ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“

Fotonas

MECHANIKA. ŠILUMA. ELEKTRA

2010 08 (493)

ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“

Lina Senkuvienė, Violeta Šlekienė, Romas Senkus

MECHANIKA. ŠILUMA. ELEKTRA

I KURSO UŽDUOTYS IR METODINIAI NURODYMAI
2010 08 (493)

Metodinė priemonė
2010–2011 mokslo metai

Šiauliai 2010

Leidžiama nuo 1972 m.
Leidinių periodiškumas – 15 per metus.

Leidinį parengė:
I turo metodinius nurodymus ir užduotis – Lina Senkuvienė,
II turo metodinius nurodymus ir užduotis – Violeta Šlekienė,
III turo metodinius nurodymus ir užduotis – Romas Senkus.

Recenzavo: doc. dr. Loreta Ragulienė,
mokytoja Irma Bolskytė.

Šiaulių universiteto Gamtos mokslų fakulteto tarybos rekomenduota 2010-06-17 (protokolo Nr. 7).

© Šiaulių universitetas, 2010

SVEIKINAME MOKSLEIVIUS, ĮSTOJUSIUS Į „FOTONO“ MOKYKLĄ!

Šiaulių universiteto jaunųjų fizikų mokykla „Fotonas“, siekianti padėti moksleiviams geriau pasirengti iš fizikos, ypatingą dėmesį skiria fizikos uždaviniams bei bandymams. Per ketverius metus reikės įveikti 11 turų, atlikti 220 įvairių užduočių. Kiekviename ture bus po kelis eksperimentinius uždavinius, kuriems atlikti reikalingos nesudėtingos priemonės. Mokyklinio eksperimento priemonių prašykite savo fizikos mokytojo(s). Po dvejų mokslo metų (baigus II kursą) bus įteikti „Fotono“ mokyklos pirmosios pakopos baigimo pažymėjimai. Tiems moksleiviams, kurie 4 metus reguliariai siųs uždavinių sprendimus, bus įteikti „Fotono“ mokyklos baigimo diplomai.

Kad būtų lengviau tvarkyti apskaitą, skaičiuoti ir registruoti balus, „Fotono“ mokyklos taryba reikalauja atitinkamai įforminti sprendimus bei atsakymus. Kiekvienas fotonietis gauna atskirą nuolatinį šifrą.

Jūsų šifras „Fotono“ mokykloje yra .....

Sąsiuvinio viršelyje užrašykite savo šifrą, miestą (rajoną), mokyklą, klasę, vardą, pavardę, fizikos mokytojo(s) vardą, pavardę, pvz.:

48010 Šiaulių Dainų vidurinės mokyklos
9 klasės mokinio
Dariaus Masalskio
I kurso I turo uždavinių sprendimai
Fizikos mokytoja Rasa Linkienė

Visus uždavinius spręskite iš eilės. Jei kuris nors uždavinys „nepasiduoda“, eilės tvarka užrašykite jo numerį ir ties juo padėkite brūkšnį. Tarp atskirų uždavinių palikite nedidelį tarpelį, o uždavinių numerius paryškinkite. Jei sprendimai netelpa viename sąsiuvinyje, rašykite kitame, prieš tai juos gerai kokiu nors būdu sutvirtinę.

Kiekvieno turo sprendimams įvertinti atskirame lape nubraižykite įskaitos lapą – standartinę lentelę. Viršutinėje lapo dalyje būtinai užrašykite savo vardą ir pavardę bei namų adresą. Likusioje dalyje nubrėžkite lentelę pagal pridedamą pavyzdį:

Šifras 48010	Darius Masalskis, Aido g. 5-50 78260 Šiauliai		
I turas		Įvertinimas	
Nr.	Atsakymai	Nr.	Atsakymai
1.		11.	
2.		12.	
3.		13.	
4.		14.	
5.		15.	
6.		16.	
7.		17.	
8.		18.	
9.		19.	
10.		20.	

Savo šifrą įrašykite į jam skirtą langelį. Neįrašius šifro, darbas gali būti neįvertintas ir pretenzijos nebus priimamos. Atskiriems uždaviniams atskiruose langeliuose įrašykite skaitinius ir raidinius atsakymus. Grafinių ir žodinių atsakymų rašyti į langelius nereikia, parašykite „žr. sąsiuvinyje“.

Kiekvienas turo uždavinys vertinamas „+“, „±“ ir „–“.

Kiekvieno turo pažymį lems balų skaičius (B) už visus to turo uždavinius pagal tokią schemą:

10 (*puikiai*), kai $B \geq 40$,
9 (*labai gerai*), kai $32 \leq B < 40$,
8 (*gerai*), kai $24 \leq B < 32$,
7 (*vidutiniškai*), kai $16 \leq B < 24$,
6 (*patenkinamai*), kai $12 \leq B < 16$,
5 (*pakankamai patenkinamai*), kai $10 \leq B < 12$,
4 (*silpnai*), kai $8 \leq B < 10$.

Atitinkamas įvertinimas bus įrašytas „Fotono“ mokyklos baigimo diplome.

„Fotono“ taryba naujuosius moksleivius įspėja:

1. Sąsiuvinius su sprendimais siųskite paprastu arba registruotu laišku.
2. Siųskite nevėluodami: už kiekvieną pavėluotą (pagal pašto žymą) dieną mažinsime balus. Dėl rimtų priežasčių (liga ar pan.) pavėluoti sprendimai bus priimami tik pateikus gydytojo pažymą.

Neatsiuntusieji kurių nors dviejų iš eilės turų užduočių sprendimų be pateisinamos priežasties ir nesumokėję metinio mokesčio šalinami iš mokyklos be atskiro pranešimo.

Visų kurso turų užduočių sprendimų atsiuntimo terminai:

I turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2010-12-01,
II turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2011-02-20,
III turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2011-04-25.

Sąsiuvinius su sprendimais siųskite adresu:

„Fotonui“
Šiaulių universitetas
P. Višinskio g. 19,
LT-76351 Šiauliai

Teirautis tel./faks. (8 ~ 41) 59 57 24
El. pašto adresas fotonas@fm.su.lt
Interneto puslapis: www.fotonas.su.lt
I kurso kuratorė Diana Adomaitytė
El. pašto adresas diana@fotonas.su.lt

LINKIME SĖKMĖS!

„Fotono“ taryba

I TURAS

MECHANINIS JUDĖJIMAS. DARBAS. GALIA. ENERGIJA

Sprendžiant šio turo uždavinius, reikia prisiminti 8 klasės fizikos kursą. Šias temas galite prisiminti, pakartoti „Fotono“ interneto svetainėje www.fotonas.su.lt, ieškoti: mokomųjų programų svetainės.

Metodiniai nurodymai

Kūnų padėties kitimas kitų kūnų atžvilgiu vadinamas **mechaniniu judėjimu**. Linija, kuria kūnas juda, vadinama kūno judėjimo **trajektorija.** Pagal jos formą kūnų judėjimas skirstomas į *tiesiaeigį* ir *kreivaeigį*. Pagal greitį kūno judėjimas skirstomas į *tolyginį* ir *netolyginį*. Todėl pagal trajektoriją ir greitį judėjimas gali būti:

- *tolyginis tiesiaeigis,*
- *netolyginis tiesiaeigis,*
- *tolyginis kreivaeigis,*
- *netolyginis kreivaeigis.*

Norint nustatyti kūno padėtį erdvėje ir laike reikalinga **atskaitos sistema**, kurią sudaro atskaitos kūnas, koordinačių sistema ir laiko matavimo prietaisas.

Tiesiaeigio ir tolyginio judėjimo metu kūnas juda tiesiai ir per vienodus laiko tarpus nueina vienodą atstumą. Šiuo atveju judėjimo greitis yra pastovus dydis ir lygus

$$v = \frac{s}{t}; \qquad (1.1)$$

čia s – nueitas kelias, t – sugaištas laikas.

Pagrindinis greičio matavimo vienetas tarptautinėje vienetų sistemoje (SI) yra metras per sekundę:

$$[v] = \frac{1\,\mathrm{m}}{1\,\mathrm{s}} = 1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

Keliu laikome ilgį trajektorijos, kuria judėjo kūnas. Iš (1.1) lygties kelias

$$s = vt, \tag{1.2}$$

o laikas

$$t = \frac{s}{v}. \tag{1.3}$$

Praktikoje kūno judėjimą neretai laikome beveik tolyginiu, pavyzdžiui, automobilio ar traukinio judėjimą dideliais atstumais. Jų judėjimas kinta, tenka sustoti ir vėl pradėti judėti. Visdėlto turime galvoje jų judėjimo greitį kaip pastovų dydį, taip suprasdami jų judėjimo **vidutinį greitį**:

$$\bar{v} = \frac{s}{t}; \tag{1.4}$$

čia visas nueitas kelias $s = s_1 + s_2 + s_3 + \ldots + s_n$,
ir visas sugaištas laikas $t = t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n$.

Tolygiai kintamo judėjimo greitis pastoviai kinta – didėja arba mažėja. Kai kūno greitis per lygius laiko tarpus pakinta vienoda verte Δv, toks judėjimas vadinamas **tolygiai kintamu**. Gamtoje ir technikoje galime rasti judėjimų, artimų tolygiai kintamam judėjimui: kūnų kritimas, stabdomo automobilio judėjimas ir kt.

Dydis, apibūdinantis greičio kitimo spartą, vadinamas **pagreičiu**:

$$a = \frac{v - v_0}{t}; \tag{1.5}$$

čia a – kūno pagreitis, v_0 – pradinis greitis, v – galinis greitis, t – laikas.

Pagreičio matavimo vienetas (SI) yra metras per sekundę kvadratu:

$$[a] = 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} : 1\,\mathrm{s} = 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Iš (1.5) lygties greitis

$$v = v_0 + at. \tag{1.6}$$

Kai greitis didėja – $v > v_0$, tai $a > 0$.
Kai greitis mažėja – $v < v_0$, tai $a < 0$.

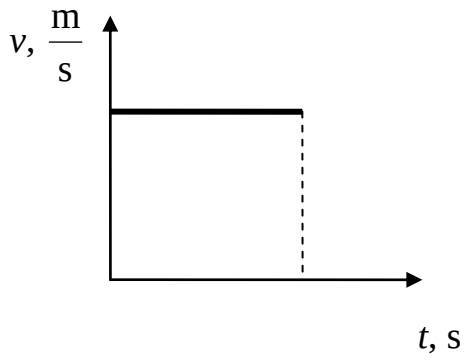
Tada greičio formules užrašome taip:

$$v = v_0 + at,$$

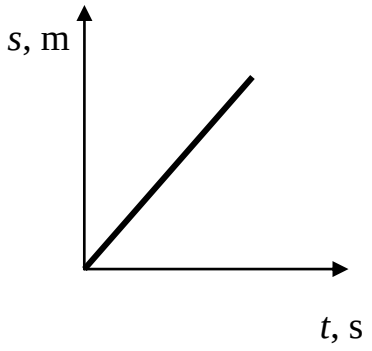
$$v = v_0 - at.$$

Šiomis formulėmis patogu naudotis, kai žinome judėjimo pobūdį – greitis didėja ar mažėja. Jeigu kūnas pradeda judėti iš rimties būsenos, formulėse nelieka nario su pradiniu greičiu. Tada $v = at$. Jei žinome, kad kūnas sustojo, vadinasi, $v = 0$, o $a < 0$, tada judėjimo lygtis $0 = v_0 - at$.

