70-osios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados savivaldybės etapas (2023 m.)

9 klasė (užduotys ir sprendimai)

1. Mokslininkas atlikdamas eksperimentus naudoja skystą azotą. Skystam azotui laikyti yra naudojamas 20 ℓ Diuaro indas (arba kitaip vadinamas vakuuminė kolba) – tai indas, išlaikantis pastovią jo turinio temperatūrą (šiluminė energija beveik nepatenka į vidų ir neišeina iš jo). Mokslininkas prisipylė pilną Diuaro indą azoto ir ji paliko laboratorijoje kambario temperatūroje. Apskaičiuokite, per kiek laiko išgaruos 200 ml skysto azoto, jei tokiame pačiame inde per 45 val. ištirpsta 0 °C temperatūros 8 g ledo. Šilumos kiekis, suteikiamas indui kas sekundę, yra proporcingas temperatūrų indo išorėje ir viduje skirtumui. Laikykite, kad kambario temperatūra yra 20 °C.
Pastaba. Skysto azoto virimo temperatūra yra −195,8 °C, jo užšalimo temperatūra yra −209,9 °C. Skysto azoto tankis ρ = 804 kg/m³, savitoji garavimo šiluma $L = 2{,}01\cdot10^5$ J/kg. Ledo savitoji lydymosi šiluma $\lambda = 3{,}3\cdot10^5$ J/kg.

Sprendimas

Vykstant šilumos apykaitai, inde esantys šalti kūnai įšyla ir gali pereiti iš vienos agregatinės būsenos į kitą. Pagal uždavinio sąlygą suteikiama šiluma padidina šių kūnų vidinę energiją.

Skystas azotas per laiką τ_1 gauna šilumos kiekį

$$Q_1 = C\,(t_0 - t_1)\tau_1, \qquad (1)$$ (1 taškas)

čia C – proporcingumo koeficientas, t_0 – kambario temperatūra, t_1 – azoto garavimo temperatūra. Šis šilumos kiekis yra sunaudojamas azotui garinti:

$$Q_1 = Lm_1, \qquad (2)$$ (1 taškas)

čia m_1 – išgaravusio azoto masė:

$$m_1 = \rho_1 V_1.$$

Taigi sulyginę (1) ir (2) gauname:

$$C\,(t_0 - t_1)\,\tau_1 = L\rho_1 V_1. \qquad (3)$$ (1 taškas)

Analogiškai per laiką τ_2 ledui iš aplinkos suteiktas šilumos kiekis

$$Q_2 = C\,(t_0 - t_2)\tau_2 \qquad (4)$$ (1 taškas)

(čia t_2 = 0 ˚C) yra sunaudojamas ledui lydytis:

$$Q_2 = \lambda\, m_2. \qquad (5)$$ (1 taškas)

Sulyginę (4) ir (5) gauname:

$$C\,(t_0 - t_2)\tau_2 = \lambda\, m_2. \qquad (6)$$ (1 taškas)

Iš (3) ir (6) lygčių išprastinę koeficientą C gauname ieškomą azoto garavimo laiką:

$$\tau_1 = \frac{L\rho_1 V_1 (t_0 - t_2)\tau_2}{\lambda m_2 (t_0 - t_1)}.$$ (3 taškai)

Apskaičiavę gauname $\tau_1 \approx 51{,}1$ h. (1 taškas)

2. Kosmonautas nuskridęs į mėnulį atliko matematinės svyruoklės bandymą. Jis turėjo dvi švytuokles su skirtingais ilgiais. Per tą patį laiką, kol pirmoji švytuoklė susvyravo 15 kartų, antroji susvyravo 20 kartų. Abiejų matematinių švytuoklių ilgių skirtumas buvo 14 cm. Apskaičiuokite kiekvienos švytuoklės ilgį. Laisvojo kritimo pagreitis Mėnulyje g = 1,623 m/s².

Sprendimas

Tegu švytuoklių svyravimų periodai yra T_1 ir T_2. Pirmoji švytuoklė n_1 svyravimų padaro per laiką $t_1 = T_1 n_1$, antroji n_2 svyravimų – per laiką $t_2 = T_2 n_2$. Kadangi $t_1 = t_2$, gauname, jog:

$$T_1 n_1 = T_2 n_2. \qquad (1)$$ (2 taškai)

Svyruoklių svyravimo periodai yra atitinkamai

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell_1}{g}} \text{ ir } T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell_2}{g}}. \qquad (2)$$ (2 taškai)

Įsirašę periodų išraiškas į (1), abi lygties puses pakėlę kvadratu bei suprastinę gauname:

$$n_1^2 \ell_1 = n_2^2 \ell_2. \qquad (3)$$

Kadangi $\Delta\ell = \ell_1 - \ell_2$, tai

$$\ell_1 = \Delta\ell + \ell_2. \qquad (4)$$

Tuomet iš (3) gauname:

$$n_1^2(\Delta\ell + \ell_2) = n_2^2 \ell_2,$$

iš čia

$$\ell_2 = \frac{n_1^2 \Delta\ell}{n_2^2 - n_1^2}\,. \qquad (5)$$ (2 taškai)

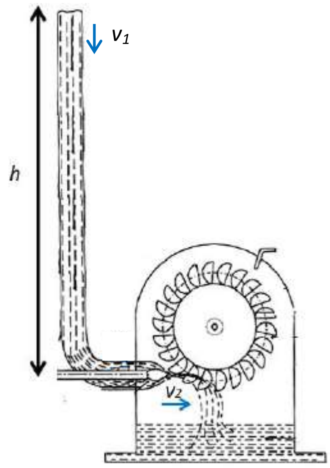
Įsirašę (5) į (4) gauname ir pirmosios svyruoklės ilgį:

$$\ell_1 = \frac{n_2^2 \Delta\ell}{n_2^2 - n_1^2}, \qquad (6)$$ (2 taškai)

Suskaičiavę gauname:

$$\ell_1 = 32 \text{ cm}, \quad \ell_2 = 18 \text{ cm}.$$ (2 taškai)

3. Hidroakumuliacinėse elektrinėse yra naudojamos įvairios vandens turbinos, kurių pagalba yra gaminama elektros energija. Iš didelio aukščio krintančio vandens energijai paversti į elektrą yra naudojama „Peltono“ vandens turbina (žr. pav.), kurios galia 10 MW, o maksimalus naudingumo koeficientas 88%. Ši vandens turbina per sekundę sunaudoja 2 m^3 vandens. Apskaičiuokite į šią turbiną patenkančio vandens greitį v_1, jei vanduo išteka v_2 = 45 m/s greičiu. Pritekančio ir ištekančio vandens aukščių skirtumas h = 200 m. Vandens tankis ρ = 1000 kg/ m^3.



