

ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA  
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS

JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA

# „FOTONAS“

I KURSO UŽDUOTYS IR  
METODINIAI NURODYMAI  
2009 08(478)



Šiauliai 2009

**LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA  
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“**

**Lina Senkuvienė, Violeta Šlekienė, Romas Senkus**

# **MECHANIKA. ŠILUMA. ELEKTRA**

**I KURSO UŽDUOTYS IR METODINIAI NURODYMAI  
2009 08(478)**

**Metodinė priemonė  
2009–2010 mokslo metai**

**Šiauliai 2009**

Leidžiama nuo 1972 m.

Leidinių periodiškumas – 15 per metus.

Leidinių 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,  
vyr. metodininkas Vacys Jankus.

Šiaulių universiteto Gamtos mokslų fakulteto tarybos rekomenduota 2009-09-11  
(protokolo Nr.1).

© Šiaulių universitetas, 2009

# 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 spęskite 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 koku 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 priimanamos. 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 nevēluodami: už kiekvieną pavēluotą (pagal pašto žymą) dieną mažinsime balus. Dėl rimtų priežasčių (liga ar pan.) pavēluoti 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 atsiuntimo terminai:**

I turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2009-12-05,  
II turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2010-02-20,  
III turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2010-04-25.

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](mailto:fotonas@fm.su.lt)  
Interneto puslapis: [www.fotonas.su.lt](http://www.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](http://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 *tiesiaeię* ir *kreiviaeię*. Pagal greitį kūno judėjimas skirstomas į *tolyginį* ir *netolyginį*. Todėl pagal trajektoriją ir greitį judėjimas gali būti:

- *tolyginis tiesiaeię*,
- *netolyginis tiesiaeię*,
- *tolyginis kreiviaeię*,
- *netolyginis kreiviaeię*.

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

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

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

čia  $s$  – nueitas kelias,  $t$  – sugaištas laikas.

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

$$v = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

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

$$s = vt, \quad (1.2)$$

o laikas

$$t = \frac{s}{v}. \quad (1.3)$$

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

$$\bar{v} = \frac{s}{t}; \quad (1.4)$$

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

Tolygiai kintamo judėjimo greitis pastoviai kinta – didėja arba mažėja. Kai kūno greitis per lygius laiko tarpus pakinta vienoda verte  $\Delta v$ , 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**:

$$a = \frac{v - v_0}{t}; \quad (1.5)$$

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

Pagreičio vienetas (SI) yra metras per sekundę kvadratu:

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} : 1 \text{ s} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Iš (1.5) lygties greitis

$$v = v_0 + at. \quad (1.6)$$

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

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

Tada greičio formules užrašome taip:

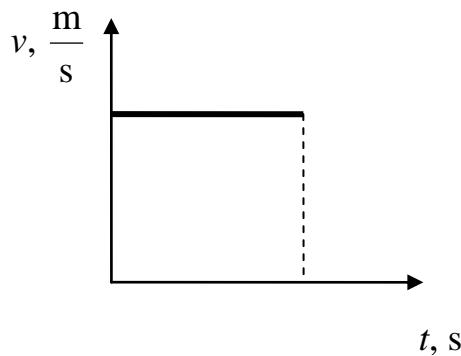
$$v = v_0 + at,$$

$$v = v_0 - at.$$

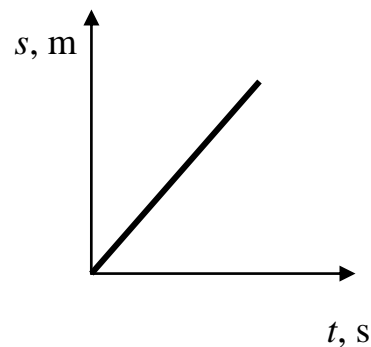


Šiomis formulėmis patogiu naudotis, kai žinome judėjimo pobūdį – greitis didėja ar mažėja. Jeigu kūnas pradeda judėti iš rimties būsenos, formulėse nelieta nario su pradiniu greičiu. Tada  $v = at$ . Jei žinome, kad kūnas sustoja, vadinasi,  $v = 0$ , o  $a < 0$ , tada judėjimo lygtis  $0 = v_0 - at$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

Kūno judėjimą galime pavaizduoti grafiku:

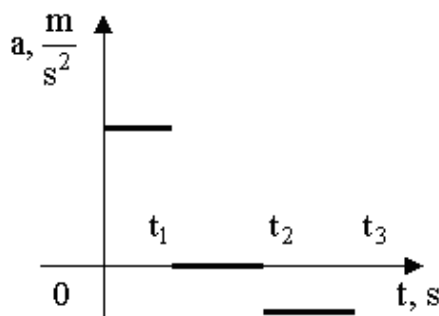


Greičio priklausomybės nuo laiko grafikas  
 $v = f(t)$

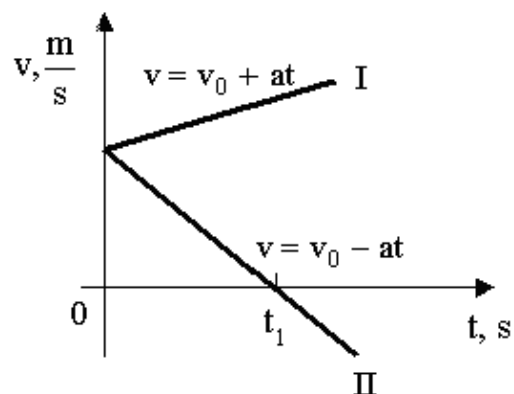


Kelio priklausomybės nuo laiko grafikas  
 $s = f(t)$

1.1 pav. Tiesiaieigio ir tolyginio judėjimo grafikai ( $v = \text{const}$ ,  $a = 0$ ,  $s = vt$ )



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.

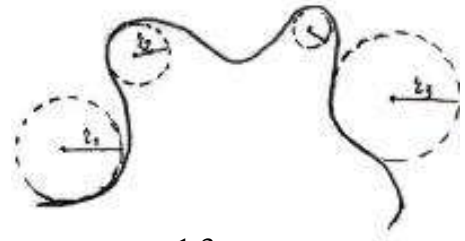


Greičio priklausomybės nuo laiko grafikas  $v = f(t)$ .  
Kai  $a > 0$ , kūno greitis tolygiai didėja. Kai  $a < 0$ , kūno greitis mažėja.  
Laiko momentu  $t_1$  II kūnas sustoja,  $v = 0$  ir toliau keičia judėjimo kryptį.

1.2 pav. Tiesiaieigio tolygiai kintamo judėjimo grafikai

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

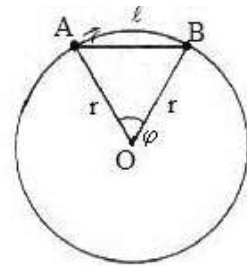
Gamtoje stebime įvairius judėjimus, kurių trajektorija yra kreivė. Kiekvienos kreivės atskirus lankus galima nagrinėti kaip kūno judėjimą apskritimais su skirtingais spinduliais (1.3 pav.).



1.3 pav.

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

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



1.4 pav.

$$\varphi = \frac{\ell}{r}, \quad \ell = \varphi r. \quad (1.7)$$

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

$$v = \frac{\ell}{t}. \quad (1.8)$$

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

$$\omega = \frac{\varphi}{t}. \quad (1.9)$$

Kampinis greitis (SI) matuojamas radianais per sekundę:

$$1 \text{ rad/s} = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}.$$

Nesunku rasti tarp šių greičių ryšį:

$$v = \frac{\ell}{t} = \frac{\varphi r}{t}, \quad v = \omega r \quad (1.10)$$

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

$$T = \frac{t}{N}. \quad (1.11)$$

Periodas  $T$  matuojamas sekundėmis.  $[T] = 1 \text{ s}$ .

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

$$n = \frac{N}{t}. \quad (1.12)$$

Dažnis matuojamas apsisukimais per sekundę. Dažnio matavimo vienetas yra

$$n \stackrel{\text{suks}}{=} 1 \frac{\text{suks}}{\text{s}} = 1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ Hz}.$$

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

Gauname, kad

$$T = \frac{1}{n} \quad \text{arba} \quad n = \frac{1}{T}. \quad (1.13)$$

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

Apsisukdamas apskritimu vieną kartą spindulys pasisuka kampu  $2\pi$  radianų, todėl kampinis greitis

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{arba} \quad \omega = 2\pi n. \quad (1.14)$$

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.

$$a = \frac{F}{m}. \quad (1.15)$$

Iš čia

$$F = ma. \quad (1.16)$$

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

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

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

$$A = F \cdot s. \quad (1.17)$$

Darbo matavimo vienetas (SI) yra džaulis:

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

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

$$N = \frac{A}{t}. \quad (1.18)$$

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

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

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

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

$$N = Fv. \quad (1.19)$$

**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 vienos kitą veikiančių kūnų arba to paties kūno dalių padėties.

$$E_p = mgh; \quad (1.20)$$

čia  $h$  – aukštis.

