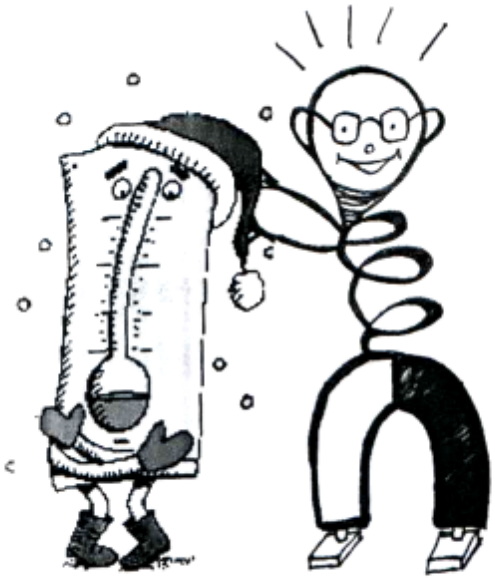
ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS

JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA

„FOTONAS“

I KURSO UŽDUOTYS IR
METODINIAI NURODYMAI
2008 8(463)



Šiauliai 2008

ISSN 1392-2068

LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“

Lina Senkuvienė, Violeta Šlekienė, Romas Senkus

MECHANIKA. ŠILUMA. ELEKTRA

I KURSO UŽDUOTYS IR METODINIAI NURODYMAI
2008 8(463)

Metodinė priemonė
2008–2009 mokslo metai

Šiauliai 2008

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,
vyr. metodininkas Vacys Jankus.

© Šiaulių universitetas, 2008

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 pažymėjimą.

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 2008-12-05,
II turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2009-02-20,
III turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2009-04-25.

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

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:

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

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. Visgi galvojame apie jų judėjimo greitį kaip pastovų dydį, taip suprasdami jų judėjimo **vidutinį greitį**:

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

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 vienetas (SI) yra metras per sekundę kvadratu:

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

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 $a < 0$.

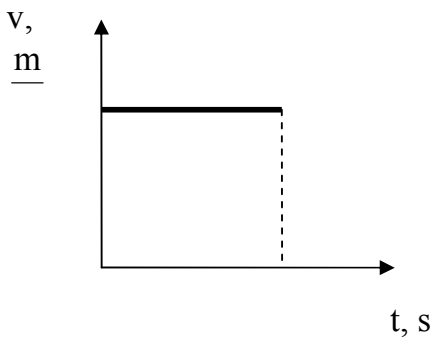
Tada greičio formules užrašome taip:

$$v = v_0 + at,$$

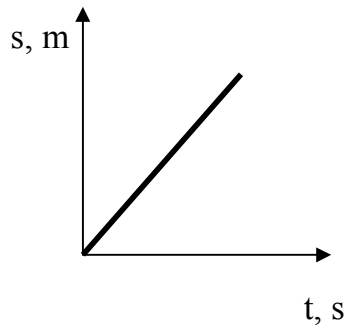
$$v = v_0 - at.$$

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:

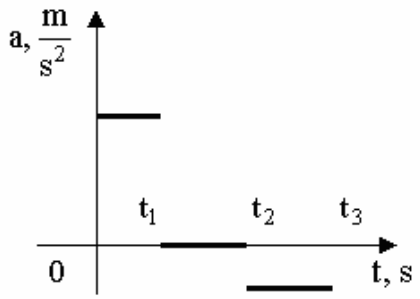


Greičio priklausomybės nuo laiko grafikas $v = f(t)$

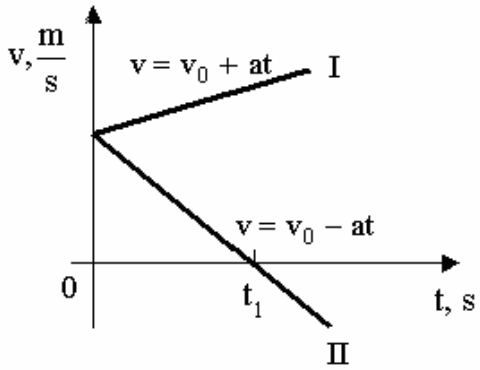


Kelio priklausomybės nuo laiko grafikas $s = f(t)$

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.
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 lėtėja.
Laiko momentu t_1 II kūnas sustoja, $v = 0$ ir toliau keičia judėjimo kryptį.

1.2 pav. Tiesiaeigio tolygiai kintamo judėjimo grafikai

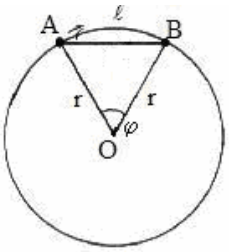
$$(a = const,\ a = \frac{v - v_0}{t},\quad v = v_0 + at)$$

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 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.

$$\varphi = \frac{\ell}{r}, \qquad \ell = \varphi r. \tag{1.7}$$

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

$$v = \frac{\ell}{t}. \tag{1.8}$$

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

$$\omega = \frac{\varphi}{t}. \tag{1.9}$$

Kampinis greitis (SI) matuojamas radianais per sekundę:

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

Nesunku rasti tarp šių greičių ryšį:

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

$$v = \omega r \tag{1.10}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

Iš čia

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

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:

$$A = F \cdot s. \tag{1.17}$$

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:

$$N = \frac{A}{t}. \tag{1.18}$$

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 nugali pasipriešinimo jėgas. Tada mašinos atliekamas darbas lygus šios jėgos ir nueito kelio sandaugai A = Fs.