Sprendimas

Aukštyje h prieš turbiną masės m vandens energija lygi

$$E_1 = E_p + E_k = mgh + \frac{mv_1^2}{2}. \quad (1)$$ (1 taškas)

Ištekėjimo taške vandens energija sumažėja iki

$$E_2 = \frac{mv_2^2}{2}, \quad (2)$$ (1 taškas)

nes pradinės energijos E_1 didžioji dalis išeikvojama turbinai sukti. Per laiką $t = 1$ s į turbiną paduodamo vandens masė yra $m = \rho V$, taigi turbinos atliekamas darbas lygus

$$A = E_1 - E_2 = \rho V\left(gh + \frac{v_1^2}{2} - \frac{v_2^2}{2}\right). \quad (4)$$ (2 taškai)

Kita vertus, per tą patį laiką t turbinos atliekamas naudingas darbas yra $A_n = Nt$, čia N – turbinos išvystoma galia. (1 taškas)

Kadangi turbinos naudingumo koeficientas $\eta = \frac{A_n}{A}$, (1 taškas)

iš (4) gauname:

$$\rho V\left(gh + \frac{v_1^2}{2} - \frac{v_2^2}{2}\right)\eta = Nt,$$

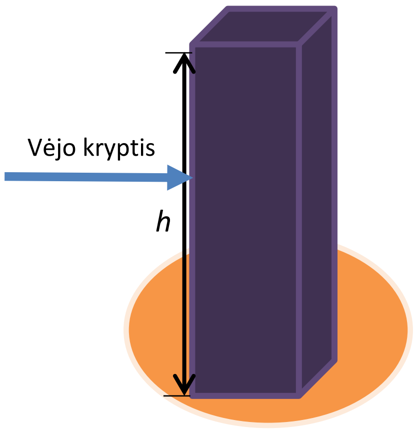
iš čia pradinis vandens greitis

$$v_1 = \sqrt{2\left(\frac{Nt}{\rho V\eta} - gh\right) + v_2^2}.$$ (3 taškai)

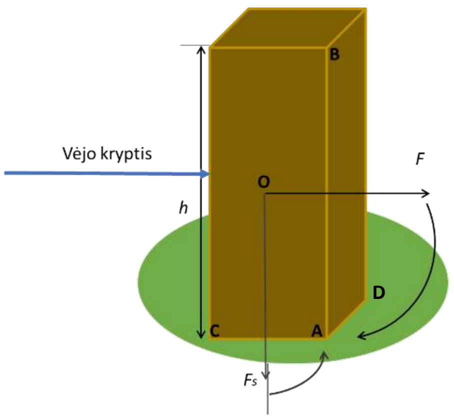
Įsirašę skaitines reikšmes gauname:

$$v_1 = 97{,}3 \text{ m/s}.$$ (1 taškas)

4. Sunkvežimis gabeno masės $m = 75$ kg krovinį, kuris pakeliui iškrito ir pasiliko gulėti važiuojamojoje kelio dalyje. Tą dieną buvo labai vėjuota ir pūtė stiprus vėjas, kurio slėgis buvo $p = 300$ Pa, vėjo srauto greitis $v = 26$ m/s, oro tankis $\rho = 1{,}2$ kg/m^3. Krovinys buvo stačiakampio gretasienio formos, kurio aukštis $h = 1.5$ m, o kvadrato formos pagrindo plotas $S = 81$ dm^2. Ar apvirs krovinys, veikiamas tokio vėjo? Atsakymą pagrįskite skaičiavimais. Laikykite, kad vėjas pučia statmenai vienai iš krovinio sienelių, o trintis tarp krovinio ir kelio yra labai didelė, taip kad veikiamas vėjo krovinys keliu neslysta.



Sprendimas



Žinodami vėjo slėgį galime nesunkiai suskaičiuoti, kokia jėga vėjas veikia šoninę krovinio sienelę:

$$F = pS_1, \qquad \text{(1 taškas)}$$

čia $S_1 = ha = h\sqrt{S}$ yra krovinio šoninės sienelės plotas, o $a = \sqrt{S}$ yra kvadrato formos pagrindo ilgis. Taigi krovinį horizontaliai veikia jėga

$$F = p \cdot h \cdot \sqrt{S}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Ši jėga verčia krovinį pagal laikrodžio rodyklę apie briauną AD (žr. pav.). Kita vertus, krovinio apsivertimui apie šią briauną priešinasi krovinio sunkio jėga $F_s = mg$, kurios momentas verčia krovinį prieš laikrodžio rodyklę. Norint pagrįstai atsakyti į uždavinio klausimą, reikia apskaičiuoti, kurios jėgos momentas didesnis.

Vėjo slėgio jėgos $\vec{F}$ petys yra $\ell_1 = \frac{1}{2}\mathrm{AB} = \frac{1}{2}h$, (1 taškas)

taigi šios jėgos momentas

$$M_1 = F \cdot \ell_1 = \frac{1}{2}ph^2\sqrt{S}, \qquad \text{(2 taškai)}$$

čia ℓ_1 – jėgos F petys.

Kūno sunkio jėgos $\vec{F_s}$ petys briaunos AD atžvilgiu yra $\ell_2 = \frac{1}{2}\mathrm{AC} = \frac{1}{2}a$, (1 taškas)

taigi šios jėgos momentas

$$M_2 = mg \cdot \ell_2 = \frac{1}{2}mg\sqrt{S}. \qquad \text{(2 taškai)}$$

Suskaičiavę vėjo slėgio bei sunkio jėgų momentus, gauname:

$$M_1 \approx 304\ \mathrm{N \cdot m}, \quad M_2 \approx 331\ \mathrm{N \cdot m}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Kadangi vėjo jėgos momentas yra mažesnis už sunkio jėgos momentą ($M_1 < M_2$), tai krovinys neapvirs. (1 taškas)

70-osios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados savivaldybės etapas (2023 m.)

10 klasė (užduotys ir sprendimai)

1. Žmogus, stovintis tam tikru atstumu nuo kalno, muša būgną vienodais laiko tarpais, po truputį didindamas mušimo spartą. Kai mušimo sparta yra $n_1 = 40$ kartų per minutę, būgno aido nebesigirdi. Tada žmogus priartėja link kalno s = 90 m atstumu ir nustato, kad šioje vietoje aido nesigirdi, kai mušimo sparta yra $n_2 = 60$ kartų per minutę. Apskaičiuokite pradinį žmogaus atstumą iki kalno L ir garso greitį ore v.

Sprendimas

Aido nesigirdi tuo atveju, kai žmogų pasiekęs aidas sutampa su smūgiu į būgną, t. y. būgno mušimo periodas sutampa su laiko trukme, per kurią garsas nueina iki kalno ir sugrįžta iki žmogaus. Pradinis būgno mušimo periodas yra:

$$T_1 = \frac{1}{n_1}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Laikas, per kurį garsas nusklinda iki kalno ir grįžta, yra:

$$t_1 = \frac{2L}{v}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Sulyginame laikus, gauname:

$$\frac{1}{n_1} = \frac{2L}{v}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Kai žmogus priartėja prie kalno atstumu s, atitinkamai užrašome tokią lygtį:

$$\frac{1}{n_2} = \frac{2(L-s)}{v}. \qquad \text{(2 taškai)}$$

Sudarome lygčių sistemą ir ją išsprendžiame:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{n_1} = \dfrac{2L}{v} & \Rightarrow \quad v = 2Ln_1, \\ \dfrac{1}{n_2} = \dfrac{2(L-s)}{v} & \Rightarrow \quad v = 2(L-s)n_2, \end{cases} \qquad \text{(1 taškas)}$$

$2Ln_1 = 2(L-s)n_2$, iš čia gauname:

$$L = \frac{sn_2}{n_2 - n_1}, \qquad \text{(1 taškas)}$$

$$v = 2Ln_1 = \frac{2sn_1n_2}{n_2 - n_1}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Apskaičiavę gauname:

L = 270 m, (1 taškas)

v = 360 m/s. (1 taškas)

2. Aukštame pastate liftu pastoviu greičiu v_0 besileidžiantis žmogus iš aukščio h virš lifto kabinos grindų tokiu pačiu greičiu v_0 (tik lifto kabinos atžvilgiu) vertikaliai žemyn mėtė masės m kamuoliuką. Kamuoliukas pradeda šokinėti, visiškai tampriai atsimušdamas nuo lifto kabinos grindų, bet nepasiekdamas lubų. Oro pasipriešinimo nepaisykite, laisvojo kritimo pagreitis yra g.

a) Po kiek laiko t_1 ir t_2 mestas kamuoliukas pirmą ir antrą kartą atsitrenkia nuo grindų?
b) Kokį didžiausią greitį v_{max} žemės atžvilgiu įgyja kamuoliukas?
c) Nustatykite, kuriuo laiko momentu τ_1 ore esančio kamuoliuko greitis žemės atžvilgiu pirmą kartą pasidarė lygus 0.