**Kinetinės energijos** turi visi judantys kūnai:

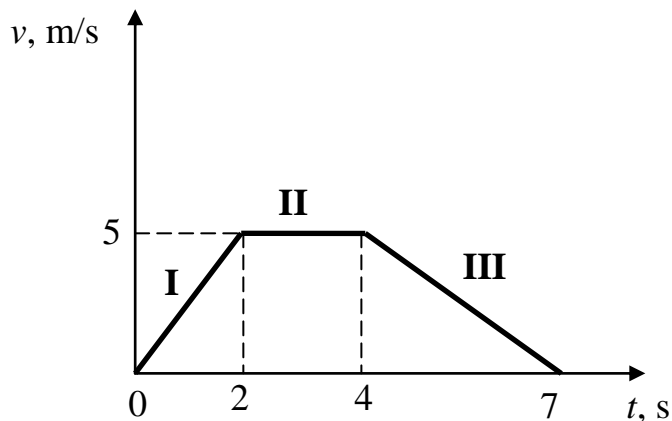
$$E_k = \frac{mv^2}{2}; \quad (1.21)$$

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

## Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

### 1 pavyzdys

Analizuodami (1.5 pav.) kūno greičio priklausomybės nuo laiko grafiką, apibūdinkime kūno judėjimą ir užrašykime greičio priklausomybę nuo laiko  $v = f(t)$ .



1.5 pav.

Pirmojoje grafiko dalyje greitis tiesiškai priklauso nuo laiko, taigi kūno judėjimas yra tolygiai greitėjantis. Pradinis greitis  $v_{01} = 0$  m/s. Per laikotarpį nuo 0 iki 2 s  $t_1 = 2$  s greitis padidėjo nuo 0 iki 5 m/s,  $a_1 = \frac{v_1 - v_{01}}{t_1} a_1 = 2,5$  m/s<sup>2</sup>, todėl  $v_1 = 2,5t$ .

Antroji grafiko dalis atitinka tolyginį judėjimą, nes greitis laikui bėgant nekinta:  $t_2 = 2$  s;  $v_2 = 5$  m/s,  $a_2 = 0$  m/s<sup>2</sup>. Greičio priklausomybė nuo laiko  $v_2 = 5$ .

Trečiojoje grafiko dalyje greitis mažėja, tuomet kūno judėjimas yra tolygiai lėtėjantis.

Apskaičiuojame pagreitį kai  $v = 0$  (kūnas sustoja);  $t_3 = 3$  s:

$$a_3 = \frac{v - v_2}{t_3};$$

$$a_3 = -1,7 \text{ m/s}^2.$$

Apskaičiuojame greičio priklausomybę nuo laiko:

$$v = v_2 + a_3 t.$$

$$v_3 = 5 - 1,7t.$$

**Atsakymas:**  $v_1 = 2,5t$ ,  $v_2 = 5$ ,  $v_3 = 5 - 1,7t$ .

## 2 pavyzdys

Trečdalį kelio autobusas važiuoja vidutiniu greičiu  $\bar{v}_1$ , o visą likusį kelią vidutiniu greičiu  $\bar{v}_2 = 50 \text{ km/h}$ . Apskaičiuokite greitį  $\bar{v}_1$ , jeigu vidutinis greitis visame kelyje  $\bar{v} = 37,5 \text{ km/h}$ .

$\bar{v}_1$	$\bar{v}_2 = 50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s}$ $\bar{v} = 37,5 \text{ km/h} = 10,4 \text{ m/s}$ $s_1 = \frac{1}{3} s$ $s_2 = \frac{2}{3} s$
-------------	--

Vidutinis greitis visame kelyje

$$\bar{v} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2}, \quad (1)$$

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

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

$$\bar{v}_1 = \frac{\bar{v} \cdot \bar{v}_2}{3\bar{v}_2 - 2\bar{v}}.$$

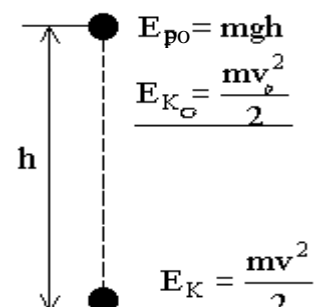
$$\bar{v}_1 = 6,9 \text{ m/s}.$$

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

## 3 pavyzdys

Kūnas, mestas vertikaliai žemyn iš  $h = 40 \text{ m}$  aukščio pradiniu  $v_o = 10 \text{ m/s}$  greičiu, smūgio į žemę momentu turi  $900 \text{ J}$  kinetinę energiją. Kokia to kūno masė? Koks jo greitis smūgio momentu? (Oro pasipriešinimo nepaisykite.)

$m$	$v_o = 10 \text{ m/s}$
$v$	$h = 40 \text{ m}$
	$E_k = 900 \text{ J}$



1.6 pav.

Brėžinyje (1.6 pav.) pažymėkime kūno pilnutinę mechaninę energiją pradiniam taške ir smūgio į žemę momentu. Pritaikykime energijos tvermės dėsnį:

$$E_{po} + E_{ko} = E_k; \quad (1)$$

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2}.$$

Išsireiškiame kūno greitį smūgio momentu:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh},$$

$$v = 30 \text{ m/s}.$$

Kūno kinetinė energija smūgio momentu:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (2)$$

Kadangi kūno greitis žinomas, iš (2) išsireiškiame masę:

$$m = \frac{2E_k}{v^2}.$$

$$m = 2 \text{ kg}.$$

**Atsakymas:**  $v = 30 \text{ m/s}$ ,  $m = 2 \text{ kg}$ .

#### 4 pavyzdys

**Metalinio disko, užmauto ant ašies, išoriniai taškai juda  $v_1 = 4 \text{ m/s}$  linijiniu greičiu, o taškai, esantys  $\ell = 10 \text{ cm}$  arčiau ašies,  $v_2 = 2 \text{ m/s}$  linijiniu greičiu. Koks yra disko spindulys ir koks jo kampinis greitis?**

$r$	$v_1 = 4 \text{ m/s}$
$\omega$	$\ell = 0,1 \text{ m}$
	$v_2 = 3 \text{ m/s}$

Disko išorinių taškų greitį galime rasti

$$\omega = \frac{v_1}{r}. \quad (1)$$

Arčiau ašies esančių taškų kampinis greitis bus

$$\omega = \frac{v_2}{r - \ell}. \quad (2)$$

Kadangi visi metalinio disko taškai sukasi vienodu kampiniu greičiu, todėl (1) ir (2) galime sulygtinti ir išsireikšti  $r$

$$r = \frac{-\ell v_1}{v_2 - v_1}.$$

$$r = 0,4 \text{ m.}$$

$$\omega = 10 \text{ rad/s.}$$

**Atsakymas.**  $r = 0,4 \text{ m}$ ,  $\omega = 10 \text{ rad/s}$ .

### 5 pavyzdys

**Automobilis važiuoja horizontaliu keliu pastoviu  $v = 90 \text{ km/h}$  greičiu, išvystydamas  $N = 70 \text{ kW}$  galią. Raskite pasipriešinimo judėjimui jėgą.**

$F$	$v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$ $N = 70 \text{ kW} = 7 \cdot 10^4 \text{ W}$
-----	--

Važiuojant automobiliui variklis atlieka darbą  $A$ , reikalingą nugalėti pasipriešinimui, nes visą kelią  $s$  važiuojama pastoviu greičiu  $v$ .

$$A = Fs. \tag{1}$$

$$N = \frac{A}{t}, \tag{2}$$

(1) įrašę į (2) gausime:

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

$$N = Fv. \tag{3}$$

Pasipriešinimo jėga:

$$F = \frac{N}{v}.$$

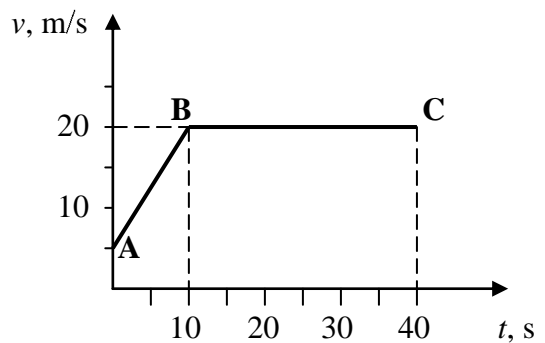
$$F = 2,8 \text{ kN.}$$

**Atsakymas:**  $F = 2,8 \text{ kN}$ .



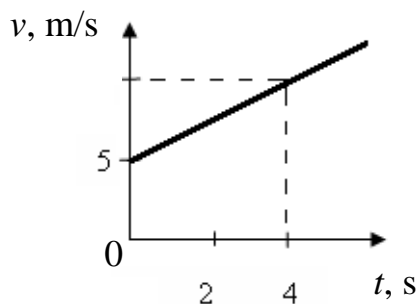
## I TURO UŽDUOTYS

1. Motociklo su motociklininku masė 200 kg. Visame kelyje juos veikia pastovi pasipriešinimo jėga  $F_p = 220$  N. Motociklo greičio priklausomybės nuo laiko grafikas parodytas 1.7 paveiksle. Kokiu pagreičiu judėjo motociklas AB ir BC dalyse? Kokią kinetinę energiją įgyja motociklas baigiantis 10 sekunde? Kokią galią išvysto motociklas važiuodamas pastoviu greičiu? Užrašykite greičio priklausomybę nuo laiko  $v = f(t)$  AB ir BC dalyse.



1.7 pav.

