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:

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

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

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

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:

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

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

Atstumas, tarp miestų A ir B yra

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

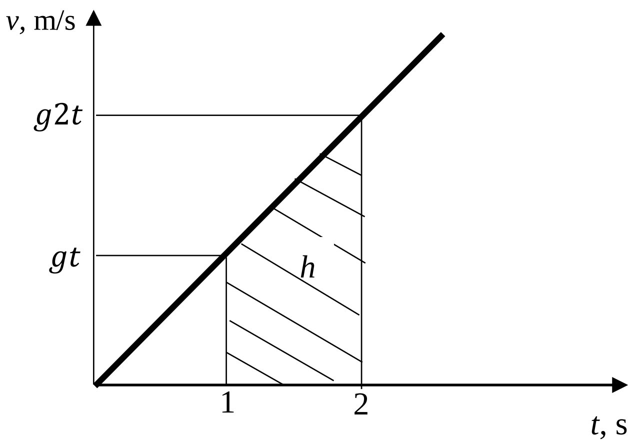
$$v_{\mathrm{vid}} = \frac{3gt}{2}. \qquad (3) \qquad \text{(3 taškai)}$$

Iš (1) ir (3) gauname

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

$$g = \frac{2h}{3t^2}. \qquad \text{(2 taškai)}$$

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:

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

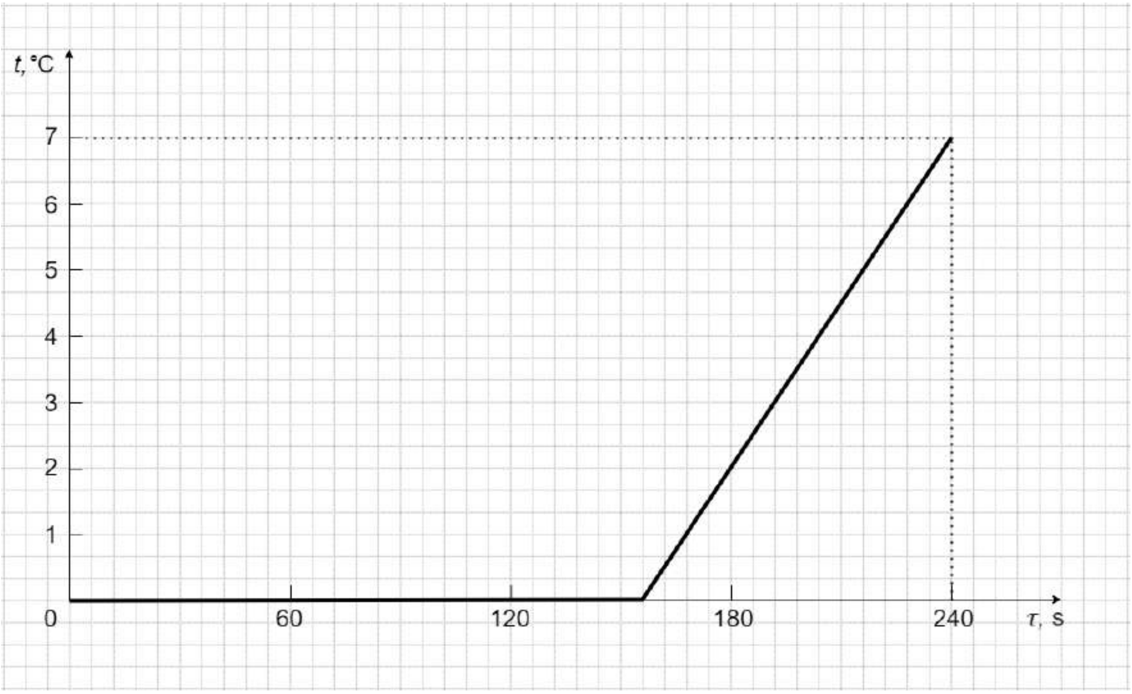
$$g = \frac{2h}{3t^2}. \qquad \text{[1 taškas]}$$

Todėl svyruoklės periodas Mėnulyje

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

$$T = 4{,}9 \text{ s}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

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)

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

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

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

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.

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

čia Δt = 7 ºC.

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

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

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

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 λ = 3,3 · 10^5 J/kg, vandens savitoji garavimo šiluma L = 2,26 · 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

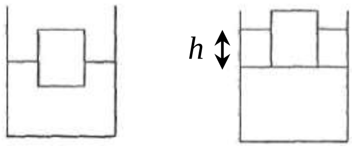
$$m_g = \frac{m_l\lambda(1 - \alpha)}{L + ct}, \qquad \text{(2 taškai)}$$

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

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

10 klasė (užduotys ir sprendimai)

1. Inde su nežinomu skysčiu plūduriuoja iki pusės paniręs 10 cm aukščio kūnas. Kai į indą su skysčiu papilomai įpilama aliejaus, kurio tankis $\rho = 0{,}8\rho_0$ (čia ρ_0 - nežinomo skysčio tankis), kūnas pradeda kilti. Kokiam aliejaus sluoksnio storiui h esant kūnas bus visiškai paniręs tik aliejuje?



Sprendimas

Antruoju atveju, kai kūnas paniręs tik aliejuje, kūno panirimo gylis lygus aliejaus sluoksnio storiui h. Tuomet pagal Archimedo dėsnį kūno masė

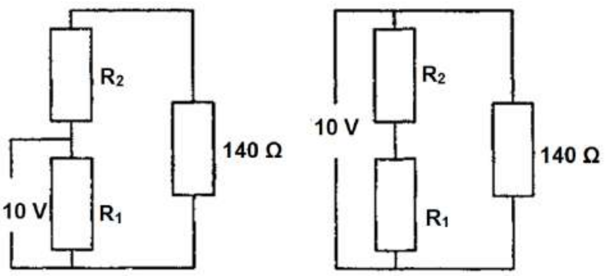
$m = \rho_k hS = 0{,}8\rho_0 hS.$ (4 taškai)

Kūno masę gauname iš pirmojo atvejo, kai kūnas pusiau paniręs į nežinoma skystį:

$m = \frac{\rho_0 HS}{2}.$ (4 taškai)

Iš čia gauname: $h = 0{,}625H = 6{,}25$ cm. (2 taškai)

2. Elektros grandinė sudaryta iš trijų rezistorių, iš kurių dviejų rezistorių R_1 ir R_2 varžos nežinomos, o vieno rezistoriaus varža $R = 140\ \Omega$. Rezistoriai sujungti pagal schemas paveikslėlyje. Kai $U = 10$ V įtampa prijungiama prie R_1 rezistoriaus ((a) atvejis), pilnutinė grandinės galia lygi $P = 1$ W. Prijungus tokią pat įtampą prie R_1 ir R_2 rezistorių ((b) atvejis), pilnutinė grandinės galia lieka ta pati. Raskite nežinomo rezistoriaus varžą.



