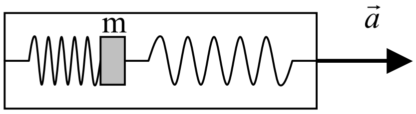
36-OJI JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA

XI klasė

II ratas

1. **Vamzdelyje prie dviejų spyruoklių pritvirtintas nedidelis kūnas m taip, kad jis gali su maža trintimis slankioti išilgai vamzdelio. Tokie prietaisai – akselerometrai – naudojami kosmonautikoje pagreičiams matuoti.**
   Tegul akselerometras įtaisytas kosminiame laive išilgai laivo judėjimo krypties. Laivas startuoja į Marsą iš neaukštos tarpinės orbitos. Kokios jėgos veikia kosminį laivą ir į kurias iš jų akselerometras reaguoja? Paaiškinkite.



Sprendimas

Galima laikyti, kad kosminį laivą, besisukantį apie Žemę neaukšta orbita, veikia tik sunkio jėga, nes likusios jėgos – kitų dangaus kūnų traukos jėgos, raketą supančių dujų pasipriešinimo jėga – yra žymiai silpnesnės. Taip judantis kosminis laivas, o kartu ir visi jame esantys daiktai, yra nesvarumo būsenoje, t.y., jie nejaučia Žemės traukos jėgos. Taigi, nepriklausomai nuo to, kaip bus orientuotas akselerometras, į sunkio jėgą jisai nereaguos. Kai, startuojant į Marsą, įjungiamas variklis, išvystantis F dydžio traukos jėgą, kosminis laivas įgyja pagreitį

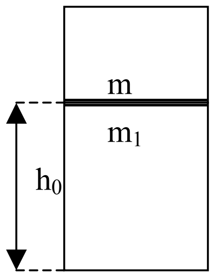
$$a = \frac{F}{M},$$

kur M – kosminio laivo masė. Tokiu pat pagreičiu turės judėti ir akselerometras, o tuo pačiu ir jame esantis kūnas m. Jeigu akselerometras orientuotas jėgos F kryptimi, šį pagreitį kūnai m turės suteikti akselerometro spyruoklių išvystomų deformacijos jėgų atstojamoji T, kuriai, sutinkamai su antruoju Niutono dėsniu, galios lygybė

$$T = ma.$$

Taigi, kosminį laivą, startuojantį į Marsą iš neaukštos orbitos, veikia sunkio jėga bei reaktyvinio variklio sukuriama traukos jėga. Akselerometras reaguoja tiktai i pastarąją, ir, jeigu jis yra orientuotas šios jėgos kryptimi, parodo jos dydį.

2. **Inde yra du stūmokliai. Viršutinio masė yra m, o apatinio, kuriame išgręžta siaura anga, - m_1.**
   Virš stūmoklių esančioje indo dalyje tuštuma, o apatinė dalis užpildyta vienatomėmis dujomis. Apatinis stūmoklis pritvirtintas prie indo sienelių taip, kad tarp stūmoklių yra tik plonas dujų sluoksnis. Apatinį stūmoklį atlaisvinus, jis nusileidžia ant indo dugno. Kokiame aukštyje atsidurs viršutinis stūmoklis, jeigu prieš tai jis buvo aukštyje h_0. Laikykite, kad stūmokliai yra labai ploni ir kad dujos nuo indo ir stūmoklių adiabatiškai izoliuotos. Trinties nepaisykite. Dujų masė maža, palyginus su m.



Sprendimas

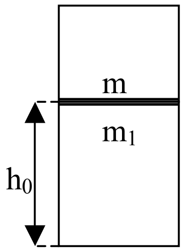
Kadangi apatinis stūmoklis pritvirtintas prie indo sienelių, dujų slėgį p_0 apsprendžia viršutinio stūmoklio sunkio jėga:

$$p_0 S = mg, \qquad (1)$$

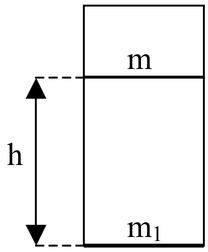
kur S – indo skerspjūvio plotas. Apatinį stūmoklį atlaisvinus ir jam nusileidus ant indo dugno, slėgis išliks toks pat. Sutinkamai su dujų būvio lygtimi 1 ir 2 paveiksluose parodytoms sistemoms turėsime

$$p_0 V_0 = nRT_0, \qquad (2)$$

$$p_0 V = nRT. \qquad (3)$$



1 pav.



