2{,}7 \cdot 2^2} \approx 1{,}36\ ,$$

mis tähendab, et alumiiniumtraadi takistus on suurem.

4. ülesanne

Ülesande lahendus on toodud joonisel, kus F tähistab läätse fookuskaugust ja f — peegli fookuskaugust.



Seda ülesannet on mugav lahendada tagurpidi, lähtudes lõpptulemusest. Süsteemi väljundis peab olema paralleelne valgusvihk.

Läbides läätse, koondub valgus läätse fookusesesse. Selleks, et, läbides peeglit ja läätse, koonduks valgus ühte kindlasse punkti, on kõige parem, et läätsele langeks paralleelne valgusvihk. Selleks tuleb peegli ja läätse fookused kokku viia. Siis läbib valgus läätse fookuse, jõuab peeglini, peegeldub sellest paralleelse valgusvihina (kuna ta tuli peegli fookusest) ning läbides läätse koondub läätse fookusesesse. Kui me nüüd asetame läätse fookusesse elektrilambi, siis läbib valguskiir kirjeldatud teekonna vastupidises suunas.

5. ülesanne

Uurime lähemalt, mis täpselt toimus kalorimeetris. Kuna lõpus oli stabiilne vee ja jää segu, siis tähendab see, et selle segu temperatuur oli 0° C, muu temperatuuri puhul hakkaks jää sulama või vesi külmuma. See omakorda tähendab, et vesi on jahtunud ja eraldanud soojust. Osa veest on muundunud jääks, mille käigus samuti eraldus soojus. See soojus sai minna ainult jää soojendamiseks. Järelikult näeb soojusliku tasakaalu võrrand välja

$$m_v c_v \left(t_v - 0\right) + \lambda \Delta m_j = m_j c_j \left(0 - t_j\right),$$

kust saame avaldada jää algtemperatuuri t_j

$$t_j = -\frac{m_v c_v t_v + \lambda \Delta m_j}{m_j c_j} = -\frac{2{,}5 \cdot 4200 \cdot 5 + 330 \cdot 64}{0{,}8 \cdot 2100} \approx -44^\circ \text{ C}.$$

6. ülesanne

Takisti võib lambiga lülitada jadamisi või rööbiti. Kui lülitame takisti rööbiti, siis saavad nii lamp kui takisti võrdse pinge $U = 220$ V, mis on lambi puhul lubamatu. Järelikult võib lisatakisti ühendada lambiga ainult jadamisi.

Selleks, et elektripirn põleks sama heledusega, peab lambis eralduv võimsus jääma samaks. Üks valemitest, millega avaldub võimsus, on $N = U^2/R$, kus U on pinge lambil ja R — lambi takistus. Järelikult on sama võimsuse säilitamine võimalik ainult juhul, kui pinge lambil jääb endiseks ehk siis meie juhul $U_1 = 110$ V (me eeldame, et lambi takistus ei sõltu pinge suurusest). See tähendab, et pinge lisatakistil peab olema $U - U_1 = 220 - 110 = 110$ V ehk teiste sõnadega peab pinge jaotuma võrdselt takisti ja lambi vahel. Kuna ka voolutugevused lambis ja takistis on võrdsed (jadaühendus), siis on võrdsed ka võimsused, mis eralduvad takistis ja lambis(kuna $N = UI$). Siit saame lisatakisti takistuse suuruse: $R = U_1^2/N = 110^2/100 = 121\ \Omega$.

7. ülesanne

Olgu v — paadi kiirus ja u — veevoolu kiirus. Pärivoolu sõites oli paadi kiirus kalda suhtes

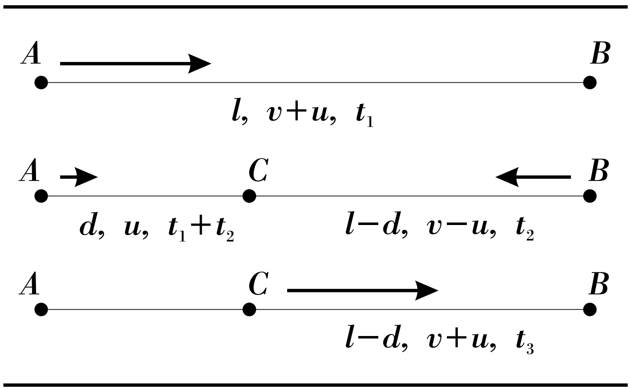
$$v + u = \frac{500\text{ m}}{10\text{ min}} = 50\text{ m/min}.$$

Kuna puutüki suhtes liigub paat nii päri- kui vastuvoolu sama kiirusega, siis pärast pööret kulus Jaagul puutükini jõudmiseks samuti 10 minutit. Seega liikus puutükk kohtumiseni paadiga 20 minutit. Kuna pärast puutükiga kohtumist sõitis paat märgini veel 6 minuti, siis asus kohtumispaik märgist $50\text{ m/min} \cdot 6\text{ min} = 300$ m kaugusel. Paadi ja puutüki kohtumiskoht oli seega $500\text{ m} - 300\text{ m} = 200$ m allpool stardipaigast. Seega on veevoolu kiirus jões

$$u = \frac{200\text{ m}}{20\text{ min}} = 10\text{ m/min}.$$

Paadi kiirus vee suhtes aga $v = 50 - 10 = 40$ m/min.