2. Naudodamiesi greičio grafiku (1.8 pav.) raskite kūno pradinį greitį bei jo greitį baigiantis ketvirtai sekunde. Apskaičiuokite pagreitį ir nubrėžkite pagreičio priklausomybės nuo laiko  $a = f(t)$  grafiką.



1.8 pav.

3. Dviratininkas kyla į kalną pastoviu  $v_1$  greičiu vienu keliu, o nusileidžia žemyn greičiu  $v_2$ , judėdamas dvigubai ilgesniu keliu. Koks vidutinis dviratininko greitis visame kelyje  $\bar{v}$ ?

4. Metro eskalatorius pakelia ant jo stovintį žmogų į viršų per laiką  $t_1 = 2$  min. Žmogus užbėga nejudančiu eskalatoriumi per laiką  $t_2 = 3$  min. Per kiek laiko žmogus užbėgs judančiu eskalatoriumi?

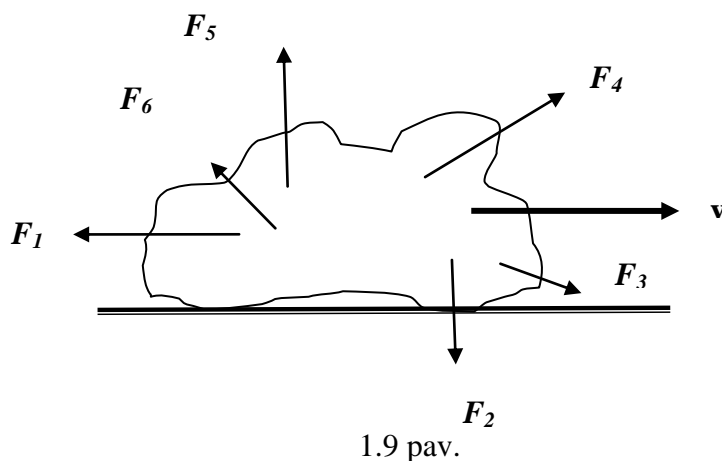
5. Kiek kartų to paties laikrodžio minutinės rodyklės sukimosi dažnis didesnis (o gal mažesnis) už valandinės rodyklės sukimosi dažnį?

6. Bokšto laikrodžio minutinės rodyklės ilgis yra 2,8 m. Kiek pasislenka rodyklės galas per 3 minutes?

7. Koks Mėnulio sukimosi greitis apie savo ašį kampinis greitis? Žinoma, kad Mėnulio sukimosi apie Žemę periodas  $T = 27,3$  paros.

8. Apie savo ašį besisukančios Saulės pusiaujo taškų greitis 2 km/s. Apskaičiuokite Saulės sukimosi apie savo ašį periodą.

9. 1.9 pav. pavaizduotas kūnas, kurį veikia kelios jėgos. Ryškioji rodyklė rodo kūno judėjimo kryptį. Kurios iš pavaizduotų jėgų neatlieka mechaninio darbo?



10. 0,3 kg masės kūnas laisvai krinta ( $v_0 = 0$ ) iš 20 m aukščio. Kokiu greičiu  $v$  kūnas pasieks žemę? Kokį darbą atlieka sunkio jėga?

11. Per parą žmogaus širdis atlieka maždaug 100 000 smūgių. Su kiekvienu smūgiu atliekamas toks darbas, koks reikalingas 1 kg masės pasvarui pakelti į 20 cm aukštį. Apskaičiuokite darbą, kurį atlieka žmogaus širdis per parą.

12. *Eksperimentinė užduotis.* Jums prireiks 5 ct monetos, popieriaus lapo, pieštuko ir žirklių. Popieriuje apvedžiokite monetą ir iškirpkite skritulėlį (ne didesnį už monetą). Vienoje rankoje laikykite gulsčią skritulėlį, kitoje – monetą. Vienu metu paleiskite juos iš to paties aukščio (1.10 pav. a). Stebėkite skritulėlių kritimą. Po to popierinį skritulėlį uždėkite ant monetos ir paleiskite laisvai kristi (1.10 pav. b).



1.10 pav. a



1.10 pav. b

Užbaikite sakinius:

1. Didesnė masė yra .....
2. Oro pasipriešinimas labiau veikia .....
3. Antruoju atveju moneta ir skritulėlis krito .....
4. Jeigu nebūtų oro pasipriešinimo, kūnai kristų .....

**13.** Kūnas sviedžiamas stačiai aukštyn  $v_0 = 50$  m/s greičiu. Kokiame aukštyje  $h$  jo potencinė energija lygi kinetinei energijai?

**14.** Kūnas laisvai krinta be pradinio greičio. Kiek kartų skirsis kūno greitis  $v_1$  kritimo pabaigoje ir greitis  $v$  pusiaukelėje?

**15.**  $m = 0,5$  kg masės kūnas, išmestas vertikaliai aukštyn  $v_0 = 20$  m/s greičiu, pakilo į  $h = 15$  m aukštį. Apskaičiuokite trinties (oro pasipriešinimo) jėgos atliktą darbą.

**16.** Keliamasis kranas, kurio variklio galia 20 kW, tolygiai pakelia aukštyn 4 t masės krovinį. Laisvojo kritimo pagreitis  $10 \text{ m/s}^2$ . Kokią potencinę energiją įgis kroviny, pakeltas į 40 m aukštį? Kokį darbą atliks krano variklis pakeldamas krovinį aukštyn per 2 minutes?

**17.** *Eksperimentinė užduotis.* Jums prireiks 10 šaškių ir liniuotės. Ant stalo stulpelių pastatykite 10 šaškių bokštelį. Staigiu liniuotės judesiu išmuškite apatinę šaškę (1.11 pav.). Atlikite užduotis:

1. Išmušti apatinę šaškę, nenugriauinant kitų, pavyko iš:

a) 1 karto; b) 2 karto; c) .....

2. Bokštelis nesugriuvo, nes šaškės turi savybę išlaikyti

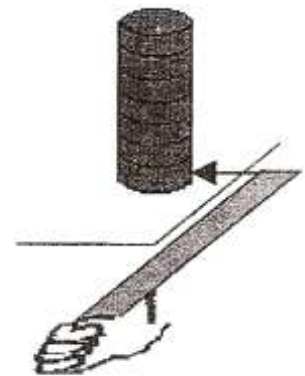
.....

3. Stalu judančią šaškę kiti kūnai:

a) veikia; b) neveikia.

4. Šaškė stalu juda:

a) tiesiai; b) netiesiai; c) tolygiai; d) netolygiai.



1.11 pav.

**18.** 200 gramų masės kūnas be pradinio greičio slysta nuo 3 metrų aukščio ir 5 metrų ilgio nuožulniosios plokštumos gale įgydamas 6 m/s greitį. Laisvojo kritimo pagreitį laikykite lygiu  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Apskaičiuokite kūno kinetinės energijos pokytį  $\Delta E_k$ . Kaip ir kiek pakito kūno potencinė energija? Kokį darbą  $A$  atliko trinties jėga, kūnui slystant žemyn? Koks trinties jėgos  $F$  dydis?

**19.** Mergaitė išmetė kamuolį vertikaliai aukštyn, o berniukas išmetė jį 2 kartus didesniu greičiu negu mergaitė. Kiek kartų aukščiau pakils berniuko mestas kamuolys?

**20.** Automobilio stabdymo kelią ypač svarbu žinoti vairuotojams. Remdamiesi sąryšiu tarp darbo ir kinetinės energijos, pabandykite įrodyti, kad stabdymo kelias yra proporcingas automobilio greičio kvadratui.

## 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 būseną vadinama *termodinamine pusiausvyra*.

Taigi šiluma yra tam tikros rūšies energija, todėl ji, kaip ir bet kurios kitos rūšies energija, neišnykdamą 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°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 °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.

$$c \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

Tokia pati skaitinė vertė gaunama ir matuojant

$$c \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

(džaulis kilogramui Celsijaus laipsniui), kadangi temperatūrų pokytis išmatuotas K ir  $^\circ\text{C}$  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:

$$[C] = 1 \text{ J}/^\circ\text{C}.$$

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  $\lambda$  – savitoji lydymosi (kietėjimo) šiluma (randama lentelėse).

$$\lambda \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

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.

$$\lambda \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

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**:

$$Q_{\text{atiduotas}} = Q_{\text{gautas}}$$

Šiluma išsiskiria ir degant kurui.

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

$$q \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

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:

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

$$N \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}.$$

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

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

### ***Uždavinių sprendimo pavyzdžiai***

#### **1 pavyzdys**

Statinėje telpa  $V = 80 \text{ l}$  skysčio. Į ją buvo įpilta  $V_1 = 10 \text{ l}$   $t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$  vandens, o po to – kiek tilpo  $t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūros vandens. Kokia pasidarė viso vandens temperatūra?