(a) (b)

Sprendimas

Kadangi išsiskirianti galia ir paduodama įtampa abiem atvejais vienoda $P = \frac{U^2}{R}$, tai ir bendra varža abiem atvejais bus vienoda $R_{tot} = R_a = R_b = 100\ \Omega$. (2 taškai)

Pirmuoju jungimo atveju R ir R_2 sujungti nuosekliai, todėl bendra varža $R+R_2$, o jie sujungti lygiagrečiai su rezistoriumi R_1. Taigi gauname:

$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R+R_2} + \frac{1}{R_1}$, iš čia $R_a = \frac{R_1(R+R_2)}{R_1+R_2+R}$. (2 taškai)

Antruoju jungimo atveju R_1 ir R_2 sujungti nuosekliai, todėl bendra varža R_1+R_2, o jie sujungti lygiagrečiai su rezistoriumi R. Taigi gauname:

$\frac{1}{R_b} = \frac{1}{R_1+R_2} + \frac{1}{R}$, iš čia $R_b = \frac{R(R_1+R_2)}{R_1+R_2+R}$. (2 taškai)

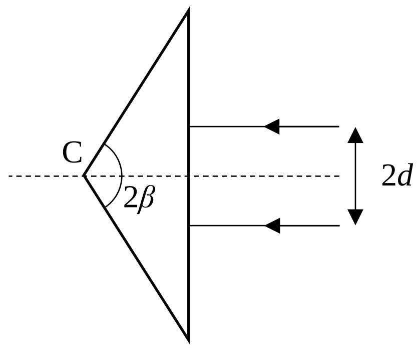
Taigi galiausia randame

$\frac{R_1(R+R_2)}{R_1+R_2+R} = \frac{R(R_1+R_2)}{R_1+R_2+R} = R_{tot}$. (2 taškai)

Iš čia gauname :

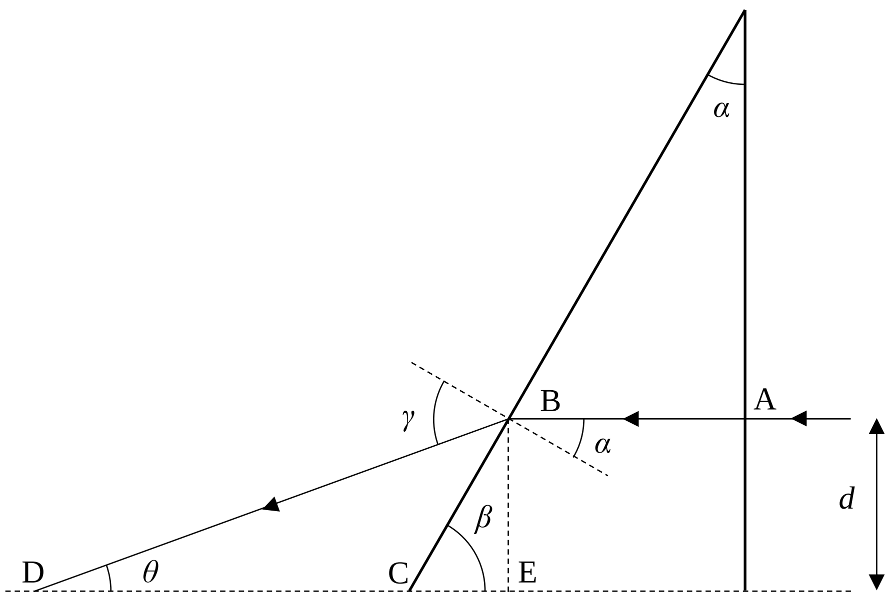
R_1=140 Ω ir R_2=210 Ω. (2 taškai)

3. Į stiklinės prizmės, kurio stiklo lūžio rodiklis $n = 1{,}53$, o viršūnės C kampas $2\beta = 120°$, pagrindą statmenai jam krinta du lygiagretūs spinduliai. Spinduliai vienodu atstumu nutolę nuo simetrijos ašies, einančios per prizmės viršūnę C, o atstumas tarp spindulių $2d$ = 2 cm. Apskaičiuokite, kokiu atstumu nuo prizmės viršūnės C susikirs abu prizmę praėję spinduliai. Oro lūžio rodiklį laikykite lygiu $n_0 = 1$.



Sprendimas

Kadangi spinduliai yra simetriški ašies, einančios per prizmės viršūnę C, atžvilgiu, akivaizdu, kad jie abu susikirs ant simetrijos ašies, ir mums užtenka nagrinėti tik vieną prizmės pusę ir vieną spindulį bei nustatyti, kokiu atstumu nuo taško C spindulys kirs simetrijos ašį.



Pasirenkame viršutinę prizmės pusę ir braižome brėžinį. (3 taškai)

[Vertinimo pastaba: **3 taškai** už brėžinį skiriami tik tuomet, jei jis nubrėžtas be trūkumų. Jei yra trūkumų (pavyzdžiui, bet neapsiribojant: braižoma be liniuotės, brėžinys mažas ir neaiškus, spindulio linija dviguba, nepažymėta spindulio kryptis kiekvienoje aplinkoje, nepažymėti kritimo ir/ar lūžio kampai, akivaizdžiai neišlaikomas mastelis, kampų didumai akivaizdžiai skiriasi nuo duotų ir/ar apskaičiuotų verčių), vertinimas mažinamas 0,5 taško už kiekvieną trūkumą.]

Spindulys pateks į prizmę taške A nelūždamas, nes krinta statmenai į paviršių. (1 taškas)

Pasiekęs tašką B, spindulys krinta į paviršių $\alpha = 90° - \beta = 30°$ kampu į paviršių (1 taškas) ir lūš, o lūžio kampą γ surasime naudodamiesi lūžio (Snelijaus) dėsniu:

$$n \sin\alpha = n_0 \sin\gamma \quad \Rightarrow \quad \gamma = \arcsin\left(\frac{n \sin\alpha}{n_0}\right), \qquad \text{(1 taškas)}$$

$$\gamma = 50°. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Toliau spindulys keliaus iki prizmės simetrijos ašies ir kirsis su ja θ kampu, kurį surandame iš $\triangle$DBC:

$$\theta = 180° - (90° - \gamma) - (180° - \beta) = 20°. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Tam, kad gautume uždavinio atsakymą, mums reikia surasti atstumą DC. Iš taško B nusibrėžiame statmenį į simetrijos ašį. Tada:

$$\mathrm{DC} = \mathrm{DE} - \mathrm{CE} = \frac{d}{\mathrm{tg}\theta} - \frac{d}{\mathrm{tg}\beta} = d\left(\frac{1}{\mathrm{tg}\theta} - \frac{1}{\mathrm{tg}\beta}\right), \qquad \text{(1 taškas)}$$

DC = 2,17 cm. (1 taškas)

4. Didžiosios Prancūzijos revoliucijos metu atskiru dekretu buvo įvestas „dešimtainis laikas“. Visa para buvo padalinta į dešimt valandų, valanda į šimtą minučių, minutė į šimtą sekundžių. Taigi, vidurnaktis buvo 0:00:00, o vidurdienis 5:00:00.

