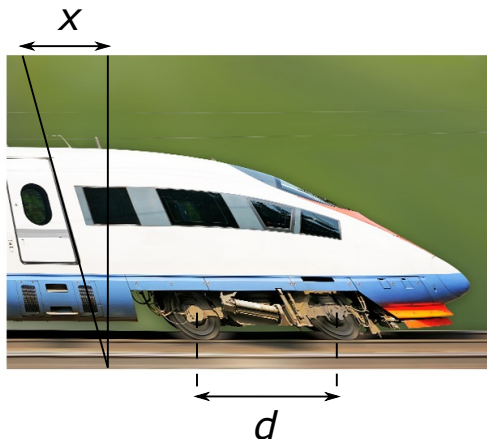


Eesti koolinoorte 68. füüsikaolümpiaad

10. aprill 2021. a.

Põhikooli ülesannete lahendused

1. (KIIRRONG) (6 p.) Autor: Hans Daniel Kaimre



Selleks, et teada saada rongi kiirust, uurime kui palju nihkub mõni rongi või selle tasandis olev detail pildi salvestamise jooksul. Selleks uurime üht rongil olevat detaili, mis on vertikaalne. Parempoolse foto põhjal näeme, et üks selline on veduri uks. Pikendame moonutatud fotol piki ukse serva jooksvat sirget foto ülaservast alaserva ning mõõdame joonlauaga nihke x , samuti mõõdame joonlauaga jooniselt teljevahe d . Rongi tasandis nihkub see moonutamata pildil olev vertikaalne sirge seega

$$X = \frac{x}{d} \cdot D.$$

Kuna pildi skannimiseks kuluv aeg on meil teada, avaldub kiirrongi kiirus lihtsalt

$$v = \frac{X}{T} = \frac{(x/d) \cdot D}{T} = \frac{(4.3/7.1) \cdot 2,4 \text{ m}}{1/50 \text{ s}} = 73 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 260 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

PS! x ja d mõõdetud eraldiseisvad väärtused võivad olla mistahes (kuna sõltuvad pildi skaleerimisest ekraanil või printimisel), kuid nende suhe peab olema $x/d \approx 0.6$.

2. (ESTLINK-2) (8 p.) Autor: Jaan Kalda

Koostame ekvivalent skeemi: juhtmed ja tarbija on kõik järjestikku ühendatud toitepingele U_0 . Kahe juhtme kogupikkus on $L = 200$ km ning kogutakistus $R = L\rho/S = 1,7\Omega$. Eeldades, et see on hulga väiksem tarbija takistusest leiame koguvoolu ahelas $I = P/U_0$ ning traadil eralduva võimsuse kui $P' = I^2R = P^2R/U_0^2$. Seega võimsuste suhe $P'/P = PR/U_0^2 = 0.0084 = 0.84\%$. Valemist on näha, et pinge vähendamine kaks korda suurendaks suhtelisi kadusid neli korda.

3. (KIHUTAJA) (8 p.) Autor: Oleg Košik

Vastutulevate autode suhtes on Koidu kiirus $v + v_0$, samas suunas sõitvate autode suhtes $v - v_0$. Olgu d kaugus kahe järjestikuse auto vahel maanteel. Koit suudab seda vahemaad tasa teha $\Delta t = t_2 - t_3 = 3,5$ minutiga. Saame seega võrrandi:

$$d = (v - v_0)\Delta t = (v + v_0)t_1.$$

Sellest leiame, et Koidu kiirus on $v = 120$ km/h.

Ühe möödasõidu tsükli Koit sõidab 3,5 minutit kiirusega 120 km/h, läbides selle ajaga 7 km, ning seejärel veel 1 minuti kiirusega 90 km/h, läbides selle ajaga 1,5 km. Kokku läbib Koit seega 4,5 minutiga 8,5 km. Teekonna jooksul jõuab Koit teha $N = \frac{178,5 \text{ km}}{8,5 \text{ km}} = 21$ möödasõitu, sellele kulub tal kokku $T_1 = 21 \cdot 4,5 = 94,5$ min. Tavalisel autol võtab teekond linnast A linna B aga $T_2 = s/v_0 = 119$ min. Seega on Koidu ajavõit $\Delta T = T_2 - T_1 = 24,5$ min.