$t$	$V = 80 \text{ l} = 80 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $V_1 = 10 \text{ l} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
-----	--

Šilumos mainai vyksta tarp vėsesnio ir karštesnio vandens. Karštesnis atiduoda šilumos kiekį

$$Q_1 = cm_1(t_1 - t).$$

Vėsesnis gauna šilumos kiekį

$$Q_2 = cm_2(t - t_2).$$

Šilumos balanso lygtis  $Q_1 = Q_2$  arba

$$cm_1(t_1 - t) = cm_2(t - t_2).$$

Karštesnio vandens masė

$$m_1 = \rho V_1.$$

Vėsesnio vandens masė

$$m_2 = \rho V_2 = \rho(V - V_1).$$

Tada

$$c\rho V_1(t_1 - t) = c\rho(V - V_1)(t - t_2) \text{ arba}$$

$$V_1(t_1 - t) = (V - V_1)(t - t_2),$$

$$V_1 t_1 - V_1 t = Vt - Vt_2 - V_1 t + V_1 t_2.$$

Iš čia

$$t = \frac{V_1(t_1 - t_2) + Vt_2}{V}.$$

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

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

## 2 pavyzdys

I  $m_1 = 120$  g žalvarinį kalorimetrą su  $m_2 = 260$  g  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  temperatūros vandeniui buvo įmestas  $m_3 = 200$  g masės įkaitintas iki  $t_3 = 100^\circ\text{C}$  metalinis kūnas. Kalorimetre nusistovėjo  $t = 20^\circ\text{C}$  temperatūra. Žalvario savitoji šiluma  $c_1 = 380$  J/(kg · °C), vandens –  $c_2 = 4,2$  kJ/(kg · °C). Apskaičiuokite tiriamojo kūno savitąją šilumą.

$c_3$	$m_1 = 0,12$ kg
	$m_2 = 0,26$ kg
	$m_3 = 0,20$ kg
	$t_1 = 10^\circ\text{C}$
	$t_3 = 100^\circ\text{C}$
	$t = 20^\circ\text{C}$
	$c_1 = 380$ J/(kg · °C)
	$c_2 = 4,2 \cdot 10^3$ J/(kg · °C)



Užrašome šilumos balanso lygtį:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2;$$

čia  $Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1)$  ir  $Q_2 = c_2 m_2 (t - t_1)$  – kalorimetro indelio ir vandens gauti šilumos kiekiai  $Q_3 = c_3 m_3 (t_3 - t)$  – metalinio kūno atiduotas šilumos kiekis.

Taigi

$$c_3 m_3 (t_3 - t) = c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_1).$$

Iš čia

$$c_3 = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(t - t_1)}{m_3(t_3 - t)}.$$

$$c_3 = 711 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}.$$

**Atsakymas:**  $c_3 = 711 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}.$

### 3 pavyzdys

I  $m_1 = 1,5 \text{ kg}$   $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūros vandenį dedamas  $t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūros ledas. Kiek daugiausia reikia įdėti ledo, kad jis visas ištirptų?

$m_2$	$m_1 = 1,5 \text{ kg}$
	$t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
	$t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$
	$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
	$c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$

Šilumos mainai vyksta tarp šilto vandens ir  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūros ledo.

$$c m_1 (t_1 - t_2) = \lambda m_2.$$

Iš čia

$$m_2 = \frac{c m_1 (t_1 - t_2)}{\lambda}.$$

$$m_2 = 0,57 \text{ kg}.$$

**Atsakymas:**  $m_2 = 0,57 \text{ kg}.$

#### 4 pavyzdys

Kokį šilumos kiekį reikia suteikti  $m = 1$  kg masės ledo gabalui, kurio pradinė temperatūra  $t_1 = -20$  °C, kad jis išsilydytų, o susidaręs vanduo įkaistų iki  $t_2 = 100$  °C ir išgaruotų?

$Q$	$m = 1$ kg
	$t_1 = -20$ °C
	$t_2 = 100$ °C
	$c_\ell = 2100$ J/(kg·°C)
	$c_v = 4200$ J/(kg·°C)
	$\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ J/kg
	$L = 2,3 \cdot 10^6$ J/kg
	$t_{lyd} = 0$ °C

Visas reikalingas šilumos kiekis, kad ledas išsilydytų ir susidaręs vanduo išgaruotų, yra

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4.$$

Rasime kiekvieną šilumos kiekį atskirai.

$Q_1 = c_\ell m(t_{lyd} - t_1)$  – šilumos kiekis, reikalingas ledui sušildyti iki  $t_{lyd} = 0$  °C temperatūros.

$$Q_1 = 4,2 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

$Q_2 = \lambda m$  – šilumos kiekis, reikalingas ledui išlydyti.

$$Q_2 = 33 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

$Q_3 = c_v m(t_2 - t_{lyd})$  – šilumos kiekis, reikalingas vandeniui sušildyti iki 100 °C temperatūros.

$$Q_3 = 42 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

$Q_4 = Lm$  – šilumos kiekis, reikalingas vandeniui išgarinti.

$$Q_4 = 230 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

Visas šilumos kiekis

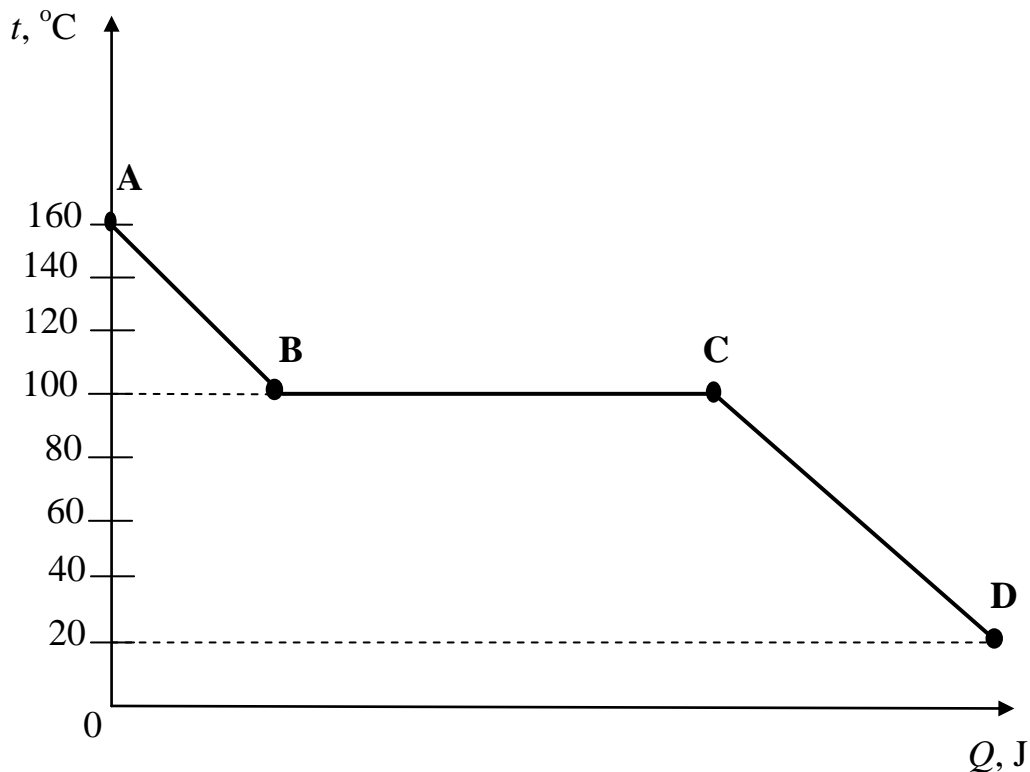
$$Q = 4,2 \cdot 10^4 \text{ J} + 33 \cdot 10^4 \text{ J} + 42 \cdot 10^4 \text{ J} + 230 \cdot 10^4 \text{ J} = 309,2 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

$$Q = 3,1 \text{ MJ.}$$

**Atsakymas:**  $Q = 3,1$  MJ.

## 5 pavyzdys

2.1 paveiksle pavaizduotas  $m = 100$  g garų ir skystio temperatūros kitimo grafikas. A. Koks tai skystis? B. Kokius procesus vaizduoja kiekviena grafiko atkarpa? C. Kiek šilumos išsiskyrė kiekvieno proceso metu?



2.1 pav.

A. Skystis verda (arba garai kondensuojasi)  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūroje. Todėl galima teigti, jog tai vanduo.

B. Kiekviena grafiko atkarpa vaizduoja šiuos procesus:

AB – garų vėsimas nuo  $160\text{ }^{\circ}\text{C}$  iki  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

BC – garų kondensacija ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūroje),

CD – vandens vėsimas nuo  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  iki  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

C.

$Q_{AB}$	$m = 0,1\text{ kg}$
$Q_{BC}$	$c_g = 2,2 \cdot 10^3\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$
$Q_{CD}$	$c_v = 4,2 \cdot 10^3\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$
	$L = 2,3 \cdot 10^6\text{ J/kg}$

$$Q_{AB} = c_g m (160\text{ }^{\circ}\text{C} - 100\text{ }^{\circ}\text{C}),$$

$$Q_{AB} = 13,2 \text{ kJ};$$

$$Q_{BC} = L \text{ m},$$

$$Q_{BC} = 230 \text{ kJ};$$

$$Q_{CD} = c_v m (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}),$$

$$Q_{CD} = 33,6 \text{ kJ}.$$

**Atsakymas:**  $Q_{AB} = 13,2 \text{ kJ}$ ,  $Q_{BC} = 230 \text{ kJ}$ ,  $Q_{CD} = 33,6 \text{ kJ}$ .

## 6 pavyzdys

Du vienodų masių varinis ir aliumininis rutuliukai nukrito iš  $h = 1000 \text{ m}$  aukščio. Vario savitoji šiluma  $c_{Cu} = 400 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ , aliuminio  $c_{Al} = 900 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ . Kuris rutulys labiau įšils? Kiek laipsnių skirsis jų temperatūros? Šilumos nuostolių nepaisykite.

