FÜÜSIKAOLÜMPIAADI KOOLIVOOR 2020/2021 õ.-a.
LAHENDUSED 10. KLASSILE

1. PÄIKE JA MAA (10p)

Maale mõjuva kiirenduse leiame Newtoni II seadusest $a = \frac{F}{m}$ **(1p)**, kusjuures ringjoonelise liikumise korral $a = \frac{v^2}{R}$ **(1p)** ning $F = G\frac{Mm}{R^2}$ **(1p)**. Joonkiiruse valemit $v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T}$ kasutades **(2p)** ja arvestades, et $T = 1a \approx 3{,}16 \cdot 10^7 s$ **(1p),** saame lõpptulemuseks:

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{G\,T^2}$$

ja $M \approx 2{,}0 \cdot 10^{30}\ kg$ **(1p)**

Maksimumpunktid anda ka juhul, kui ülesanne lahendatakse Kepleri III seaduse abil.

Maa kineetiline energia $E_k = \frac{mv^2}{2}$ **(1p)**, kus joonkiirus $v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T}$ ja periood $T = 1a \approx 3{,}16 \cdot 10^7 s$ **(1p)**. Lõpptulemuseks saame:

$$E_k = \frac{2\pi^2 R^2 m}{T^2}$$

ja $E_k \approx 2{,}65 \cdot 10^{33}\ J$ **(1p)**

2. PÕRKEPALL (8p)

Palli ilma algkiiruseta kukkuma laskmise kõrgus on võrdne kogu aja jooksul sooritatud nihkega: $h = s = \frac{gt^2}{2}$. **(1p)**

Kogu aja leidmiseks on lihtsam kasutada langemise esimese poole nihet, mis on võrdne poole kogu kõrgusega: $s_1 = \frac{gt_1^2}{2} = \frac{h}{2}$ **(1p)**

Pannes valemid oma vahel kokku, saame võrrand:

$\frac{gt^2}{2} = \frac{2gt_1^2}{2} \rightarrow t^2 = 2t_1^2$ **(1p)**

Teades, et langemise esimese poole aeg on võimalik leida, kui lahutada kogu ajast teise poole langemise aeg $t = t_1 + t_2 \rightarrow t_1 = t - t_2$ **(1p)**, saame võrrandi:

$$t^2 = 2(t - t_2)^2$$

Võrrandi lihtsustades saame taandatud ruutvõrrandi arvandmetega: $t^2 - 1{,}2t + 0{,}18 = 0$. **(1p)**

Ruutvõrrandi lahendid on ≈1,02 s ja ≈0,18s, millest 0,18s ei sobi ülesande tekstiga. **(1p)**

Kukkumise kõrguse leiame esimese valemi abil $h = s = \frac{gt^2}{2} \approx 5{,}1m$. **(1p)**

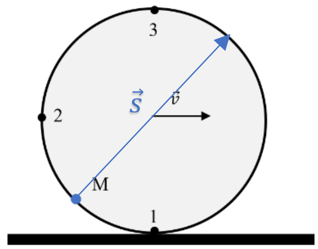
Õpilased lasid pallil kukkuda teise korruse treppidelt. **(1p)**

3. **RATAS VEEREB (10p)**

1. osa

a. Kuna $R = 0{,}5$ m ja $T = 0{,}2$s , siis 0,1 sekundiga jõuab punkt M läbida pool ringi pikkusega $L = \pi R$, seega $L = 0{,}5\pi \approx 1{,}57$ m $\approx 1{,}6$ m. Kõik 3 vastuse kuju lugeda õigeks. **(1p)**