Sprendimas

a) Panagrinėkime kamuoliuko judėjimą judančios lifto kabinos atžvilgiu. Pradinė kamuoliuko mechaninė energija

$$E_0 = \tfrac{1}{2} m v_0^2 + mgh, \qquad (1) \qquad \text{(1 taškas)}$$

o jos energija prieš pat atsitrenkiant į grindis

$$E_1 = \tfrac{1}{2} m v_1^2 . \qquad (2) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Sulyginę (1) ir (2), randame kamuoliuko greitį prie pat grindų:

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh} . \qquad \text{(1 taškas)}$$

Kadangi kamuoliukas judėjo tolygiai greitėdamas, jo greitis nuo v_0 iki v_1 padidėjo per laiką

$$t_1 = \frac{v_1 - v_0}{g} = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gh} - v_0}{g} . \qquad \text{(1 taškas)}$$

Iškart po atsitrenkimo į grindis kamuoliukas tokiu pat greičiu v_1 pradeda kilti į viršų. Per laiką

$$T = \frac{v_1}{g}$$

kamuoliukas pasiekia aukščiausią trajektorijos tašką ir jame sustoja, per tiek pat laiko jis sugrįžtą ir antrą kartą atsitrenkia į grindis. Taigi antrasis atsitrenkimas įvyks praėjus laikui (nuo metimo momento):

$$t_2 = t_1 + 2T = \frac{v_1 - v_0}{g} + 2\frac{v_1}{g} = \frac{3v_1 - v_0}{g} = \frac{3\sqrt{v_0^2 + 2gh} - v_0}{g} . \qquad \text{(2 taškai)}$$

b) Didžiausias kamuoliuko greitis žemės atžvilgiu bus prieš pat jam atsitrenkiantis į grindis: prie jo judėjimo greičio lifto atžvilgiu prisideda dar besileidžiančio lifto greitis v_0. (1 taškas)

Taigi $v_{max} = v_1 + v_0 = \sqrt{v_0^2 + 2gh} + v_0$. (1 taškas)

c) Žemės atžvilgiu kamuoliukas pirmą kartą sustojo, kai po pirmojo atsitrenkimo į grindis jam kylant jo greitis lifto atžvilgiu nuo v_1 sumažėjo iki v_0 (tuo metu kamuoliukas bus pakilęs iki savo pradinio aukščio h virš grindų). (1 taškas)

Tai įvyko po atsitrenkimo praėjus laiko tarpui $\tau = \frac{v_1 - v_0}{g} = t_1$, taigi ieškomas laikas nuo kamuoliuko metimo momento yra

$$\tau_1 = 2t_1 = 2\frac{\sqrt{v_0^2 + 2gh} - v_0}{g}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

3. Viename kalorimetre yra 200 ml iki 90°C pašildyto vandens, o kitame – 300 ml 10°C temperatūros šalto vandens. Pusė pirmojo kalorimetro karšto vandens perpilama į antrąjį kalorimetrą. Pastarajame nusistovėjus šiluminei pusiausvyrai, pusė jo turinio yra perpilama į pirmąjį kalorimetrą. Kokia temperatūra nusistovi kiekviename kalorimetre? Šilumos nuostolių nepaisykite.

Sprendimas

Pažymėkime vandens tankį ρ, jo savitąją šilumą c, abiejų kalorimetrų vandens tūrius V_1 ir V_2 bei temperatūras t_1 ir t_2. Tegu pusę pirmojo kalorimetro vandens perpylus į antrąjį pastarajame nusistovi temperatūra t_3. Iš šilumos balanso lygties

$$\tfrac{1}{2}c\rho V_1\left(t_1 - t_3\right) = c\rho V_2\left(t_3 - t_2\right), \qquad \text{(1 taškas)}$$

iš čia

$$t_3 = \frac{V_1 t_1 + 2V_2 t_2}{V_1 + 2V_2}. \qquad (1) \qquad \text{(2 taškai)}$$

Dabar antrajame kalorimetre yra $V = \tfrac{1}{2}V_1 + V_2$ vandens. Tegu pusę šio vandens perpylus į pirmąjį kalorimetrą, kuriame buvo likę $\tfrac{1}{2}V_1$ vandens, pastarajame nusistovės temperatūra t_4. Iš šilumos balanso lygties dabar turime:

$$\tfrac{1}{2}c\rho V_1\left(t_1 - t_4\right) = \tfrac{1}{2}c\rho\left(\tfrac{1}{2}V_1 + V_2\right)\left(t_4 - t_3\right), \qquad \text{(2 taškai)}$$

iš čia

$$t_4 = \frac{V_1 t_1 + \left(\tfrac{1}{2}V_1 + V_2\right)t_3}{V_1 + \tfrac{1}{2}V_1 + V_2}. \qquad (2) \qquad \text{(2 taškai)}$$

Atsižvelgę į (1), šią išraišką galime šiek tiek suprastinti:

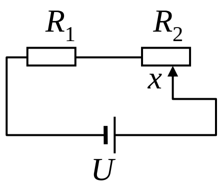
$$t_4 = \frac{2V_1 t_1 + \left(V_1 t_1 + 2V_2 t_2\right)}{3V_1 + 2V_2} = \frac{3V_1 t_1 + 2V_2 t_2}{3V_1 + 2V_2}. \qquad (3) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Į (1) ir (3) įsirašę sąlygoje pateiktas skaitines vertes, suskaičiuojame abiejų kalorimetrų temperatūras:

t_3 = 30°C, (1 taškas)

t_4 = 50°C. (1 taškas)

4. Elektros grandinę sudaro nuosekliai sujungti idealus $U = 9$ V elektrovaros šaltinis, pastovios $R_1 = 100\ \Omega$ varžos rezistorius bei kintamos varžos rezistorius, kurio didžiausia varža $R_2 = 300\ \Omega$.



a) Apskaičiuokite ir pavaizduokite grafiškai, kaip antrajame rezistoriuje išsiskirianti galia priklauso nuo jo varžos x ($0 \le x \le R_2$).

b) Esant kokiai antrojo rezistoriaus varžai jame išsiskiria didžiausia galia? Kam lygi ši didžiausia antrojo rezistoriaus galia? (Galite remtis a) dalyje nubraižytu grafiku.)

c) Kokia didžiausia galia galėtų išsiskirti antrajame rezistoriuje, jei jo didžiausia varža būtų $R_2' = 40\ \Omega$?