Kūno judėjimą galime pavaizduoti grafiku:

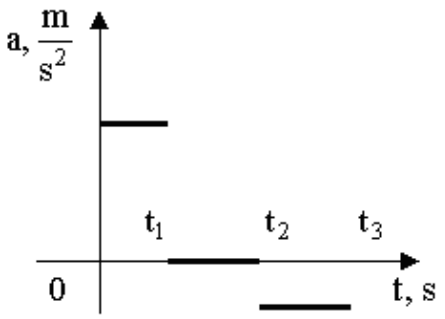


Greičio priklausomybės nuo laiko grafikas $v = f(t)$

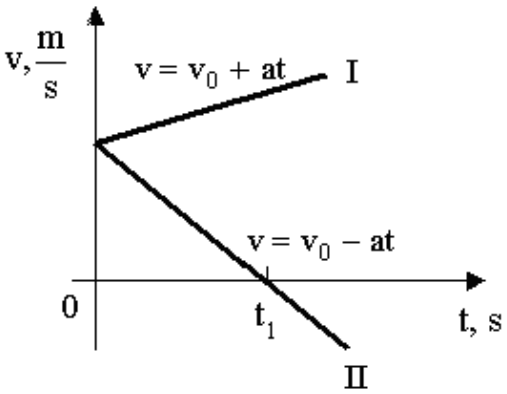


Kelio priklausomybės nuo laiko grafikas $s = f(t)$

1.1 pav. Tiesiaeigio ir tolyginio judėjimo grafikai ($v = const$, $a = 0$, $s = vt$)



Pagreičio priklausomybės nuo laiko grafikas $a = f(t)$.
Nuo 0 iki t_1 $a > 0$. Kūnas greitėja.
Nuo t_1 iki t_2 $a = 0$. Kūnas juda tolygiai arba nejuda.
Nuo t_2 iki t_3 $a < 0$. Kūnas lėtėja.



Greičio priklausomybės nuo laiko grafikas $v = f(t)$.
Kai $a > 0$, kūno greitis tolygiai didėja. Kai $a < 0$, kūno greitis mažėja.
Laiko momentu t_1 II kūnas sustoja, $v = 0$ ir toliau keičia judėjimo kryptį.

1.2 pav. Tiesiaeigio tolygiai kintamo judėjimo grafikai

$$(a = const,\ \ a = \frac{v - v_0}{t},\qquad v = v_0 + at)$$

Tolygiai kintamo judėjimo atveju kelią skaičiuojame pagal formulę:

$$s = v_{\text{vid}} t, \qquad (1.7)$$

o vidutinį greitį:

$$v_{\text{vid}} = \frac{v + v_0}{2}. \qquad (1.8)$$

Į (1.7) įrašę (1.8) ir (1.6) formules, gausime tolygiai kintamai judančio kūno nueitą kelią:

kūnui tolygiai greitėjant – $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$, (1.9)

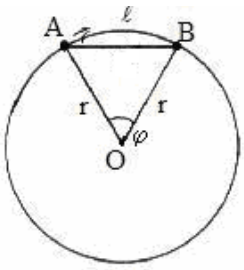
kūnui tolygiai lėtėjant – $s = v_0 t - \frac{at^2}{2}$. (1.10)

Gamtoje stebime įvairius judėjimus, kurių trajektorija yra kreivė. Kiekvienos kreivės atskirus lankus galima nagrinėti kaip kūno judėjimą apskritimais su skirtingais spinduliais (1.3 pav.).

1.3 pav.

Tarkime, kad kūnas (materialusis taškas) juda pastoviu greičiu iš taško A į B ilgio ℓ lanku.

Apskritimo spindulys *r* pasisuka **posūkio kampu** φ (1.4 pav.). Posūkio kampas (SI) matuojamas radianais (rad). **Radianas** yra toks *kampas tarp dviejų spindulių, kai lanko ilgis* ℓ *lygus spinduliui r*. Apskritimo ilgis $\ell = 2\pi r$, vadinasi, $360^o = 2\pi$ rad. Išreiškus laipsniais, 1 rad = $57{,}3^o$. Kampą φ matuojant radianais,



1.4 pav.

$$\varphi = \frac{\ell}{r}, \qquad \ell = \varphi r. \qquad (1.11)$$

Kūnui judant apskritimu lanko ilgis ℓ atitinka kelio sąvoką. Apskritimu judančio kūno greitis vadinamas **linijiniu greičiu**:

$$v = \frac{\ell}{t}. \qquad (1.12)$$

Kai kūnas juda apskritimu pastoviu greičiu, tai posūkio kampo ir atitinkamo laiko santykis išreiškia spindulio sukimosi **kampinį greitį** ω (gr. *omega*):

$$\omega = \frac{\varphi}{t}. \qquad (1.13)$$

Kampinis greitis (SI) matuojamas radianais per sekundę:

$$[\omega] = 1\,\frac{\text{rad}}{\text{s}}.$$

Nesunku rasti tarp šių greičių ryšį:

$$v = \frac{\ell}{t} = \frac{\varphi\, r}{t}.$$

. (1.14)

Laikas, per kurį kūnas apsisuka apskritimu, vadinamas **periodu** ir žymimas *T*. Jei sukimosi laikas *t* ir kūnas apsisuko *N* kartų, tai

$$T = \frac{t}{N}. \qquad (1.15)$$

Periodas T matuojamas sekundėmis. [*T*] = 1 s.

Kūno apsisukimų apskritimu skaičius per 1 s vadinamas **dažniu**. Jeigu per laiką *t* kūnas apsisuko *N* kartų, tai sukimosi dažnis

$$n = \frac{N}{t}. \qquad (1.16)$$

Dažnis matuojamas apsisukimais per sekundę. Dažnio matavimo vienetas yra

$$[n] = 1\,\frac{\text{suk}}{\text{s}} = 1\,\text{s}^{-1} = 1\,\text{Hz}.$$

Periodinių procesų dažnio matavimo (SI) vienetas 1 Hz (hercas), pavadintas vokiečių fiziko Heinricho Herco vardu.

Gauname, kad

$$T = \frac{1}{n} \quad \text{arba} \quad n = \frac{1}{T}. \qquad (1.17)$$

Vadinasi, *kūno sukimosi periodas ir dažnis yra atvirkščiai proporcingi dydžiai*.

Apsisukdamas apskritimu vieną kartą spindulys pasisuka kampu 2π radianų, todėl kampinis greitis

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{arba} \quad \omega = 2\pi\, n. \qquad (1.18)$$

Vienų kūnų poveikį kitiems kiekybiškai apibūdina fizikinis dydis, vadinamas **jėga**. Ji gali pakeisti kūno greitį arba formą.

Antrasis Niutono dėsnis teigia, kad kūno įgytas pagreitis tiesiog proporcingas veikiančiai jėgai ir nukreiptas tiese, kuria veikia ta jėga.

$$a = \frac{F}{m}. \tag{1.19}$$

Iš čia

$$F = ma. \tag{1.20}$$

Iš antrojo Niutono dėsnio formulės nustatome jėgos matavimo vienetą (SI) – niutoną.

$$[F] = 1\,\mathrm{kg} \cdot 1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 1\frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 1\,\mathrm{N}.$$

Pastovios jėgos *atliktas* **mechaninis darbas** lygus jėgos ir nueito kelio sandaugai:

$$A = F \cdot s. \tag{1.21}$$

Darbo matavimo vienetas (SI) yra džaulis:

$$[A] = 1\,\mathrm{N} \cdot 1\,\mathrm{m} = 1\,\mathrm{J}.$$

Galia – lygi atlikto darbo A ir sugaišto laiko t santykiui:

$$N = \frac{A}{t}. \tag{1.22}$$

Galios matavimo vienetas (SI) yra **vatas**:

$$[N] = \frac{1\,\mathrm{J}}{1\,\mathrm{s}} = 1\,\mathrm{W}.$$

Kai mašina (automobilis, lėktuvas ir kt.) juda pastoviu greičiu, mašinos variklio sukurta jėga nugali pasipriešinimo jėgas. Tada mašinos atliekamas darbas lygus šios jėgos ir nueito kelio sandaugai $A = F \cdot s$.

$$N = \frac{Fs}{t} = Fv,$$

$$N = Fv. \tag{1.23}$$

Energija yra fizikinis dydis, kuris apibūdina kūno ar kūnų sistemos gebėjimą atlikti darbą, pereinant iš vienos būsenos į kitą. Taigi aišku, kad energija matuojama tais pačiais vienetais, kaip ir darbas – džauliais J. Energija žymima raide *E*.

Potencinė energija priklauso nuo vienas kitą veikiančių kūnų arba to paties kūno dalių padėties.

$$E_p = mgh; \qquad (1.24)$$

čia *h* – aukštis.

Kinetinės energijos turi visi judantys kūnai:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}; \qquad (1.25)$$

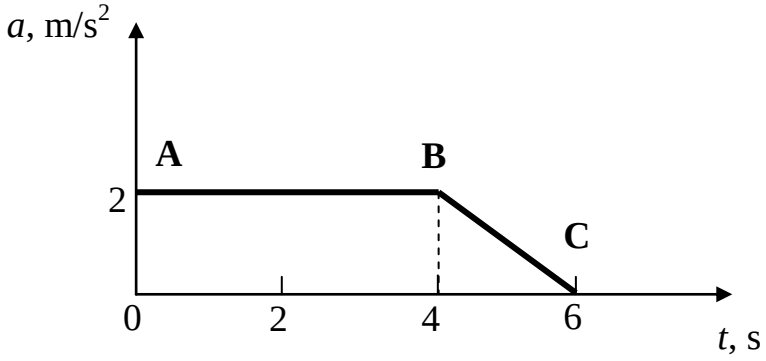
čia *v* – greitis. Tai *kūno judėjimo energija*.

Energijos tvermės dėsnis teigia, kad, vykstant mechaniniams procesams, uždarosios kūnų sistemos bendras energijos kiekis nekinta.

Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

1 pavyzdys

1.5 paveiksle pateikta pagreičio priklausomybės nuo laiko grafikas. Kaip kūnas judėjo nuo atskaitos pradžios iki 4 sekundės pabaigos (grafiko dalis AB) ir kaip laikotarpiu, atitinkančiu dalį BC? Kuriuo momentu kūno greitis buvo didžiausias? Kokio didumo tada jis buvo, jeigu v_o = 0? Kokį kelią kūnas nuėjo per visą laiką?



1.5 pav.

Dalyje AB judėjimas tolygiai greitėjantis su pagreičiu a_{AB} = 2 m/s^2; dalyje BC – greitėjantis su vidutiniu pagreičiu a_{BC} = 1m/s^2. Greitį rasime:

$$v = v_o + at\,, \qquad (1)$$

čia v_o – pradinis greitis.

Greitis baigiantis 4-ajai sekundei:

$$v_1 = 0 + a_{AB}t_1, \qquad (2)$$

o greitis baigiantis 6-ajai sekundei bus maksimalus:

$$v_2 = v_1 + a_{BC}\, t_2, \qquad (3)$$

$$v_2 = 10 \text{ m/s}.$$

Dalyje AB kūnas nuėjo kelią s_1, o dalyje BC - kelią s_2, todėl visas nueitas kelias:

$$s = s_1 + s_2. \qquad (4)$$

Čia

$$s_1 = v_0 t_1 + \frac{a_{AB} t_1^2}{2}, \qquad (5)$$

$$s_2 = v_1 t_2 + \frac{a_{BC} t_2^2}{2}. \qquad (6)$$

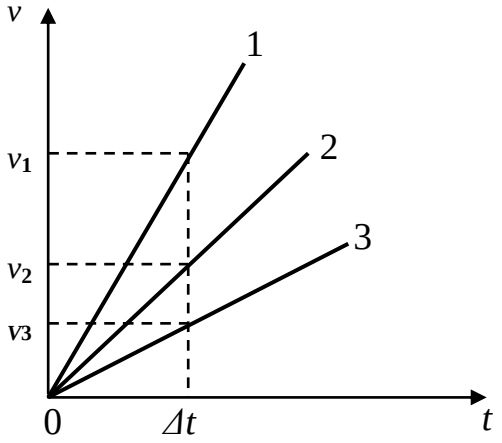
Apskaičiuojame:

$$s_1 = 16 \text{ m}, \; s_2 = 18 \text{ m}, \; s = 34 \text{ m}.$$

Atsakymas: v_2 = 10 m/s, s = 34 m.

2 pavyzdys

Kuo panašūs ir kuo skiriasi 1, 2 ir 3 greičio priklausomybės nuo laiko grafikai 1.6 pav.?



1.6 pav.

Šie grafikai vaizduoja greičio priklausomybę nuo laiko. Kadangi visi yra tiesės atkarpos, nubrėžtos iš koordinačių pradžios, tai kūnų judėjimas tolygiai greitėjantis ir jų pradinis greitis lygus nuliui. Skiriasi judėjimo pagreičiai.

Pagreitis yra lygus greičio pokyčio ir laiko pokyčio santykiui:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

Iš brėžinio matome, jog pirmojo kūno greičio pokytis per tą patį laiką bus didesnis už antrojo, o antrojo kūno greičio pokytis per tą patį laiką didesnis už trečiojo, todėl $a_1 > a_2 > a_3$.