2 pav.

Atsižvelgę į (1) ir į tai, kad $V_0=Sh_0$ ir $V=Sh$, vietoje (2) ir (3) gauname

$$mgh_0 = nRT_0, \qquad (4)$$

$$mgh = nRT. \qquad (5)$$

Temperatūrai rasti pasinaudosime energijos tvermės dėsniu. Turėdami omenyje, kad dujų vidinė energija padidėja tiek, kiek sumažėja stūmoklio m_1 potencinė energija, ir sumažėja tiek, kiek padidėja stūmoklio m potencinė energija, energijos tvermės balanso lygtį užrašysime taip:

$$\frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}nRT_0 + m_1gh_0 - mg(h - h_0). \qquad (6)$$

Remdamiesi sąlyga, kad dujų masė žymiai mažesnė už m, (6) lygybėje neatsižvelgėme į dujų potencinės energijos pokytį.
Pasinaudoję (4) ir (5), iš (6) lygybės randame

$$h = h_0\left(1 + \frac{2m_1}{5m}\right).$$

3. Prie šaltinio, kurio įtampa U=120V, per varžą R=40Ω prijungtas prietaisas, turintis toje grandinėje galią P=50W. Kokio stiprumo I srovė teka grandinėje? Šaltinio vidaus varžos nepaisykite.

Sprendimas

Pažymėję srovės stiprumą grandinėje I ir prietaiso varžą R_0, turime

$$P = I^2R_0. \qquad (1)$$

Iš kitos pusės, jeigu nepaisysime šaltinio vidaus varžos

$$I = \frac{U}{R + R_0}. \qquad (2)$$

Iš (1) išreiškę R_0 ir įstatę į (2), gauname lygtį srovės stiprumui grandinėje rasti:

$$RI^2 - UI + P = 0.$$

Lygties sprendinys

$$I = \frac{U \pm \sqrt{U^2 - 4PR}}{2R}. \qquad (3)$$

Įstatę sąlygoje duotas U, P ir R vertes, gauname

$$I_1 = 2{,}5A,$$

$$I_2 = 0{,}5A.$$

Nesunku įsitikinti, kad abu sprendiniai patenkina uždavinio sąlygą.

4. Nustatykite plastmasės gabalėlio tankį, naudodamiesi menzūrėle, indu su vandeniu ir žinomo tankio druskos tirpalu. Plastmasė vandenyje skęsta, o tirpale – ne.

Sprendimas

Pirmas būdas. Į menzūrėlę įpilame vandens ir stebime, kiek pasikeis menzūrėlės parodymai įmetus plastmasės gabalėlį. Kadangi plastmasė pilnai pasineria, parodymų pokytis ΔV_v bus lygus plastmasės gabaliuko tūriui. Po to į menzūrėlę įpilame druskos tirpalo. Vėl įmetame plastmasės gabaliuką ir nustatome menzūrėlės parodymų pokytį ΔV_t. Šiuo atveju plastmasė nepaskęs. Todėl, kaip seka iš Archimedo dėsnio, tirpalo tankio ρ_t ir ΔV_t sandauga bus lygi įmesto kūno masei m:

$$m = \rho_t \Delta V_t.$$

Pasinaudoję tankio apibrėžimu, randame

$$\rho = \rho_t \frac{\Delta V_t}{\Delta V_v}.$$

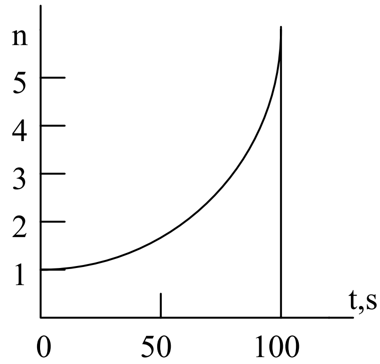
Antras būdas. Į menzūrėlę įpilame vandens, užsirašome vandens tūrį V_v ir įmetame plastmasės gabalėlį. Plastmasė nuskęsta. Tuomet pradedame iš lėto pilti į menzūrėlę druskos tirpalą ir stebime, kada plastmasės gabalėlis pradės atitrūkti nuo dugno. Pagal menzūrėlės parodymų pokytį nustatome įpilto tirpalo tūrį V_t. Aišku, kad plastmasė ims laisvai plūduriuoti mišinio tūryje, kai jo tankis susilygins su plastmasės tankiu. Taigi plastmasės gabalėlio tankis su išmatuotais dydžiais bus susietas sąryšiu