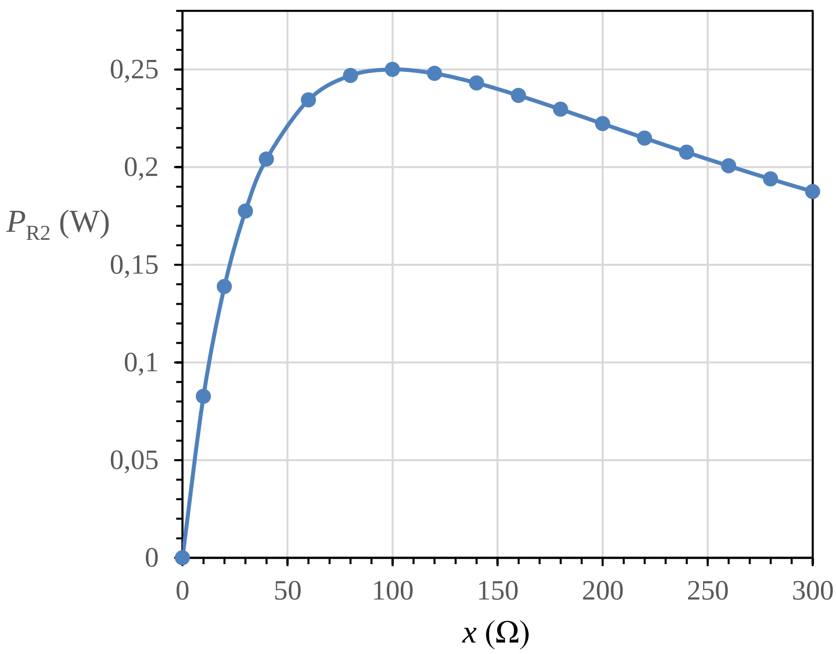
Sprendimas

a) Rezistoriuje R_2 išsiskiria tiek galios, kiek jos išsiskiria į grandinę pajungtoje varžoje x, t. y.

$$P_{R2}(x) = I^2 x = \left(\frac{U}{R_1 + x}\right)^2 x = \frac{U^2 x}{(R_1 + x)^2}. \qquad (1) \qquad \text{(2 taškai)}$$

Pasidarome apskaičiuotų reikšmių lentelę bei nubraižome $P_{R2}(x)$ priklausomybę: (5 taškai)

x (Ω)	**P_{R2} (W)**
0	0
10	0.083
20	0.139
30	0.178
40	0.204
60	0.234
80	0.247
100	0.250
120	0.248
140	0.243
160	0.237
180	0.230
200	0.222
220	0.215
240	0.208
260	0.201
280	0.194
300	0.188



[**Pastaba:** visi 5 taškai skiriami tik už taisyklingai ir tvarkingai nubraižytą grafiką; už nedidelius netikslumus (nepažymėta, kas atidėta ant ašių; nenurodyti matavimo vienetai; nenurodyti skaičiai) atimama po 0,5 taško; jei nubraižyta ne (1) priklausomybė, bet paties moksleivio išvesta kita funkcija), skiriama nedaugiau 2 taškų.]

b) Iš $P_{R2}(x)$ grafiko matome, kad R_2 rezistoriaus galia yra didžiausia ir pasiekia

$$P_{R2\max} = 0,25\ \text{W}, \qquad \text{(1 taškas)}$$

kai šio rezistoriaus į grandinę įjungtos dalies varža $x = 100\ \Omega$. (1 taškas)

c) Kai R_2 rezistoriaus didžiausia varža yra $R_2' = 40\,\Omega$, jame gali išsiskirti tik tokia galia, kuri atitinka aukščiau nubraižyto grafiko sritį $0 \le x \le R_2'$, t.y. šiame rezistoriuje išsiskirianti galia pasiekia savo didžiausią vertę $P'_{R2\max} \approx 0,20\ \mathrm{W}$, kai $x = R_2' = 40\,\Omega$. (1 taškas)

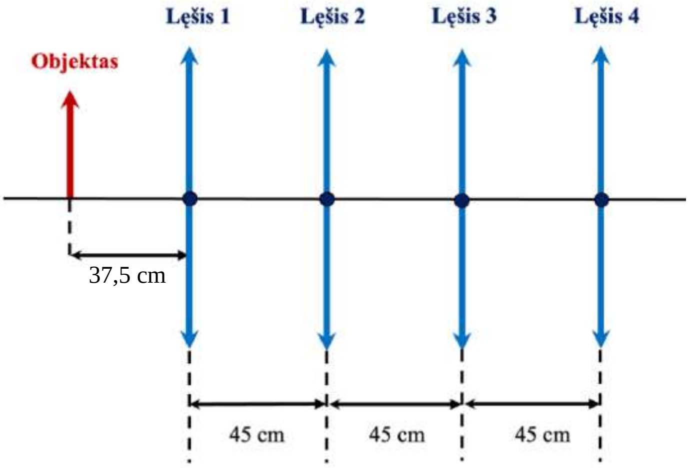
5. Mikroskopo optinę sistemą sudaro objektyvas ir okuliaras. Objektyvas ir okuliaras gali būti sudėtingos optinės sistemos, sudarytos iš kelių lęšių. Tarkime, kad norime sukurti „supaprastintą" mikroskopą – keturių plonų glaudžiamųjų lęšių sistemą, kurioje keturi ploni vienodi lęšiai bus sustatyti vienas greta kito vienodais $s = 45$ cm atstumais. Visų lęšių optinės ašys sutampa, kiekvieno jų židinio nuotolis lygus $f = 15$ cm. Atstumu $a = 37{,}5$ cm kairėje pusėje nuo pirmojo lęšio pastatytas mūsų tiriamas objektas.

a) Taikydami plonojo lęšio formulę suskaičiuokite, koks bus galutinis šios optinės sistemos didinimas šviesos spinduliams nuo objekto praėjus pro visus 4 lęšius? Kurioje ketvirtojo lęšio pusėje – kairėje ar dešinėje – bus gautas galutinis objekto atvaizdas?

b) Nubraižykite spindulių eigos ir atvaizdų susidarymo schemą.

c) Kaip manote ar tiktų naudoti šią pasiūlytą keturių vienodų lęšių sistemą mikroskope? Kodėl?

d) O gal mikroskopui tiktų tokia pati, tik trijų lęšių sistema? Atsakymą argumentuokite.



Sprendimas

a) Pastebime iš sąlygos, kad lęšiai sustatyti atstumu $3f$ vienas nuo kito, čia f – jų židinio nuotolis.

Pirmasis lęšis: objektas yra $a = 37{,}5$ cm atstumu nuo lęšio, objekto atvaizdas bus y_1 atstumu nuo lęšio jo dešinėje pusėje:

$$\frac{1}{y_1} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a}, \quad y_1 = \frac{af}{a-f} = 25 \text{ cm.}$$

Atvaizdo didinimas $\Gamma_1 = \left|\frac{y_1}{a}\right| = \left|\frac{f}{a-f}\right| = \frac{2}{3}$. (1) (1 taškas)

Antrasis lęšis: objektas yra pirmojo lęšio atvaizdas, kuris nuo antrojo lęšio yra nutolęs atstumu $x_2 = 3f - y_1 = \frac{f(2a-3f)}{a-f} = 20$ cm.

Objekto atvaizdas bus atstumu y_2 nuo lęšio jo dešinėje pusėje

$$\frac{1}{y_2} = \frac{1}{f} - \frac{1}{x_2} = \frac{a-2f}{f(2a-3f)}, \quad y_2 = \frac{f(2a-3f)}{a-2f} = 60 \text{ cm.}$$

Atvaizdo didinimas: $\Gamma_2 = \left|\frac{y_2}{x_2}\right| = \left|\frac{a-f}{a-2f}\right| = 3.$ (2) (1 taškas)

Trečiasis lęšis: objektas yra atstumu $x_3 = 3f - y_2 = \frac{f(a-3f)}{a-2f} = -15$ cm nuo lęšio (neigiamas ženklas reiškia, kad objektas yra dešinėje lęšio pusėje, t.y. menamas).