3 pavyzdys

Trečdalį kelio autobusas važiuoja vidutiniu greičiu v_1 , o visą likusį kelią vidutiniu greičiu v_2 = 50 km/h. Apskaičiuokite greitį v_1 , jeigu vidutinis greitis kelyje $v_{vid.}$ = 37,5 km/h.

v_1	v_2 = 50 km/h =13,9 m/s
	$v_{vid.}$ = 37,5 km/h = 10,4 m/s
	s_1 =1/3 s
	s_2 = 2/3 s

$$v_{vid} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}; \qquad (1)$$

$$t_1 = \frac{s_1}{\bar{v}_1}; \quad t_2 = \frac{s_2}{\bar{v}_2}; \qquad (2)$$

(2) įrašome į (1), įrašome s_1 ir s_2 reikšmes ir gauname:

$$\bar{v}_1 = \frac{\bar{v}\,\bar{v}_2}{3\bar{v}_2 - 2\bar{v}};$$

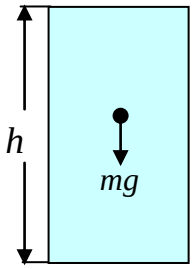
$$\bar{v}_1 = 6{,}9 \text{ m/s}.$$

Atsakymas. $\bar{v}_1 = 6{,}9$ m/s.

4 pavyzdys

Darbininkas kasa h = 8 m gylio ir r = 0,8 m spindulio ritinio formos šulinį. Vidutinis grunto tankis ρ = 2000 kg/m^3. Kokį mažiausią darbą tenka atlikti, iškeliant gruntą iki žemės paviršiaus?

A	h = 8 m
	r = 0,8 m
	ρ = 2000 kg/m^3



1.7 pav.

Nubrėžkime šulinio išilginio pjūvio brėžinį (1.7 pav.). Grunto masės centras yra viduryje, todėl sunkio jėgos darbas:

$$A = \frac{mgh}{2}. \qquad (1)$$

Grunto masė:

$$m = \rho V = \rho sh. \qquad (2)$$

Šulinio skerspjūvio plotas:

$$s = \pi r^2. \qquad (3)$$

(3) įrašę į (2) , o po to į (1) gausime:

$$A = \frac{\rho g \pi r^2 h^2}{2}. \qquad (4)$$

$$A = 1{,}26 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

Atsakymas. $A = 1{,}26 \cdot 10^6$ J.

5 pavyzdys

Minutinė laikrodžio rodyklė 2 kartus ilgesnė už sekundinę. Apskaičiuokite abiejų rodyklių linijinių greičių santykį.

Kiek kartų to paties laikrodžio sekundinės rodyklės sukimosi dažnis didesnis (o gal mažesnis) už minutinės rodyklės sukimosi dažnį?

$\frac{v_1}{v_2}$	r_1
	$r_2 = 2\ r_1$
	$T_1 = 60$ s
$\frac{n_1}{n_2}$	$T_2 = 3600$ s

Pažymėkime sekundinės rodyklės ilgį r_1, o minutinės – r_2.

Linijinis sekundinės rodyklės greitis:

$$v_1 = \frac{\ell_1}{T_1}, \qquad (1)$$

o minutinės rodyklės:

$$v_2 = \frac{\ell_2}{T_2}. \qquad (2)$$

Čia ℓ_1 ir ℓ_2 – kiekvienos rodyklės nueitas kelias (apskritimo ilgis), o T_1 ir T_2 – kiekvienos rodyklės periodas.

Skaičiuojame rodyklių linijinių greičių santykį:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{2\pi r_1 T_2}{T_1 2\pi r_2}; \qquad (3)$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_2}{2T_1}; \qquad (4)$$

$$\frac{v_1}{v_2} = 30.$$

Analogiškai pažymėkime sekundinės rodyklės sukimosi dažnį n_1 , o periodą T_1 .

$$n_1 = \frac{1}{T_1}. \qquad (5)$$

Minutinės rodyklės sukimosi dažnį n_2 , o periodą T_2 .

$$n_2 = \frac{1}{T_2}. \qquad (6)$$

Iš (5) ir (6) lygybės

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1};$$

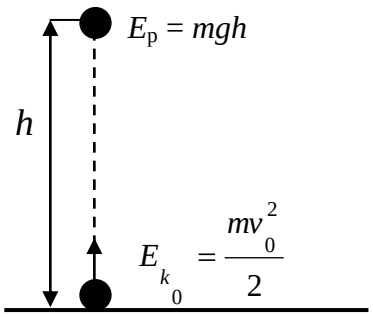
$$\frac{n_1}{n_2} = 60.$$

Atsakymas. Sekundinės rodyklės linijinis greitis 30 kartų didesnis, o sukimosi dažnis 60 kartų didesnis už minutinės.

6 pavyzdys

Kamuoliukas metamas stačiai aukštyn v_0 = 10 m/s greičiu. Kokiame aukštyje *h* jo potencinė energija lygi kinetinei energijai?

h	$v_0 = 10$ m/s $E_p = E_k$ $g = 10$ m/s^2



1.8 pav.

Pritaikykime energijos tvermės dėsnį

$$E_{ko} = E_p + E_k. \quad (1)$$

Kadangi $E_p = E_k$,

tai

$$E_{ko} = 2E_p; \quad (2)$$

$$2mgh = \frac{mv_0^2}{2}; \quad (3)$$

$$h = \frac{v_0^2}{4g}; \quad (4)$$

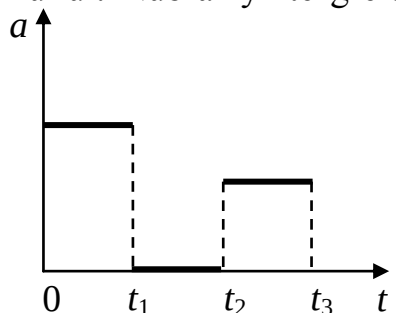
$$h = 2{,}5 \text{ m}.$$

Atsakymas. h = 2,5 m.

I TURO UŽDUOTYS

1. Automobilio greitis per 15 s sumažėjo nuo 108 km/h iki 72 km/h. Parašykite greičio lygtį ir nubraižykite greičio ir pagreičio priklausomybės nuo laiko grafikus.

2. Kūno pagreitis laikui bėgant kinta taip, kaip pavaizduota grafike (1.9 pav.). Pradinis kūno greitis lygus nuliui. Nubraižykite greičio priklausomybės nuo laiko grafiką.



1.9 pav.

3. Atstumą *s* tarp miestų autobusas nuvažiuoja greičiu *v*. Kokiu greičiu autobusas turi sugrįžti, kad vidutinis jo greitis būtų lygus 1,2 *v*?

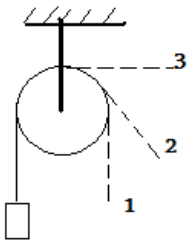
4. Vidutinis autokrano greitis visu keliu lygus 50 km/h. Pirmąjį trečdalį kelio jis važiavo 36 km/h greičiu, antrąjį trečdalį – 70 km/h greičiu. Kokiu greičiu autokranas važiavo paskutinę kelio atkarpą?

5. Apie nekilnojamąjį skridinį, kurio spindulys 20 cm, apvyniotas siūlas. Prie laisvojo siūlo galo pririštas krovinys. Kokiu dažniu suksis skridinys tuo momentu, kai krovinys bus nusileidęs 100 cm? Pradinis krovinio greitis lygus nuliui.

6. Ant veleno standžiai užmauti du skriemuliai. Pirmojo skriemulio spindulys 10 cm, o antrojo – 15 cm. Palyginkite šių skriemulių kraštinių taškų linijinį bei kampinį greitį.

7. Rogės 6 s leidžiasi nuo kalnelio pradiniu 3 m/s greičiu ir 40 cm/s^2 pagreičiu, po to 5 s šliuožia horizontaliu keliu, kol sustoja. Apskaičiuokite rogių greitį kalnelio papėdėje ir pagreitį horizontalioje kelio dalyje.

8. Kūnas kabo ant siūlo, permesto per nejudamą skridinį. Ar vienoda jėga įtempia siūlą, kai jo padėtys 1, 2 ir 3 (1.10 pav.)? Ar vienoda jėga veikia tais atvejais skridinio ašį?



1.10 pav.

9. 60 kg masės slidininkas, įgiįęs kalno papėdėje 10 m/s greitį, sustojo. Nusileidęs nuo kalno, jis važiavo 40 s. Apskaičiuokite pasipriešinimo jėgos didumą.

10. Valtį, pririštą prie kranto 5 m ilgio virve, veikia upės tėkmės jėga, lygi 160 N, ir statmenai nuo kranto pučiančio vėjo slėgio jėga, lygi 120 N. Kokia jėga įtempia virvę ir kokiu atstumu nuo kranto yra valtis?

11. Kūnas nueina atstumą *s*, veikiamas judėjimo kryptimi jėgos *F*. Ar vienodą darbą atlieka ta jėga, kai kūnas juda tolygiai ir kai greitėjančiai?

12. 30 t masės tankas kyla į kalną, kurio šlaitas sudaro su horizontu 30° kampą. Kokiu didžiausiu greičiu jis gali važiuoti, jei naudingoji galia 360 kW? Pasipriešinimo judėjimui nepaisykite.

13. Kokiu greičiu turi važiuoti 2 t masės automobilis, kad jis turėtų tokią pat kinetinę energiją, kaip ir 10 kg masės patrankos sviedinys, lekiantis 800 m/s greičiu?

14. Vertikaliai aukštyn išmestas kūnas nukrinta į tą patį lygį. Kam yra lygus sunkio jėgos darbas visame kelyje?

15. 10 kg masės ir 1,5 m ilgio dalba guli ant horizontalaus paviršiaus. Kiek pasikeis dalbos potencinė energija, ją pastačius vertikaliai? Kokį mažiausią darbą reikės tam atlikti?

16. Kūnas, mestas vertikaliai žemyn iš 75 m aukščio 10m/s greičiu, smūgio į žemę momentu turi 1600 J kinetinę energiją. Kokia to kūno masė? Koks jo greitis smūgio momentu? Oro pasipriešinimo nepaisykite.

17. 200 kg masės kūnas, nukritęs iš 500 m aukščio, kur jis buvo ramybės būsenoje, įsmigo į gruntą 5 m. Apskaičiuokite vidutinę pasipriešinimo jėgą. Oro pasipriešinimo nepaisykite.

18. Turbinos naudingumo koeficientas lygus 0,9. Kokią naudingą galią ji išvysto, jeigu kas sekundę prateka 113 m^3 vandens, o lygių skirtumas yra 50 m?

19. Laivas pradeda plaukti pastoviu 0,2 m/s^2 pagreičiu. Per kiek laiko jis įgis 27 km/h greitį ir kokį atstumą nuplauks per tą laiką?

20. Sunkvežimio masė 20 kartų didesnė už lengvojo automobilio, o jo greitis 8 kartus mažesnis už lengvojo automobilio. Palyginkite jų kinetinę energiją.

II TURAS

ŠILUMA

Metodiniai nurodymai

Energija, kuri savaime perduodama iš aukštesnės temperatūros vietos į žemesnės temperatūros vietą, vadinama ***šilumine energija***, arba ***šilumos kiekiu***, arba ***šiluma***.

Kai tik yra temperatūrų skirtumas, ***šiluminė energija*** savaime perduodama iš šiltesnės vietos į šaltesnę ***šilumos laidumo, konvekcijos*** arba ***spinduliavimo*** būdu.

Dėl to didėja šaltesnių kūnų ***vidinė energija*** (kūno molekulių kinetinės energijos ir potencinės energijos suma) ir kyla jų temperatūra, kartu mažėja šiltesnių kūnų energija ir krinta jų temperatūra. Šis procesas vyksta tol, kol temperatūra suvienodėja. Tokia būsena vadinama ***termodinamine pusiausvyra***.

Taigi šiluma yra tam tikros rūšies energija, todėl ji, kaip ir bet kurios kitos rūšies energija, neišnykdama bei nesusikurdama gali virsti kitos rūšies energija (energijos tvermės ir virsmo dėsnis).