$$\rho = \frac{m_v + m_t}{V_v + V_t} = \frac{\rho_v V_v + \rho_t V_t}{V_v + V_t}.$$

Čia m_v ir m_t – įpiltų į menzūrėlę vandens ir druskos tirpalo masės, ρ_v – vandens tankis.

III ratas

5. Brėžinyje pavaizduotas perkrovimo priklausomybės nuo laiko grafikas, kurį nubrėžė stačiai startuojančioje raketoje akselerometras. Perkrovimas $n=P/P_0$, kur P – kūno svoris startuojančioje raketoje, P_0 – svoris normaliose sąlygose. Raskite apytikslį raketos greitį v antrosios minutės pabaigoje, jeigu aukštis virš Žemės paviršiaus tuo metu dar buvo mažas, palyginus su Žemės spinduliu.



Sprendimas

Pažymėkime simboliu a_y pagreičio projekciją į y ašį, nukreiptą stačiai aukštyn. Tuomet galėsime užrašyti

$$P = m(g + a_y),\ P_0 = mg,$$

kur m – raketos masė. Pasinaudoję šiais sąryšiais, brėžinyje pateiktą perkrovimą galėsime užrašyti taip:

$$v = \frac{P}{P_0} = 1 + \frac{a_y}{g},$$

iš kur gauname

$$a_y = g(n-1). \qquad (1)$$

Antra vertus, $a_y = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, iš kur, pasinaudoję (1), randame

$$\Delta v = g(n-1)\Delta t, \qquad (2)$$

kur Δv - greičio pokytis per laiką Δt. Suskaldę visą duotą laiko intervalą t_0 į eilę trumpų intervalų Δt_i, kiekvienam intervalui užrašę (2) tipo lygybę ir visas jas susumavę, gauname

$$v = v_0 + \sum_i \Delta v_i = v_0 + g\left(\sum_i n\Delta t_i - \sum_i \Delta t_i\right). \qquad (3)$$

Mūsų atveju pradinis greitis $v_0=0$, suma $S = \sum_i n\Delta t_i$ yra paveiksle duoto grafiko ir koordinačių ašių aprėžtos figūros plotas, o $\sum_i \Delta t_i = t_0$. Taigi laiko momentu t_0 raketos greitis

$$v = g(S - t_0). \qquad (4)$$

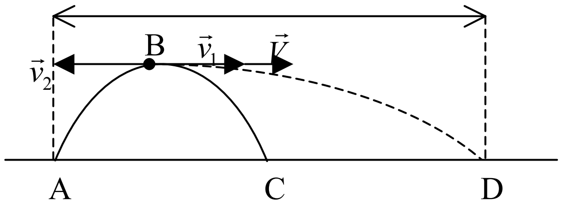
Susumavę intervale $t = [0,100]s$ sandaugas $n\Delta t_i$, randame S=240s. Kadangi t_0=120s, iš (4) turime

$$v \approx 1200 m/s.$$

Pastebėsime, kad nuo t=0 iki t=100s raketa kyla netolygiai greitėdama, o nuo t=100s iki t=120s taip pat kyla, bet judėjimas yra tolygiai lėtėjantis, nes, kaip seka iš (1), esant n=0, a_y=-g.