Atvaizdas bus atstumu y_3 nuo lęšio taip pat dešinėje jo pusėje:

$\frac{1}{y_3} = \frac{1}{f} - \frac{1}{x_3} = -\frac{1}{a-3f}$, $y_3 = 3f - a = 7.5$ cm.

Atvaizdo didinimas $\Gamma_3 = \left|\frac{y_3}{x_3}\right| = \left|-\frac{a-2f}{f}\right| = \frac{1}{2}$. (3) (1 taškas)

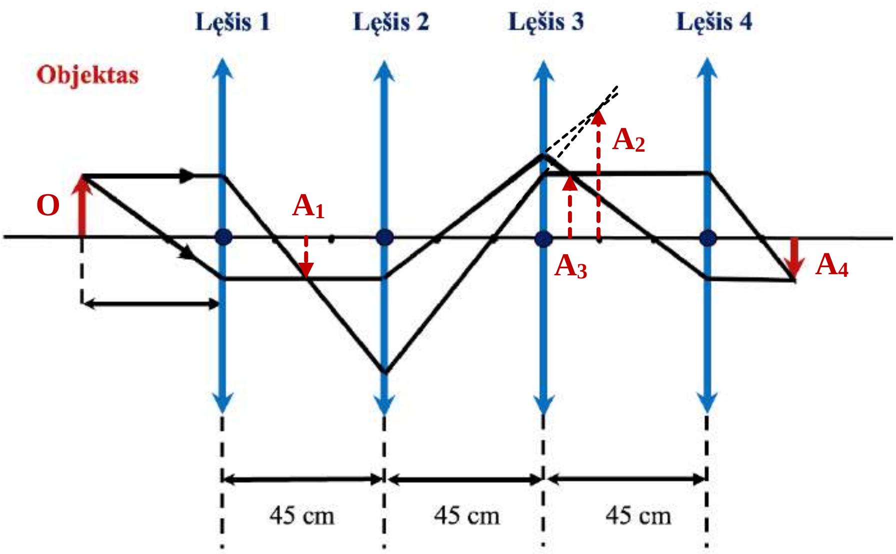
Ketvirtasis lęšis: objektas yra atstumu $x_4 = 3f - y_3 = a$ nuo lęšio, t.y. turime tokią pat situaciją, kaip ir pirmam lęšiui.

Todėl $y_4 = y_1 = \frac{af}{a-f} = 25$ cm, $\Gamma_4 = \Gamma_1 = \frac{f}{a-f} = \frac{2}{3}$. (4) (1 taškas)

Taigi matome, kad galutinis šios optinės sistemos atvaizdas susidaro atstumu $y_4 = 25$ cm nuo ketvirtojo lęšio jo dešinėje pusėje, o visuminis optinės sistemos didinimas yra (1)–(4) rezultatų sandauga:

$\Gamma = \Gamma_1\Gamma_2\Gamma_3\Gamma_4 = \left|\frac{f}{a-f}\frac{a-f}{a-2f}\frac{a-2f}{f}\frac{f}{a-f}\right| = \frac{f}{a-f} = \frac{2}{3}$. (1 taškas)

b) Nubraižome nuo objekto sklindančių kelių spindulių schemą (A_n žymi po *n*-tojo lęšio susidariusį atvaizdą): (3 taškai)



c) Kadangi gautas bendras didinimas $\Gamma = \frac{2}{3}$ yra mažesnis už vienetą, tokia schema mikroskopui netinka. (1 taškas)

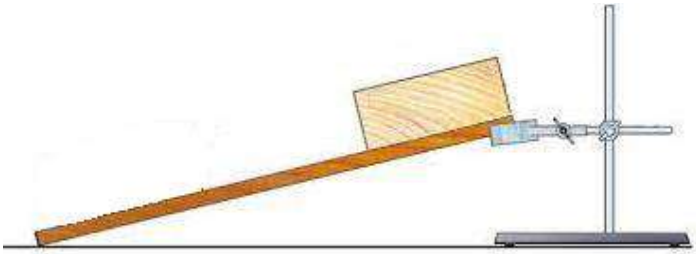
d) Trijų lęšių atveju gautume tikrąjį neapverstą atvaizdą (žr. A_3 schemoje), kurio dydis yra toks pat, kaip ir paties objekto: bendras didinimas $\Gamma' = \Gamma_1\Gamma_2\Gamma_3 = 1$. Taigi abidvi pasiūlytos schemos nėra tinkamos mikroskopui. (1 taškas)

Įdomu pastebėti, jog naudojant tokius pat atstumus (išdėstymą) dviejų lęšių sistema šiuo atveju būtų geresnė, nes padidintų vaizdą du kartus.

70-osios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados savivaldybės etapas (2023 m.)

11 klasė (užduotys ir sprendimai)

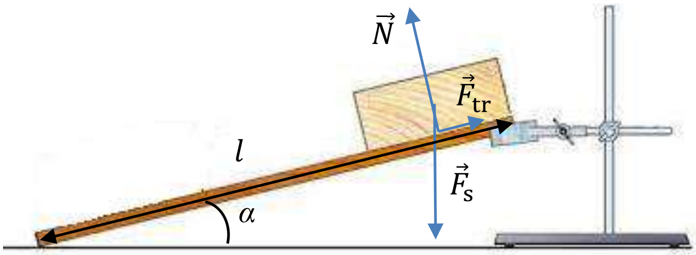
1. Atliekant eksperimentą, lentą pakrypus 30° kampu į horizontą, ant jos padėtas tašelis slysta tiesiai ir tolygiai. Laisvojo kritimo pagreitį laikykite lygiu 10 m/s^2.



a) Nubrėžkite brėžinį, sužymėkite ir įvardinkite visas tašelį veikiančias jėgas.
b) Per kiek laiko lentos viršuje padėtas tašelis nuslys lenta žemyn, jei lenta bus palenkta 45° kampu į horizontą ir jos viršutinis galas nuo stalo paviršiaus bus pakilęs į 5,0 m aukštį? Tašelio matmenų ir oro pasipriešinimo nepaisykite.

