69-osios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados rajono–miesto turas (2022 m.)

9 klasė (užduotys ir sprendimai)

1. Pusiaukelėje tarp miestų A ir B yra oro uostas, iš kurio 12 val. 00 min į miestą A ir į miestą B išskrido lėktuvai. Abiejų lėktuvų greičiai vienodi ir lygūs 720 km/val. Mieste A lėktuvas nusileido 13 val. 20 min, mieste B – 13 val. 43 min. Visą skridimo laiką pūtė pastovaus greičio vėjas iš B į A kryptimi. Koks atstumas tarp miestų? Kiek pagal tvarkaraštį pavėlavo lėktuvas, nusileidęs mieste B? Tvarkaraštis sudarytas nesant vėjo.

Sprendimas

Pagal tvarkaraštį lėktuvai į miestą A ir B turėjo atskristi po laiko t:

$$t = \frac{l}{v} \ ,$$

čia l – atstumas tarp oro uosto ir miesto A arba B, v – lėktuvų greitis.
Rasime atstumą l.
Tegu vėjo greitis u, tada galime parašyti:

$$l = (v + u)t_1, \qquad (1) \qquad \text{(2 taškai)}$$

čia t_1 – skrydžio laikas iki miesto A, t_1 = 1 val. 20 min
ir

$$l = (v - u)t_2, \qquad (2) \qquad \text{(2 taškai)}$$

čia t_2 – skrydžio laikas iki miesto B, t_2 = 1 val. 43 min.
Iš (1) lygties:

$$u = \frac{l - vt_1}{t_1}. \qquad (3)$$

Iš (2) lygties:

$$u = \frac{vt_2 - l}{t_2}. \qquad (4)$$

Sulyginame (3) ir (4) lygtis ir išreiškiame l:

$$\frac{l - vt_1}{t_1} = \frac{vt_2 - l}{t_2},$$

$$l = \frac{2vt_1t_2}{t_1 + t_2}. \qquad \text{(3 taškai)}$$

Atstumas, tarp miestų A ir B yra

$$L = 2l = \frac{4vt_1t_2}{t_1 + t_2} \approx 2160 \text{ km}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Pagal tvarkaraštį lėktuvas turėjo atskristi po laiko

$$t = \frac{l}{v} = \frac{2t_1t_2}{t_1 + t_2} \approx 1 \text{ val } 30 \text{ min},$$

Taigi lėktuvas pavėlavo

$$\Delta t = t_2 - t = 13 \text{ min}. \qquad \text{(2 taškai)}$$

2. Koks yra $l = 1$ m ilgio matematinės svyruoklės periodas Mėnulyje, jei be pradinio greičio laisvai krintantis kūnas Mėnulyje per antrąją judėjimo sekundę nukrito $h = 2{,}5$ m?

Sprendimas

Matematinės svyruoklės periodas

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$ (1 taškas)

čia g – laisvojo kritimo pagreitis. Apskaičiuosime laisvojo kritimo pagreitį Mėnulyje.
Žinome, kad vidutinis greitis

$$v_{\text{vid}} = \frac{h}{t}, \qquad (1)$$ (1 taškas)

čia h – nueitas kelias per 2-ąją sekundę.
Be to

$$v_{\text{vid}} = \frac{v_1 + v_2}{2}, \qquad (2)$$ (1 taškas)

čia $v_1 = gt$ yra kūno greitis po pirmosios laisvojo kritimo sekundės ($t = 1$ s), o $v_2 = g2t$ – kūno greitis po antrosios sekundės.
Tada