6. **Kaip visi pamena, kartą Miunhauzenas atsisėdo ant patrankos sviedinio ir skrido kartu su juo. Kai jis ėmė skristi gulsčiai 50m/s greičiu, sutiko tokio pat modulio greičiu ir taip pat gulsčiai lekiantį sviedinį į kitą pusę. Miunhauzenas peršoko ant pastarojo ir ta pačia trajektorija, kuria pakilo, grįžo atgal. Nusileidęs po 8s, išgirdo pirmojo sviedinio kritimo garsą. Sviedinio, kuriuo išskrido Miunhauzenas masė 20kg, Miunhauzeno masė 80kg. Oro pasipriešinimo nepaisykite. Į kokį didžiausią aukštį buvo pakilęs Miunhauzenas?**

Sprendimas



Sviedinių, o tuo pačiu ir Miunhauzeno, greičių v_1 ir v_2 modulius aukščiausiame trajektorijos taške B, prieš Miunhauzenui persėdant, pažymėkime v. Norėdamas grįžti ta pačia trajektorija, kuria pakilo, Miunhauzenas persėsdamas turi judėti tokiu pat greičiu, kaip antrasis sviedinys. Tai jis gali padaryti stipriai atsistumdamas nuo pirmojo sviedinio. Užrašysime šiam veiksmui judesio kiekio tvermės dėsnį

$$(m+M)v = mV - Mv, \tag{1}$$

kur M ir m – Miunhauzeno ir sviedinio masės, o V – pirmojo sviedinio greitis Miunhauzenui atsistūmus nuo jo. Iš (1) randame

$$V = v\left(1+\frac{2M}{m}\right). \tag{2}$$

Po persėdimo ir Miunhauzenas, ir pirmasis sviedinys pasiekia Žemę po laiko

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \tag{3}$$

kur h – taško B atstumas nuo Žemės paviršiaus. Kadangi Miunhauzenas ir pirmasis sviedinys tolsta vienas nuo kito greičiu, kurio modulis lygus (v+V), atstumas l tarp taškų A ir D, kuriuose atitinkamai nusileido Miunhauzenas ir sviedinys, bus

$$l = (v+V)t.$$

Pasinaudoję (2) ir (3), randame

$$l = 2v\left(1+\frac{M}{m}\right)\sqrt{\frac{2h}{g}}. \tag{4}$$

Atstumą l taip pat galime rasti, žinodami garso greitį v_g ir laiką t_g, per kurį pirmojo sviedinio kritimo garsas pasiekia tašką A:

$$l = v_g t_g. \tag{5}$$

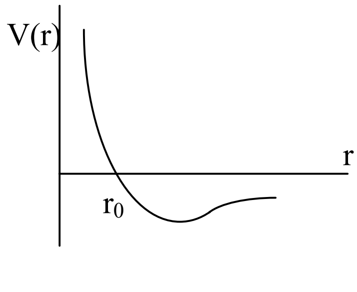
Sulyginę (4) ir (5), gauname

$$h = \frac{g v_g^2 t_g^2}{8v^2}\frac{m^2}{(m+M)^2}.$$

Įstatę sąlygoje duotus dydžius bei laikydami v_g=330m/s ir g=10m/s^2, randame

$$h = 139m.$$

7. **Brėžinyje pavaizduotas dujų molekulių sąveikos priklausomybės nuo jų tarpusavio atstumo grafikas. Dujos adiabatiškai išsiplečia tuštumon ir tampa idealiosiomis. Aprašykite, kaip, priklausomai nuo pradinės būsenos, keisis dujų temperatūra joms plečiantis.**



Sprendimas

Prieš išsiplėsdamos dujos buvo realiosios. Tai reiškia, jog molekulių sąveikos potencinė energija nebuvo lygi nuliui, o vidinė energija E_r susidėjo iš vidutinės kinetinės ir vidutinės potencinės energijų:

$$E_r = < E_k > + < E_p > . \qquad (1)$$

Dujoms išsiplėtus, kai jos tampa idealiosiomis, jų vidinė energija E_i lygi vidutinei molekulių judėjimo kinetinei energijai:

$$E_i = < E_k^{'} > . \qquad (2)$$

Kadangi dujos išsiplėtė adiabatiškai ir į tuštumą, tai vidinė energija nepakito:

$$E_r = E_i .$$

Arba, atsižvelgiant į (1) bei (2):

$$< E_k > + < E_p > = < E_k^{'} > . \qquad (3)$$

$< E_p >$ susideda iš atskirų molekulių porų sąveikos energijų. Todėl, jeigu pradiniai vidutiniai nuotoliai tarp molekulių $< d > < r_0 ,\ tai\ < E_p > > 0,$ ir iš (3) gauname

$$(< E_k >) < (< E_k^{'} >).$$

Tai reiškia, kad, dujoms plečiantis, temperatūra padidės

$$T_r < T_i .$$

Čia T_r ir T_i yra realiųjų ir idealiųjų dujų temperatūros.