$\Delta t$	$h = 1000 \text{ m}$
	$c_{Cu} = 400 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$c_{Al} = 900 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$

Kadangi šilumos nuostolių nepaisoma, rutulių mechaninė energija suvartojama jų vidinei energijai pakelti:

$$mgh = c_{Cu} m \Delta t_{Cu} \quad \text{ir} \quad mgh = c_{Al} m \Delta t_{Al}.$$

Taigi

$$\frac{\Delta t_{Cu}}{\Delta t_{Al}} = \frac{c_{Al}}{c_{Cu}}.$$

Kadangi  $c_{Al} > c_{Cu}$ , tai  $\Delta t_{Cu} > \Delta t_{Al}$ .

Labiau įšils varinis rutulys.

$$\Delta t_{Cu} = \frac{mgh}{c_{Cu} m} = \frac{gh}{c_{Cu}},$$

$$\Delta t_{Al} = \frac{gh}{c_{Al}}.$$

$$\Delta t = \Delta t_{Cu} - \Delta t_{Al};$$

$$\Delta t = gh \left( \frac{1}{c_{Cu}} - \frac{1}{c_{Al}} \right).$$

$$\Delta t \approx 14 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

**Atsakymas:**  $\Delta t \approx 14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 7 pavyzdys

$m = 10 \text{ g}$  kulka, skriedama  $v = 500 \text{ m/s}$  greičiu, pataiko į  $t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros ledo gabalą. 30 % kulkos energijos išekvojama ledui suskaldyti, o likusi 70 % – ledui ištirpdyti. Ledo savitoji lydymosi šiluma  $\lambda = 330 \text{ kJ/kg}$ . Kokia ištirpusio ledo masė?

$m_{\ell}$	$m = 0,01 \text{ kg}$
	$v = 500 \text{ m/s}$
	$t = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$
	$\eta = 0,7$

Kulka pataiko į ledo gabalą, turėdama kinetinės energijos:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Pagal uždavinio sąlygą 70 % (0,7) šios energijos eikvojama ledui tirpdyti.

Todėl

$$0,7 E_k = \lambda m_{\ell}.$$

Iš čia

$$m_{\ell} = \frac{0,7mv^2}{2\lambda} = 0,35 \frac{mv^2}{\lambda}.$$

**Atsakymas:**  $m_{\ell} = 2,65 \text{ g}$ .

### 8 pavyzdys

$m = 1500 \text{ kg}$  masės automobilis nuvažiavęs  $s = 100 \text{ km}$  sudegino  $V = 8 \text{ } \ell$  benzino. Benzino tankis  $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$ , savitoji degimo šiluma  $q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ . Pasipriešinimo automobilio judėjimui jėga  $n = 15$  kartų mažesnė už automobilio svorį. Apskaičiuokite automobilio variklio naudingumo koeficientą.

$\eta$	$m = 1500 \text{ kg}$
	$s = 100 \text{ km} = 1 \cdot 10^5 \text{ m}$
	$V = 8 \text{ } \ell = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
	$\rho = 750 \text{ kg/m}^3$
	$q = 4,6 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$
	$n = 15$
	$g = 10 \text{ m/s}^2$

Automobilio atliktas naudingas darbas

$$A_n = F s;$$

čia  $F$  – pasipriešinimo automobilio judėjimui jėga, sudaranti  $n = 15$  dalį automobilio svorio  $P = mg$ .

Todėl naudingas darbas

$$A_n = \frac{mgs}{n}.$$

Suvartoto kuro išskirta energija (šiluma):

$$Q = qm_l;$$

čia  $m_l = \rho V$  – kuro masė.

$$Q = q\rho V.$$

Variklio naudingumo koeficientas:

$$\eta = \frac{A_n}{Q} \quad \text{arba} \quad \eta = \frac{mgs}{nq\rho V}.$$

**Atsakymas:**  $\eta = 0,36$ .

## II TURO UŽDUOTYS

1. Kiek  $t_2 = 77\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros vandens reikia sumaišyti su  $m_1 = 100\text{ kg}$  vandens, kurio temperatūra  $t_1 = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kad nusistovėtų  $t = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūra? Vandens savitoji šiluma  $c = 4200\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ .

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

3. *Eksperimentinė užduotis.* Jums prireiks 1  $\ell$  termosos, vandens, ledo, termometro. Į termosą įpilkite 0,5  $\ell$   $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros vandens. Dėkite ledo, kol termosos bus pilnas, ir tada uždarykite jį. Apskaičiuokite, ar ledas ištirps, ir po 10–20 min atidarykite termosą ir įsitikinkite.

Atlikite užduotis:

1. Iki  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  atvėsdamas vanduo atiduoda .....kJ šilumos.
2. 0,5  $\ell$  ledo masė .....kg.
3. Vanduo termose gali ištirpinti ..... kg ledo.
4. Ledas termose: a) ištirps; b) neištirps.
5. 1 kg medžiagos vidinės energijos pokytis:
  - a) vandens temperatūrai nukritus  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lygus .....kJ;
  - b) ištirpus  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros ledui, lygus .....kJ.

4. Nustatant krosnies temperatūrą, joje įkaitinamas  $m_1 = 0,30\text{ kg}$  masės plieninis rutuliukas ir įmetamas į  $m_2 = 200\text{ g}$  masės varinį indą su  $m_3 = 1,27\text{ kg}$   $t_0 = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros vandeniu. Vandens temperatūra pakilo iki  $t = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vandens savitoji šiluma  $c_3 = 4,2\text{ kJ/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , plieno –  $c_1 = 500\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , vario –  $c_2 = 400\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ . Apskaičiuokite krosnies temperatūrą  $t_x$ .

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

6. Įkaitintas geležies kubas buvo padėtas ant  $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros ledo gabalo. Geležies tankis  $\rho_g = 7,8 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ , savitoji šiluma  $c_g = 460\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , ledo tankis  $\rho_\ell = 900\text{ kg/m}^3$ , savitoji lydymosi šiluma  $\lambda_\ell = 330\text{ kJ/kg}$ . Iki kokios mažiausios

temperatūros reikėjo įkaitinti kubą, kad jis visiškai panirtų į ledą? Šilumos nuostolių nepaisyti.

7. Vienoje stiklinėje yra  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros ledas, kitoje – „ledinis“ vanduo. Ar vienodos jų vidinės energijos atsargos?

8. Į kalorimetrą su pastovios galios kaitinimo elementu įdedamas  $t_1 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros ledo gabalas. Po  $\tau = 19\text{ min}$ , išjungus kaitinimo elementą, kalorimetre susidariusio vandens temperatūra buvo  $t_2 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ledo savitoji šiluma  $c_\ell = 2100\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , vandens savitoji šiluma  $c_v = 4200\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , ledo savitoji lydymosi šiluma  $\lambda = 33\cdot 10^4\text{ J/kg}$ . Nubraižykite ledo bei vandens temperatūros priklausomybės nuo laiko grafiką.

9. Kiek šilumos išsiskirs, kol susikondensuos  $m = 0,2\text{ kg}$  vandens garų, kurių temperatūra  $t_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ir gautas vanduo atauš iki  $t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Vandens savitoji šiluma  $c_v = 4200\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , savitoji garavimo šiluma  $L = 2,3\cdot 10^6\text{ J/kg}$ .

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

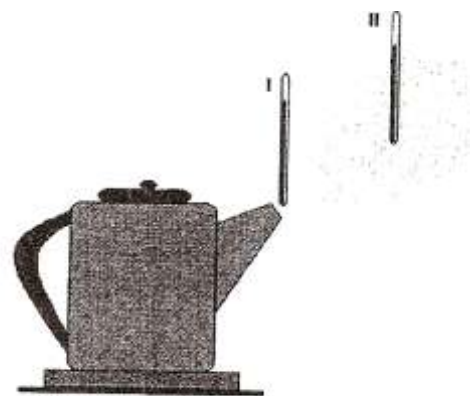
11. Į indą, kuriame yra  $m_1 = 10\text{ kg}$  masės  $t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatūros vandens, įpilama  $m_2 = 7\text{ kg}$  masės, lydymosi temperatūros  $t_2 = 327\text{ }^{\circ}\text{C}$  skysto švino.  $\Delta m_1 = 0,05\text{ kg}$  vandens išgaravo. Vandens savitoji šiluma  $c_1 = 4200\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , švino –  $c_2 = 130\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , vandens savitoji garavimo šiluma  $L = 2,26\text{ MJ/kg}$ , švino savitoji lydymosi šiluma  $\lambda = 30\text{ kJ/kg}$ . Indo šiluminės talpos nepaisyti. Kokia temperatūra  $t$  nusistovės inde, kai švinas sukietės?

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

13. *Eksperimentinė užduotis.* Jums prireiks termometro, virdulio su vandeniu, dujinės arba elektrinės viryklės. Virdulyje užvirinkite vandenį. I termometrą laikykite prie pat virdulio kaklelio (permatomoje dalyje). II termometrą laikykite baltame debesėlyje (rūke) (2.2 pav.).