Seda ülesannet võib ka teistmoodi lahendada (vt. joon.). Olgu $AB = l$ — kaugus stardipunkti ja märgi vahel. Poiss ja puutükk stardivad üheaegselt punktist A, kuid liiguvad erinevate kiirustega. Puutükk liigub kiirusega u, poiss aga kiirusega $v + u$. Aja t_1 möödumisel jõuab poiss punkti B, läbides vahemaa $l = (v + u)\,t_1$. Puutükk selleks ajaks läbis vahemaa $d_1 = ut_1$. Poiss pöörab tagasi ja nüüd liigub ta kiirusega $v - u$. Kohtumishetkel puutükiga läbib ta veel vahemaa $l_1 = (v - u)\,t_2$, puutükk aga — $d_2 = ut_2$. Nüüd



pöörab poiss teist korda ja läbib veel kauguse l_1 aja t_3 jooksul kiirusega $v + u$. Võime panna kirja järgmise võrrandisüsteemi:

$$t_1 = \frac{l}{v+u}, \quad t_2 = \frac{l - u\,(t_1 + t_2)}{v-u}, \quad t_3 = \frac{l - u\,(t_1 + t_2)}{v+u}\ .$$

Selles võrrandisüsteemis tuntud on $t_1 = 10$ min ja $t_3 = 6$ min, tundmatud on v, u ja t_2. Järelikult on see süsteem täielikult lahenduv. Avaldame t_2 teisest võrrandist ja asendame t_1 teises võrrandis selle avaldisega esimesest võrrandist:

$$vt_2 - ut_2 = l - ut_1 - ut_2,$$

$$t_2 = \frac{l - ut_1}{v} = \frac{l - ul/(v+u)}{v} = \frac{vl + ul - ul}{v\,(v+u)} = \frac{l}{v+u} = t_1\ .$$

Nüüd lihtsustub meie võrrandisüsteem kahe võrrandini:

$$t_1 = \frac{l}{v+u}, \quad t_3 = \frac{l - 2ut_1}{v+u}\ .$$

Avaldades esimesest võrrandist $v + u$ ja asendades see teises võrrandis, saame

$$t_3 = \frac{l - 2ut_1}{l/t_1} \quad \Rightarrow \quad u = \frac{l\,(t_1 - t_3)}{2t_1^2} = \frac{500\,(10-6)}{2 \cdot 10^2} = 10\ \frac{\text{m}}{\text{min}}\ ,$$

$$v = \frac{l}{t_1} - u = \frac{500}{10} - 10 = 40\ \frac{\text{m}}{\text{min}}\ .$$

8. ülesanne

Vee esialgne potentsiaalne energia süvendis on $W_1 = mgh$, kus h on vee masskeskme kõrgus. Masskese sümmeetrilise ja ühtlase keha puhul asub selle geomeetrilises keskpunktis. Kuna veetaseme kõrgus süvendis on $H/2$, siis järelikult asub vee masskese kõrgusel $H/4$ ehk süvendi põhja ja veepinna vahemaa keskel. Järelikult $W_1 = mgH/4$.

Vesi pumbatakse kõrgusele H, kus on tema potentsiaalne energia $W_2 = mgH$. Lisaks potentsiaalse energiale omab vesi pärast välja pumpamist ka kineetilist energiat, sest ta väljub pumbast teatud kiirusega v. Selle kiiruse leiame me järgmisest kaalutlusest: kogu süvendis asuv vesi ruumalaga $SH/2$ peab toru ristlõiget πR^2 läbima aja t jooksul. Järelikult $\pi R^2 vt = SH/2$, kust

$$v = \frac{SH}{2\pi R^2 t}\ .$$

Energia jäävusest leiame otsitava pumba töö

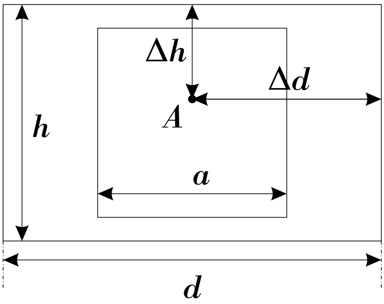
$$A = \Delta W + E = \frac{3mgH}{4} + \frac{m}{2}\left(\frac{SH}{2\pi R^2 t}\right)^2\ .$$