Jeigu $(< d >) > r_0 ,\ tai\ (< E_p >) < 0, (< E_k >) > (< E_k^{'} >)$ ir

$$T_r > T_i .$$

t.y., šiuo atveju dujos besiplėsdamos ataušta.

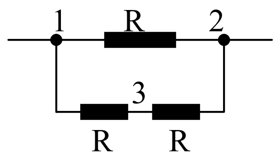
Jeigu $(< d >) = r_0 ,\ tai\ (< E_p >) = 0$ ir išsiplėtusių dujų temperatūra liks tokia pati.

8. Kiekvienas iš N taškų su kitu sujungtas varža R. Kam lygi grandinės varža tarp bet kurių dviejų taškų?

Sprendimas

Panagrinėkime, kokia bus grandinės varža esant skirtingam taškų skaičiui N. Jeigu N=2, tai akivaizdu, kad grandinės varža

$$R_2 = R.$$



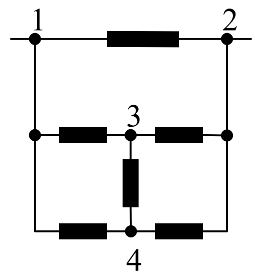
1 pav.

Kai N=3, varžų jungimo schema parodyta 1 pav. grandinės varža tarp taškų 1 ir 2 randama iš sąryšio

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R},$$

iš kur

$$R_3 = \frac{2}{3} R.$$



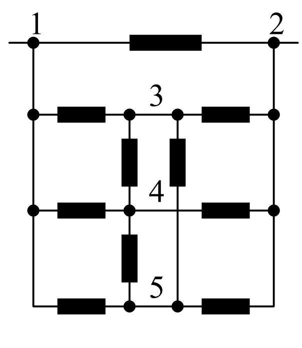
2 pav.

Kai N=4, varžų jungimo schemą galėsime pavaizduoti taip, kaip parodyta 2 pav. Matome, kad prijungus įtampą prie taškų 1 ir 2, taškai 3 ir 4 turi vienodą potencialą. Taigi su sujungimu tarp taškų 3 ir 4 galima nesiskaityti ir turime

$$\frac{1}{R_4} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R},$$

iš kur randame

$$R_4 = \frac{1}{2} R.$$



3 pav.

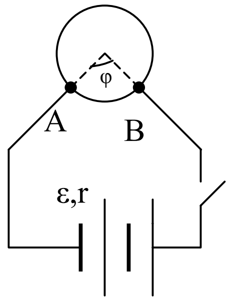
Kai N=5, varžų jungimo schema parodyta 3 pav. Ir vėl gavome, kad visų likusių taškų, išskyrus du, prie kurių prijungtas srovės šaltinis, potencialai yra lygūs. Todėl, skaičiuojant grandinės varžą, sujungimų tarp šių taškų galima neįskaityti. Gauname lyg tai grandinė susidėtų iš lygiagrečiai sujungtų varžos R ir trijų 2R dydžio varžų.

Analizuojant išnagrinėtus atskirus atvejus, pastebime, kad kiekvieno naujo taško pridėjimas srovės tekėjimo požiūriu veda dar prie vienos dviejų varžų grandinėlės lygiagretaus jungimo. Jeigu taškų yra N, tokių grandinėlių ekvivalentinėje schemoje bus (N-2). Taigi bendru atveju turime

$$\frac{1}{R_N} = \frac{1}{R} + \frac{N-2}{2R}.$$

Iš čia gauname

$$R_N = \frac{2}{N} R.$$

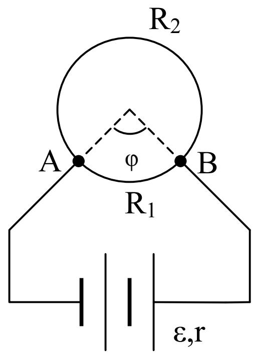


9. Iš vielos, kurios varža R_0=16 Ω, padarytas 5 cm spindulio žiedas. Žiedas prijungtas prie ε=20 V EVJ ir r=3 Ω vidinės varžos srovės šaltinio. Koks turi būti centrinis kampas φ, kurį nusako slankiųjų kontaktų A ir B padėtis, kad srovės galia P žiede būtų didžiausia?