Kai kurjeris nuvyko iš Paryžiaus į Versalį, tarp kurių yra 18,60 km, jo naujas dešimtainis laikrodis rodė 4:46:88. Palikęs svarbų pranešimą į Paryžių jis grįžo 7:69:40. Koks buvo vidutinis kurjerio judėjimo greitis [km/h] (dabartiniu laiku)?

Sprendimas

Kelionė truko: 76940 – 44688 = 32252 („dešimtainių sekundžių“). (2 taškai)

Pagal sąlygą 50000 dešimtainių sekundžių atitinka 12 val.

Vadinasi, 32250 dešimtainių sekundžių atitiks t = 7,74 val. (4 taškai)

Visas kelias bus s = 2 · 18,60 = 37,20 (km). (2 taškai)

Vidutinis greitis $v_{\mathrm{vid}} = \frac{s}{t} = \frac{37{,}20}{7{,}74} = 4{,}8$ (km/h). (2 taškai)

5. Apyrankė, kurios masė 80 g, pagaminta iš aukso ir sidabro. Apyrankę panardinus į stiklinį cilindrą su vandeniu, vandens lygis pakyla 2 mm. Cilindro pagrindo plotas 25 cm^2. Apskaičiuokite aukso masę apyrankėje. Aukso tankis 19,3 g/cm^3, sidabro – 10,5 g/cm^3.

Sprendimas

Apyrankės tūris lygus išstumto vandens tūriui: $V = Sh$. (2 taškai)

Šį tūrį sudaro aukso V_1 ir sidabro V_2 tūriai: $V = V_1 + V_2$. (1 taškas)

Kadangi $V_1 = \dfrac{m_1}{\rho_1}$, $V_2 = \dfrac{m_2}{\rho_2}$ (1 taškas)

ir

$m_2 = m - m_1$, (1 taškas)

tai apyrankės tūris

$$Sh = \frac{m_1}{\rho_1} - \frac{m - m_1}{\rho_2}.$$ (2 taškai)

Iš čia aukso masė $m_1 = \dfrac{\rho_1(m - Sh\rho_2)}{\rho_1 - \rho_2} = \dfrac{19{,}3(80 - 25 \cdot 0{,}2 \cdot 10{,}5)}{19{,}3 - 10{,}5} = 60{,}3\,(\mathrm{g})$. (3 taškai)

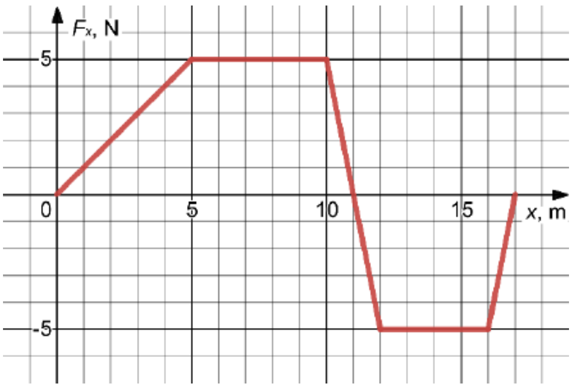
69-osios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados rajono–miesto turas (2022 m.)

11 klasė (užduotys ir sprendimai)

1. Kūnas, kurio masė $m = 0{,}2$ kg, yra ramybės būsenoje. Veikiamas išorinės jėgos F_x, kurios priklausomybės nuo koordinatės grafikas pateiktas paveiksle, jis pradeda judėti išilgai x ašies. Laikydami, kad kūno potencinė energija nekinta, apskaičiuokite:

a. kinetinės energijos pokytį ΔE_K visame 17 m ilgio kelyje;

b. didžiausią kūno greitį v_{max} šiame kelyje.



Sprendimas

Pirmiausia išnagrinėkime kūno judėjimą. Iš pateikto grafiko matyti, kad kūną veikianti jėga priklausė nuo kūno padėties:

- kelio dalyje nuo x_0 = 0 m iki x_5 = 5 m kūną veikianti jėga didėjo nuo F_0 = 0 N iki F_5 = 5 N;
- kelio dalyje nuo x_5 = 5 m iki x_{10} = 10 m kūną veikianti jėga buvo pastovi F_5 = 5 N;
- kelio dalyje nuo x_{10} = 10 m iki x_{11} = 11 m kūną veikianti jėga mažėjo nuo F_5 = 5 N iki F_0 = 0 N;
- kelio dalyje nuo x_{11} = 11 m iki x_{12} = 12 m kūną veikianti jėga toliau mažėjo nuo F_0 = 0 N iki F_{-5} = –5 N, o neigiama jėgos vertė reiškia, kad jėgos kryptis buvo priešinga x ašies krypčiai;
- kelio dalyje nuo x_{12} = 12 m iki x_{16} = 16 m kūną veikianti jėga buvo pastovi F_{-5} = –5 N;
- kelio dalyje nuo x_{16} = 16 m iki x_{17} = 17 m kūną veikianti jėga didėjo nuo F_{-5} = –5 N iki F_0 = 0 N.

a. Akivaizdu, kad kūno greitis (o kartu ir jo kinetinė energija) didėja, kai jį veikianti jėga sutampa su judėjimo kryptimi (kitaip sakant, kol $F > 0$), ir mažėja, kai jėga yra priešingos krypties ($F < 0$, kūnas yra stabdomas). Vadinasi, kūno kinetinė energija didėjo kelyje nuo x_0 iki x_{11}, po to mažėja kelyje nuo x_{11} iki x_{17}. (1 taškas)

Pirmojo etapo metu kūną veikianti jėga atliko tam tikrą darbą $A_1 > 0$, kurio dėka kūno kinetinė energija didėjo, o antrojo etapo metu jėga atliko darbą $A_2 < 0$, dėl kurio kūno kinetinė energija mažėjo. (1 taškas)