Šilumos perdavimą galima aiškinti kaip kinetinės energijos perdavimą susiduriant dalelėms, iš kurių sudaryti kūnai, arba kaip spinduliavimo energijos perdavimą iš vieno kūno į kitą. Energija, kurią kūnas gauna arba kurios netenka šilumos perdavimo būdu, vadinama ***šilumos kiekiu***.

Anksčiau šilumos kiekis buvo matuojamas kalorijomis (cal). Kalorija – tai šilumos kiekis, kurio reikia 1 g vandens temperatūrai padidinti 1 ^{o}C. Dabar vartojamas šilumos kiekio SI vienetas – džaulis (J). Energija, atitinkanti vieną kaloriją, lygi 4,18 J.

Norint apskaičiuoti šilumos kiekį Q, reikalingą bet kokios masės m kūno temperatūrai pakelti ($t_2 - t_1$) laipsniais, reikia žinoti šilumos kiekį, kurio reikia 1 kg medžiagos sušildyti 1 ^{0}C. Tas šilumos kiekis vadinamas ***savitąja šiluma*** (c).

Savitoji šiluma rodo, kiek šilumos reikia vieno kilogramo medžiagos temperatūrai pakelti vienu laipsniu.

Kiekviena medžiaga turi jai būdingą savitosios šilumos vertę. Savitosios šilumos SI vienetas yra džaulis kilogramui kelvinui.

$$[c] = 1\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{K}}.$$

Tokia pati skaitinė vertė gaunama ir matuojant

$$[c] = 1\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg} \cdot {}^{0}\mathrm{C}}$$

(džaulis kilogramui Celsijaus laipsniui), kadangi temperatūrų pokytis išmatuotas K ir ^{o}C turi tą pačią skaitinę vertę.

Taigi, norint m masės kūno, kurio medžiagos savitoji šiluma c, temperatūrą pakelti nuo t_1 iki t_2, jam reikia suteikti šilumos kiekį, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = cm(t_2 - t_1).$$

Kai kūnas šildomas, didėja jį sudarančių dalelių svyravimo kinetinė energija, drauge ir jų svyravimo amplitudė.

Šiluminė talpa C rodo, kiek šilumos reikia kūno temperatūrai pakelti vienu laipsniu.

$$C = cm.$$

Šiluminės talpos (SI) vienetas džaulis Celsijui:

$$[C] = 1\ \mathrm{J/°C}.$$

Kietasis kūnas gali virsti skystuoju, tik gavęs tokį šilumos kiekį, kurio pakanka dalelių išsidėstymo tvarkai suardyti. Kietosios medžiagos virsmas skystąja vadinamas ***lydymusi.***

Kiekviena vienalytė medžiaga turi pastovią savo ***lydymosi temperatūrą***. Jei lydomas kūnas šildomas, jo temperatūra išlieka pastovi. Ta šiluma suvartojama darbui, reikalingam dalelių traukos jėgoms įveikti.

Lydymosi šiluma apskaičiuojama:

$$Q = \lambda \cdot m,$$

čia λ – savitoji lydymosi (kietėjimo) šiluma (randama lentelėse).

$$[\lambda] = 1\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}.$$

Tai šilumos kiekis, reikalingas vienam kilogramui kietosios kristalinės medžiagos išlydyti lydymosi temperatūroje.

Šilumos kiekis, kurį medžiaga išskiria kietėdama, lygus šilumos kiekiui, reikalingam tai pačiai kietajai medžiagai paversti skysčiu.

Skysčiai sudaryti iš dalelių, kurios irgi svyruoja apie pusiausvyros padėtį, bet ta padėtis nuolat kinta. Jei dalelės kinetinė energija maža, traukos jėgos išlaiko ją skysčio viduje, bet jei dalelės kinetinė energija didelė, dalelė atsiskirs nuo skysčio tiek, kad jos daugiau nebeveiktų kitų dalelių trauka.

Išlėkusios iš skysčio ir nutolusios nuo jo dalelės sudaro ***garus***. ***Garavimas*** yra toks vyksmas, kurio metu skystoji medžiaga virsta dujomis.

Garavimo šiluma apskaičiuojama:

$$Q = L \cdot m,$$

čia L – savitoji garavimo (kondensacijos) šiluma (randama lentelėse). Tai šilumos kiekis, reikalingas vienam kilogramui skystos medžiagos paversti dujomis virimo temperatūroje.

$$[L] = 1\frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

Virsdami skysčiu, t. y. ***kondensuodamiesi***, garai atiduoda tokį pat šilumos kiekį, kokio reikia jiems susidaryti. Taigi savitoji kondensacijos šiluma lygi savitajai garavimo šilumai.

Dar vienas medžiagos būsenos kitimas vadinamas ***sublimacija***. Tai tiesioginis garų virsmas kietuoju kūnu ir atvirkščiai.

Jei šiluma keičiasi keli kūnai, tai šilumos kiekis, atiduotas tų kūnų, kurių vidinė energija mažėja, yra lygus šilumos kiekiui, gautam tų kūnų, kurių vidinė energija didėja (uždarai kūnų sistemai).

Šis teiginys vadinamas energijos tvermės dėsniu, arba ***šilumos balanso lygtimi***:

$$Q_{atiduotas} = Q_{gautas}.$$

Šiluma išsiskiria ir degant kurui.

Šilumos kiekis, kurį išskiria visiškai sudegdamas vienas kilogramas kuro, vadinamas ***kuro degimo šiluma*** *arba* ***šilumingumu*** q (randamas lentelėse).

$$[q] = 1\frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

Sudegus m masės kurui, išsiskiria šilumos kiekis

$$Q = q \cdot m.$$

Atlikto naudingo mechaninio darbo ir suvartotos vidinės kuro energijos santykis vadinamas šiluminio variklio ***naudingumo koeficientu***:

$$\eta = \frac{A_n}{Q} \cdot 100\%.$$

Variklio galia – tai atliktas darbas per laiko vienetą:

$$N = \frac{A}{t}.$$

$$[N] = 1\frac{\text{J}}{\text{s}} = 1\,\text{W}.$$

Kada mechaninė energija virsta šiluma ir dėl to keičiasi kūno temperatūra, yra taikomas energijos tvermės dėsnis:

$$\Delta E_{mech} = Q.$$

Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

1 pavyzdys

Į m_k = 0,15 kg masės žalvarinį kalorimetrą su m_v = 0,2 kg vandens, kurio temperatūra t_1 = 15 °C, buvo įleistas m_s = 0,26 kg masės t_2 = 100 °C temperatūros geležinis svarstis. Žalvario savitoji šiluma c_k = 400 J/(kg·°C), vandens savitoji šiluma c_v = 4200 J/(kg·°C), geležies savitoji šiluma c_s = 460 J/(kg·°C). Kokia nusistovėjo bendra temperatūra? Šilumos nuostolių nepaisykite.

	m_s = 0,26 kg
	m_v = 0,2 kg
	m_k = 0,15 kg
t	t_2 = 100 °C
	t_1 = 15 °C
	c_s = 460 J/(kg · °C)
	c_v = 4200 J/(kg · °C)
	c_k = 400 J/(kg · °C)

Geležies svarstis atiduoda šilumos kiekį:

$$Q_s = c_s m_s (t_2 - t).$$

Vanduo gauna šilumos kiekį:

$$Q_v = c_v m_v (t - t_1).$$

Kalorimetras gauna šilumos kiekį:

$$Q_k = c_k m_k (t - t_1).$$

Pagal energijos tvermės dėsnį:

$$Q_s = Q_v + Q_k,$$

$$c_s m_s (t_2 - t) = (c_v m_v + c_k m_k)(t - t_1).$$

Iš šilumos balanso lygties išreiškiame galutinę temperatūrą:

$$t = \frac{c_s m_s t_2 + (c_v m_v + c_k m_k) t_1}{c_s m_s + c_v m_v + c_k m_k},$$

$$t = 25\ ^{\circ}\mathrm{C}.$$

Atsakymas: $t = 25\ ^{\circ}\mathrm{C}$.

2 pavyzdys

Kokį šilumos kiekį sunaudoja namas, jeigu į šildymo sistemą patenka $V = 1{,}6 \cdot 10^6\ \ell$ $t_1 = 70\ ^{\circ}\mathrm{C}$ temperatūros vandens, o iš sistemos išeina $t_2 = 37\ ^{\circ}\mathrm{C}$ temperatūros? Vandens savitoji šiluma $c = 4200$ J/(kg·°C), vandens tankis $\rho = 1000$ kg/m^3. Padidinę patalpų atitvarų varžas, užsandarinę langus ir t. t., sutaupytume apie 20 % šilumos. Kokią pinigų sumą galėtų sutaupyti namo gyventojai, jeigu už šilumos vieną kWh moka 0,30 Lt?

	$V = 1{,}6 \cdot 10^6\ \ell = 1{,}6 \cdot 10^3\ \mathrm{m}^3$
	$t_1 = 70\ ^{\circ}\mathrm{C}$
Q	$t_2 = 37\ ^{\circ}\mathrm{C}$
N	$n = 20\ \% = 0{,}2$
	$c = 4200\ \mathrm{J/(kg \cdot {}^{\circ}C)}$
	$\rho = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$
	$K = 0{,}3$ Lt/kWh

Šildymo sistemos sunaudotas šilumos kiekis:

$$Q = cm(t_1 - t_2).$$

Iš tankio formulės $\rho = \dfrac{m}{V}$ išreiškiame masę m:

$$m = \rho V.$$

Tada

$$Q = c\rho V(t_1 - t_2).$$

Sunaudotos šilumos kiekis

$$Q = 2217{,}6 \cdot 10^8\ \mathrm{J}.$$

20 % šilumos netenkame, tai užsandarinę langus ir t. t. sutaupytume šilumos

$$Q_1 = n \cdot Q.$$

Žinome, kad 1 kWh = 3600000 J, tada $2217{,}6 \cdot 10^8$ J = $61{,}6 \cdot 10^3$ kWh.

$Q_1 = 0{,}2 \cdot 61{,}6 \cdot 10^3$ kWh = $12{,}32 \cdot 10^3$ kWh.

$N = Q_1 \cdot K$

N = 3696 Lt.

Atsakymas: $Q = 2217{,}6 \cdot 10^8$ J, N = 3696 Lt.

3 pavyzdys

Į kalorimetrą su pastovios galios kaitinimo elementu įdedamas t_1 = –10 °C temperatūros ledo gabalas. Po τ = 19 min, išjungus kaitinimo elementą, kalorimetre susidariusio vandens temperatūra buvo t_2 = 10 °C. Ledo savitoji šiluma c_ℓ = 2100 J/(kg·°C), vandens savitoji šiluma c_v = 4200 J/(kg·°C), ledo savitoji lydymosi šiluma λ = 33·10^4 J/kg. Nubraižykite ledo bei vandens temperatūros priklausomybės nuo laiko grafiką.

$t = f(\tau)$	t_1 = –10 °C t_2 = 10 °C τ = 19 min c_ℓ = 2100 J/(kg·°C) c_v = 4200 J/(kg·°C) λ = 33·10^4 J/kg t_0 = 0 °C

Ledui šylant laiką τ_1 temperatūra tiesiškai didėja nuo t_1 iki 0 ºC. Ledui lydantis laiką τ_2 temperatūra išlieka pastovi 0 ºC. Vandeniui šylant laiką τ_3 temperatūra tiesiškai didėja nuo 0 ºC iki t_2.

Grafiko brėžimui reikia nustatyti kiekvieno etapo laikus τ_1, τ_2 ir τ_3.