Atlikite užduotis:

1. I atveju  $t_1 = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$ .
2. II atveju  $t_2 = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$ .
3. a)  $t_1 > t_2$ ;      b)  $t_1 < t_2$ ;      c)  $t_1 = t_2$ .



2.2 pav.



4. I atveju vandens būseną:
  - a) dujos;    b) skystis.
 II atveju vandens būseną:
  - a) dujos;    b) skystis.
5. Vandens garai yra:
  - a) matomi;    b) nematomi.
 Vandens lašeliai yra:
  - a) matomi;    b) nematomi.
6. Termometrų rodmenys skiriasi todėl, kad I atveju:
  - a) ant termometro išskirdami šilumą kondensuojasi garai;
  - b) garų temperatūra yra didesnė už vandens.

**14.** Vandenilio šilumingumas  $q_v = 120 \text{ MJ/kg}$  yra daug kartų didesnis už gamtinių dujų šilumingumą  $q_d = 44 \text{ MJ/kg}$ . Tad kodėl daugiau yra naudojamos gamtinės dujos? Atsakymą pagrįskite palygindami išsiskyrusios šilumos kiekius, sudegus vienodam dujų tūriui ir esant vienodai jų temperatūrai bei slėgiui. Vandenilio tankis  $\rho_v = 4,5 \text{ kg/m}^3$ , gamtinių dujų –  $\rho_d = 35 \text{ kg/m}^3$ .

**15.** *Eksperimentinė užduotis.* Jums prireiks kambario termometro, vatos, odekolono, popieriaus lapo. Termometro vamzdelio apatinį galą apvyniokite vata (2.3 pav.). Vatą suvilgykite odekolonu. Paėmę popieriaus lapą juo judinkite orą prie vatos. Stebėkite, ką rodo termometras.

Atlikite užduotis:

1. Pradedant bandymą, kambario temperatūra  $t_0 = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$ .
2. Suvilgius vatą odekolonu,  $t_1 = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$ .
3. Pajudinus orą prie vatos,  $t_2 = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$ .
4. Nurodykite netikslų teiginį.

Garuojančio skysčio temperatūra mažėja todėl, kad:

- a) sumažėja greitesnių molekulių skaičius;
- b) daugiau molekulių grįžta į skystį;
- c) garų molekulės pašalinamos nuo paviršiaus.



2.3 pav.

**16.** Į šildymo radiatorius įteka  $t_1 = 68 ^\circ\text{C}$ , o išteka  $t_2 = 48 ^\circ\text{C}$  temperatūros vanduo. Kambario tūris  $V = 90 \text{ m}^3$ , pradinė oro temperatūra  $t_0 = 6 ^\circ\text{C}$ . Oro tankis  $\rho_o = 1,29 \text{ kg/m}^3$ , savitoji šiluma  $c_v = 4,2 \text{ kJ/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ . Iki kokios temperatūros sušils oras kambaryje, radiatoriais pratekėjus  $V_v = 40 \text{ l}$  vandens, jeigu  $\eta = 30 \%$  šilumos netenkame pro sienas, langus ir grindis?

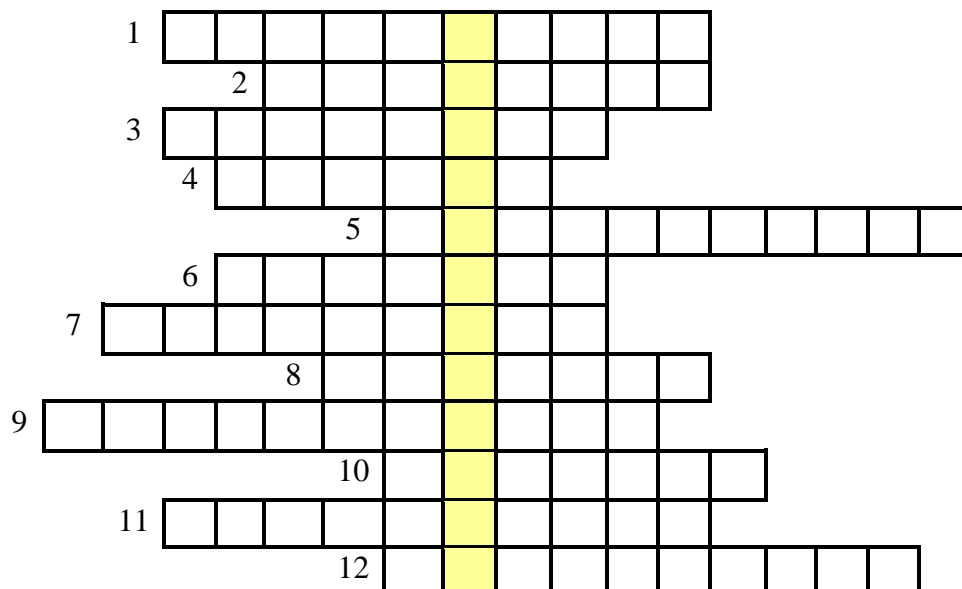
**17.**  $m = 2 \text{ kg}$  masės vandens, kurio pradinė temperatūra  $t_1 = 20 ^\circ\text{C}$ , kaitinama  $P = 600 \text{ W}$  galios elektriniu šildytuvu. Po  $\tau_1 = 35 \text{ min}$  vanduo užvirė ( $t_2 = 100 ^\circ\text{C}$ ) ir  $\Delta m = 0,2 \text{ kg}$  vandens išgaravo. Vandens savitoji šiluma  $c_v = 4200 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ , savitoji

garavimo šiluma  $L = 2,3 \cdot 10^6$  J/kg. Koks elektrinio šildytuvo naudingumo koeficientas?

**18.** Tam tikras  $P = 30$  kW galios įrenginys aušinamas vandeniu tekančiu  $S = 1$  cm<sup>2</sup> skerspjūvio ploto spiraliniu vamzdeliu. Nusistovėjus pusiausvyrai, vandens temperatūra pakyla  $\Delta t = 15$  °C. Vandens šildymui skiriama  $\eta = 30$  % įrenginio galios. Vandens tankis  $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup>, savitoji šiluma  $c = 4200$  J/(kg·°C). Apskaičiuokite vandens tekėjimo greitį  $v$ .

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

**20.** Teisingai išsprendę kryžiažodį, stačiame paryškintame stulpelyje perskaitysite proceso, apibūdinančio dujinės būsenos virtimą skystąja, pavadinimą.



1. Procesas, kai šiluma perduodama skysčių ar dujų srautais.
2. Ilgą laiką naudotas šilumos kiekio matavimo vienetas, lygus 4,2 J.
3. Temperatūros SI vienetas.
4. Raidė, kuria dažniausiai žymima savitoji lydymosi šiluma.
5. Dydis, liekantis pastovus kintant medžiagos būsenai.
6. Būsenos kitimas arba ..... virsmas.
7. Kietosios medžiagos virsmas skystąja.
8. Šilumos kiekio matavimo vienetas.
9. Kietosios medžiagos tiesioginis virsmas dujomis (arba atvirkščiai) aplenkiant skystąją būseną.
10. Skysčio virsmas garais skysčio viduje.
11. Skystosios medžiagos virsmas kietąja.
12. Giliavandenė kamera.

### III TURAS

## ELEKTROS SROVĖS STIPRIS. ĮTAMPA. VARŽA. LAIDININKŲ JUNGIMO BŪDAI

### Metodiniai nurodymai

#### 1. *Elektros krūvis.*

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

$$[q] = 1 \text{ C} - \text{kulonas}$$

Elementarusis elektros krūvis (elektrono krūvis):

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

#### 2. *Elektrinė įtampa.*

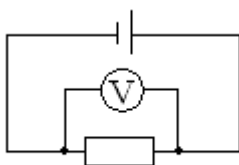
*Elektrinė įtampa*  $U$  apibūdina grandine pratekėjusio krūvio  $q$  atliktą darbą  $A$ .

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

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

Skaitinė vertė įtampa lygi darbui, kurį laukas atlieka, perkeldamas 1 C krūvį.

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



3.1 pav.

$$[U] = 1 \text{ J/C} = 1 \text{ V} - \text{voltas}$$

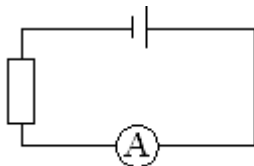
Įtampos  $U$  vienetas – voltas (V), darbo  $A$  vienetas – džaulis (J).

#### 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).

$[I] = 1 \text{ A}$  – amperas



3.2 pav.

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

Skaitinė vertė 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

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

#### 5. *Omo dėsnis.*

*Omo dėsnis* nusako srovės stiprio  $I$  ir įtampos  $U$  ryšį:

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

čia  $R$  – laidininko varža, kurios vienetas omas ( $\Omega$ ).

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,  $\ell$  – laidininko ilgis, o  $\rho$  – savitoji varža.

$1 \Omega$  – 1 m ilgio,  $1 \text{ m}^2$  skerspjūvio ploto (arba 1 m ilgio,  $1 \text{ mm}^2$  skerspjūvio ploto) laidininko varža.