Kinetinės energijos pokytis ΔE_K yra:

$$\Delta E_K = A_1 + A_2 . \qquad \text{(1 taškas)}$$

Kadangi jėga nėra pastovi (priklauso nuo atstumo), darbą A_1 surasime apskaičiuodami figūros plotą po kreive nuo x_0 iki x_{11} (ši figūra yra trapecija):

$$A_1 = \frac{(x_{10} - x_5) + (x_{11} - x_0)}{2} F_5 . \qquad \text{(1 taškas)}$$

Panašiu būdu, skaičiuodami plotą nuo x_{11} iki x_{17}, surandame darbą A_2:

$$A_2 = \frac{(x_{17} - x_{11}) + (x_{16} - x_{12})}{2} F_{-5} . \qquad \text{(1 taškas)}$$

Kinetinės energijos pokytis yra:

$$\Delta E_K = \frac{(x_{10} - x_5) + (x_{11} - x_0)}{2} F_5 + \frac{(x_{17} - x_{11}) + (x_{16} - x_{12})}{2} F_{-5} ,$$

$$\Delta E_K = \frac{(10\text{m}-5\text{m})+(11\text{m}-0\text{m})}{2}\cdot 5\text{N} + \frac{(17\text{m}-11\text{m})+(16\text{m}-12\text{m})}{2}\cdot(-5\text{N}) = 15\text{J}\,. \qquad \text{(1 taškas)}$$

b. Akivaizdu, kad kūno greitis didėjo tol, kol jį veikianti jėga buvo nukreipta x ašies kryptimi, kai $F > 0$, vadinasi, didžiausią greitį kūnas įgavo būdamas taške x_{11}. (1 taškas)

Iki to momento kūną veikianti jėga atliko tam tikrą darbą A_1, kurio dėka kūnas įgijo kinetinės energijos:

$A_1 = E_{K1}$. (1 taškas)

Kūno įgyta kinetinė energija lygi:

$E_{K1} = \frac{mv_{\max}^2}{2}$. (1 taškas)

Pasinaudoję ankstesnėje dalyje surasta A_1 išraiška, surandame $v_{\max}$:

$$\frac{(x_{10}-x_5)+(x_{11}-x_0)}{2}F_5 = \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad\Rightarrow\quad v_{\max} = \sqrt{\frac{(x_{10}+x_{11}-x_5-x_0)F_5}{m}}\,,\ v_{\max} = 20\,\text{m/s}\,. \qquad \text{(1 taškas)}$$

2. Ilgos stačios trikampės prizmės formos kūną reikia perkelti dideliu atstumu, lyginant su kūno matmenimis, horizontalia plokštuma. Tą galima atlikti dviem būdais: vilkti horizontalia plokštuma arba vartant šonu be praslydimo. Kuriuo atveju reikia sunaudoti mažiau energijos? Trinties koeficientas su plokštuma μ, o prizmės skerspjūvis yra lygiakraštis trikampis.

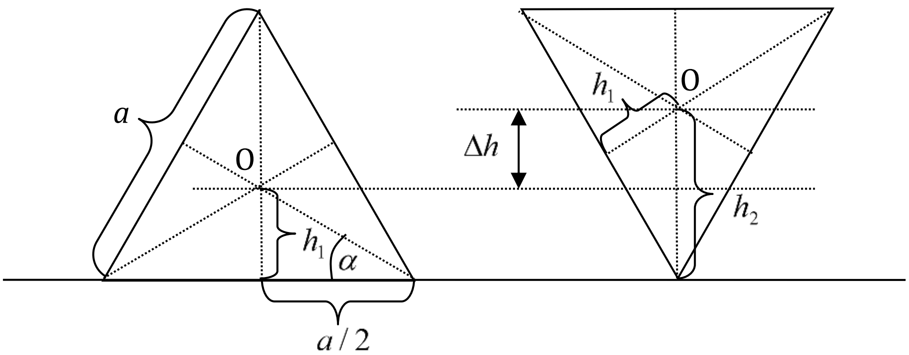
Sprendimas

Tegu prizmės skerspjūvio kraštinės ilgis yra a. Jei prizmės masė m, tai velkant plokštuma atstumu $L = Na$ (čia $N \gg 1$), atliekamas darbas

$A_1 = \mu mgNa.$ (1 taškas)

Vartant šonu būtina vieno vertimo metu pakelti prizmės masių centrą O iš aukščio h_1, kai prizmė guli ant horizontalios plokštumos viena iš savo šoninių sienelių, į aukštį h_2, kai prizmė guli ant horizontalios plokštumos viena iš savo briaunų (žiūr. pav.). (2 taškai)

Braižome brėžinį. (2 taškai)



Taigi, masių centrą reikia pakelti aukščiu $\Delta h = h_2 - h_1$ Tuomet prizmė plokštumoje įveikia atstumą $a/2$. Antrąją pusę kelio $a/2$ prizmė įveikia pati nusirisdama žemyn. (1 taškas)

Iš brėžinio lygiakraščiam trikampiui

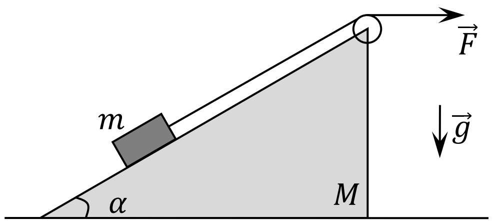
$$h_1 = \frac{a}{2}\operatorname{tg}\alpha = \frac{a}{2}\operatorname{tg}30^\circ = \frac{a\sqrt{3}}{6}, \qquad h_2 = 2h_1 = \frac{a\sqrt{3}}{3}.$$

Tada $\Delta h = \frac{a\sqrt{3}}{3} - \frac{a\sqrt{3}}{6} = a\frac{\sqrt{3}}{6}$. Tuomet įveikiant tą patį atstumą $L = Na$ atliekamas darbas

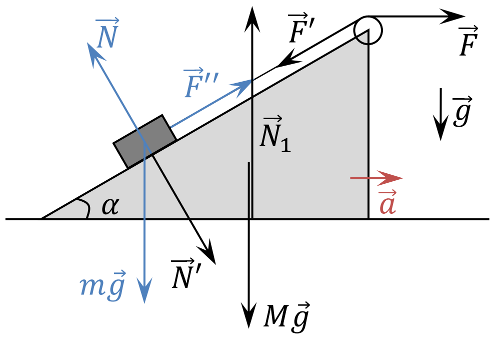
$A_2 = mg\Delta hN = mgNa\frac{\sqrt{3}}{6}$. (2 taškai)

Darbai abiem atvejais bus vienodi, kai $\frac{A_1}{A_2} = 1$, t.y. kai trinties koeficientas $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6} \approx 0{,}29$. Jei $\mu < \frac{\sqrt{3}}{6}$, mažesnis darbas atliekamas velkant, o kai $\mu > \frac{\sqrt{3}}{6}$, mažesnis darbas atliekamas vartant šonu. (2 taškai)

3. Ant horizontalaus stalo padėtas masės M pleištas, o ant jo nuožulniosios plokštumos – masės m tašelis, kuris už per bloką permesto lengvo netampraus siūlo yra traukiamas pastovia horizontalia jėga (žr. pav.). Koks turi būti šios jėgos didumas, kad visa sistema į dešinę judėtų kartu, t.y. kad tašelis neslystų pleišto paviršiumi? Kokiu pagreičiu tuomet juda ši sistema? Trinties tarp stalo ir pleišto bei tarp pleišto ir tašelio nėra, laisvojo kritimo pagreitis yra g, pleišto kampas prie pagrindo lygus α.



