

54-oji Lietuvos moksleivių fizikos olimpiada
9 klasės užduotys

1. L ilgio greitasis traukinys prasilenkia su $2L$ ilgio keleiviniu traukiniu per laiką $t_1 = 9$ s. Abiejų traukinių greičiai vienodi. Po to greitasis traukinys prasilenkia su $4L$ ilgio prekinio traukiniu, važiuojančiu dvigubai mažesniu greičiu. Per kiek laiko prasilenks greitis ir prekinis traukiniai?

Sprendimas

Atskaitos sistemą susiejame su greituoju traukiniu. Tokioje atskaitos sistemoje keleivinio traukinio greitis:

$$v_1 = 2v. \quad (1)$$

Per laiką t_1 keleivinis traukinys nuvažiuoja $3L$ atstumą.

Todėl galime parašyti, kad

$$3L = 2vt_1. \quad (2)$$

Greitasis traukinys su prekinio traukiniu prasilenks per laiką t_2 ir prekinis traukinys nuvažiuos atstumą $5L$. Prekinis traukinys judės greičiu $3v$.

Todėl galime parašyti:

$$5L = \frac{3}{2} vt_2. \quad (3)$$

(3) padalinę iš (2), gauname:

$$t_2 = \frac{20}{9} t_1$$

$$t_2 = 20 \text{ s.}$$

2. $L = 1$ m ilgio strypas guli ant horizontalaus paviršiaus. Trinties nėra. Vienodais $\ell = 40$ cm atstumais nuo abiejų galų, strypą pradeda veikti jėgos $F_1 = 10$ N ir $F_2 = 15$ N. Jėgos yra priešingų krypčių, statmenos strypui ir lygiagrečios su horizontaliu paviršiumi. Kurioje vietoje ir kokio dydžio jėga F_3 reikia veikti strypą, kad jį išlaikyti pusiausvira? Kaip pasikeistų atsakymas, jeigu jėgos F_1 ir F_2 būtų vienodo dydžio?

Sprendimas

Akivaizdu, kad strypas neslinks tik tokiu atveju, jei jėga F_3 bus lygi:

$$F_3 = F_2 - F_1$$

$$F_3 = 5 \text{ N.}$$

Šios jėgos kryptis turi sutapti su mažesniosios jėgos kryptimi. Kad strypas nesisuktų, jėga F_3 turi veikti strypą taške C , esančiame į dešinę nuo didesnės jėgos (Visais kitais atvejais strypas sukasi).

Tegul jėga F_3 veikia taške C , esančiame atstumu x nuo dešiniojo strypo galo. Užrašome jėgos momentų taisyklę taško C atžvilgiu:

$$F_1(L - \ell - x) = F_2(\ell - x).$$

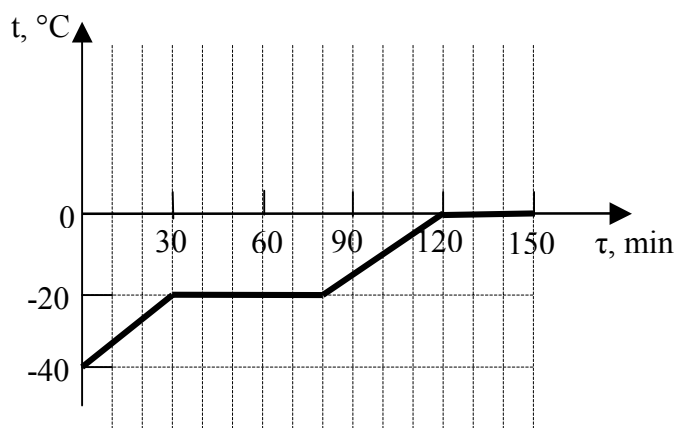
Iš čia:

$$x = \frac{F_2 \ell - F_1(L - \ell)}{F_2 - F_1}$$

$x = 0$, t.y. reikia veikti dešinįjį strypo galą.

Jeigu jėgos F_1 ir F_2 yra lygios (strypą veikia jėgų dvejetas), tai $x \rightarrow \infty$, t.y. strypo negalima išlaikyti pusiausvyroje veikiant bet kokio dydžio jėga.

3. Kalorimetre yra $m = 1$ kg masės ledo ir $m_x = 0,5$ kg masės tiriamosios kietosios medžiagos. Pradinė temperatūra $t_0 = -40$ °C. Kalorimetras pradamas šildyti pastovios galios šildytuvu. Abiejų kūnų temperatūros priklausomybės nuo laiko grafikas pavaizduotas paveiksle. Tiriamosios kietosios medžiagos savitoji šiluma $c_x = 10^3$ J/(kg · °C), ledo savitoji šiluma $c = 2,1 \cdot 10^3$ J/(kg · °C). Apskaičiuokite tiriamosios medžiagos savitąją lydymosi šilumą λ_x ir šios medžiagos, esančios skystajame būvyje, savitąją šilumą c_{1x} . Šilumos nuostolių ir kalorimetro šiluminės talpos nepaisykite.



Sprendimas

Pirmąsias $\tau_1 = 30$ min šildytuvo išskirtas šilumos kiekis yra suvartojamas ledui ir tiriamajai medžiagai šildyti (abi medžiagos yra kietosios būsenos). Šildytuvo išskirtas šilumos kiekis

$$Q_1 = q \tau_1,$$

čia q – šilumos kiekis, kurį išskiria šildytuvas per laiko vienetą.