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

$$N = Fv. \tag{1.19}$$

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 vienas kitą veikiančių kūnų arba to paties kūno dalių padėties.

$$E_p = mgh; \tag{1.20}$$

čia h – aukštis.

Kinetinės energijos turi visi judantys kūnai:

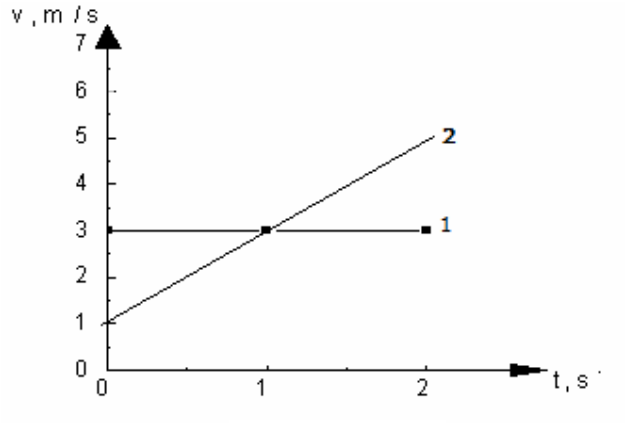
$$E_k = \frac{mv^2}{2}; \tag{1.21}$$

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

Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

1 pavyzdys

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



1.5 pav.

Pirmasis grafikas atitinka tolyginį judėjimą, nes greitis laikui bėgant nekinta:

$$v_1 = 3 \text{ m/s}, \quad a_1 = 0.$$

Greičio priklausomybė nuo laiko:

$$v_1 = 3 \text{ m/s}.$$

Antrame grafike greitis tiesiškai priklauso nuo laiko, taigi kūno judėjimas yra tolygiai greitėjantis.

Pradinis greitis:

$$v_{02} = 1 \text{ m/s}.$$

Per laikotarpį nuo 0 iki 1 s greitis padidėjo nuo 1 iki 3 m/s.

Apskaičiuojame pagreitį pagal formulę:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a_2 = 2 \text{ m/s}^2.$$

Greičio priklausomybė nuo laiko bus pagal formulę:

$$v = v_0 + at$$

$$v_2 = 1 + 2t.$$

Atsakymas: $v_1 = 3$ m/s; $v_2 = 1 + 2t$.

2 pavyzdys

Automobilis pusę viso kelionės laiko važiavo v_1 = 54 km/h greičiu. Kokiu v_2 greičiu jis važiavo likusį laiką, jei automobilio visos kelionės vidutinis greitis 72 km/h?

v_2	v_1 = 54 km/h =15 m/s $\bar{v}$ = 72 km/h = 20 m/s

Vidutinis greitis:

$$\bar{v} = \frac{\ell}{t};$$

čia ℓ − visas kelias,

t – visas kelionės laikas.

Pagal uždavinio sąlygą:

$$t_1 = t_2 = \frac{t}{2}.$$

Tada

$$\bar{v} = \frac{\ell}{t_1 + t_2} = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2t_1}.$$

Per pirmą pusę kelionės laiko automobilis nuvažiuos kelią:

$$\ell_1 = v_1 t_1.$$

Per antrąją pusę laiko −

$$\ell_2 = v_2 t_2.$$

Vidutinis greitis:

$$\bar{v} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{2t_1} = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

Iš čia greitis

$$v_2 = 2\bar{v} - v_1$$

$$v_2 = 2 \cdot 20\frac{m}{s} - 15\frac{m}{s} = 25\frac{m}{s}.$$

Atsakymas: $v_2 = 25\frac{m}{s}$.

3 pavyzdys

Sviedinys iššaunamas iš pabūklo stačiai aukštyn pradiniu v_0 = 300 m/s greičiu. Kokiame aukštyje h virš šūvio vietos jo kinetinė energija lygi potencinei energijai? Oro pasipriešinimo nepaisome.

h	$v_0 = 300$ m/s $E_k = E_p$

Aukštyje h kūno potencinė energija lygi kinetinei energijai:

$$E_k = E_p,$$

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

Pagal energijos tvermės dėsnį, pilnutinė energija:

$$E = E_k + E_p.$$

Visa energija:

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

Aukštyje h kinetinė energija sudarys pusę pradinės kinetinės energijos:

$$E_k = \frac{1}{2}E.$$

Tada

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{mv_0^2}{2} + mgh,$$

Iš čia

$$h = \frac{v_0^2}{4g}.$$

Apskaičiuojame h = 2250 m.

Atsakymas: h = 2250 m.