Sprendimas:



Pažymėkime visas tašelį ir pleištą veikiančias jėgas:

tašelį veikia siūlo įtempimo jėgą $\vec{F}''$, nuožulniosios plokštumos reakcijos jėga $\vec{N}$ bei paties tašelio sunkio jėga $m\vec{g}$; (1 taškas)

pleištą veikia jo sunkio jėga $M\vec{g}$, tašelio spaudimo jėga $\vec{N}' = -\vec{N}$, stalo reakcijos jėga $\vec{N}_1$, taip pat bloką spaudžiančios siūlo įtempimo jėgos $\vec{F}$ ir $\vec{F}'$ (1 taškas)

(čia visos siūlo įtempimo jėgos yra to paties didumo: $|\vec{F}| = |\vec{F}'| = |\vec{F}''| = F$).

Tegu visa sistema kartu juda į dešinę pagreičiu a. Užrašykime antrąjį Niutono dėsnį tašelio judėjimui, suprojektuodami visas jėgas į vertikalią ašį:

$F\sin\alpha + N\cos\alpha - mg = 0.$ (1) (1 taškas)

Projektuodami jėgas į horizontalią ašį, gauname:

$F\cos\alpha - N\sin\alpha = ma.$ (2) (1 taškas)

Analogiškai projektuodami į horizontalią ašį pleištą veikiančias jėgas gauname:

$F - F\cos\alpha + N\sin\alpha = Ma.$ (3) (2 taškai)

Iš (1) lygties išreiškiame jėgą $N = \frac{mg - F\sin\alpha}{\cos\alpha}$ ir įsirašome ją į (2) bei (3) lygtis:

$F\cos\alpha - \frac{mg - F\sin\alpha}{\cos\alpha}\sin\alpha = ma \quad \Rightarrow \quad ma\cos\alpha = F - mg\sin\alpha.$ (4)

$$F - F\cos\alpha + \frac{mg - F\sin\alpha}{\cos\alpha}\sin\alpha = Ma \quad \Rightarrow \quad Ma\cos\alpha = F\cos\alpha - F + mg\sin\alpha. \qquad (5)$$

Iš (4) ir (5) lygčių išprastinę pagreitį a, nesunkiai randame siūlo įtempimo jėgą:
$m(F\cos\alpha - F + mg\sin\alpha) = M(F - mg\sin\alpha)$,
iš čia

$$F = mg\sin\alpha \cdot \frac{M+m}{M+m-m\cos\alpha}.$$ (2 taškai)

Pagaliau, sistemos pagreitį galime rasti įsirašę šią jėgos išraišką į (4) lygtį. Tačiau tą patį rezultatą gausime ir tiesiog pritaikę antrąjį Niutono dėsnį visai sistemai:

$$a = \frac{F}{M+m} = \frac{mg\sin\alpha}{M+m-m\cos\alpha}.$$ (2 taškai)

4. Lydusis saugiklis pagamintas iš švino vielutės, kurios skerspjūvis $S = 0,30\ \mathrm{mm}^2$. Esant trumpam jungimui grandinėje srovės stipris joje pasiekia $I = 30\ \mathrm{A}$ vertę. Po kiek laiko τ po trumpo jungimo saugiklis pradeda lydytis? Kiek per šį laiką įkaista grandinės jungiamieji variniai laidai, kurių skerspjūvis $\tilde{S} = 4,0\ \mathrm{mm}^2$? Pradinė saugiklio temperatūra $t_0 = 27°\mathrm{C}$. Laikykite, kad švino vielutės varža nepriklauso nuo temperatūros, o šilumos atidavimo į aplinką galima nepaisyti. Švino tankis $\rho_\mathrm{m} = 11{,}3\ \mathrm{g/cm}^3$, vario tankis $\tilde{\rho}_\mathrm{m} = 8,9\ \mathrm{g/cm}^3$, švino savitoji šiluma $c = 0{,}13\ \mathrm{kJ/(kg\cdot K)}$, vario savitoji šiluma $\tilde{c} = 0,38\ \mathrm{kJ/(kg\cdot K)}$, švino savitoji varža $\rho_\Omega = 2{,}1\cdot 10^{-7}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$, vario savitoji varža $\tilde{\rho}_\Omega = 1,7\cdot 10^{-8}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$, švino lydymosi temperatūra $t_1 = 327°\mathrm{C}$.

Sprendimas

Tegul švino vielutės ilgis *l*. Iš energijos tvermės dėsnio Džaulio šiluma lygi energijai, reikalingai įkaitinti vielutei nuo pradinės temperatūros iki lydymosi. (2 taškai)

Taigi,
$cm\Delta T = I^2 R\tau$, (2 taškai)
čia m – švino vielutės masė, R – jos varža. Tada

$$\tau = \frac{cm\Delta T}{I^2 R} = \frac{c\rho_\mathrm{m} Sl(t_1 - t_0)S}{I^2\rho_\Omega l} = \frac{c\rho_\mathrm{m} S^2(t_1 - t_0)}{I^2\rho_\Omega};$$ (2 taškai)

$$\tau = \frac{0{,}13\cdot 10^3\cdot 11{,}3\cdot 10^3\cdot 300\cdot(0,3\cdot 10^{-6})^2}{30^2\cdot 2{,}1\cdot 10^{-7}} \approx 0,21\,(\mathrm{s}).$$ (1 taškas)

Vario laidų atveju (tegul jų ilgis $\tilde{l}$) per tą patį laiką jie įkaista

$$\Delta\tilde{T} = \frac{\tau I^2\tilde{R}}{\tilde{c}\tilde{m}} = \frac{\tau I^2\tilde{\rho}_\Omega\tilde{l}}{\tilde{S}^2\tilde{c}\tilde{\rho}_\mathrm{m}\tilde{l}} = \frac{\tau I^2\tilde{\rho}_\Omega}{\tilde{S}^2\tilde{c}\tilde{\rho}_\mathrm{m}} = \frac{0,21\cdot 30^2\cdot 1,7\cdot 10^{-8}}{(4\cdot 10^{-6})^2\cdot 0,38\cdot 10^3\cdot 8,9\cdot 10^3} \approx 0,059\ \mathrm{K}.$$ (3 taškai)

Kaip matyti, laidai įkaista nežymiai.