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 \qquad (1)$$

Pagal energijos tvermės dėsnį

$$P\tau_1 = c_\ell m(t_0 - t_1), \qquad (2)$$

$$P\tau_2 = \lambda m, \qquad (3)$$

$$P\tau_3 = c_v m(t_2 - t_0); \qquad (4)$$

čia P – kaitinimo elemento galia, m – ledo masė, t_0 = 0 ºC. (3) padaliję iš (2), gauname:

$$\tau_2 = \frac{\lambda}{c_\ell (t_0 - t)}\tau_1,$$

$$\tau_2 \approx 16\tau_1. \qquad (5)$$

(4) padaliję iš (2), gauname:

$$\tau_3 = \frac{c_v (t_2 - t_0)}{c_\ell (t_0 - t_1)}\tau_1,$$

$$\tau_3 = 2\tau_1. \qquad (6)$$

(5) ir (6) įrašome į (1):

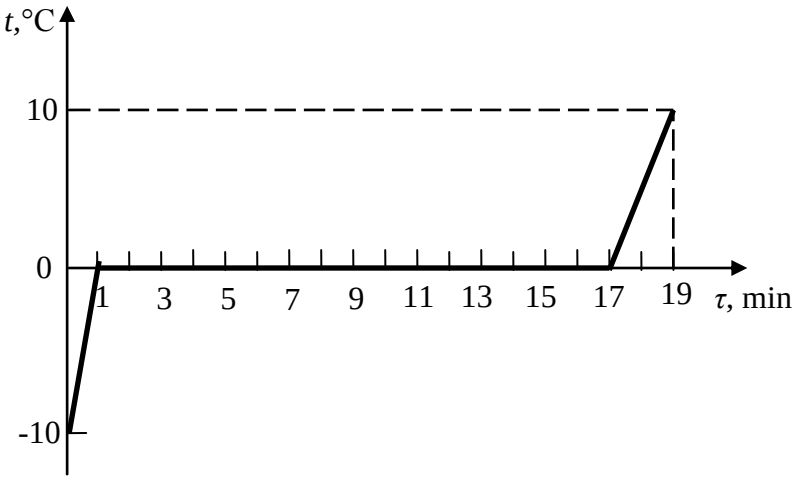
$$\tau = \tau_1 + 16\tau_1 + 2\tau_1 = 19\tau_1.$$

$$\tau_1 = \frac{\tau}{19}.$$

Tada

$$\tau_1 = 1\text{min};\ \tau_2 = 16\text{ min};\ \tau_3 = 2\text{ min}.$$

Brėžiame $t = f(\tau)$ grafiką (2.1 pav.):



2.1 pav.

Vanduo šyla perpus lėčiau už ledą todėl, kad vandens savitoji šiluma dvigubai didesnė už ledo savitąją šilumą ($c_v = 2c_\ell$).

4 pavyzdys

Kodėl plaukikas, išlipęs iš vandens, jaučia šaltį, ypač vėjuotą dieną?

Vandens garavimui sunaudojama šiluma imama iš plaukiko kūno, todėl jis jaučia šaltį. Pučiant vėjui, garai nupučiami nuo skysčio paviršiaus ir garavimas darosi intensyvesnis, todėl plaukikui labiau šalta.

5 pavyzdys

Į indą, kuriame yra m_1 = 10 kg masės t_1 = 20 °C temperatūros vandens, įpilama m_2 = 7 kg masės, lydymosi temperatūros t_2 = 327 °C skysto švino. Δm_1 = 0,05 kg vandens išgaravo. Vandens savitoji šiluma c_1 = 4200 J/(kg·°C), švino – c_2 = 130 J/(kg·°C), vandens savitoji garavimo šiluma L = 2,26 MJ/kg, švino savitoji lydymosi šiluma λ = 30 kJ/kg. Indo šiluminės talpos nepaisyti. Kokia temperatūra t nusistovės inde, kai švinas sukietės?

t	m_1 = 10 kg t_1 = 20 °C m_2 = 7 kg t_2 = 327 °C Δm_1 = 0,05 kg c_1 = 4200 J/(kg·°C) = 4,2·10^3 J/(kg·°C) c_2 = 130 J/(kg·°C) L = 2,26 MJ/kg =2,26·10^6 J/kg λ = 30 kJ/kg = 3·10^4 J/kg

Šilumos kiekis, išsiskyręs švinui sukietėjus ir atvėsus iki temperatūros t:

$$Q_1 = \lambda m_2 + c_2 m_2 (t_2 - t).$$

Šilumos kiekis, kurį gavo įkaisdamas iki virimo temperatūros t_v ir išgaruodamas Δm_1 masės vanduo:

$$Q_2 = \Delta m_1 c_1 (t_v - t_1) + L\Delta m_1;$$

čia t_v = 100 ºC – vandens virimo temperatūra.
Šilumos kiekis, kurį gavo neišgaravęs vanduo:

$$Q_3 = c_1 (m_1 - \Delta m_1)(t - t_1).$$

Užrašome šilumos balanso lygtį:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$\lambda m_2 + c_2 m_2 (t_2 - t) = \Delta m_1 c_1 (t_v - t_1) + L\Delta m_1 + c_1 (m_1 - \Delta m_1)(t - t_1).$$

Išsprendę šią lygtį gauname:

$$t = \frac{m_2(\lambda + c_2 t_2) + c_1 m_1 t_1 - (c_1 t_v + L)\Delta m_1}{c_1 (m_1 - \Delta m_1) + c_2 m_2}.$$

$$t \approx 28\ ^\circ\mathrm{C}.$$

Atsakymas: $t \approx 28\ ^\circ\mathrm{C}$.

6 pavyzdys

***m_1* = 200 g variniame kalorimetro indelyje yra *t_0* = 10 °C temperatūros *m_2* = 400 g vandens. Savitajai vandens garavimo šilumai nustatyti į kalorimetrą su vandeniu buvo įleista *t_g* = 100 °C temperatūros vandens garų. Vandens masė padidėjo iki *m_3* = 421 g, o temperatūra pakilo iki *t* = 40 °C. Vario savitoji šiluma *c_1* = 400 J/(kg·°C), vandens savitoji šiluma *c_2* = 4200 J/(kg·°C). Kokia vandens savitoji garavimo šiluma L buvo gauta bandymo metu?**

L	m_1 = 200 g = 0,2 kg t_0 = 10 ^oC m_2 = 400 g = 0,4 kg t_g = 100 ^oC m_3 = 421 g = 0,421 kg t = 40 ^oC c_1 = 400 J/(kg·^oC) c_2 = 4,2·10^3 J/(kg·^oC)

Užrašome šilumos balanso lygtį:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4;$$

čia $Q_1 = L(m_3 - m_2)$ – susikondensavusių garų atiduotas šilumos kiekis,

$Q_2 = c_2(m_3 - m_2)(t_g - t)$ – šilumos kiekis, kurį atiduoda *(m_3 – m_2)* masės vanduo, vėsdamas nuo t_g = 100 ºC iki t = 40 ºC,

$Q_3 = c_2 m_2 (t - t_0)$– šilumos kiekis, kurį gavo vanduo sušildamas nuo t_0 = 10 ºC iki t = 40 ºC temperatūros,

$Q_4 = c_1 m_1 (t - t_0)$– šilumos kiekis, kurį gavo kalorimetro indelis.

Taigi

$$L(m_3 - m_2) + c_2(m_3 - m_2)(t_g - t) = c_2 m_2 (t - t_0) + c_1 m_1 (t - t_0).$$

Iš čia

$$L = \frac{c_2 m_2 (t - t_0) + c_1 m_1 (t - t_0) - c_2 (m_3 - m_2)(t_g - t)}{m_3 - m_2}.$$

L = 2,26·10^6 J/kg.

Atsakymas: L = 2,26·10^6 J/kg.

7 pavyzdys

***m* = 2 kg masės vandens, kurio pradinė temperatūra *t_1* = 20 ^oC, kaitinama *P* = 600 W galios elektriniu šildytuvu. Po *τ_1* = 35 min vanduo užvirė (*t_2* = 100 ^oC) ir *Δm* = 0,2 kg vandens išgaravo. Vandens savitoji šiluma *c_v* = 4200 J/(kg·^oC), savitoji garavimo šiluma *L* = 2,3·10^6 J/kg. Koks elektrinio šildytuvo naudingumo koeficientas?**

η	m = 2 kg t_1 = 20 ^oC P = 600 W τ_1 = 35 min = 2100 s t_2 = 100 ^oC Δm = 0,2 kg c_v = 4200 J/(kg·^oC) L = 2,3·10^6 J/kg

Elektrinio šildytuvo naudingumo koeficientas:

$$\eta = \frac{Q_n}{Q_v} \cdot 100\,\%;$$

čia $Q_n = c_v m(t_2 - t_1) + L\Delta m$

šilumos kiekis, sunaudotas vandeniui šildyti ir Δm jo išgarinti.

$$Q_v = P\tau$$

elektrinio šildytuvo išskirtas šilumos kiekis.

Tada

$$\eta = \frac{c_v m(t_2 - t_1) + L\Delta m}{P\tau},$$

$$\eta \approx 0{,}89.$$

Atsakymas: $\eta \approx 0{,}89$.

8 pavyzdys

***t* = 100 °C temperatūros švininė kulka atsimuša į kliūtį ir išsilydo. Smūgio metu *η* = 60 % kulkos mechaninės energijos virsta vidine energija. Švino savitoji šiluma *c* = 130 J/(kg·°C), savitoji lydymosi šiluma *λ* = 25 kJ/kg, lydymosi temperatūra t_{lyd} = 327 °C. Kokiu greičiu lėkė kulka?**

	t = 100 ºC
	t_{lyd} = 327 ºC
v	η = 60 % = 0,6
	c = 130 J/(kg·°C)
	λ = 25 kJ/kg = 25·10^3 J/kg

Smūgio metu kulkos gautas šilumos kiekis:

$$Q = \eta E_k;$$

čia $E_k = \dfrac{mv^2}{2}$ – kulkos kinetinė energija.

Šis šilumos kiekis sunaudojamas kulkai įkaitinti iki lydymosi temperatūros ir jai išlydyti

$$Q = cm(t_{lyd} - t) + \lambda m.$$

Taigi

$$cm(t_{lyd} - t) + \lambda m = \eta \frac{mv^2}{2}.$$

Iš čia

$$v = \sqrt{\frac{2(c(t_{lyd} - t) + \lambda)}{\eta}},$$

v = 426 m/s.

Atsakymas: v = 426 m/s.

II TURO UŽDUOTYS

1. Uždegta ugnis visuomet turėtų užgesti pati savaime, kadangi degimo produktai yra anglies dvideginis ir vandens garai – nedegios, negebančios palaikyti degimo medžiagos. Vadinasi, ugnis nuo pirmosios degimo akimirkos yra apsupta nedegiomis medžiagomis, kurios trukdo pritekėti orui, o be oro degimas negali tęstis. Todėl ugnis turi užgesti. Kodėl to nepastebime realybėje?

2. Žinoma, kad purus sniegas gerai apsaugo dirvą nuo įšalo. Tai įvyksta todėl, kad puriame sniege yra daug oro, kuris yra blogas šilumos laidininkas. Tačiau ir sniegu nepadengtą dirvą supa oro sluoksniai. Kodėl šiuo atveju dirva stipriai įšąla?

3. Šilumai nelaidžiame inde yra 1 kg ledo ir 3 kg vario. Ledo temperatūra 0 °C. Proceso pabaigoje inde nusistovėjo 100 °C temperatūra. Vario savitoji šiluma 380 J/(kg °C), vandens 4200 J/(kg °C), ledo lydymosi šiluma . Kokia buvo pradinė vario temperatūra? Vandens tūrio pakitimo ir garų susidarymo nepaisykite.

4. Turime du termoizoliuotus indus. Pirmajame yra 5 kg vandens, kurio temperatūra 60 °C, antrajame 1 kg vandens, kurio temperatūra 20 °C. Dalį vandens iš pirmojo indo perpilame į antrąjį. Kai antrajame inde nusistovi šiluminė pusiausvyra, iš jo į pirmąjį perpilame tokį pat vandens kiekį. Po šių perpylimų pirmajame inde nusistovėjo 58 °C temperatūra. Kiek vandens perpilta iš pirmojo indo į antrąjį ir atgal? Kokia vandens temperatūra antrajame inde?

5. Ramią, nevėjuotą dieną šaltį pakeliame geriau negu vėjuotą. Vėjas stiprina odos garavimą ir ją vėsina. Vadinasi, ir dykumoje karštyje (per 40 °C) vėjas turėtų vėsinti. Patirtis rodo, kad karštose dykumose pučiant vėjui žmonėms darosi karščiau. Kodėl?

6. Žinoma, kad metalo šiluminis laidumas žymiai didesnis už stiklo šiluminį laidumą. Tad kodėl kalorimetrai daromi iš metalo, o ne iš stiklo?