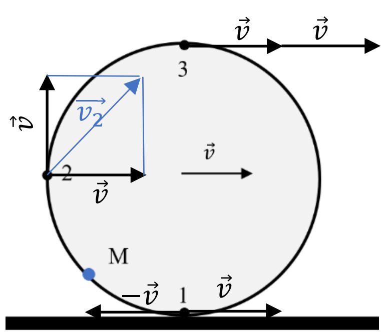
Keskpunkti suhtes nihkus punkt M ratta diameetri võrra. Seega nihe $s = 2R = 1$ m. **(1p)**



b. 0,4 sekundiga teeb punkt M 2 täisringi ümber ratta keskpunkti, läbides tee pikkusega $L = 4\pi R$, seega $L = 2\pi \approx 6{,}28$ m $\approx 6{,}3$ m. Kõik 3 vastuse kuju lugeda õigeks. **(1p)**
Kuna ratta keskpunkti suhtes asub punkt M nüüd samas kohas kui alghetkel, siis nihe $s = 0$. **(1p)**

2. osa
Sellel ajal, kui (auto) ratas teeb ühe ringi ümber oma pöörlemistelje, liigub (auto) ratta keskpunkt (telg) tee suhtes edasi ratta ümbermõõdu võrra.
Ringjoonelisel liikumisel on kiirusvektor igas trajektoori punktis risti raadiusega.

a) Kuna teest kõige kõrgemas asendis (joonisel asend 3) on nii punkti **M** kiirusvektor pöörlemistelje suhtes kui (auto) liikumiskiirust kirjeldav vektor suunatud samas suunas (paremale), on punkti M kiirus teekatte suhtes võrdne kahekordse pöörlemiskiirusega ümber telje: $\mathbf{v_3 = 2 \cdot 2\pi R/T}$. $\mathbf{v_3 = 4\pi \cdot 0{,}5/0{,}2 = 10\pi \approx 31}$ **m/s. (2p)**
b) Kõige alumises asendis, st vastu teekatet olev punkt on teekatte suhtes paigal (ratas veereb libisemata) seega $\mathbf{v_1 = 0}$. **(2p)**
c) Punktis 2 tuleb liita kaks arvuliselt võrdset vektorit – üks vertikaalne, teine horisontaalne. Kasutades Pythagorase teoreemi $(v_2)^2 = v^2 + v^2$ saame
$(v_2)^2 = 2v^2 \longrightarrow (v_2)^2 = 2\times(5\pi)^2 \quad \longrightarrow \quad (v_2)^2 = 50\,\pi^2 \approx$ **22 m/s. (2p)**



4. **TINASÕDUR (10p)**

Tinasõduri viimiseks sulamistemperatuurini on vaja soojushulka

$Q_1 = c_t m_t (t_t - t_1)$

$Q_1 = 220 \cdot 0{,}15 \cdot (232 - 200) = 1056\ (J)$ **(1p)**

Tina sulatamiseks on vaja veel

$Q_2 = \lambda_t m_t$

$Q_2 = 0{,}6 \cdot 10^5 \cdot 0{,}15 = 9000 (J)$ **(1p)**

Kokku

$Q = Q_1 + Q_2$

$Q = 1056 + 9000 = 10056 (J)$ **(1p)**

Ühe pliiplönni tahkumisel ja jahtumisel kuni tina sulamistemperatuurini vabaneb soojushulk

$Q' = Q_3 + Q_4$

$Q_3 = -\lambda_p m_p$

$Q_4 = c_p m_p (t_t - t_p)$

$Q_3 = 0{,}3 \cdot 10^5 \cdot 0{,}1 = 3000 (J)$

$Q_4 = 130 \cdot 0{,}1 \cdot (232 - 327) = 1235\ (J)$

$Q' = 3000 + 1235 = 4235 (J)$ **(3p)**

Seega ühest plönnist piisab, et viia tinasõdur sulamistemperatuurile, kuid ei piisa sõduri sulatamiseks.. Puudu jääb 10056 – 4235 = 5821 (J).

Ka teine tinaplönn ei sulata veel tinasõdurit üles. Puudu jääb: 5821 – 4235 = 1586 (J)

Kolmanda plönni tahkumisel vabanev soojushulk sulatab tinasõduri ja jätab ta sulanud olekus temperatuurile 232°C. Tahkumisest üle jääv soojushulk 3000 – 1586 = 1414 (J) ja jahtumisel eralduv soojushulk antakse vaskratsanikule (jahtumine toimub nüüd temperatuurini, mil vaskratsaniku ja pliiplönni vahel saabub soojuslik tasakaal.