5. Samario kristalą apšvietus λ_1 = 400 nm bangos ilgio šviesa, išlaisvintų elektronų greitis siekė v_1 = 378 km/s.

a. Kaip vadinamas reiškinys, kuomet metalą apšvietus šviesa iš jo išlaisvinami elektronai?
b. Koks yra samario elektrono išlaisvinimo darbas $A_{iš}$?
c. Koks būtų išlaisvintų elektronų greitis apšvietus samarį λ_2 = 300 nm bangos ilgio šviesa?
d. Kokio didžiausio bangos ilgio λ_3 šviesa galima apšviesti samarį, kad elektronai dar būtų išlaisvinti?
e. Kas būtų, jei samarį apšviestume šviesa, kurios bangos ilgis didesnis už λ_3?

Planko konstanta $h \approx 6{,}63\cdot10^{-34}$ J·s, elektrono masė $m_e \approx 9{,}11\cdot10^{-31}$ kg, šviesos greitis vakuume $c \approx 3{,}0\cdot10^8$ m/s.

Sprendimas

a. Šis reiškinys vadinamas fotoefektu. (1 taškas)

b. A. Einšteino lygtis fotoefektui yra:

$$h\nu = A_{iš} + \frac{m_e v^2}{2},$$ (1 taškas)

čia ν yra krintančios šviesos dažnis:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}.$$ (1 taškas)

Kai samaris apšviečiamas λ_1 bangos ilgio šviesa:

$$h\frac{c}{\lambda_1} = A_{iš} + \frac{m_e v_1^2}{2} \quad \Rightarrow \quad A_{iš} = h\frac{c}{\lambda_1} - \frac{m_e v_1^2}{2},$$ (1 taškas)

$$A_{iš} = 6{,}63\cdot10^{-34}\,\text{Js}\cdot\frac{3\cdot10^8\,\text{m/s}}{400\cdot10^{-9}\,\text{m}} - \frac{9{,}11\cdot10^{-31}\,\text{kg}\cdot\left(3{,}78\cdot10^5\,\text{m/s}\right)^2}{2} = 4{,}32\cdot10^{-19}\,\text{J}.$$

(1 taškas)

c. Kai samaris apšviečiamas λ_2 bangos ilgio šviesa:

$$h\frac{c}{\lambda_2} = A_{iš} + \frac{m_e v_2^2}{2} \Rightarrow \quad v_2 = \sqrt{\frac{2}{m_e}\left(h\frac{c}{\lambda_2} - A_{iš}\right)},$$ (1 taškas)

$$v_2 = \sqrt{\frac{2}{9{,}11\cdot10^{-31}\,\text{kg}}\left(6{,}63\cdot10^{-34}\,\text{Js}\cdot\frac{3\cdot10^8\,\text{m/s}}{300\cdot10^{-9}\,\text{m}} - 4{,}32\cdot10^{-19}\,\text{J}\right)} = 7{,}12\cdot10^5\ \text{m/s}.$$ (1 taškas)

d. Iš A. Einšteino lygties fotoefektui matyti, kad didėjant šviesos bangos ilgiui mažėja šviesos kvanto (fotono) energija. Vadinasi, esant tam tikram bangos ilgiui λ_3, šviesa dar sugebės išlaisvinti elektronus, tačiau jų greitis (kinetinė energija) bus lygus nuliui:

$$h\frac{c}{\lambda_3} = A_{iš} \quad \Rightarrow \quad \lambda_3 = \frac{hc}{A_{iš}},$$ (1 taškas)

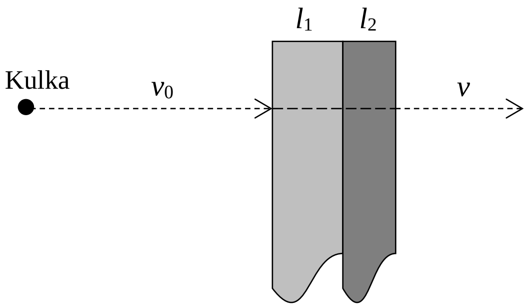
$$\lambda_3 = \frac{6{,}63\cdot10^{-34}\,\text{Js}\cdot3\cdot10^8\,\text{m/s}}{4{,}32\cdot10^{-19}\,\text{J}} = 462\,\text{nm}.$$ (1 taškas)

e. Šis bangos ilgis λ_3 dar vadinamas fotoefekto raudonąja riba – jei metalą apšviečiančios šviesos bangos ilgis yra didesnis nei ši riba, fotoefektas nevyksta, nes fotono energijos neužtenka elektronui iš metalo išlaisvinti. (1 taškas)

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

12 klasė (užduotys ir sprendimai)

1. Greičiu $v_0 = 600$ m/s judanti kulka pramuša du suglaustus vienas prie kito stiklus (žr. pav.). Žinoma, kad pirmą stiklą kulka pramušė per $t_1 = 10^{-5}$ s, o jos greitis tuo metu sumažėjo dvigubai. Antrą stiklą kulka pramušė per $t_2 = 2\cdot 10^{-5}$ s ir išlėkė iš jo greičiu $v = 50$ m/s. Raskite pramuštų stiklų storius l_1 ir l_2, jeigu judėjimas per juos buvo tolygiai kintamas.