Laidininko medžiagos savitoji varža:

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

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

**Nuosekliai sujungtų** laidininkų srovės stipris vienodas:

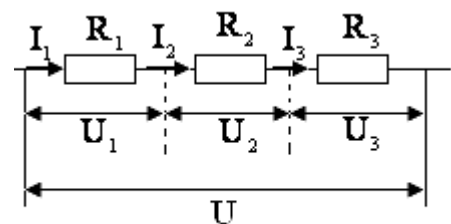
$$I = I_1 = I_2 = I_3.$$

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.).

**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:

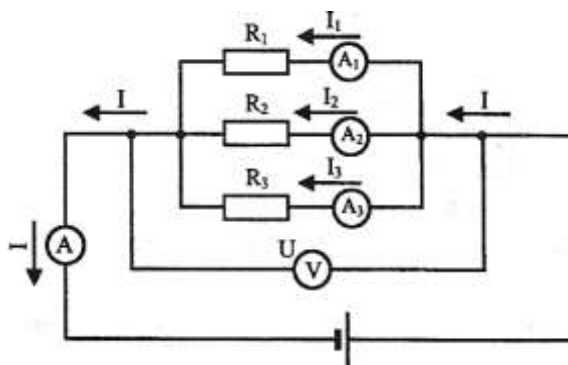
$$U = U_1 = U_2 = U_3.$$

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.

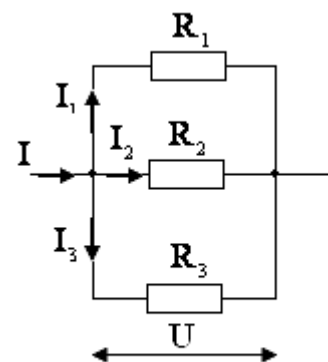
$$[A] = 1 \text{ J}.$$

### 11. *Elektros srovės galia*.

**Elektros srovės galia** lygi jos darbui, atliktam per laiko vienetą

$$P = UI;$$

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



3.4 pav.

Galia matuojama  $W$  (vatais).

$$[P] = 1W.$$

## 12. Džaulio-Lenco dėsnis.

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

$$Q = I^2 R t.$$

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

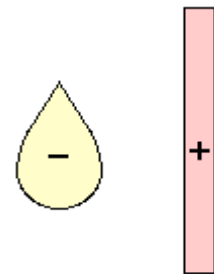
Lygiagrečiai sujungtiems laidininkams taikome formulę:

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

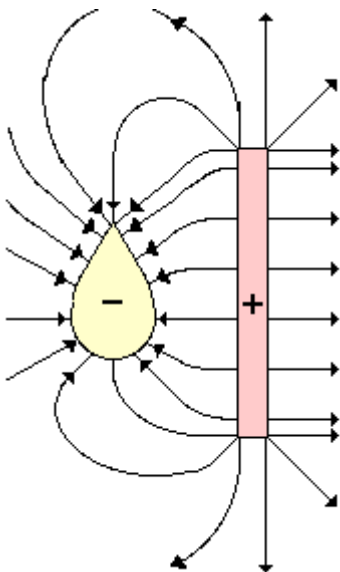
## Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

### 1 pavyzdys

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



3.6 pav.



3.7 pav.

**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  $I = 12 \text{ A}$ , laidininko skerspjūvio plotas  $S = 0,5 \text{ cm}^2$ . Laisvųjų elektronų skaičius, tenkantis vienetiniam tūriui  $n = 5 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ . Elektrono krūvis  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

$v$	$S = 0,5 \text{ cm}^2 = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ $I = 12 \text{ A}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $n = 5 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3} = 5 \cdot 10^{27} \text{ m}^{-3}$
-----	--

Žinome, kad elektros srovės stipris

$$I = nevS;$$

Iš čia:

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

$$v = \frac{12 \text{ A}}{5 \cdot 10^{27} \text{ m}^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

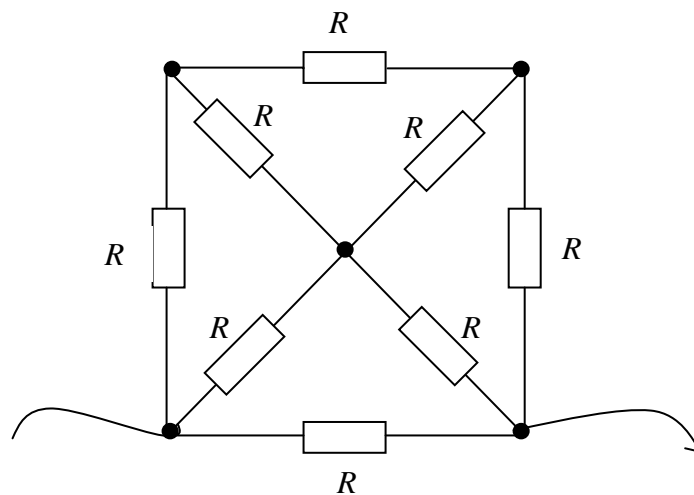
$$v = 3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

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

**Atsakymas:**  $v = 3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}.$

## 3 pavyzdys

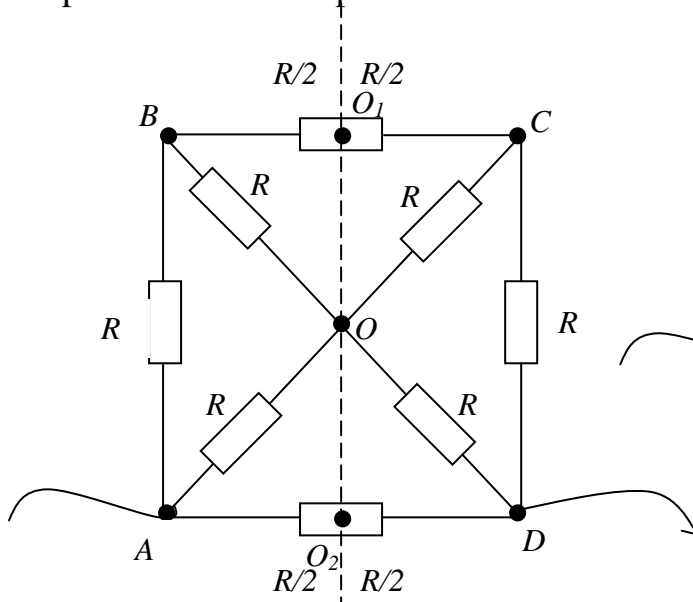
Raskite kvadrato su įstrižainėmis tipo vielinės figūros pilnutinę varžą, kai ji įjungta į grandinę, kaip parodyta 3.8 paveiksle.



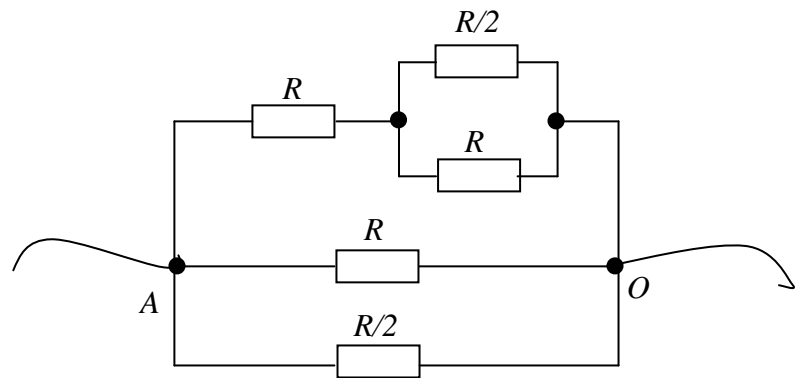
3.8 pav.



Pavaizduota schema turi simetrinę ašį (punkturai 3.9 pav.). Taškus  $O_1$ ,  $O$  ir  $O_2$ , esančius simetrijos ašyse, galima sujungti vieną su kitu. Tuomet schema padalijama į dvi vienodas nuosekliai sujungtas grandis. Šių dviejų ekvivalentinė schema pavaizduota 3.10 paveiksle.



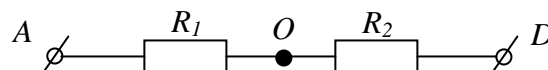
3.9 pav.



3.10 pav.

Varža, pavaizduota grandyje (3.10 pav.):

$$R_1 = \frac{4}{15} R.$$



3.11 pav.

Visos grandinės varža (3.11 pav.):

$$R_{bendra} = R_1 + R_2,$$

kur  $R_1$  – grandies AO varža,  
 $R_2$  – grandies OD varža.

Vadinasi, ieškoma visos grandinės varža lygi

$$R_{bendra} = \frac{8}{15} R.$$

**Atsakymas:**  $R_{bendra} = \frac{8}{15} R.$

#### 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.

$\ell_1$	$t_1 = 15 \text{ min}$ $t_2 = 10 \text{ min}$ $\ell = 6 \text{ m}$
----------	--

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:**  $\ell_1 = 4 \text{ m}$ .

#### 5 pavyzdys

800 kg masės greitis liftas per 5 min pakyla į 40 m aukštį. Variklio gnybtų įtampa 120 V, naudingumo koeficientas lygus 0,9. Kokio stiprumo srovę vartoja variklis ir kokia jo galia?