<u>Sprendimas</u>

<u>Pirmas būdas.</u>

Išorinė grandinė susideda iš lygiagrečiai sujungtų varžų R_1 ir R_2, kurios per visos vielos varžą R_0 ir centrinio kampo φ dydį išsireiškia taip:



$$\left.\begin{aligned} R_1 &= \frac{\varphi}{2\pi} R_0, \\ R_2 &= \frac{2\pi - \varphi}{2\pi} R_0. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Pasinaudoję (1), gauname, kad grandinės varža tarp taškų A ir B

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\varphi(2\pi - \varphi)}{4\pi^2} R_0. \qquad (2)$$

Esant tokiai varžai, grandinėje tekės srovė:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{4\pi^2 \varepsilon}{\varphi(2\pi - \varphi)R_0 + 4\pi^2 r}, \qquad (3)$$

o srovės išskiriama galia žiede bus

$$P = I^2 R = 4\pi^2 \varepsilon^2 R_0 \frac{\varphi(2\pi - \varphi)}{[\varphi(2\pi - \varphi)R_0 + 4\pi^2 r]^2}. \qquad (4)$$

Norėdami nustatyti φ vertę, kuriai esant P yra maksimalus, surandame galios išvestinę pagal kampą ir ją prilyginame nuliui, gauname lygtį:

$$1 - \frac{2\varphi(2\pi - \varphi)R_0}{\varphi(2\pi - \varphi)R_0 + 4\pi^2 r} = 0.$$

Pertvarkome ją ir suvedame į kvadratinę lygtį:

$$\varphi^2 - 2\pi\varphi + 4\pi^2 \frac{r}{R_0} = 0. \qquad (5)$$

Jos sprendiniai

$$\varphi_{1,2} = \pi\left[1 \pm \sqrt{1 - 4\frac{r}{R_0}}\right].$$

Matome, kad sprendiniai bus realūs tik tuomet, kai

$$R_0 \geq 4r.$$

Sąlygoje pateikti duomenys šią nelygybę patenkina. Apskaičiavę gauname

$$\varphi_1 = 270^0,$$

$$\varphi_2 = 90^0.$$

Paminėsime, kad sąlygoje duoti duomenys apie šaltinio EVJ ir žiedo spindulį nereikalingi.

Antras būdas. Pažymime išorinės grandinės varžą R. Tuomet srovės stiprumas grandinėje

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

o srovės išskiriama galia

$$P = I^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2}.$$

Rasime, kokiai varžai R esant, galia yra didžiausia. Tuo tikslu suieškosime išvestinę dP/dR ir prilyginsime ją nuliui:

$$\frac{dP}{dR} = \varepsilon^2 \left[\frac{1}{(R + r)^2} - \frac{2R}{(R + r)^3} \right] = 0.$$

Išsprendę šią lygtį, randame

$$R = r. \qquad (6)$$

Gavome, kad maksimalų galingumą šaltinis atiduoda išorinei grandinei, kai jos varža lygi šaltinio vidaus varžai. Pasinaudoję (2), iš (6) turime

$$\frac{\varphi(2\pi - \varphi)}{4\pi^2} R_0 = r.$$

Nesunku įsitikinti, kad ši lygtis tapatinga (5).

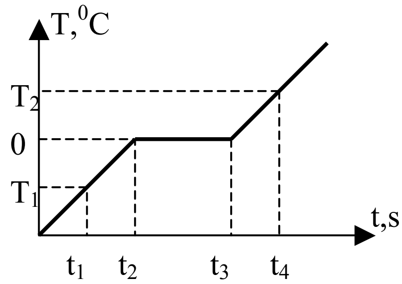
Eksperimentas

10. Užduotis: Nustatykite ledo savitąją ir savitąją lydymosi šilumas.

Priemonės: Metalinis indas su susmulkintu ledu, termometras, sekundometras, skystas azotas. Vandens savitoji šiluma c_V=4190J/kg·K.