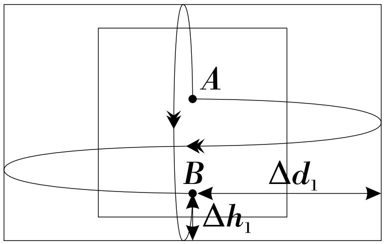
Arvestades, et vee mass on $m = \rho SH/2$, saame

$$A = \frac{\rho SH}{2}\left(\frac{3gH}{4} + \frac{1}{2}\left(\frac{SH}{2\pi R^2 t}\right)^2\right)\ .$$

9. ülesanne

a) Aja $t = 0{,}1$ s jooksul läbis pall vahemaa laeni $\Delta h = v_1 t = 10 \cdot 0{,}1 = 1$ m ja vahemaa kõrvalseinani $\Delta d = v_3 t = 20 \cdot 0{,}1 = 2$ m. Järelikult punkt A akna tasapinnas, mida läbis pall tuppa





sisenedes, asus kaugusel 1 m laest ja 2 m kõrvalseinast ehk 0,75 cm akna ülemisest servast ja 1 m akna kõrvalservast (vt. joon.).

b) Pall saab väljuda toast kui ta jõuab tagasi akna tasapinnani, milleks ta peab läbima kauguse $2l$ aknaga risti olevas sihis. Selleks kulub tal aeg $t_1 = 2l/v_2 = 8/20 = 0{,}4$ s. Selle aja jooksul läbib ta kõrvalseinaga risti olevas sihis kauguse $d_1 = v_3 t_1 = 20 \cdot 0{,}4 = 8$ m ning laega risti olevas sihis kauguse $h_1 = v_1 t_1 = 10 \cdot 0{,}4 = 4$ m. Joonisel on näidatud palli põhimõtteline liikumisskeem seinte vahel (see ei vasta palli reaalsele trajektoorile, kuid õigesti näitab põrkumiste arvu ja trajektoori lõpp-punkti B). Järelikult punkt B akna tasapinnas, mida läbis pall toast väljudes, asus kaugusel $\Delta h_1 = 0{,}5$ m põrandast ja $\Delta d_1 = 2$ m kõrvalseinast ehk 0,25 cm akna alumisest servast ja 1 m akna kõrvalservast (vt. joon.).

10. ülesanne

Kui vee algmass oli m_0, siis $m_0\,(t_1 - t_2) = m_1\,(t_2 - t_0)$, seega

$$m_0 = m_1 \, \frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_2} \; .$$

Vee uueks massiks sai seega

$$M_1 = m_0 + m_1 = m_1 \, \frac{t_1 - t_0}{t_1 - t_2} \; .$$

Analoogselt eelnevaga $M_1\,(t_1 - t_2) = m_2\,(t_2 - t_0)$, millest leiame

$$m_2 = M_1\,\frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_0} = m_1\,\frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0}\ .$$

Siinjuures m_2 on teise "solksu" mass. Analoogiat jätkates

$$m_3 = m_2\,\frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_0} = m_1\,\left(\frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0}\right)^2$$

ning seega kümnenda "solksu" mass

$$m_{10} = m_1\,\left(\frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0}\right)^9 \approx 666\,\mathrm{g}.$$

E1. ülesanne

Lahendus: Määrata plastiliini ruumala sukeldumismeetodil. Valmistada plastiliinist laevuke ja mõõta selle poolt väljatõrjutud vedeliku ruumala. Tuletada ujumise tingimusest valem plastiliini tiheduse arvutamiseks: $\rho_{pl} = \rho_v \cdot (V_{vv}/V_{pl})$. Arvutada plastiliini tihedus. Vastus oleneb plastiliini sordist ja on ca 1,1 ... 1,2 g/cm^3.

Hindamine: Idee — 40%, valemi tuletamine — 30%, mõõtmine — 20%, arvutamine — 10%.

E2. ülesanne

Lahendus: Tuleb vaadata läbi vedelike mingit eset või kujundit paberil. Teatud kauguse korral saame suurendatud kujutise. Mida suurem on kujutis, seda suurem on optiline tihedus, sest murdva pinna kumerus on mõlemal juhul ühesugune. Suuremale murdumisnäitajale vastab suurem murdumisnurk, sellele aga suurem kujutis. Parim seletus on joonise abil, kus on näha kujutise tekkimine läätses kahel juhul. Suuremale murdumisnäitajale vastab aga väiksem fookuskaugus.

Hindamine: Idee — 50%, põhjendamine joonisega — 50%, ilma jooniseta — 30%.