$I$	$m = 800 \text{ kg}$
$P$	$t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$
	$h = 40 \text{ m}$
	$U = 120 \text{ V}$
	$\eta = 0,9$

Elektros energija

$$A_1 = IUt,$$

virsta mechanine energija

$$A_2 = mgh.$$

Energijos tvermės dėsnis, naudojant koeficientą  $\eta$ :

$$\eta A_1 = A_2.$$

Iš čia

$$I = \frac{mgh}{\eta Ut};$$

$$I = \frac{800 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 40 \text{ m}}{0,9 \cdot 120 \text{ V} \cdot 300 \text{ s}} = 9,7 \text{ A}.$$

Variklio galia

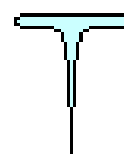
$$P = UI,$$

$$P = 120 \text{ V} \cdot 9,7 \text{ A} = 1164 \text{ W}.$$

**Atsakymas:**  $P = 1164 \text{ W}$ ,  $I = 9,7 \text{ A}$ .

### III TURO UŽDUOTYS

1. Piešinėlyje parodytas smeigtukas (3.12 pav.). Manykite, kad smeigtukas tampa teigiamai įelektrintu kūnu. Nupieškite elektrinio lauko jėgų linijas, supančias smeigtuką.



3.12 pav.

2. Koks elektros srovės poveikis žmogui, kai jos stiprumas kinta nuo 1 mA iki 50 mA?

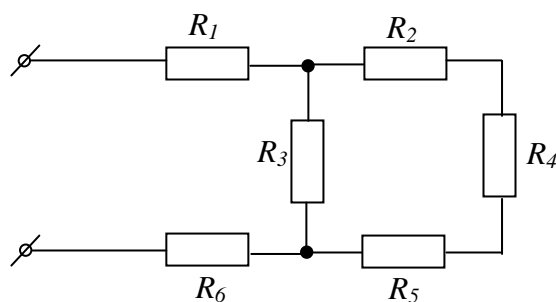
3. Ar žaibo trenktą žmogų galima liesti rankomis? Kaip suteikiama pagalba?

4. Vario 1 m<sup>3</sup> laisvųjų elektronų skaičius yra 10<sup>28</sup>. Rasti kryptingo elektronų judėjimo vidutinį greitį varyje 4,0 mm<sup>2</sup> skerspjūvio plote, per kurį teka 32 A srovė.

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

6. Nubraižykite keturių vienodų varžų 10 galimų jungimų schemas. Kiekvienu atveju apskaičiuokite bendrą varžą  $R$ .

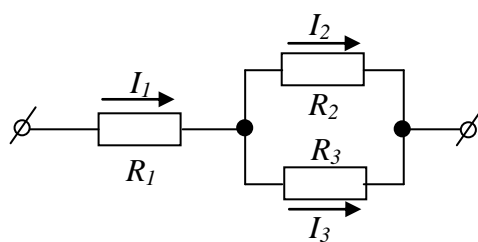
7. Apskaičiuokite parodytos (3.13 pav.) grandinės dalies varžą, kai  $R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = 1 \Omega$ ,  $R_3 = 10 \Omega$ ,  $R_4 = 8 \Omega$ .



3.13 pav.

8. Dvi 60 W galios ir 110 V nominalios įtampos elektros lemputės sujungtos lygiagrečiai. Nuosekliai joms prijungta tokia varža, kad grandinę įjungus į 220 V įtampos tinklą lemputės šviestų normaliai. Kaip pakis elektros srovės stipris vienoje iš lempučių, jei antroji lemputė perdegs?

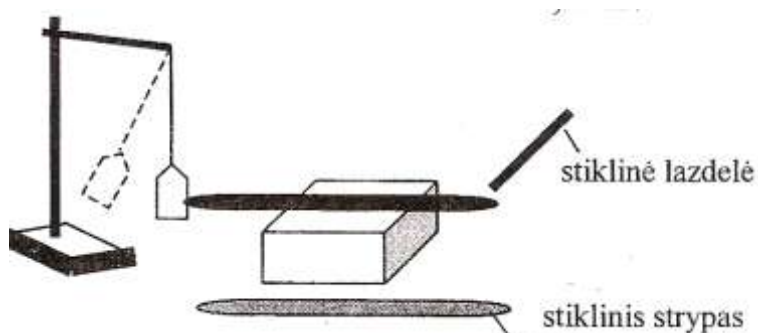
9. Grandinė sudaryta iš 4 Ω rezistoriaus, prijungto nuosekliai su 8 Ω ir 16 Ω rezistoriais, kurie tarpusavyje sujungti lygiagrečiai (3.14 pav.). Nustatykite įtampą 4 Ω rezistoriuje, jei 8 Ω rezistoriuje teka 10 A srovė.



3.14 pav.

**10.** Dvi vienodos tokia pat elektros srove šildomos spiralinės įrengtos: viena – vertikaliai, o kita – horizontaliai. Kuri jų įkais stipriau ir kodėl?

**11.** *Eksperimentinė užduotis.* Jums prireiks metalinio strypo, plastikinės arba metalinės dėžutės, ant šilkinio siūlo pakabintos folijos tūtelės, stiklinio strypo, stiklinės lazdelės ir šilko. Metalinį strypą padėkite ant izoliacinės dėžutės. Folijos tūtelę pakabinkite taip, kad ji liestų strypą, o prie kito strypo galo prilieskite į šilką patrintą stiklinę lazdelę. Po to vietoj metalinio strypo padėkite stiklinį ir viską pakartokite (3.15 pav.).



3.15 pav.

Strypas	Tūtelės ir strypo sąveika			Strypo pavadinimas		Strypas elektrai	
	traukia	neveikia	stumia	laidininkas	izoliatorius	laidus	nelaidus
Metalinis							
Stiklinis							

**12.** Dvi kartu dirbančios 80 W ir 40 W spiralinės pašildo vandenį per 30 min. Kiek kartų padidėtų šildymo laikas, jeigu antroji spiralė perdegtų po 15 min nuo šildymo pradžios?

**13.** 1600 kg masės greitasis liftas per 300 s pakyla į 30 m aikštį. Variklio gnybtų įtampa 380 V, naudingumo koeficientas lygus 0,9. Kokio stiprumo srovę vartoja variklis ir kokia jo galia?

14. Kam lygus elektrinio virdulio naudingumo koeficientas, jei 1 l vandens, kurio temperatūra  $t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , užverda per  $\tau = 20\text{ min}$ ? Vartojamos elektros srovės stipris  $I = 3\text{ A}$ . Tinklo įtampa  $U = 120\text{ V}$ .

15. Varinio laidininko varža 2 kartus didesnė už aliumininio laidininko varžą, o masė 4 kartus mažesnė. Kuris laidininkas ilgesnis? Kiek kartų?

16. Laidininko varža  $4\Omega$ . Kaip gauti iš jo laidą, kurio varža būtų  $1\Omega$ ? Patikrinti variantus: a) paimti pusę laido, b) sulenkti ir susukti, c) supjaustyti laidą į 4 lygias dalis ir susukti į vieną.

17. Dvi lemputės, kurių varžos  $R_1$  ir  $R_2$ , kai  $R_1 > R_2$ , jungiamos a) nuosekliai, b) lygiagrečiai. Kuri lemputė švies ryškiau?

18. Savivarčio sunkvežimio starteris būna įjungtas 5 s ir ima 500 A srovę. Koks krūvis prateka starteriu?

19. Galvosūkis



Iš kairėje eilutėse esančių raidžių sudarykite žodžius ir surašykite dešinėje galvosūkio pusėje. Teisingai surašę žodžius vertikalčiai pažymėtuose langeliuose perskaitysite elektrinio prietaiso pavadinimą. Kad būtų lengviau, pateikti klausimai, tačiau jie surašyti ne eilės tvarka:

- Energija, naudojama ūkio ir buities darbams;
- Amerikietis mokslininkas – kaitinamosios lempos išradėjas;
- Buitinis elektros prietaisas drabužiams lyginti;
- Mokslininkas, eksperimentiškai aptikęs elektroną;

- Gamykla Klaipėdoje, kurioje gaminami galvaniniai elementai;
- Elektros krūvio matavimo vienetas;
- Elektros kiekio sinonimas;
- Lietuvių kilmės fizikas, pasiūlęs šaltinio polius žymėti „plus“ ir „minus“;
- Elektrono krūvio ženklas.

**20.** Turėdami du voltmetrus, kurių matavimo ribos iki 6 V, išmatuokite 10 V–12 V srovės šaltinio įtampą gnybtuose.

Lietuvos fizikų draugija  
Šiaulių universitetas  
Jaunųjų fizikų mokykla „FOTONAS“

**Lina Senkuvienė, Violeta Šlekienė, Romas Senkus**  
**I kurso užduotys ir metodiniai nurodymai**  
**2009 08(478)**  
**2009–2010 mokslo metai**

Redagavo Algirdas Malakauskas  
Rinko ir maketavo Irma Bolskytė

---

SL 843. 2009 09 15. 2,94 leidyb. apsk.1. Tiražas 900. Užsakymas  
Spausdino UAB „Šiaulių knygriškla“,  
P. Lukšio 9A, LT-76351 Šiauliai, tel.: (8 ~ 41) 50 03 33, 43 19 14.