Sprendimas

Į metalinį indą įberiame susmulkinto ledo ir įpilame skysto azoto tiek, kad ledas atšaltų maždaug iki -10^{0}C. Įstatome termometrą, palaukiame, kol tarp termometro ir ledo nusistovės pusiausvyra, ir įjungiame sekundometrą. Kad visame inde temperatūra būtų kuo vienodesnė, termometru ledo gabalėlius kartkartėmis pamaišome. Kad tam tikrą laiką fiksuojame termometro parodymus. Pasinaudoję šiais duomenimis, nubrėžiame temperatūros priklausomybės nuo laiko grafiką. Toks grafikas schematiškai pavaizduotas paveiksle. Jame aiškiai išsiskiria trys sritys.



Pradžioje ledas šyla ir temperatūra auga. Tai tęsiasi tol, kol laiko momentu t_2 temperatūra pasiekia 0^{0}C ir ledas pradeda tirpti. Toliau visą laiką, kol vyksta tirpimo procesas, jeigu vandens ir ledo mišinys gerai maišomas, temperatūra nekinta. Pagaliau laiko momentu t_3, kai visas ledas ištirpsta, temperatūra vėl ima augti, nes pradeda šilti vanduo.

Ledo temperatūrą Celsijaus skalėje laiko momentu t_1 pažymėkime T_1, o vandens temperatūrą laiko momentu t_4 – T_2. Tuomet visiems trims paminėtiems procesams šilumos balanso lygtis galėsime užrašyti taip:

$$q_1(t_2 - t_1) = mc_L \,|\, T_1 \,|, \qquad (1)$$

$$q_2(t_3 - t_2) = \lambda m, \qquad (2)$$

$$q_3(t_4 - t_3) = mc_V T_2, \qquad (3)$$

kur c_L – ledo savitoji šiluma, λ – ledo savitoji lydimosi šiluma, m – ledo masė, o q_1, q_2 ir q_3 – šilumos kiekiai, pritekantys per laiko vienetą iš aplinkos į indą atitinkamo proceso metu. Žinoma, kad pastarieji dydžiai yra proporcingi aplinkos ir tiriamosios medžiagos temperatūrų skirtumui. Taigi q_2 laikui bėgant nekis, o q_1 ir q_3 - mažės. Su q_1 ir q_3 galima nesiskaityti tik tuo atveju, kai galioja nelygybės $|T_1| << T_a$, $T_2 << T_a$, kur T_a – aplinkos temperatūra. Kadangi šias sąlygas eksperimente sunku realizuoti, uždavinį sprendžiame taip:

$$q_1 = k(T_a - \overline{T_1}), \tag{4}$$

$$q_2 = kT_a, \tag{5}$$

$$q_3 = k(T_a - \overline{T_2}), \tag{6}$$

kur k – proporcingumo koeficientas, $\overline{T_1}$ - ledo vidutinė temperatūra laiko intervale (t_2-t_1), $\overline{T_2}$ - vandens vidutinė temperatūra laiko intervale (t_4-t_3). Jeigu T_a=20^{0}C ir parenkame palyginus nedideles $|T_1|$ ir T_2 vertes, sakykime, neviršijančias 5^{0}C, pakankamai geru tikslumu galioja lygybės

$$\overline{T_1} = \frac{1}{2}T_1, \tag{7}$$

$$\overline{T_2} = \frac{1}{2}T_2. \tag{8}$$

Pasinaudoję (4) - (8), vietoje (1) – (3) gauname

$$k(T_a + \frac{1}{2}|T_1|)(t_2 - t_1) = mc_L\,|T_1|, \tag{9}$$

$$kT_a(t_3 - t_2) = \lambda m, \tag{10}$$

$$k(T_a - \frac{1}{2}T_2)(t_4 - t_3) = mc_V T_2. \tag{11}$$

(9) bei (10) lygybes padalinę iš (11), atitinkamai randame

$$c_L = c_V \frac{T_2}{|T_1|} \frac{T_a + \frac{1}{2}|T_1|}{T_a - \frac{1}{2}T_2} \frac{t_2 - t_1}{t_4 - t_3},$$

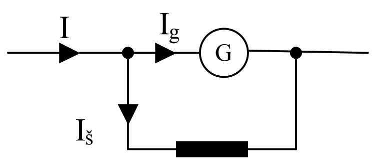
$$\lambda = c_V \frac{T_2 T_a}{T_a - \frac{1}{2}T_2} \frac{t_3 - t_2}{t_4 - t_3}.$$

Primename, kad užrašant formules turėta omenyje, jog temperatūra matuojama Celsijaus skalėje.