7. Ruošiant ledą šaldytuve, 5 min. reikėjo vandenį atšaldyti nuo 4 °C iki 0 °C ir dar 1 val. 40 min. paversti jį ledu. Iš šių duomenų apskaičiuokite ledo savitąją lydymosi šilumą.

8. Du kalorimetrai su vienodais kaitinimo elementais sujungti nuosekliai. Į vieną kalorimetrą įpilama vandens, į kitą – tokios pat masės kitokio skysčio. Kalorimetrus prijungus prie srovės šaltinio, po kelių minučių vandens temperatūra pakilo 4,25 °C, o skysčio 5 °C. Kokia nežinomo skysčio savitoji šiluma?

9. 100 g masės žalvariniame kalorimetre yra 6 g ledo. Indo ir ledo pradinė temperatūra –10 °C. Į kalorimetrą įpilama 30 g išlydyto švino jo lydymosi temperatūros (327 °C). Žalvario, ledo ir švino savitoji šiluma atitinkamai lygi 400 , 2100 ir 140 ; ledo ir švino savitoji lydymosi šiluma atitinkamai lygi ir . Kokia bus temperatūra nusistovėjus šiluminei pusiausvyrai ir kokių agregatinių būsenų medžiagos bus kalorimetre?

10. *Eksperimentinė užduotis.* **Jums prireiks**: metalinio puodo, dujinės (elektrinės) viryklės, termometro ir vandens. Kaitinkite puode vandenį, matuokite vandens temperatūrą ir stebėkite virimo procesą.

Atlikite užduotis:

1. Pradinė vandens temperatūra t_0 =..... °C.
2. Verdančio vandens temperatūra t_1 =..... °C.
3. Verdančio vandens temperatūra **a) didėja; b) mažėja; c) nepakinta**

todėl, kad

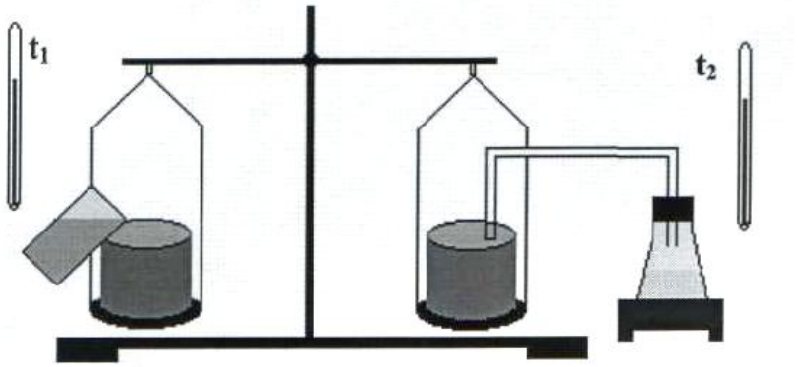
.....
.....

4. Prieš virimą maži burbuliukai.....
5. Burbulus sudaro: **a) oras; b) garai; c) oras ir garai**.
6. Burbulai kyla todėl, kad juos veikia.....jėga.
7. Verdančio vandens vidutinė vidinė energija **a) didėja; b) mažėja; c) nepakinta**.

11. Žinoma, kad nudegimas įvyksta tada, kai oda prisiliečia prie gana aukštos temperatūros terpės. Kuriam laikui įmerkus ranką į 55 – 60 °C temperatūros vandenį, galima nudegti. Kodėl ore žmogus gali saugiai iškęsti 55 – 60 °C temperatūros karštį ir nepatirti nudegimų?

12. *Eksperimentinė užduotis*. **Jums prireiks:** svirtinių svarstyklių, dviejų kalorimetrų, termometro, elektrinės krosnelės, kolbos su garų vamzdeliu, indelio vandeniui kaitinti, matavimo cilindro.

Pastaba. Jeigu pritrūks reikalingų priemonių, atlikite mintinį eksperimentą.



2.2 pav.

Ant svarstyklių abiejų lėkštelių pasverkite du vienodus kalorimetrus su lygiu kiekiu (200 g) vandens (t_0 = 20 °C). Užvirinkite 10 g vandens ir supilkite į vieną kalorimetrą. Termometru išmaišykite vandenį ir išmatuokite mišinio temperatūrą t_1. Į kolbą su garų vamzdeliu įpilkite apytiksliai 100 g vandens ir jį užvirinkite. Į kito kalorimetro indelį įleiskite 10 g garų (garų vamzdelį įstatykite į vandenį ir garinkite, kol išsilygins svarstyklės). Termometru išmaišykite vandenį ir išmatuokite mišinio temperatūrą t_2.

Atlikite užduotis:

1. Įpylus verdančio vandens, mišinio temperatūra t_1 =.....°C.
2. Įleidus vandens garų, mišinio temperatūra t_2 =.....°C.
3. Pažymėkite tinkamą:

a) $t_1 > t_2$; **b)** $t_1 < t_2$; **c)** $t_1 = t_2$.

4. Pažymėkite tinkamą:

Vienodas vandens ir garų kiekis vandeniui atiduoda nevienodą šilumą todėl, kad:

a) garų temperatūra yra didesnė už verdančio vandens;

b) garai, virsdami vandeniu išskiria šilumos kiekį.

13. Savo samprotavimus, analizuojant 12 eksperimentinę užduotį, patikrinkite teoriškai. Pasinaudodami eksperimentinės užduoties duomenimis, apskaičiuokite nusistovėjusią mišinio temperatūrą t_1, gautą įpylus verdančio vandens, ir t_2, gautą įleidus vandens garų. Šilumos nuostolių nepaisykite.

14. Iš Diuaro indo, kuriame yra t_1 = – 195 °C skysto azoto, per laiką τ_1 = 24 h išgaruoja $V_1 = 10^{-4}$ m^3 azoto. Aplinkos oro temperatūra t_0 = 20 °C. Tame pačiame inde per laiką τ_2 = 22,5 h ištirpsta t_2 = 0 °C temperatūros - kg ledo. Šilumos kiekis, suteikiamas indui kas sekundę, proporcingas temperatūrų indo išorėje ir viduje skirtumui $\frac{Q}{\tau} = k\Delta t$. Skysto azoto tankis ρ_1 = 800 kg/m^3, ledo savitoji lydymosi šiluma . Apskaičiuokite azoto savitąją garavimo šilumą.

15. Į kalorimetrą, kuriame yra 0 °C temperatūros 100 g masės ledo gabalėlis, leidžiami 100 °C temperatūros vandens garai. Ledo savitoji lydymosi šiluma , vandens savitoji šiluma 4 , vandens savitoji garavimo šiluma 2 . Kiek vandens bus kalorimetre, kai visas ledas ištirps?

16. Gauti žemoms temperatūroms šaldymo įrenginiuose naudojamas skysto amoniako garavimas. Kiek amoniako reikia išgarinti, norint 10 kg 20 °C temperatūros vandens paversti 0 °C temperatūros ledu? Vandens savitoji šiluma

, ledo lydymosi šiluma , amoniako savitoji garavimo šiluma .

17. Plieninis sviedinys, skriejantis 800 m/s greičiu, pataikė į žemės pylimą ir jame susprogo. 60 % sviedinio kinetinės energijos teko jo įšilimui. Keliais laipsniais pakilo sviedinio temperatūra? Plieno savitoji šiluma 460 .

18. 3600 kg masės automobilis, sudeginęs 20 ℓ benzino, kurio tankis ir šilumingumas atitinkamai lygūs 700 kg/m^3, 4,6 , nuvažiuoja 150 km. Pasipriešinimo judėjimui jėga lygi 0,05 automobilio svorio daliai. Koks automobilio variklio naudingumo koeficientas?

19. *Pradėkime ruoštis brandos egzaminui*. Išspręskite tris FIZIKOS 2010 m. valstybinio brandos egzamino bendrojo kurso užduotis. Kiekvienas teisingas atsakymas vertinamas vienu tašku (žymėti tik vieną atsakymo variantą).

x.1. Į indą su 20 °C temperatūros vandens įpilta verdančio vandens. Gauto mišinio temperatūra yra 40 °C. Koks šalto ir karšto vandens masių santykis?

A. 5
B. 3
C. 2,5
D. 2

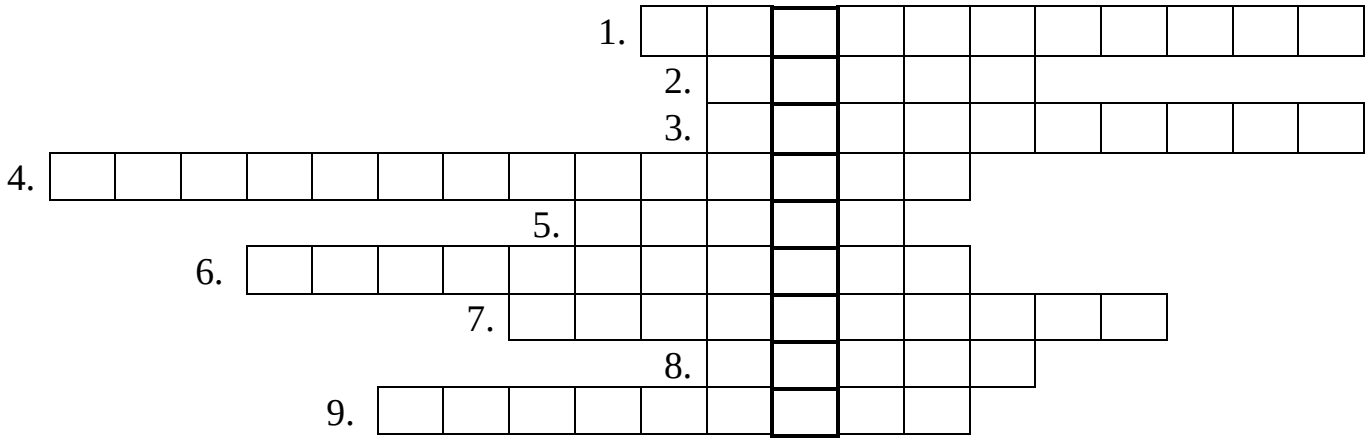
x.2. Įkaitusi metalinė detalė gali būti aušinama ore (savitoji oro šiluma c_0 = 1000), tepale (c_t = 2100), glicerine (c_g = 2400) arba vandenyje (c_v = 4190). Kurioje medžiagoje detalė auš sparčiausiai, kai kitos sąlygos vienodos? Į konvekciją nekreipkite dėmesio.

A. Ore
B. Tepale
C. Glicerine
D. Vandenyje

x.3. Dyzelinio variklio maksimalus naudingumo koeficientas yra 35 %. Koks gali būti realus naudingumo koeficientas automobilio, kuriame įmontuotas minėtas variklis?

A. 100 %
B. 65 %
C. 35 %
D. 25 %

20. Teisingai išsprendę kryžiažodį, stačiame paryškintame stulpelyje perskaitysite prancūzų fiziko, 1730 m. pasiūliusio alkoholio termometrą su pastoviu nuliniu tašku, atitinkančiu ledo tirpimo temperatūrą, ir vienu skalės laipsniu, atitinkančiu alkoholio tūrio padidėjimą 0,001 pradinio tūrio, pavardę.



1. Olandų stiklapūtis, 1714 m. padaręs termometrą, kuriame pirmą kartą buvo panaudotas gyvsidabris. Jo vardu vadinamas temperatūros matavimo vienetas, dabar naudojamas Anglijoje ir JAV.
2. Medžiaga, kurios savitoji šiluma lygi 2100 .
3. Šilumos perdavimas skysčių arba dujų srautais.
4. Šilumos perdavimo būdas, kai nereikia jokių kūnų, t. y. šiluma plinta ne per medžiagas.
5. Medžiaga, kurios virimo temperatūra normaliomis sąlygomis lygi –269 °C.
6. Dydis, išliekantis pastovus agregatinio virsmo metu.
7. Keturtakčio vidaus degimo variklio pirmasis taktas.
8. Didžiosios Britanijos inžinierius, 1782 metais išradęs garo mašiną.
9. Neįmanomas variklis, kurio veikimas prieštarauja energijos tvermės dėsniui.