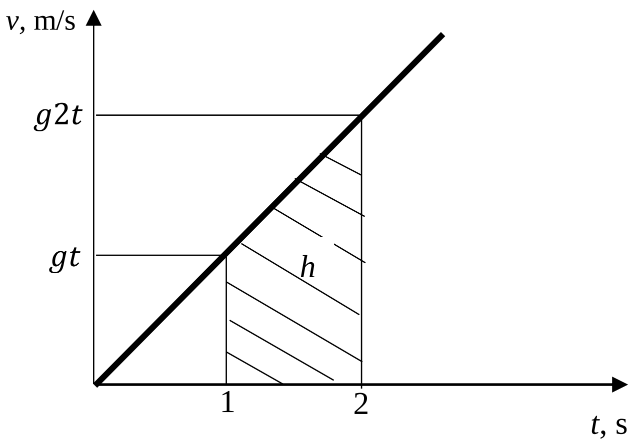
$$v_{\text{vid}} = \frac{3gt}{2}. \qquad (3)$$ (3 taškai)

Iš (1) ir (3) gauname

$$h = \frac{3gt^2}{2},$$

$$g = \frac{2h}{3t^2}.$$ (2 taškai)

Laisvojo kritimo pagreitį galime rasti ir kitu būdu, t.y. žinodami, kad greičio priklausomybės nuo laiko grafiko apribotas plotas skaitine verte lygus nueitam keliui. [1 taškas]



Braižome greičio priklausomybės nuo laiko grafiką. [2 taškai]

Iš grafiko:

$$h = \frac{gt+2gt}{2}t = \frac{3gt^2}{2},$$ [3 taškai]

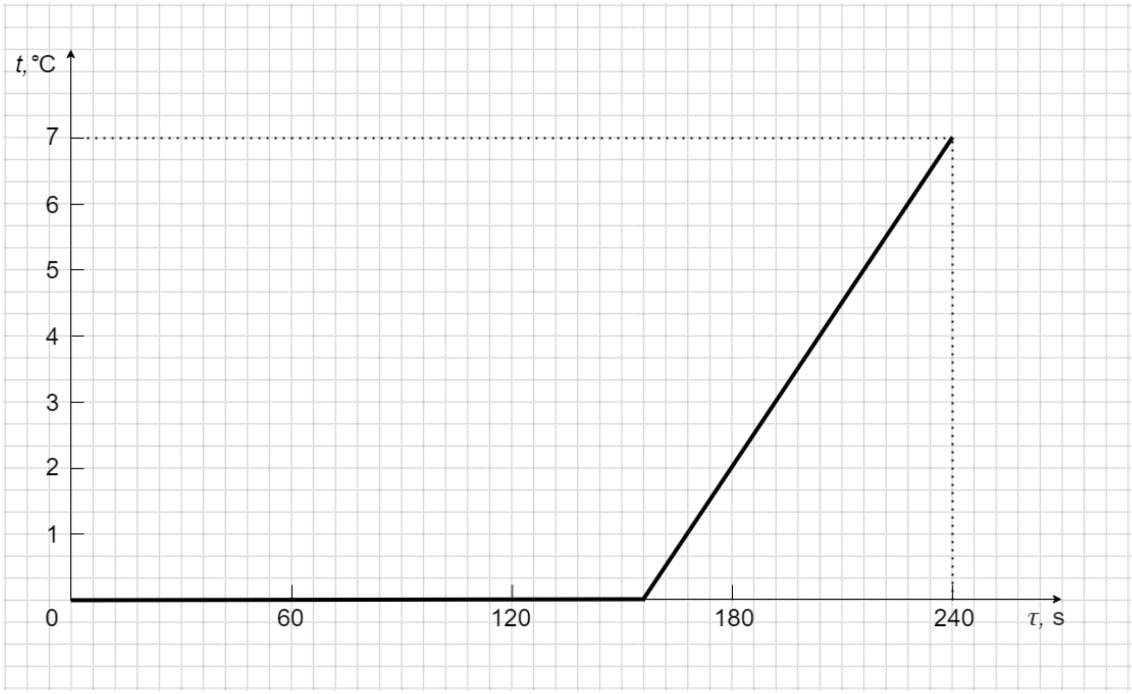
$$g = \frac{2h}{3t^2}.$$ [1 taškas]