4. (NOOR KATSETAJA) (8 p.) Autor: Konstantin Dukats

Sel ajal kui keedupulk töötab, vesi soojeneb ja seejärel aurub. Esmalt on potis on $M_0 = \rho SH = 6$ kg vett. Koostame soojustasakaalu võrrandi:

$$Pt = c_v M_0 (T_a - T_0) + L \Delta M,$$

kus $T_a = 100$ °C. Siit leiame, et aurustunud vee mass on

$$\Delta M = \frac{Pt - c_v M_0 (T_a - T_0)}{L} = 3,82 \text{ kg}.$$

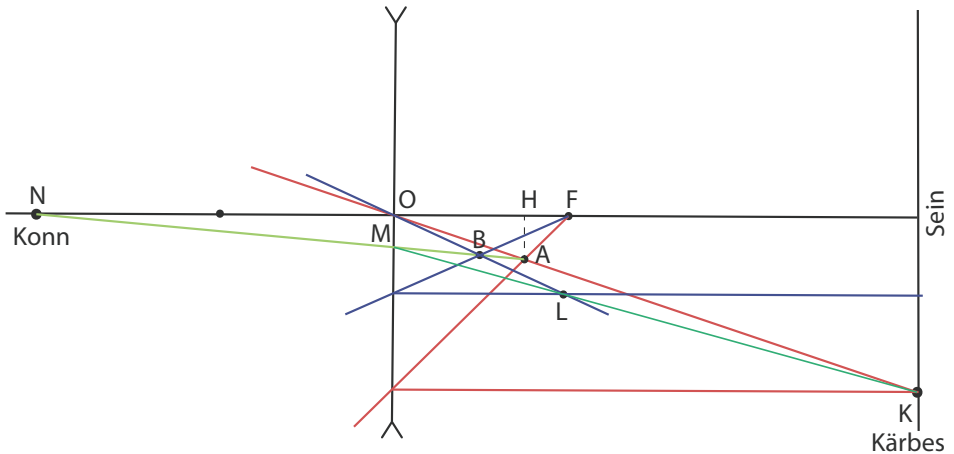
Potti jäänud vee mass on $M_1 = M_0 - \Delta M$ ning ruumala $V_1 = \frac{M_1}{\rho} = 2180$ cm³.

Sellele lisandub keedupulga ruumala $V = 20$ cm³, mistõttu potti jääva veesamba kõrgus on

$$H_1 = \frac{V_1 + V}{S} = 7,33 \text{ cm}.$$

Veetase langes seega $\Delta H = H - H_1$ võrra, millele vastab rõhu muutus $\Delta p = \rho g \Delta H = 1240 \text{ Pa}$.

5. (KONN JA KÄRBES) (10 p.) Autor: Erkki Tempel



Kärbsse K kujutis asub punktis A . Kuna konn näeb, et kärbes lendab otse tema suunas, siis hakkab kärbsse kujutis liikuma mööda sirget AN . Võtame sellel sirgel suvalise punkti B . Kärbes peab olema punktis L , et kujutis oleks punktis B . Seega hakkab liikuma kärbes mööda sirget KM .