III TURAS

ELEKTROS SROVĖS STIPRIS. ĮTAMPA. VARŽA. LAIDININKŲ JUNGIMO BŪDAI

Metodiniai nurodymai

1. ***Elektros krūvis.***

Fizikinis dydis, apibūdinantis kūnų įelektrinimą, yra ***elektros krūvis.***

$[q] = 1$ C – kulonas

Elementarusis elektros krūvis (elektrono krūvis):

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

2. ***Elektrinė įtampa.***

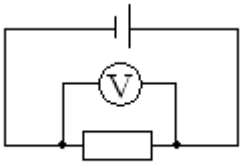
Elektrinė įtampa *U* apibūdina grandine pratekėjusio krūvio *q* atliktą darbą *A*.

Elektrinio lauko darbo, atliekamo perkeliant elektros krūvį grandine, ir to krūvio santykis:

$$U = \frac{A}{q}.$$

Skaitine verte įtampa lygi darbui, kurį laukas atlieka, perkeldamas 1 C krūvį.

Matavimo prietaisas – voltmetras. Junginamas lygiagrečiai (3.1 pav.).



3.1 pav.

$[U] = 1$ J/C $= 1$ V – voltas

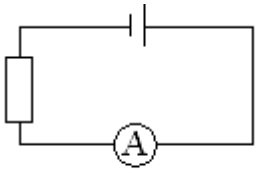
Įtampos *U* vienetas – voltas (V), darbo *A* vienetas – džaulis (J).

3. ***Elektros srovės stipris***.

Elektros srovė apibūdinama ***srovės stipriu***.

Laidininko skerspjūviu pratekėjusio krūvio *q* vienetas yra kulonas (C). Laikas *t* matuojamas sekundėmis (s), o srovės stiprio *I* vienetas yra amperas (A).

$[I] = 1$ A – amperas



3.2 pav.

Matavimo prietaisas – ampermetras. Jungiamas nuosekliai (3.2 pav.).

Skaitine verte elektros srovės stipris lygus krūviui, pratekėjusiam laidininko skerspjūviu per 1 s.

Elektros srovės stiprio išraiška:

$$I = \frac{q}{t},$$

arba

$$I = nevS;$$

čia n – elektronų skaičius, tenkantis laidininko vienetiniam tūriui,

e – elektronų krūvis,

v – laisvųjų elektronų greitis,

S – laidininko skerspjūvio plotas.

4. ***Elektros srovės tankis.***

Elektros srovės stiprio ir laidininko skerspjūvio ploto santykis vadinamas ***elektros srovės tankiu***.

$$j = \frac{I}{S};$$

čia j – elektros srovės tankis,

S – laidininko skerspjūvio plotas,

I – elektros srovės stipris.

Srovės tankio matavimo vienetas

$$[j] = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m}^2}.$$

5. ***Omo dėsnis***.

Omo dėsnis nusako srovės stiprio I ir įtampos U ryšį:

$$I = \frac{U}{R},$$

čia R – laidininko varža, kurios vienetas omas (Ω).

Srovės stipris laidininke tiesiog proporcingas laidininko galų įtampai ir atvirkščiai proporcingas jo varžai.

6. ***Laidininko varža***.

Laidininko varža – fizikinis dydis, apibūdinantis laidininko pasipriešinimą kryptingam krūvininkų judėjimui.

Laidininko varžos matavimo vietetas:

$$[R] = 1\ \Omega \text{ – omas.}$$

$$1\,\Omega = \frac{1\,\text{V}}{1\,\text{A}}.$$

Laidininko varža tiesiog proporcinga jo ilgiui, atvirkščiai proporcinga jo skerspjūvio plotui ir priklauso nuo laidininko medžiagos:

$$R = \rho\frac{\ell}{S};$$

čia S – laidininko skerspjūvis, ℓ – laidininko ilgis, o ρ – savitoji varža.

1 Ω – 1 m ilgio, 1 m^2 skerspjūvio ploto (arba 1 m ilgio, 1 mm^2 skerspjūvio ploto) laidininko varža.

Laidininko medžiagos savitoji varža:

$$[\rho] = 1\,\Omega\text{m} = 10^6\,\frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}.$$

7. ***Nuoseklusis jungimas*** **(3.3 pav.)**.

Nuosekliai sujungtų laidininkų srovės stipris vienodas:

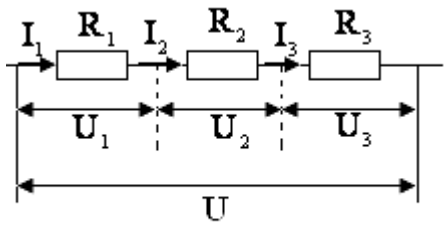
$$I = I_1 = I_2 = I_3.$$

Bendra įtampa lygi įtampų sumai:

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

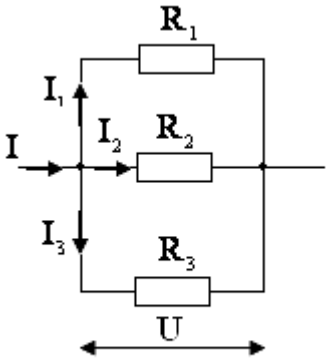
Varža lygi varžų sumai:

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$



3.3 pav.

8. ***Lygiagretusis jungimas*** **(3.4 pav.)**.



3.4 pav.

Lygiagrečiai sujungtų laidininkų pilnutinis srovės stipris lygus atskirų šakų srovių stiprių sumai:

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Atskirų lygiagrečiai sujungtų laidininkų įtampa vienoda ir lygi grandinės dalių įtampai:

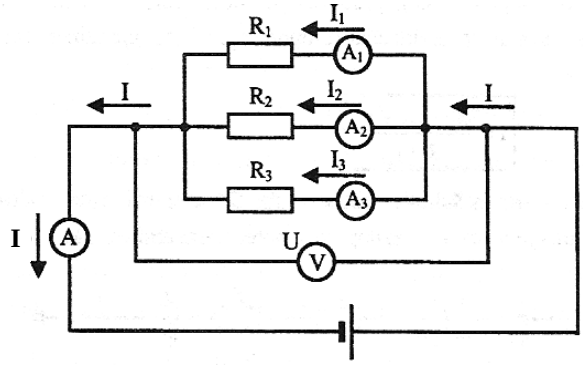
$$U = U_1 = U_2 = U_3.$$

Varžai apskaičiuoti taikoma formulė:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

9. ***Mišrusis jungimas***.

Mišriojo jungimo atveju (3.5 pav.) taikomos nuosekliojo ir lygiagrečiojo jungimo taisyklės.



3.5 pav.

10. ***Elektros srovės darbas***.

Elektros srovės darbas – tai elektros energijos kiekis, išorinėje grandinės dalyje virstantis kitų rūšių energija

$$A = UIt;$$

čia A – elektros srovės darbas, U – įtampa, I – srovės stipris, t – laikas.

$$[A] = 1 \text{ J}.$$

11. ***Elektros srovės galia.***

Elektros srovės galia lygi jos darbui, atliktam per laiko vienetą

$$P = UI;$$

čia P – galia, U – įtampa, I – srovės stipris.

Galia matuojama W (vatais).

$$[P] = 1\text{W}.$$

12. ***Džaulio-Lenco dėsnis.***

Šilumos kiekis, išsiskiriantis laidininke, tekant srovei, yra proporcingas srovės stiprio kvadratui, laidininko varžai ir srovės tekėjimo laikui:

$$Q = I^2 Rt.$$

Ši formulė tinka šilumos kiekui, kuris išsiskiria nuosekliai sujungtuose laidininkuose.

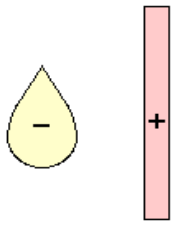
Lygiagrečiai sujungtiems laidininkams taikome formulę:

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$

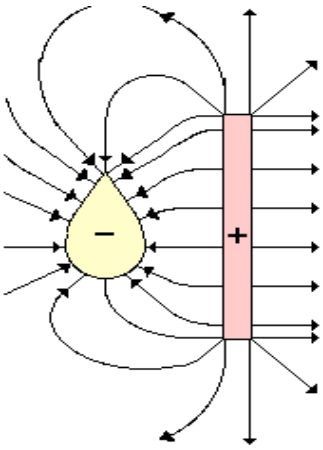
Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

1 pavyzdys

Piešinėlyje (3.6 pav.) – dviejų skirtingų formų kūnai. Vienas kūnas įelektrintas teigiamai, kitas neigiamai. Nupieškite elektrinio lauko jėgų linijas, supančias šiuos kūnus.



3.6



3.7

Atsakymas: elektrinio lauko jėgų linijos eina iš teigiamai įelektrinto kūno į neigiamai įelektrintą (3.7 pav.). Netaisyklingos formos kūno jėgų linijos skirtingo tankio: tankiausios smailumoje, o rečiausios išgaubtoje dalyje.

2 pavyzdys

Rasti vidutinį elektronų judėjimo greitį laidininke, kuriame elektros srovės stipris *I* = 12 A, laidininko skerspjūvio plotas *S* = 0,5 cm^2. Laisvųjų elektronų

skaičius, tenkantis vienetiniam tūriui n = $5\cdot10^{21}$ cm^{-3}. Elektrono krūvis e = $1{,}6\cdot10^{-19}$ C.

v	$S = 0{,}5\ \text{cm}^2 = 0{,}5\cdot10^{-4}\ \text{m}^2$ $I = 12\ \text{A}$ $e = 1{,}6\cdot10^{-19}\ \text{C}$ $n = 5\cdot10^{21}\ \text{cm}^{-3} = 5\cdot10^{27}\text{m}^{-3}$

Žinome, kad elektros srovės stipris

$$I = nevS;$$

Iš čia:

$$v = \frac{I}{neS},$$

$$v = \frac{12\ \text{A}}{5\cdot10^{27}\text{m}^{-3}\cdot1{,}6\cdot10^{-19}\text{C}\cdot0{,}5\cdot10^{-4}\text{m}^2} = 3\cdot10^{-4}\ \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$$v = 3\cdot10^{-4}\ \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

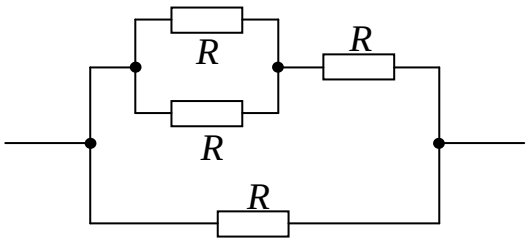
$$v = \frac{\text{A}}{\text{m}^{-3}\cdot\text{C}\cdot\text{m}^2} = \frac{\text{A}\cdot\text{m}^3}{\text{A}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^2} = \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Atsakymas: $v = 3\cdot10^{-4}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

3 pavyzdys

Panaudodami minimalų varžų skaičių, kurių kiekviena po 10 Ω, sudarykite grandinę, kurios varža būtų 6 Ω.

Reikia grandinę sujungti pagal tokią schemą (3.8 pav.):



3.8 pav.

Patikrinkime:

sujungiame dvi varžas lygiagrečiai:

$$R_1 = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2} = 5\,\Omega;$$

toliau nuoseklus jungimas:

$$R_2 = R_1 + R = 15\,\Omega;$$

lieka dviejų varžų lygiagretus jungimas:

$$R_3 = \frac{R_2 R}{R_2 + R} = \frac{150}{25} = 6\,\Omega.$$

Atsakymas: $R_3 = 6\,\Omega$.

4 pavyzdys

Elektrinis virdulys užverda per 15 min. Šildymo elementas sudarytas iš 6 m laido. Kaip perdaryti šildymo elementą, kad virdulyje esantis toks pat kiekis vandens užvirtų per 10 min? Šilumos nuostolių nėra.

ℓ_1	t_1 = 15 min t_2 = 10 min ℓ = 6 m

Šildymo elementas skleidžia šilumos kiekį

$$Q = \frac{U^2 t}{R},$$

kur U – įtampa, R – šildytuvo varža.

Kadangi šilumos nuostolių nėra, todėl abiem atvejais reikės vandeniui užvirti vienodo kiekio

$$Q_1 = Q_2,$$

$$\frac{U^2 t_1}{R_1} = \frac{U^2 t_2}{R_2},$$

$$\frac{15}{R_1} = \frac{10}{R_2}.$$

Vadinasi, norint, kad vanduo užvirtų per 10 min, reikia sumažinti 1,5 karto varžą. Kadangi $R \sim \frac{\rho \cdot \ell}{S}$, tai $R \sim \ell$.