Sprendimas

Tolygiai kintamo judėjimo kinematinės lygtys yra tokios:

$$v = v_0 + at\,, \qquad (1) \qquad \text{(1 taškas)}$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}\,, \qquad (2) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Kai kulka juda per pirmą stiklą, jos lėtėjimo pagreitis a_1 lygus

$$a_1 = \frac{v_1 - v_0}{t_1} = \frac{\frac{1}{2}v_0 - v_0}{t_1} = -\frac{v_0}{2t_1}\,. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Remdamiesi (2) lygtimi randame atstumą l_1. Pasirenkame, kad $x_0 = 0$.

$$l_1 = x_0 + v_0 t + \frac{a_1 t_1^2}{2} = 0 + v_0 t_1 - \frac{1}{2}\frac{v_0}{2t_1}t_1^2 = \frac{3}{4}v_0 t_1\,. \qquad \text{(3 taškai)}$$

Kai kulka juda per antrą stiklą, jos lėtėjimo pagreitis a_2 lygus

$$a_2 = \frac{v - \frac{v_0}{2}}{t_2}\,. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Analogiškai, taikydami tas pačias (1) ir (2) formules, randame antro stiklo storį l_2:

$$l_2 = 0 + \frac{v_0}{2}t_2 + \frac{a_2 t_2^2}{2} = \frac{v_0}{2}t_2 + \frac{\left(v - \frac{v_0}{2}\right)}{t_2}\frac{t_2^2}{2} = \frac{t_2}{2}\left(\frac{v_0}{2} + v\right). \qquad \text{(2 taškai)}$$

Įsirašę sąlygoje duotas skaitines reikšmes, gauname:

$$\boxed{l_1 = 4{,}5\cdot 10^{-3}\ \text{m}}, \qquad \boxed{l_2 = 3{,}5\cdot 10^{-3}\ \text{m}}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

2. Lygiu horizontaliu ledo paviršiumi be trinties slysta masyvi kaladėlė, kurios greitis u = 1 m/s. Priešinga kryptimi, statmenai kaladėlės priekinei sienelei, slysta nedidelė lengva saga, kurios greitis v = 2 m/s. Tam tikru laiko momentu t = 0 saga buvo taške A, o atstumas tarp kaladėlės ir sagos buvo L = 100 cm. Kuriuo laiko momentu τ saga vėl atsidurs tame pačiame taške A, jei jos susidūrimas su priekine kaladėlės sienele yra absoliučiai tamprus? Sagos masė yra nepalyginamai mažesnė už kaladėlės masę.

Sprendimas

Santykinis greitis v_s, kuriuo saga artėja prie kaladėlės, yra lygus

$v_s = u + v$. (1) (1 taškas)

Laikas iki sagos susidūrimo su kaladėle t_1 yra lygus

$t_1 = \frac{L}{u+v}$. (2) (1 taškas)

Per šį laiką saga nuo pradinio taško A nutolsta atstumu L_1:

$L_1 = vt_1 = \frac{Lv}{u+v}$. (3) (1 taškas)

Po absoliučiai tampraus susidūrimo gerokai masyvesnės kaladėlės greitis nepasikeis.

Judančioje koordinačių sistemoje, kurioje stebėtojas susietas su kaladėle, saga artėja prie kaladėlės santykiniu greičiu $u_s = u + v$, o po tampraus susidūrimo atšoka nuo kaladėlės tokiu pat greičiu $u_s = u + v$, tik dabar juda į priešingą pusę. Perėję į nejudančią koordinačių sistemą pastebėtume, kad po susidūrimo ledo atžvilgiu saga juda greičiu $v' = u_s + u = 2u + v$. (2 taškai)

Pastaba: tą patį rezultatą gautume ir išreikštai pritaikę judesio kiekio bei energijos tvermės dėsnius sagos ir kaladėlės greičiams prieš ir po susidūrimo bei atsižvelgę į tai, kad sagos masė yra daug mažesnė už kaladėlės masę.

Po susidūrimo priešinga kryptimi judanti saga nuslys tą patį atstumą L_1 per laiką t_2:

$t_2 = \frac{L_1}{2u+v}$. (1 taškas)

Atsižvelgę į sąryšį (3) gauname

$t_2 = \frac{Lv}{(2u+v)(u+v)}$. (1 taškas)

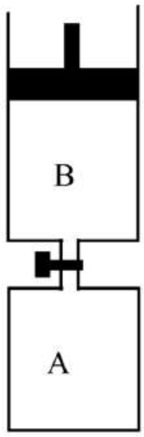
Taigi ieškomas laikas, per kurį saga sugrįš į tą patį tašką, lygus

$\tau = t_1 + t_2 = \frac{2L}{2u+v}$. (2 taškai)

Įsirašę sąlygoje duotas skaitines reikšmes, suskaičiuojame:

$\boxed{\tau = 0{,}5 \text{ s.}}$ (1 taškas)

3. Indas A ir cilindras B, kuriame yra slankiojantis stūmoklis, yra sujungti vamzdeliu su įtvirtintu čiaupu ir pripildyti vandenilio dujų. Pradiniu laiko momentu vandenilio tūris, temperatūra ir slėgis inde A ir cilindre B yra vienodi. Uždarius čiaupą inde A esantis vandenilis pakaitinamas, kol slėgis inde padidėja n = 3 kartus. Cilindre B esančio vandenilio tūris izobariškai sumažinamas k = 3 kartus. Tada, įtvirtinus stūmoklį, atidaromas čiaupas, dėl to slėgis sistemoje tampa lygus 2,5 atm. Nustatykite pradinį dujų slėgį inde, jei atidarius čiaupą šilumos mainų su aplinka nebuvo. Į jungiamojo vamzdelio tūrį nekreipkite dėmesio.



Sprendimas

Pradiniu momentu tiek inde A, tiek inde B esančio vandenilio dujų būsena aprašoma vienoda lygtimi:

$p_0V_0 = \nu RT_0,$ (1) (1 taškas)

čia ν – vandenilio dujų kiekis inde bei cilindre.

Po dujų pakaitinimo, temperatūra inde A bus $T_A = nT_0$, nes izochorinio proceso metu didinant slėgį n kartų, lygiai tiek pat kartų padidėja ir temperatūra. Tuo metu cilindre esančių dujų tūrį sumažinus k kartų izobarinio proceso metu, temperatūra sumažėjo tiek pat kartų, $T_B = T_0/k$.