$-Q'' + Q_1{}' + Q_2' = 0,$ **(1p)**

kus Q’’= 1414 J, **(1p)**

$Q_1{}' = c_p m_p (t_v{}' - t_p)$

$Q_2{}' = c_v m_v (t_v{}' - t_v)$

Asendame:

$-Q'' + c_p m_p (t_v{}' - t_p) + c_v m_v (t_v{}' - t_v) = 0,$

ja avaldame t_v’

$$t_v' = \frac{Q'' + c_p m_p t_p + c_v m_v t_v}{c_p m_p + c_v m_v}$$

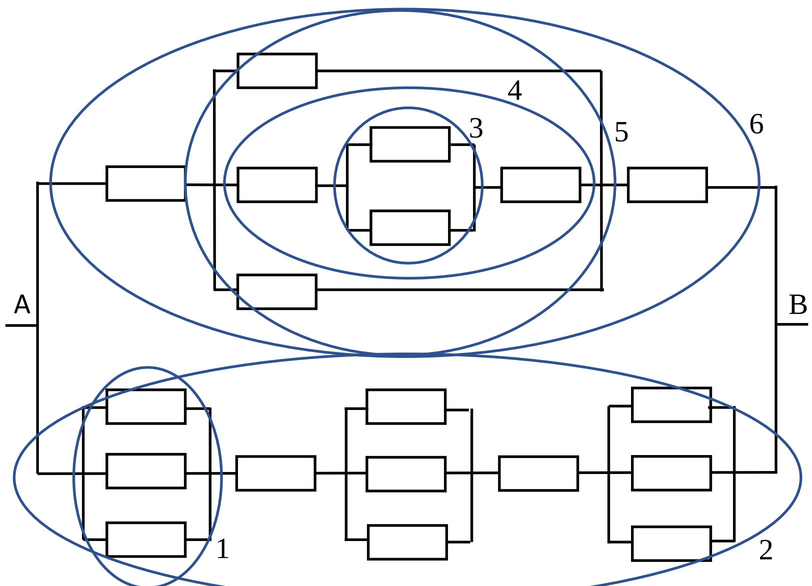
$t_v' = \frac{1414+4251+3800}{13+19} = \frac{9465}{32} = 296\ (°C)$ **(1p)**

Vastus: Võitluse lõpus on tinasõdur vedelas olekus temperatuuril 232°C, vaskratsanik tahkes olekus temperatuuril 296°C. **(1p)**

5. **LUMEMEMMED (8p)**

$R = 1\Omega$
$R_K = ?$

Joonestame analoogse skeemi, kus igale 1-oomisele takistusele vastab klassikaline takistuse tingmärk. **(1p)**



1 - $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$ $\quad \frac{1}{R_1} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = 3$ $\quad R_1 = \frac{1}{3}\Omega$ **(1p)**

2 - $R_2 = 3 \cdot R_1 + 2 \cdot R$ $\quad R_2 = 3 \cdot \frac{1}{3} + 2 \cdot 1 = 3(\Omega)$ **(1p)**

3 - $\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$ $\quad \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} = 2$ $\quad R_3 = \frac{1}{2}\Omega$ **(1p)**

4 - $R_4 = R_3 + 2 \cdot R$ $\quad R_4 = 0,5 + 2 \cdot 1 = 2,5(\Omega)$ **(1p)**

5 - $\frac{1}{R_5} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R_4}$ $\quad \frac{1}{R_5} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{2,5} = \frac{6}{2,5}$ $\quad R_5 = \frac{2,5}{6} = 0,42(\Omega)$ **(1p)**

6 - $R_6 = R_5 + 2 \cdot R$ $\quad R_6 = 0,42 + 2 \cdot 1 = 2,42(\Omega)$ **(1p)**

7 - $\frac{1}{R_K} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6}$ $\quad \frac{1}{R_K} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2,42} = 0,74$ $\quad R_K = \frac{1}{0,74} = 1,35(\Omega)$ **(1p)**

Vastus: Kogutakistus on 1,35 oomi.