Todėl svyruoklės periodas Mėnulyje

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{3t^2 l}{2h}} = \pi t\sqrt{\frac{6l}{h}}.$$ (1 taškas)

$$T = 4{,}9 \text{ s}.$$ (1 taškas)

3. Kalorimetre vandenyje plaukioja ledo gabaliukas. Į kalorimetrą įleidžiamas ir įjungiamas pastovios P = 50 W galios šildytuvas. Temperatūros priklausomybės nuo laiko grafikas pateiktas paveiksle. Vandens savitoji šiluma c = 4200 J/(kg·ºC), ledo savitoji lydymosi šiluma λ = 330 kJ/kg. Kokia vandens ir ledo masė buvo kalorimetre prieš įjungiant šildytuvą? Kalorimetro šiluminės talpos ir šilumos nuostolių nepaisykite.



Sprendimas

Iš grafiko matyti, kad per pirmąsias τ_1 =156 s visas šildytuvo išskirtas šilumos kiekis buvo sunaudotas ledui tirpdyti. Tegu ledo masė m_1: (2 taškas)

$$P\tau_1 = m_1\lambda,$$

$$m_1 = \frac{P\tau_1}{\lambda}, \qquad \text{(2 taškai)}$$

$$m_1 \approx 23{,}6 \text{ g.} \qquad \text{(1 taškas)}$$

Per laiką τ_2 =240 s – 156 s = 84 s šildytuvo išskirtas šilumos kiekis buvo sunaudotas ištirpusio ledo (m_1 masės vandens) ir pradiniu momentu kalorimetre buvusio m_2 masės vandens šildymui.

$$P\tau_2 = (m_1 + m_2)c\Delta t, \qquad \text{(2 taškai)}$$

čia Δt = 7 ºC.

$$m_2 = \frac{P\tau_2}{c\Delta t} - m_1,$$

$$m_2 = P\left(\frac{\tau_2}{c\Delta t} - \frac{\tau_1}{\lambda}\right). \qquad \text{(2 taškai)}$$

$$m_2 \approx 119 \text{ g.} \qquad \text{(1 taškas)}$$

4. Į indą, kuriame buvo m_l = 10 kg masės, t_0 = 0 ºC temperatūros ledo, įleidžiama t = 100 ºC temperatūros garų. Nusistovėjus šiluminei pusiausvyrai pasirodė, kad α = 0,66 dalis ledo liko neištirpusi. Kokia įleistų garų masė m_g? Vandens savitoji šiluma c = 4200 J/(kg · ºC), savitoji ledo lydymosi šiluma $\lambda = 3{,}3 \cdot 10^5$ J/kg, vandens savitoji garavimo šiluma $L = 2{,}26 \cdot 10^6$ J/kg. Indo šiluminės talpos ir šilumos nuostolių nepaisykite.

Sprendimas

Neištirpusi ledo dalis:

$$\alpha = \frac{m_l - m_x}{m_l} = 1 - \frac{m_x}{m_l}, \qquad (1) \qquad \text{(1 taškas)}$$

čia m_x – ištirpusio ledo masė.

Garams susikondensavus ir gautam vandeniui atvėsus iki nulio laipsnių temperatūros, išskiriamas šilumos kiekis sunaudojamas ledui tirpdyti:

$$Lm_g + cm_g(t - t_0) = \lambda m_x. \qquad \text{(3 taškai)}$$

Iš čia

$$m_x = \frac{m_g\big(L + c(t - t_0)\big)}{\lambda}. \qquad (2) \qquad \text{(1 taškas)}$$

(2) lygtį įrašę į (1), gauname:

$$\alpha = 1 - \frac{m_g\big(L + c(t - t_0)\big)}{\lambda m_l}. \qquad \text{(2 taškai)}$$

Atsižvelgę, kad t_0 = 0 ºC, gauname

$$m_g = \frac{m_l\lambda(1 - \alpha)}{L + ct}, \qquad \text{(2 taškai)}$$

$$m_g = 419 \text{ g}. \qquad \text{(1 taškas)}$$