11. <u>Užduotis:</u> Parinkdami šuntą, praplėskite galvanometro matavimo ribas iki 300mA.
<u>Priemonės:</u> Srovės šaltinis (4V), galvanometras, kurio matavimo ribos 100 - 500µA, su žinoma vidaus varža, reostatas (4,7kΩ), tiksli varža (10Ω), laidas šuntui, jungiamieji laidai, jungtukas, liniuotė.

<u>Sprendimas</u>

Galvanometro matavimo ribą pažymėkime I_g, o matavimo ribą, esant šuntui – I. Pasinaudoję 1 pav. parodyta schema, apskaičiuojame, kokios varžos šuntas mums reikalingas. Tam panaudojame gerai žinomus dėsnius



1 pav.

$R_š$

$$I_g R_g = I_{\square} U_{\square},$$

$$I = I_g + I_{\square},$$

I

kur R_g – galvanometro vidaus varža. Iš šių dviejų lygybių seka

$$R_{\square} = R_g \frac{I_g}{I - I_g}. \tag{1}$$

Belieka eksperimentiškai nustatyti, kokio ilgio laido atkarpą reikia įjungti kaip šuntą. Tam turime sužinoti viso šuntui duoto laido varžą R_x, išmatuoti šio laido ilgį ir lygiagrečiai galvanometrui įjungti ilgio

$$l = L\frac{R_{\square}}{R_x} \tag{2}$$

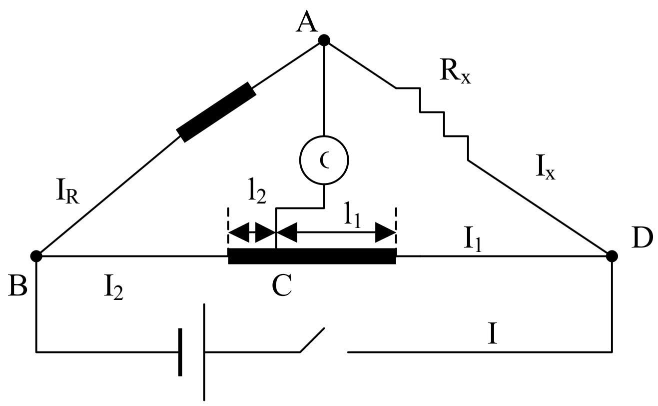
atkarpą. R_x galime rasti, pasinaudodami 2 pav. pavaizduota tiltelio schema. Keisdami reostato judamojo kontakto padėtį, pasiekiame, kad per galvanometrą srovė netekėtų. Tai reikš, kad taškų A ir C potencialai lygūs, t.y., $U_{AB} = U_{BC}$ ir $U_{AD} = U_{AC}$. Šias lygybes galime užrašyti taip

$$I_R R = I_2 \rho l_2, \quad (3)$$

$$I_x R_x = I_1 \rho l_1, \quad (4)$$

kur ρ – reostato varža, tenkanti ilgio vienetui, o kiti dydžiai nurodyti 2 pav. Padalinę (3) iš (4) turėdami omenyje, kad $I_x = I_R$ bei $I_1 = I_2$, randame

$$R_x = R\frac{l_1}{l_2}. \quad (5)$$



2 pav.

Pasinaudoję (1) ir (5), gauname galutinę formulę l nustatymui

$$l = L\frac{l_2}{l_1}\frac{R_g}{R}\frac{I_g}{I - I_g}.$$

Užduotys ir sprendimai skelbiami iš leidinio:

TRISDEŠIMT ŠEŠTOJI JAUNŲJŲ FIZIKŲ OLIMPIADA. *Parengė V. Dienys*

Pastaba: ši informacija interneto svetainėje www.olimpas.lt skelbiama nuo 2006 03 28.