Spendimas

a) Už teisingai sužymėtas jėgas ir teisingai visas įvardinamas skiriami 3 taškai:



$\vec{N}$ – atramos reakcijos jėga, (1 taškas)

$\vec{F}_{\text{tr}} = \mu\vec{N}$ – trinties jėga, (1 taškas)

$\vec{F}_{\text{s}} = m\vec{g}$ – sunkio jėga. (1 taškas)

b) Lentos ilgį pažymėsime l raide. Visais sąlygoje pateiktais atvėjais, lentos ilgis yra tas pats. Lentos ilgį galima išreikšti:

$$l = \frac{h}{\sin\beta}, \quad (1)$$ (1 taškas)

čia h – lentos galo pakilimo aukštis, $\beta = 45°$ - jos polinkio kampas. Kai tašelis slysta tolygiai greitėjančiai, šį atstumą galima rasti kaip:

$$l = \frac{at^2}{2}. \quad (2)$$ (1 taškas)

Užrašomas antras Niutono dėsnis:

$$m\vec{g} + \mu\vec{N} + \vec{N} = m\vec{a}, \quad (3)$$ (1 taškas)

Suprojektavę vektorius į palei nuožulniąją plokštumą nukreiptą ašį bei jai statmeną ašį pirmuoju atveju nejudančiam tašeliui gauname:

$$mg \sin\alpha - \mu N_1 = 0, \quad mg\cos\alpha - N_1 = 0.$$

Iš čia surandame trinties koeficientą: $\mu = \text{tg}\,\alpha$. (1 taškas)

Suprojektuojame (3) lygties vektorius į tas pačias ašis antruoju atveju, kai tašelis juda tiesiai ir tolygiai:

$$mg\sin\beta - \mu N_2 = ma, \;, \quad mg\cos\beta - N_2 = 0. \qquad (4) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Iš čia surandame tašelio pagreitį:

$$a = g\sin\beta - \mu g\cos\beta = g\sin\beta - \text{tg}\,\alpha \cdot g\cos\beta. \qquad (5) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Pasinaudoję (1)–(2) bei (5) išraiškomis gauname tašelio nuslydimo laiką:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a\sin\beta}} = \sqrt{\frac{2h}{g(\sin\beta - \text{tg}\,\alpha \cdot \cos\beta)\sin\alpha}}\,. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Suskaičiavę gauname:

$$t \approx 2{,}2\ \text{s}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

2. Iš aukščio H be pradinio greičio į tankio ρ_1 skystį įkrenta mažas kūnas, kurio tankis yra ρ ($\rho < \rho_1$). Į kokį gylį šis kūnas įgrims į skystį? Per kiek laiko iš šio didžiausio panirimo gylio jis iškils į skysčio paviršių? Oro ir skysčio pasipriešinimo bei skysčio judėjimo, įskaitant ir skysčio taškymosi, įtakos nepaisykite.

Sprendimas

Pakeltas virš skysčio kūnas turi potencinės energijos $U = mgH$. (1 taškas)

Pasiekęs paviršių kūnas atlieka darbą ir panyra į skysčio paviršių nugalėdamas keliamąją jėgą, kūną veikiančią skystyje:

$$mgH = Tl, \qquad (1) \qquad \text{(1 taškas)}$$

T – keliamoji jėga, l - panirimo gylis.

Keliamoji jėga T lygi Archimedo jėgos ir sunkio jėgų skirtumui:

$$T = \rho_1 gV - mg, \qquad (2) \qquad \text{(3 taškai)}$$

čia V – kūno tūris.

Įsirašę kūno masę $m = \rho V$ (1 taškas)

Įstatę kūno masę bei (2) lygtį į (1) lygtį, apskaičiuojame panirimo gylį l:

$$l = \frac{mgH}{T} = \frac{\rho H}{\rho_1 - \rho}\,. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Kūno pakėlimo laiką apskaičiuosime pagal formulę:

$$l = \frac{at^2}{2}, \qquad \text{(1 taškas)}$$

čia pagreitį rasime pasinaudoję antruoju Niutono dėsniu:

$$a = \frac{T}{m} = \frac{g(\rho_1 - \rho)}{\rho}\,. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Tuomet kūno iškilimo į skysčio paviršių laikas:

$$t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{2\frac{\rho H}{\rho_1 - \rho} \cdot \frac{\rho}{g(\rho_1 - \rho)}} = \frac{\rho}{\rho_1 - \rho}\sqrt{\frac{2H}{g}}.$$ (1 taškas)

3. Alyvos pripildytas radiatorius, kurio tūris $V = 5$ ℓ, o galia $P = 1{,}5$ kW, įkaista nuo $T_1 = 20$ °C iki $T_2 = 60$ °C temperatūros per 6 minutes. Apskaičiuokite šio radiatoriaus naudingumo koeficientą. Alyvos savitoji šiluma $c = 2{,}1\ \text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$, o tankis $\rho = 945\ \text{kg/m}^3$.

Sprendimas

Radiatoriaus naudingumo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\eta = \frac{Q_n}{Q_s},$$ (2 taškai)

čia Q_n – naudingas šilumos kiekis, reikalingas alyvos sušildymui iki temperatūros T_2:

$$Q_n = V\rho c(T_2 - T_1),$$ (3 taškai)

o Q_s – energijos kiekis, sunaudotas radiatoriaus veikimo metu:

$$Q_s = P \cdot t.$$ (2 taškai)

Čia t = 6 min. = 360 s.

Pasinaudodami minėtomis išraiškomis gauname:

$$\eta = \frac{V\rho c(T_2 - T_1)}{Pt}.$$ (2 taškai)

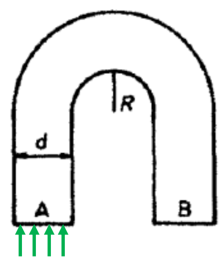
Įrašę skaitines vertes apskaičiuojame radiatoriaus naudingumo koeficientą:

$\eta = 0{,}735$, arba 73,5% (1 taškas)

4. Stačiakampio skerspjūvio ploto stiklo strypas sulenktas į paveiksle pavaizduotą formą. Lygiagretus šviesos pluoštelis krinta statmenai į strypelio plokščią galą A. Stiklo lūžio rodiklis lygus $n = 1{,}5$.

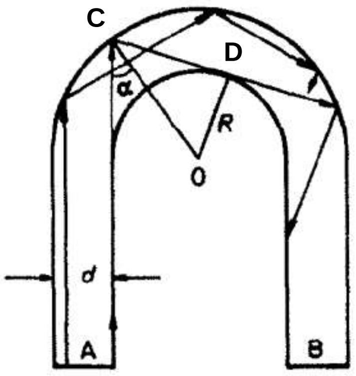
a) Nustatykite mažiausią santykio R/d reikšmę, kuriai esant visa šviesa, įėjusi į vamzdelį pro galą A, išeitų iš vamzdelio pro kitą jo galą B.

b) Nurodykite bent vieną šio įrenginio praktinio pritaikymo pavyzdį.



Sprendimas

a) Šviesos spindulys, patenkantis į stiklą per paviršių A ir einantis išilgai vidinės strypo dalies, išeis iš stiklo, jeigu spindulio kritimo kampas α bus didesnis arba lygus kritiniam visiškojo atspindžio kampui $\beta = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)$. (1 taškas)



Visiškojo vidaus atspindžio dėsnis:

$$\sin\alpha \geq \frac{1}{n}. \qquad (1) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Nubraižome spindulio sklidimą iliustruojantį brėžinį, kuriame pažymime kritimo kampą. (1 taškas),

Stačiajame trikampyje OCD statinys $\mathrm{OD} = R$ (1 taškas), o įžambinė $OC = R + d$. (1 taškas).

Tuomet kampui α gauname:

$$\sin\alpha = \frac{R}{R+d}. \qquad (2) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Sulyginę (1) su (2) gauname:

$$\frac{R}{R+d} \geq \frac{1}{n}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Iš čia galime išreikšti minimalų santykį R/d, kuriam esant toks spindulių sklidimas dar yra galimas:

$$\left(\frac{R}{d}\right)_{\min} = \frac{1}{n-1}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Suskaičiavę gauname:

$$\left(\frac{R}{d}\right)_{\min} = \frac{1}{1{,}5-1} = 2. \qquad \text{(1 taškas)}$$

b) Optinis kabelis informacijos perdavimui ar kitas teisingai pateiktas pritaikymo pavyzdys. (1 taškas)

5. Elektrinį vandens šildytuvą, kurio šildymo elementą sudaro trys nuosekliai sujungtos vienodos varžos (kiekviena po R_0 = 40 Ω), pajungus prie 120 V įtampos, jame esantis vanduo užverda per 90 min.

a) Apskaičiuokite šiuo jungimu pajungto vandens šildytuvo visą išskirtą šilumos kiekį.

b) Kokiais kitais būdais galima tarpusavyje sujungti šildytuvo šildymo elemento tris varžas? Nubrėžkite jų jungimų schemas ir kiekvienu atveju suskaičiuokite, per kiek laiko užvirtų šildytuve esantis vanduo visas kitas sąlygas išlaikant tas pačias. Šilumos nuostolių nepaisykite.