Kujutise A kaugus läätsesest

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} \quad \Rightarrow \quad k = 0,75 \text{ m}$$

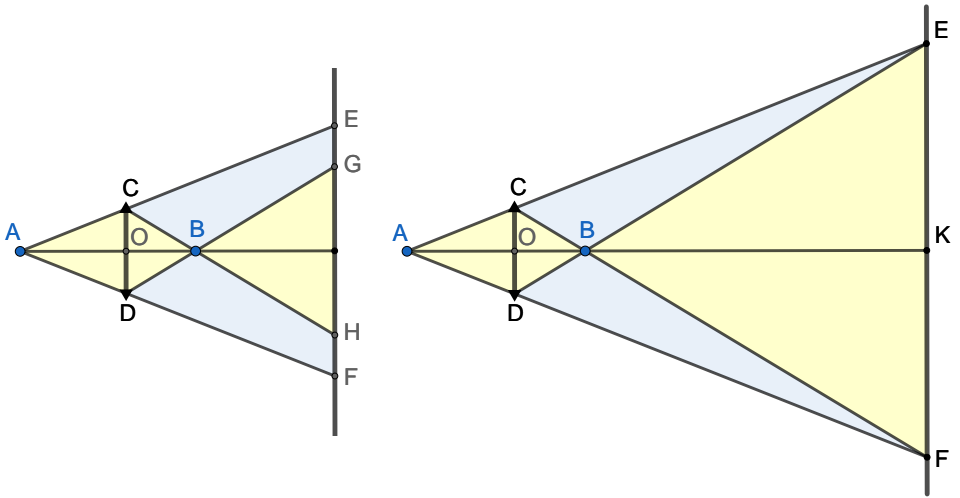
Kujutis A asub optilisest peateljest kaugusel $h = 0,25 \text{ m}$.

Kolmnurkadest $\triangle NMO$ ja $\triangle NAH$ saame leida lõigu OM pikkuse

$$OM = AH \frac{NO}{NH} \approx 0,18 \text{ m}$$

Sirge KM pikkus on seega

$$KM = \sqrt{3^2 + (1 - 0,18)^2} \approx 3,11 \text{ m}$$



6. (LÄÄTS JA EKRAAN) (10 p.) Autor: Oleg Košik

Olgu A valgusallikas, B tema kujutis läätses ning CD lääts.

Kui ekraan asub läätsesest 10 ja 60 cm vahel, tekivad ekraanile kaks kontsentrilist ringi (vasakpoolne joonis): hele väiksem ring diameetriaga GH asub tumeda ringi diameetriga EF sees. Aladele EG ja HF valgusallika valgus ei jõua.

Eemaldades läätses ekraanist saavad punktid E ja G kokku üheks nagu ka punktid F ja H . Ekraani katab ühtlaselt valgus, nagu läätses poleks (parempoolne joonis).

Olgu $x = |AO|$ kaugus valgusallika ja läätses vahel, $r = |OC|$ läätses raadius ning $r = |KE|$. Ülesande tingimustest $|BO| = 10$ cm, $|KO| = 60$ cm ning seega $|BK| = 50$ cm. Sarnastest kolmnurkadest AOC ja AKE saame

$$\frac{r}{R} = \frac{x}{x + 60}.$$

Sarnastest kolmnurkadest BOD ja BKE aga

$$\frac{r}{R} = \frac{10}{50}.$$

Kokkuvõttes saame võrrandi $\frac{x}{x + 60} = \frac{10}{50}$, mille lahendiks on $x = 15$ cm.

7. (HARI) (10 p.) Autor: Koit Timpmann

Harja raskuskese asub käte vahel lähemale vasakule käele. Seetõttu on harja rõhumisjõud suurem vasaku käe sõrmele. Kuna hõõrdejõud on võrdeline rõhumisjõuga, on vasaku käe sõrme ja harjavarre vaheline hõõrdejõud suurem kui parema käe sõrme ja harjavarre vaheline hõõrdejõud.

1) Kui nihutada paremat kätt vasaku käe poole, siis kuna hõõrejäõud parema käe juures on suurem, jääb hari liikumatuks ja sõrm libiseb harjavarre alla seni, kuni mõlemad käed on harja raskuskeskme asukohast võrdsele kaugusel. Parema käe edasisel nihutamisel muutub rõhumisjõud sellele käele suuremaks ja hari liigub koos parema käega kuni harja raskuskese jõuab uuesti sõrmedevahelise kauguse keskpunkti. Selline liikumine jätkub seni, kuni sõrmed puudutavad teineteist.