Pagal energijos tvermės dėsnį

$$q \tau_1 = cm \Delta t_1 + c_x m_x \Delta t_1, \quad (1)$$

čia $\Delta t_1 = 20^\circ\text{C}$.

Nuo 30 min iki 80 min tiriamoji medžiaga lydosi. Visas šildytuvo išskirtas šilumos kiekis suvartojamas tiriamajai medžiagai lydėti

$$q \tau_2 = \lambda_x m_x, \quad (2)$$

čia $\tau_2 = 50$ min.

Nuo 80 min iki 120 min šildytuvo išskirtas šilumos kiekis suvartojamas ledui ir išlydytai tiriamajai medžiagai šildyti.

$$q \tau_3 = cm \Delta t_2 + c_{1x} m_x \Delta t_2, \quad (3)$$

čia $\Delta t_2 = 20^\circ\text{C}$, $\tau_3 = 40$ min.

Iš (1) ir (2) lygčių gauname, kad

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{cm \Delta t_1 + c_x m_x \Delta t_1}{\lambda_x m_x}.$$

Iš čia:

$$\lambda_x = \frac{\tau_2 (cm + c_x m_x) \Delta t_1}{\tau_1 m_x}$$

$$\lambda_x = 1,73 \cdot 10^5 \text{ J/kg.}$$

Iš (1) ir (3) lygčių gauname, kad

$$\frac{\tau_1}{\tau_3} = \frac{cm \Delta t_1 + c_x m_x \Delta t_1}{cm \Delta t_2 + c_{1x} m_x \Delta t_2}.$$

Iš čia:

$$c_{1x} = \frac{\tau_3 (cm + c_x m_x) \Delta t_1 - \tau_1 cm \Delta t_2}{\tau_1 m_x \Delta t_2}$$

$$c_{1x} = 2,73 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C).}$$

4. Po pamokos „Nuolatinės srovės galia“, Jonukas ir Marytė gavo užduotį pagaminti šildytuvą, kuriuo per laiką $\tau = 7$ min būtų galima užvirinti $m = 200$ g masės $t = 20$ °C temperatūros vandens. Mokytojas vaikams pasakė, kad jie namuose apskaičiuotų, kiek reiktų $d = 0,4$ mm skersmens nichrominės vielos šildytuvo gamybai. Nichromo savitoji varža $\rho = 110 \cdot 10^{-8}$ Ω m. Mokytojas priminė, kad fizikos kabinete naudojamas $U = 42$ V įtampos šaltinis, o jungiamųjų laidų bendra varža $r = 0,5$ Ω . Kitą dieną mokiniai atnešė savo skaičiavimus. Abiejų rezultatai buvo skirtingi. Jonukas gavo mažesnę vielos ilgį, Marytė – didesnę. Mokytojas, pažiūrėjęs į mokinių skaičiavimus pasakė, kad abiejų skaičiavimai geri, tačiau praktiškai galima panaudoti tik vieną rezultatą. Kokius vielos ilgius gavo Jonukas ir Marytė? Kurio moksleivio gautas rezultatas nenaudojamas praktikoje? Kodėl?

Sprendimas

Norint užvirinti vandenį per laiką τ , šildytuvo galia turi būti

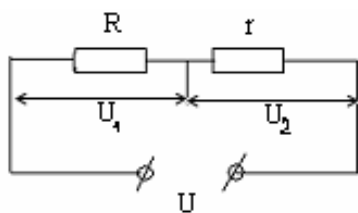
$$P = \frac{Q}{\tau},$$

čia Q - šilumos kiekis, reikalingas vandeniui pašildyti nuo 20 °C iki 100 °C temperatūros.

$$Q = cm\Delta t$$

$$P = \frac{cm\Delta t}{\tau}, \quad \underline{P = 160W}.$$

Kadangi jungiamieji laidai turi varžą, tai dalis šaltinio įtampos kris ant jungiamųjų laidų.



R – šildymo varža, r – jungiamųjų laidų varža.

Šildytuvo galia

$$P = IU_1 = I^2R; \quad (1)$$

čia I – srovės stipris grandinėje.

Pagal Omo dėsnį srovės stipris

$$I = \frac{U}{R + r}. \quad (2)$$

(2) lygtį įrašę į (1), gauname, kad

$$P = \frac{U^2R}{(R + r)^2}. \quad (3)$$

Iš čia šildytuvo varža:

$$PR^2 - R(U^2 - 2Pr) + Pr^2 = 0.$$

$$R = \frac{(U^2 - 2Pr) \pm U\sqrt{U^2 - 4Pr}}{2P}; \quad R_1 = 10 \Omega \quad \text{ir} \quad R_2 = 0,025 \Omega.$$

Varžą R atitinka vielos ilgis:

$$\ell = \frac{RS}{\rho} = \frac{\pi d^2 R}{4\rho}.$$

Marytės apskaičiuotas vielos ilgis $\ell_1 = 1,14$ m, o Jonuko $\ell_2 = 3 \cdot 10^{-3}$ m.

Praktikoje nenaudojamas Jonuko gautas rezultatas, kadangi esant $\ell_2 = 3 \cdot 10^{-3}$ m laido ilgiui srovės stipris grandinėje būtų

$$I = \frac{U}{R + r}. \quad I = 80 \text{ A. Tai nerealu.}$$