Sprendimas

a) Šilumos kiekis, sunaudojamas vandeniui šildyti yra

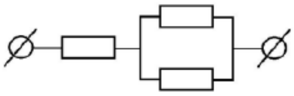
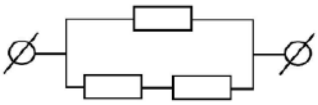
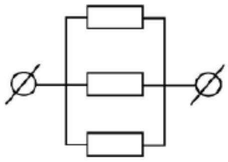
$$Q = \frac{U^2}{R} t_0, \qquad \text{(1 taškas)}$$

Čia R – bendra šildymo elemento varža, t_0 - vandens šilimo laikas.

Kadangi grandinės varža $R = 3R_0$, (0,5 taško)
nesunkiai suskaičiuojame ieškomą šilumos kiekį:

$$Q = \frac{U^2}{R} t_0 = \frac{U^2}{3R_0} t_0 = 648 \text{ kJ}. \qquad \text{(2 taškas)}$$

b) Visi kiti galimi trijų laidininkų jungimo būdai parodyti žemiau: (1 taškas)

I jungimas | II jungimas | III jungimas

Apskaičiuojame galimų jungimų bendras varžas:

$$R_I = R_0 + \frac{R_0}{2} = \frac{3}{2} R_0 \ . \qquad \text{(0.5 taško)}$$

$$R_{II} = \frac{R_0 \cdot 2R_0}{3R_0} = \frac{2}{3} R_0 \ . \qquad \text{(0.5 taško)}$$

$$R_{III} = \frac{R_0}{3} \ . \qquad \text{(0.5 taško)}$$

Kadangi įtampa, šildomo vandens kiekis ir pradinė bei galinė temperatūros yra tos pačios, vadinasi visais atvejais bus gaunamas tas pats šilumos kiekis:

$$Q = Q_I = Q_{II} = Q_{III} \ . \qquad \text{(1 taškas)}$$

Įstatę, gauname lygybę:

$$\frac{U^2}{3R_0} t_0 = \frac{2U^2}{3R_0} t_I = \frac{3U^2}{2R_0} t_{II} = \frac{3U^2}{R_0} t_{III}.$$

Atlikę pertvarkymus, gauname:

$$t_I = \frac{1}{2} t_0 = 45 \text{ min}, \qquad \text{(1 taškas)}$$

$$t_{II} = \frac{2}{9} t_0 = 20 \text{ min}, \qquad \text{(1 taškas)}$$

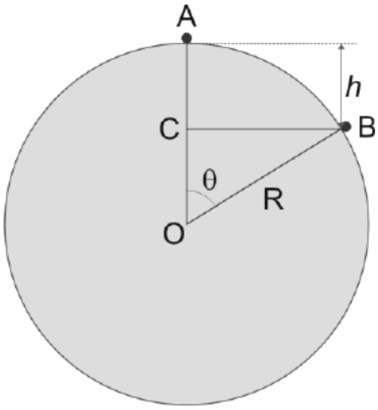
$$t_{III} = \frac{1}{9} t_0 = 10 \text{ min}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

70-osios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados savivaldybės etapas (2023 m.)

12 klasė (užduotys ir sprendimai)

1. Ant spindulio R įtvirtintos sferos paviršiaus pačiame aukščiausiame jos taške yra padėta dalelė. Pastumta į šoną be galo mažu atstumu, ši dalelė pradeda slysti sferos paviršiumi. Kuriame taške dalelė paliks sferą? Trinties ir oro pasipriešinimo nepaisykite.

Sprendimas



Tarkime, kad m masės dalelė padėta aukščiausiame sferos taške A. Sferos spindulys R, o jos centras O. Tegul dalelė slysta žemyn nuo pradinio taško sferos skliauto paviršiumi ir atsiskiria nuo sferos taške B, kuris nuo pradinio taško A yra vertikaliai nutolęs atstumu h. Tegul sferos spindulys OB sudaro kampą θ su vertikalia linija OA. Taške B dalelės patiriama įcentrinė jėga yra mv^2/R, kur v – dalelės greitis taške B. Dalelės sunkio jėga mg ją veikia vertikaliai žemyn taip, kad jo komponentė išilgai spindulio BO yra $mg\cos\theta$. Kol $mg\cos\theta > mv^2/R$, dalelė laikysis ant sferos paviršiaus. Sąlyga prie, kurios dalelė atsiskirs nuo sferos yra:

$$mg\cos\theta = \frac{mv^2}{R} \qquad (1) \qquad \text{(2 taškai)}$$

arba:

$$\cos\theta = \frac{v^2}{gR}. \qquad (2) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Dalelei leidžiantis iš taško A į tašką B jos potencinė energija virsta kinetine:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (3) \qquad \text{(2 taškai)}$$

arba:

$$\frac{v^2}{g} = 2h \qquad (4) \qquad \text{(1 taškas)}$$

(4) išraišką įrašę į (2) gauname

$$\cos\theta = \frac{2h}{R} \qquad (5) \qquad \text{(1 taškas)}$$

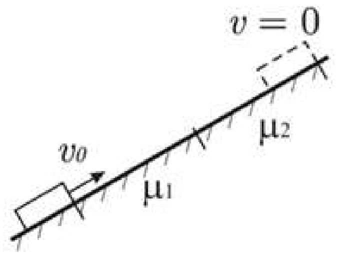
Iš brėžinio:

$$\cos\theta = \frac{\mathrm{OC}}{\mathrm{OB}} = \frac{R-h}{R}. \qquad (6) \qquad \text{(2 taškai)}$$

Sulyginę (5) ir (6) išraiškas gauname, kad $h = \frac{1}{3}R$. Taigi gauname, kad dalelė paliks sferos paviršių taške, kuris nuo aukščiausios sferos taško A yra vertikaliai nutolęs atstumu $h = \frac{1}{3}R$.

(1 taškas)

2. Ant nuožulniosios plokštumos padėtas guli stačiakampio gretasienio formos tašelis. Pastumiant šį tašelį jam suteikiamas tam tikras pradinis greitis v_0 (žr. pav.). Tašelis pakyla nuožulniąja plokštuma iki aukščio H = 0,4 m ir nuslydęs žemyn sustoja pradinėje pozicijoje (t. y. grįžta į pradinę padėtį). Žinoma, kad trinties koeficientai viršutinėje ir apatinėje nuožulniosios plokštumos dalyse yra skirtingi. Raskite pradinį tašelio greitį v_0. *Pastaba*: trinties koeficientai nėra žinomi; laikyti g = 10 m/s^2.