2) Kui nihutada vasakut kätt parema käe poole, liigub hari koos sõrmega libisedes mööda parema käe sõrme kuni mõlemad sõrmed asuvad harja raskuskeskmele samal kaugusel. Edasi jätkub nii nagu eelmisel juhul.

3) Kui liigutada korraga mõlemat kätt teineteise poole, liigub hari koos vasaku käega seni, kuni harja massikeske jõuab mõlemast käest võrdsele kaugusele. Seejärel libisevad mõlemad käed harja all, hari ise jääb liikumatuks. Kuna harja raskuskese jääb kõikidel juhtudel kahe sõrme vahele, püsib hari kogu aeg tasakaalus ega kuku kummalegi poole.

8. (JÄÄAEG) (10 p.) Autor: Erik Tamre

Soolsuse muutuse põhjal leiame, et viimase jääaja kõrghetke maailmamere vee massi suhe tänasesse on $\frac{3,47\%}{3,60\%} = 0,964$. Seega on vahepeal merre lisandunud $(1 - 0,964)M = 0,036M$ vett, kus M on tänase maailmamere vee mass.

Kuna merejää ujub ookeanis, ei mõjuta tema sulamine vastavalt Archimedese seadusele ookeani veetaset üldse. Nii et maismaalt on merre lisandunud

$$\frac{h}{H}M = \frac{120 \text{ m}}{3680 \text{ m}}M = 0,0326M$$

vett (siin on oluline, et merejää paksus on täna tühine: muidu poleks selge, kas ja mil määral jää paksus selle 3680 m hulka kuulub). Merejää moodustab sulanud jääst seega

$$1 - \frac{0,0326M}{0,036M} \approx 10\%.$$

Märkus. Tegelikult on merejää osakaal vahepeal sulanud jää hulgas vast veel suurusjärgu võrra väiksem: et seda tegelikkuses niimoodi arvutada, peaksime

viimase jääaja maailmamere soolsust ülitäpselt tuvastada suutma. Meie tänaste teadmiste juures suudab see meetod üksnes näidata, et merejää pidi sulanud jääst moodustama suhteliselt väikese osa.

9. (VEEVANN) (10 p.) *Autor: Taavet Kalda*

Peale pika aja möödumist jõuab veevann statsionaarsesse olekusse, kus nii vee kui ka jää temperatuur on ajas konstantsed. Seega peab kehtima soojusvoogude tasakaal. Jääkihti paksusega h_1 läbib samasugune soojusvoog nagu läbi veekihi paksusega h_2 . Kuna jääd ning vett eraldava pinna temperatuur on $T_3 = 0^\circ\text{C}$, siis soojusvoogude tasakaal esitub kujul

$$\frac{T_2 - T_3}{h_2} k_{\text{vesi}} = \frac{T_3 - T_1}{h_1} k_{\text{jää}}.$$

Kuna $T_2 - T_3 = T_3 - T_1 = 10^\circ\text{C}$, siis

$$h_2 = h_1 \frac{k_{\text{vesi}}}{k_{\text{jää}}}.$$

Lisaks peab kehtima massi jäävus. Teisisõnu, $h\rho_{\text{vesi}} = h_1\rho_{\text{jää}} + h_2\rho_{\text{vesi}}$. Seega,

$$h\rho_{\text{vesi}} = h_1 \left(\rho_{\text{jää}} + \frac{k_{\text{vesi}}}{k_{\text{jää}}} \rho_{\text{vesi}} \right),$$

ehk jääkihi paksus on

$$h_1 = h \frac{1}{\frac{\rho_{\text{jää}}}{\rho_{\text{vesi}}} + \frac{k_{\text{vesi}}}{k_{\text{jää}}}} = 8,5 \text{ cm}.$$