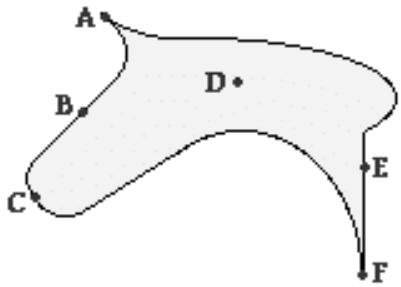
Reikia sumažinti šildymo elementą sudarantį laidą 1,5 karto

$$\ell_1 = \frac{\ell}{1{,}5} = \frac{6\,\text{m}}{1{,}5} = 4\,\text{m}.$$

Atsakymas: ℓ_1 = 4 m.

III TURO UŽDUOTYS

1. Apibūdinkite elektrinį lauką įelektrinto netaisyklingos formos kūno (3.9 pav.) šešiose pažymėtose vietose. Pavartokite frazes „nėra elektrinio lauko“, „palyginti silpnas“, „vidutinio stiprumo“ ir „palyginti stiprus“.



3.9 pav.

2. Rasti elektros srovės tankį j, jei žinoma, kad laidininku, kurio skerspjūvis $S = 0{,}5 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m}^2$, per $t = 10$ s prateka $q = 100$ C .

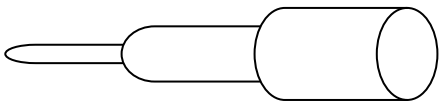
3. Voltmetro skalės maksimali matavimo riba yra $U = 3$ V, o $R = 300\ \Omega$. Prietaiso skalėje yra $N = 100$ padalų. Kokia turėtų būti padalos vertė i, jeigu prietaisą naudotume kaip miliampermetrą?

4. Voltmetro rodyklė prietaiso skalės pabaigoje rodo $U_0 = 15$ V. Tuo metu prietaisu tekančios elektros srovės stipris $I_0 = 7{,}5$ mA. Rasti prietaiso varžą R ir per jį tekančios elektros srovės stiprį I, jei voltmetro rodyklė rodys $U = 5$ V.

5. Rasti varinės vielos varžą, jeigu jos masė $m = 1$ kg, skerspjūvio plotas $S = 1 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{m}^2$, vielos tankis $\rho_0 = 890\ \mathrm{kg/m^3}$, savitoji varža $\rho = 1{,}75 \cdot 10^{-8}\ \Omega\mathrm{m}$?

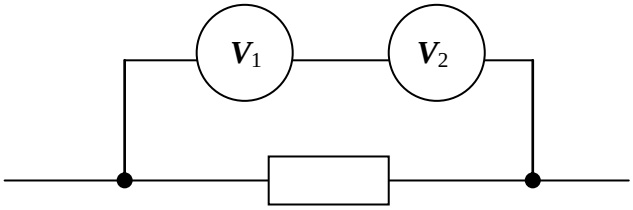
6. Prie pieštuko šerdies, kurios skersmuo $d = 2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}^2$, o ilgis $\ell = 0{,}2$ m prijungta , $U = 6$ V įtampa. Kokia elektros srovė I tekės šerdimi, jei ji pagaminta iš grafito, kurio savitoji varža $\rho = 1{,}75 \cdot 10^{-8}\ \Omega\mathrm{m}$?

7. Elektros grandinė sudaryta iš trijų nuosekliai sujungtų laido gabaliukų (3.10 pav.), kurie yra vienodos medžiagos ir vienodo ilgio. Skiriasi tik jų skerspjūvis: $S_1 = 1\ \mathrm{mm}^2$, $S_2 = 2\ \mathrm{mm}^2$, $S_3 = 3\ \mathrm{mm}^2$. Bendra įtampa grandinėje $U = 11$V. Kokia įtampa U_2 kris ant antrojo laidininko?



3.10 pav.

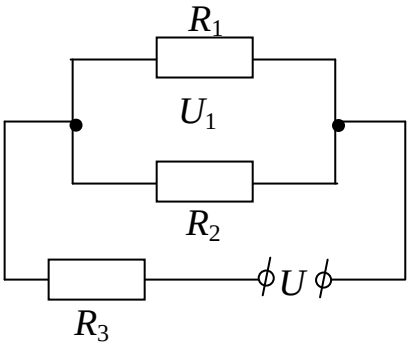
8. Elektros grandinės dalies įtampai nustatyti į grandinę (3.11 pav.) nuosekliai įjungti du voltmetrai. Pirmasis rodo U_1 = 20 V įtampą, o antrasis U_2 = 80 V įtampą. Rasti antrojo voltmetro varžą R_2 , jei pirmojo varža R_1= 5 kΩ.



3.11 pav.

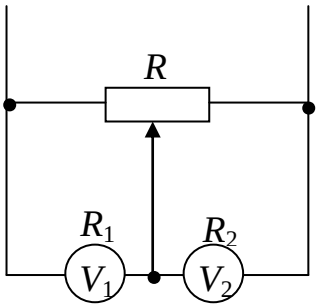
9. Nuosekliai sujungtų dviejų laidininkų R_1 ir R_2 bendra varža lygi R = 5 Ω. Tuos pačius laidininkus sujungus lygiagrečiai bendra varža lygi R_0= 1,2 Ω. Reikia rasti R_1 ir R_2 reikšmes.

10. Elektros šaltinio įtampa U = 200 V. Trys laidininkai sujungti taip, kaip parodyta schemoje (3.12 pav.). Jų varžos atitinkamai: R_1 = 60 Ω, R_2 = R_3 = 30 Ω. Rasti įtampą U_1, krintančią ant laidininko R_1.



3.12 pav.

11. Į elektros grandinę, kurioje įtampa U = 180 V, įjungtas reostatas (veikia kaip potenciometras), kurio varža R= 5 kΩ, ir du voltmetrai, kurių varžos R_1 = 6 kΩ ir R_2= 4 kΩ. Grandinės schema parodyta 3.13 paveiksle. Rasti įtampas U_1 ir U_2.



3.13 pav.

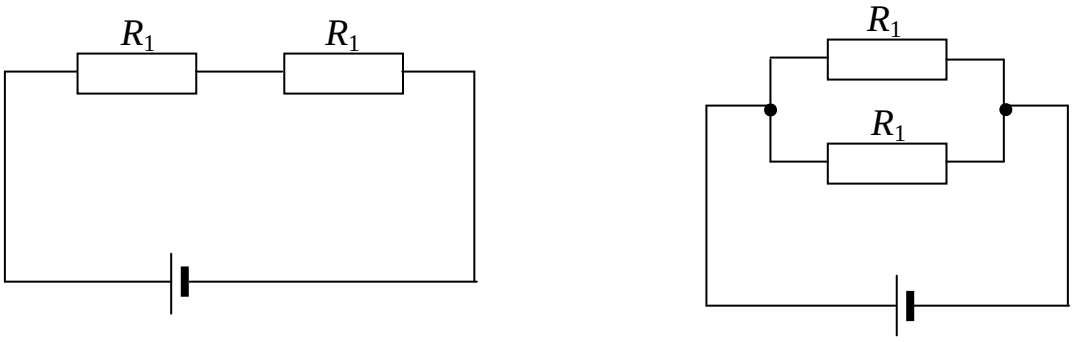
12. Kaip reikia sujungti keturis laidininkus, kurių varžos R_1 = 1 Ω, R_2 = 2 Ω, R_3 = 3 Ω ir R_4 = 4 Ω, kad gautume bendrą varžą R = 2,5 Ω?

13. Laidininko varža R = 36 Ω. Į kiek lygių dalių galima supjaustyti laidininką, kad jas sujungę lygiagrečiai gautume bendrą varžą R_0 = 1Ω?

14. Kiek laipsnių pakis vandens, kurio masė m = 0,2 kg, temperatūra inde, jei į jį įdėtas laidininkas, prie kurio prijungta įtampa U = 20 V? Laidininku teka q = 100 C elektros krūvis. Šilumos nuostolių nepaisyti.

15. Vienodo skerspjūvio ir ilgio varinis ir geležinis laidas sujungti nuosekliai, o po to lygiagrečiai. Palyginkite šilumos kiekius, kurie išsiskiria laiduose.

16. Du vienodi šildytuvai, kurių galingumas P = 200 W, ilgais ir plonais laidais prijungti prie elektros šaltinio su U = 120 V įtampa. Apskaičiuokite laidų varžą R, jeigu abu šildytuvai jungiant juos nuosekliai ir jungiant lygiagrečiai (3.14 pav.) kartu išskiria tą patį šilumos kiekį.

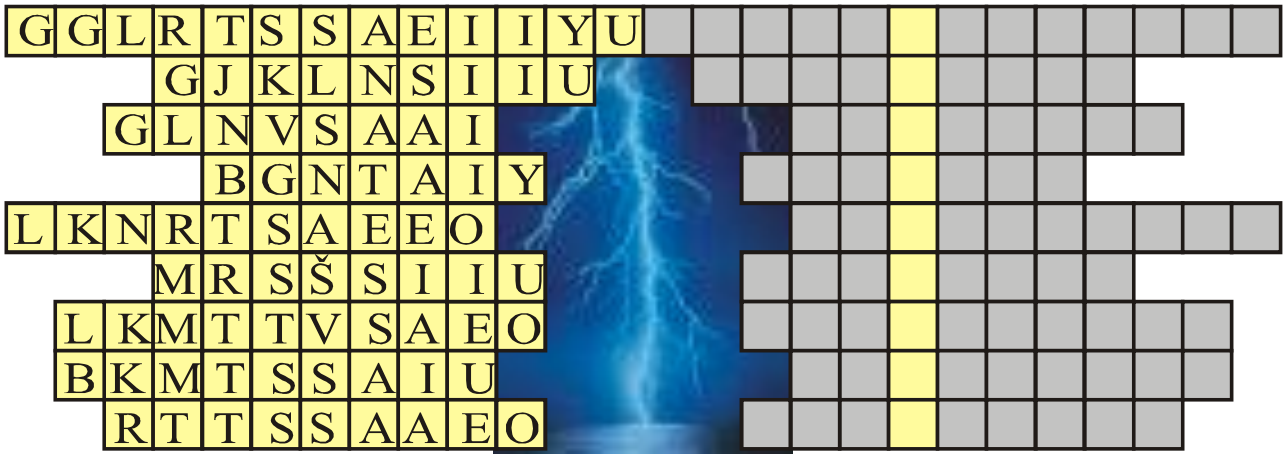


3.14 pav.

17. Kokią galią naudos kaitrinė lemputė, kurios nominali galia P = 25 W prie U = 120 V įtampos, jei ją įjungsime į elektros grandinę, kurioje įtampa U = 220 V?

18. Kokio ilgio turėtų būti elektrinio prietaiso nichrominė spiralė, kad ji per t = 10 min išskirtų $Q = 1 \cdot 10^5$ J šilumos. Prietaisas prijungtas prie U = 36 V įtampos. Nichrominės spiralės savitoji varža $\rho = 1{,}2 \cdot 10^{-6}$ Ωm, o skerspjūvis $S = 5 \cdot 10^{-7}$ m^2.

19. Galvosūkis



Perkelkite raides iš kairės lentelės pusės į dešinę taip, kad gautumėte prasmę turinčius žodžius. Žodžių reikšmę padės nustatyti ne eilės tvarka pateikti klausimai. Teisingai atsakę į klausimus ir surašę žodžius, pažymėtuose langeliuose perskaitysite anglų mokslininko pavardę, kuris padarė išvadą, jog ne tik patrintas gintaras traukia lengvus kūnus.

- Italų medikas, kurio vardu pavadinti galvaniniai elementai;
- Įtampos matavimo prietaisas;
- Laidininkų jungimo būdas, kai jie jungiami paraleliai;
- Būtinas elektros grandinės prietaisas;
- Garso signalams duoti prietaisas;
- Neigiamą krūvį turinti dalelė;
- Dar vienas laidininkų jungimo būdas;
- Prietaisas, reguliuojantis įtampą arba srovės stiprį.
- Įtaisai, skirti laidams sukabinti, sudarant elektros jungtį, laidams atsišakoti ar jiems pritvirtinti.

20. Eksperimentinis. Pasinaudodami ommetru ir masteline liniuote, raskite plonos geležinės vielos skersmenį. Atsakymą patikrinkite mikrometru.