Vandenilio dujų vidinė energija prieš atidarant čiaupą $U = \frac{5}{2}\nu R(T_A + T_B)$. (1 taškas)

Atidarius čiaupą nusistovi galutinė temperatūra T, todėl vidinė energija lygi

$U' = \frac{5}{2}2\nu RT.$ (1 taškas)

Atidarius čiaupą, vandenilio vidinė energija nepakinta (nėra šilumos mainų su aplinka), t. y. $U = U'$, arba

$\frac{5}{2}\nu R(T_A + T_B) = \frac{5}{2}2\nu RT.$ (1 taškas)

Išprastinę iš daugiklio 5/2 bei įsirašę anksčiau nustatytas temperatūras T_A ir T_B, gauname:

$\nu R\left(nT_0 + \frac{T_0}{k}\right) = 2\nu RT.$ (2)

Kita vertus, vandenilio dujų būsenos lygtis, atidarius čiaupą ir nusistovėjus pusiausvyrai:

$p\left(V_0 + \frac{V_0}{k}\right) = 2\nu RT.$ (3) (1 taškas)

Sulyginę (2) ir (3) išraiškų kairiąsias puses, gauname

$pV_0\left(1 + \frac{1}{k}\right) = \nu RT_0\left(n + \frac{1}{k}\right).$ (4)

Taip pat pastebime, kad pastarojoje lygtyje sandaugą νRT_0 galima išreikšti iš (1) lygties. Atsižvelgę į tai gauname:

$pV_0\left(1 + \frac{1}{k}\right) = p_0V_0\left(n + \frac{1}{k}\right),$

ir ieškomas pradinis slėgis

$$p_0 = p\frac{1+\frac{1}{k}}{n+\frac{1}{k}} = p\frac{k+1}{nk+1},$$ (4 taškai)

$\boxed{p_0 = 1\ \text{atm.}}$ (1 taškas)

4. Kalorimetre yra ledo gabalėlis, kurio temperatūra $t_0 = 0$ °C. Į kalorimetrą įpilama $m = 10$ kg vandens, kurio temperatūra $t_1 = 9{,}9$ °C. Norint išlaikyti ledo gabalėlį po vandeniu, jį reikia spausti vertikaliai žemyn nukreipta jėga, lygia $F_1 = 3$ N. Kokia jėga F_2 reikia spausti ledo gabalėlį vertikaliai žemyn po to, kai kalorimetre nusistovės šiluminė pusiausvyra? Šilumos mainų tarp kalorimetro ir aplinkinių kūnų nepaisyti. Vandens savitoji šiluminė talpa $c = 4{,}2$ kJ/(kg °C), vandens tankis $\rho_v = 1000$ kg/m^3, ledo lydymosi šiluma $\lambda = 336$ kJ/kg, ledo tankis $\rho_l = 900$ kg/m^3, laisvojo kritimo pagreitis $g = 10$ m/s^2.

Sprendimas

Pirmiausia raskime pradinį ledo tūrį V_0, išreiškę jėgų pusiausvyrą panardintam ledo gabalėliui proceso pradžioje. Archimedo jėga, veikianti pilnai panardintą ledo gabalėlį, lygi

$$F_A = \rho_v V_0 g\,.$$ (1 taškas)

Žemyn ledą veikia išorinė spaudimo jėga F_1 ir ledo sunkio jėga $\rho_l V_0 g$. Jėgų pusiausvyra statmena vandens paviršiui kryptimi yra tokia:

$$F_1 + \rho_l V_0 g = \rho_v V_0 g\,,\ \text{iš čia}\ V_0 = \frac{F_1}{(\rho_v - \rho_l)g}\,. \qquad (1)$$ (1 taškas)

Patikriname pagal uždavinio sąlygą numanomą faktą, kad ištirps ne visas ledas, kol nusistovės šiluminė pusiausvyra. Šiluma, reikalinga ištirpdyti visam ledui, lygi

$$Q_1 = m_l\lambda = \rho_l V_0 \lambda = \frac{F_1\rho_l\lambda}{(\rho_v - \rho_l)g} = 907{,}2\ \text{kJ}\,. \qquad (2)$$ (1 taškas)

Atvėsdamas iki $t_0 = 0$ °C temperatūros vanduo išskiria šilumos kiekį

$$Q_2 = mc(t_1 - t_0) = 415{,}8\ \text{kJ}\,. \qquad (3)$$ (1 taškas)

Kadangi ledo tirpimui reikalinga šiluma yra didesnė nei vandens atvėsinimui, tai nusistovėjus šiluminei pusiausvyrai ne visas ledas ištirps, o likusio ledo bei vandens temperatūra bus lygi $t_0 = 0$ °C. (1 taškas)

Tada šiluminio balanso lygtis ledo tirpimo procesui yra tokia:

$$\lambda\rho_l(V_0 - V) = mc(t_1 - t_0)\,, \qquad (4)$$ (2 taškai)

čia V – neištirpusio ledo tūris, kurį galima gauti analogiškai kaip ir pradinį tūrį V_0 (1) išraiškoje:

$$F_2 + \rho_l V g = \rho_v V g\,,\ \text{iš čia}\ V = \frac{F_2}{(\rho_v - \rho_l)g}\,. \qquad (5)$$ (1 taškas)

Gautas išraiškas (1) ir (5) įsirašę į šiluminio balanso lygtį (4) ir atlikę pertvarkymus, gauname:

$$F_2 = F_1 - \frac{mgc(t_1 - t_0)(\rho_v - \rho_l)}{\lambda \rho_l},$$ (1 taškas)

$\boxed{F_2 \approx 1{,}6\ \text{N.}}$ (1 taškas)

5. Metalinis strypelis, kurio ilgis l_1, sukasi kampiniu greičiu ω aplink ašį, einančia per vieną jo galą statmenai strypeliui. Šis sukimasis vyksta vienalyčiame magnetiniame lauke plokštumoje, statmenoje lauko indukcijos linijoms. Strypelio galuose susidaro potencialų skirtumas $U_1 = 1$ V. Apskaičiuokite, koks potencialų skirtumas U_2 susidarytų dvigubai trumpesniame strypelyje, jeigu jis suktųsi tokiomis pat sąlygomis.

Sprendimas

Žinome, kad indukuota elektrovara yra tiesiogiai proporcinga kontūrą kertančio magnetinio srauto kitimo greičiui:

$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|.$$ (1 taškas)

Tuo tarpu magnetinio srauto pokytis

$$\Delta\Phi = B \cdot \Delta S,$$ (1 taškas)

čia B – magnetinio lauko indukcija, besisukančio ilgio l laidininko braižomas plotas yra

$$\Delta S = \frac{\Delta\varphi}{2} \cdot l^2,$$ (1 taškas)

o $\Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t$ – laidininko posūkio kampas per laiką Δt.

Laidininko galuose susidaręs potencialų skirtumas U yra lygus indukcinei elektrovarai, $U = \varepsilon$. (1 taškas)

Pasinaudoję aukščiau išvardintomis išraiškomis galime užrašyti lygtį pirmam strypeliui:

$$U_1 = \frac{B\Delta\varphi \cdot l_1^2}{2\Delta t} = \frac{B\omega l_1^2}{2}.$$ (3 taškai)

Antrajam dvigubai trumpesniam strypeliui analogiškai turėsime

$$U_2 = \frac{B\omega l_2^2}{2} = \frac{1}{4}\frac{B\omega l_1^2}{2} = \frac{1}{4}U_1,$$ (2 taškai)

$\boxed{U_2 = 0{,}25\,\text{V.}}$ (1 taškas)