10. (LAMBID) (12 p.) *Autor: Richard Luhtaru*

Teades lambi nimipinget U_{nimi} ja nimivõimsust P_{nimi} , saame leida lambi takistuse

$$R_L = \frac{U_{\text{nimi}}^2}{P_{\text{nimi}}} = \frac{(6 \text{ V})^2}{3 \text{ W}} = 12 \Omega$$

Paneme tähele, et igat paralleelühendust läbiv summaarne vool on voolu jäävuse tõttu I . Kui lampi A läbib vool I_A , siis sellega rööbiti ühendatud takistit läbib vool $I - I_A$. Kuna nende klemmidel on võrdne pinge, siis

$$I_A R_L = (I - I_A) R \implies I_A = \frac{R}{R + R_L} \cdot I$$

Sarnaselt

$$I_B(R + R_L) = (I - I_B) \cdot 3R \implies I_B = \frac{3R}{4R + R_L} \cdot I$$

Olgu lampi B läbiv vool I_B . Et lambid põleksid sama heledalt, peavad nende võimsused olema võrdsed.

$$P_A = P_B \implies I_A^2 R_L = I_B^2 R_L \implies I_A = I_B$$

$$\frac{R}{R + R_L} \cdot I = \frac{3R}{4R + R_L} \cdot I \implies 4R + R_L = 3(R + R_L) \implies R = 2R_L$$

Seega $R = 24\Omega$.

Olgu ülejäänud kaks lampi C ja D . Jällegi märkame, et paralleelühendusi läbivate voolude summa on I , seega lampe läbivate voolude summa on samuti $I_C + I_D = I$. Järelikult klemmidel olevate pingete summa on

$$U_C + U_D = I_C R_L + I_D R_L = (I_C + I_D) R_L = I R_L$$

Samuti teame, et

$$U_A = I_A R_L = \frac{R}{R + R_L} \cdot I R_L = \frac{2R_L}{2R_L + R_L} \cdot I R_L = \frac{2}{3} I R_L$$

$$U_B = I_B R_L = I_A R_L = \frac{2}{3} I R_L$$

Seega pingete summa on

$$U_s = U_A + U_B + U_C + U_D = \frac{7}{3} I R_L = \frac{7}{3} \cdot 1 \text{ A} \cdot 12 \Omega = 28 \text{ V}$$

E1. (OPTILINE TIHEDUS) (10 p.) Autor: EFO žürii

Tuleb vaadata läbi vedelike mingit eset või kujundit paberil. Asetades need pudelile piisavalt lähedale, näeme suurendatud (ümber pööramata) 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).

Kuivõid vesi ja toiduõli omavahel ei segune, võime need paremaks vaatlemiseks korruga pudelisse valada (vesi jääb alla ja toiduõli ülesse). Näeme, et toiduõlis on kujutis suurem, mistõttu on toiduõli optiliselt tihedam.

Vee murdumisnäitaja on 1,33, toiduõli oma 1,47.

E2. (PABERI TIHEDUS) (12 p.) Autor: Erkki Tempel

Lõikame mõlemad paberid täpselt sama suurusteks, mida suurem, seda parem.

Tiheduste suhte leidmiseks peame leidma fooliumpaberi ja ümbrispaberi masside suhte m_f/m_p ning paksuste suhte h_f/h_p . Tiheduse valemist saame avaldada tiheduste suhte masside ja paksuste suhete kaudu

$$\frac{\rho_f}{\rho_p} = \frac{m_f V_p}{m_p V_f} = \frac{m_f}{m_p} \cdot \frac{h_p}{h_f}$$

Masside suhte leidmiseks kasutame kangimeetodid. Paberi saame voltida nii, et seda saab kangina kasutada ja saame leida paberite masside suhte m_f/m_p . Paberi paksuste suhte h_p/h_f leidmiseks võldime paberi mitu korda kokku (näiteks 16 kihti) ning vaatame, mitu kihti paberit on sama paks kui 16 kihti fooliumpaberit.