Sprendimas

Užrašome mechaninės energijos tvermės dėsnį tašeliui, kylančiam nuožulniąja plokštuma:

$$\frac{mv_0^2}{2} - |A_{tr}| = mgH, \qquad (1) \qquad \text{(3 taškai)}$$

čia $\frac{mv_0^2}{2}$ yra pradinė kinetinė energija, A_{tr} yra trinties jėgos darbas ($A_{tr} < 0$), mgH yra tašelio potencinė energija esančiame aukščiausiame trajektorijos taške.

Tašeliui slystant žemyn galima užrašyti:

$$mgH - |A_{tr}| = 0. \qquad (2) \qquad \text{(3 taškai)}$$

Iš (1) ir (2) gauname:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + |A_{tr}| = 2mgH. \qquad (3) \qquad \text{(2 taškai)}$$

Iš čia plaukia, kad pradinis tašelio greitis:

$$v_0 = 2\sqrt{gH}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

Suskaičiavę gauname:

$$v_0 = 4\ \mathrm{m/s} \qquad \text{(1 taškas)}$$

3. m = 70 kg masės žmogus atlieka ekstremalų šuolį iš tilto su tam tikro ilgio L bei standumo koeficiento k guminiu lynu (kuriam galioja Huko dėsnis). Praskridęs H = 90 m žmogus pasiekia žemiausią galimą kritimo tašką, kur jo judėjimo greitis lygus nuliui, o pagretis $a_0 = 2 \cdot g$ (čia g = 10 m/s^2).

a) Raskite guminio lyno ilgį L ir jo standumą koeficientą k.

b) Nustatykite lyno pailgėjimą nusistovėjus pusiausvyrai, t.y. nugesus svyravimams.

Pastaba: Žmogų laikyti materialiu tašku, oro pasipriešinimo bei kitų nuostolių nepaisyti.

Sprendimas

a) Užrašome energijos tvermės dėsnį (įvertinus žemiausiame taške žmogaus greitis v = 0 m/s):

$$mgH = \frac{k(H-L)^2}{2}. \qquad (1) \qquad \text{(2 taškai)}$$

Be to, guminiam lynui galioja Huko dėsnis:

$$F_{tp} = k(H-L). \qquad (2) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Užrašome II Niutono dėsnį žmogui pasiekus žemiausią galimą tašką:

$$ma_0 = 2mg = F_{tp} - mg \qquad (3) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Iš čia plaukia, kad:

$$F_{tp} = 3mg = k(H - L). \qquad (4) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Iš (1) išraiškos gauname:

$$2\frac{mgH}{H-L} = k(H - L). \qquad (5)$$

Sulyginę (4) ir (5) gauname:

$$F_{tp} = 3mg = 2\frac{mgH}{H-L} \quad \Longrightarrow \quad 3(H - L) = 2H \qquad (6)$$

iš čia

$$L = \frac{H}{3} = 30 \text{ m}. \qquad (7) \qquad \text{(2 taškai)}$$

Atitinkamai, lyno standumo koeficientas

$$k = \frac{2mg\cdot}{(H-L)^2} = \frac{2mgH}{\left(\frac{2}{3}H\right)^2} = \frac{9}{2}\frac{mg}{H} = 35 \text{ N/m}. \qquad (7) \qquad \text{(2 taškai)}$$

b) Nusistovėjus pusiausvyrai tamprumo jėga yra lygi sunkio jėgai, iš čia randame lyno pailgėjimą ΔL:

$$k \cdot \Delta L = mg \quad \Longrightarrow \quad \Delta L = \frac{mg}{k} = \frac{2}{9}H = 20 \text{ m}. \qquad \text{(1 taškas)}$$

4. Viela, kurios varža R = 160 Ω, yra suvyniota spirale yra naudojama kaip kaitinimo elementas vandeniui pašildyti prijungiant jį prie U = 220 V įtampos. Įleistas į trijų litrų talpos stiklainį, pripildytą vandeniu, šis kaitinimo elementas per pakankamai ilgą laiko tarpą sušildė vandenį iki t = 45 °C. Kaip reikia pakeisti šio kaitinimo elemento ilgį, kad esant toms pačioms sąlygoms vanduo stiklainyje užvirtų? Aplinkos oro temperatūra t_0 = 20 °C.

Sprendimas

Esant termodinaminei pusiausvyrai rezistoriuje išsiskiriantis šilumos kiekis:

$$\frac{U^2}{R} = k(t - t_0), \qquad (1) \qquad \text{(3 taškai)}$$

čia k – proporcingumo koeficientas priklausantis nuo indo formos ir dydžio bei nuo aplinkos savybių.

Tam, kad šildomo vandens temperatūra pakiltų iki t_1= 100 °C reikia padidinti rezistoriuje išsiskiriančios šilumos kiekį, t.y. sumažinti jo varžą iki R_1:

$$\frac{U^2}{R_1} = k(t_1 - t_0). \qquad (2) \qquad \text{(3 taškai)}$$

Padalinę (1) iš (2) gauname:

$$\frac{R_1}{R} = \frac{t - t_0}{t_1 - t_0}. \qquad (3) \qquad \text{(1 taškas)}$$

Įvertinę, kad kaitinimo elemento varža yra tiesiogiai proporcinga jo ilgiui (, iš (3) gauname:

$\frac{l_1}{l} = \frac{R_1}{R} = \frac{t-t_0}{t_1-t_0} \approx 0{,}31.$ (4) (2 taškai)

Taigi, kad vanduo užvirtų, kaitinimo elemento spiralės ilgį reikia sumažinti ≥ 69 %. (1 taškas)

5. Varinis žiedas patalpintas į vienalytį magnetinį lauką, kurio indukcija $B = 0{,}1$ T, taip, kad žiedo plokštuma būtų statmena magnetinio lauko jėgų linijoms. Žiedui pasisukus 90° kampu aplink savo skersmenį, per jį pratekėjo krūvis $q = 1$ C. Raskite žiedo masę. Vario savitoji varža $\rho_{\text{sav}} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ω·m, vario medžiagos tankis $\rho_v = 8{,}9 \cdot 10^3$ kg/m^3.

Sprendimas

Žiedą pasisukus 90° aplink jo diametrą jame pagal Faradėjaus elektromagnetinės indukcijos dėsnį susidaro elektrovara:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$ (1 taškas)

ir dėl to pradeda tekėti srovė

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\Delta\Phi}{R\Delta t}.$$ (1 taškas)

Elektromagnetinio lauko srautas: $\Phi = BS$, čia S – plotas kurį apriboja varinis žiedas: $S = \pi r^2$.

Varinio žiedo varžą galime išreikšti taip: $R = \rho_{sav}\frac{L}{s}$, čia s – varinio žiedo laido skerspjūvio plotas, o L – jo ilgis: $L = 2\pi r$. (1 taškas)

Tokiu būdu gauname:

$$I = \frac{B\pi r^2}{\rho_{sav}\frac{2\pi r}{s}\Delta t} = \frac{Bsr}{2\rho_{sav}\Delta t},$$ (2 taškai)

o per žiedą pratekėjęs visas krūvis

$$\Delta q = I\Delta t = \frac{Bsr}{2\rho_{sav}}$$ (1) (2 taškai)

Pagaliau, žiedo masė $m = \rho_v V = \rho_v sL = 2\pi\rho_v sr$, (1 taškas)

čia sandaugą sr galime išreikšti iš (1), taigi

$$m = \frac{4\pi\rho_{sav}\rho_v\Delta q}{B}.$$ (1 taškas)

Suskaičiavę gauname:

$$m \approx 19 \text{ g}.$$ (1 taškas)