4 pavyzdys

Elektrovežis važiuoja v = 75,6 km/h greičiu. Kokiu linijiniu greičiu v_l sukasi jo ratų išoriniai taškai ir kokiu dažniu n sukasi ratai, jeigu jų skersmuo d yra 1200 mm ir jie rieda nepraslysdami?

v_l	v = 75,6 km/h = 21 m/s
n	d = 1200 mm = 1,2 m

Kadangi ratai rieda nepraslysdami, tai $v_l = v = 21$ m/s. Iš linijinio greičio formulės $v = \omega r$ išsireiškiame kampinį greitį ω.

$$\omega = \frac{v}{r};$$

čia r – rato spindulys.
Kampinis greitis $\omega = 2\pi n$.
Iš čia dažnis

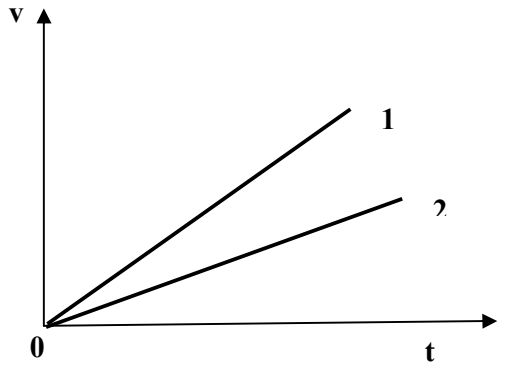
$$n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi r} = \frac{v}{\pi d}.$$

Apskaičiuojame $n = 5{,}6\ s^{-1}$.

Atsakymas: $\underline{n = 5{,}6\ s^{-1}.}$

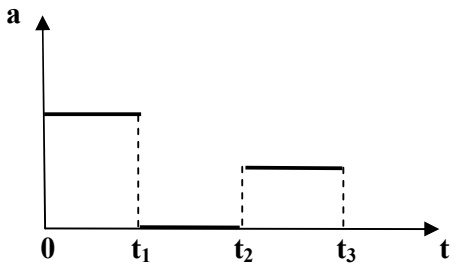
I TURO UŽDUOTYS

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



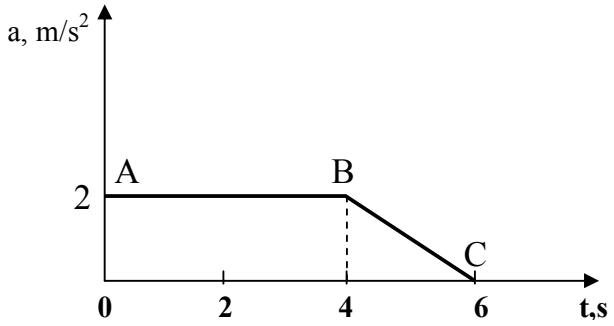
1.6 pav.

2. Kūno pagreitis laikui bėgant kinta taip, kaip pavaizduota 1.7 pav. grafike. Pradinis kūno greitis lygus nuliui. Nubraižykite greičio priklausomybės nuo laiko grafiką.



1.7 pav.

3. 1.8 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 $v_o = 0$?



1.8 pav.

4. Pusę kelio automobilis važiavo 70 km/h vidutiniu greičiu, o kitą pusę – 30 km/h vidutiniu greičiu. Kokiu vidutiniu greičiu jis važiavo visą kelią?

5. 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 visame kelyje $\bar{v} = 37{,}5$ km/h.

6. Veikiamas tarpusavyje statmenų jėgų $F_1 = 3$ N ir $F_2 = 4$ N kūnas pasislenka tų jėgų atstojamosios kryptimi $s = 15$ m . Kokį darbą atlieka atstojamoji jėga?

7. 10 m ilgio transporteris, sudarantis su horizontu 30° kampą, tolygiai užkelia 20 kN svorio krovinį. Kokį darbą jis atlieka? Trinties nepaisykite.

8. Kokį mažiausią darbą teks atlikti, norint 2,5 m ilgio užuolaidą, sveriančią 10 N, suvynioti ant horizontalaus plono strypo, esančio virš lango? Trinties nepaisykite.

9. Darbininkas kasa $h = 8$ m gylio ir $S = 2{,}5$ m^2 skerspjūvio ploto šulinį. Vidutinis grunto tankis $\rho = 2000$ kg/m^3. Kokį mažiausią darbą tenka atlikti, iškeliant gruntą iki žemės paviršiaus?

10. Automobilis važiuoja horizontaliu keliu pastoviu $v = 72$ km/h greičiu, išvystydamas $N = 55$ kW galią. Raskite pasipriešinimo judėjimui jėgą.

11. Į kokį aukštį per minutę galima pakelti $V = 400$ m^3 vandens, jei naudinga siurblio galia $N = 2000$ kW? Vandens tankis $\rho = 1000$ kg/m^3.

12. Per kiek laiko kranas pakelia $m = 5$ t masės krovinį į $h = 15$ m aukštį, jei jo variklio galia $N = 10$ kW ir naudingumo koeficientas $\eta = 0{,}8$?

13. Kūnas, mestas vertikaliai žemyn iš $h = 75$ m aukščio pradiniu $v_o = 10$ m/s greičiu, smūgio į žemę momentu turi 1600 J kinetinę energiją. Kokia to kūno masė? Koks jo greitis smūgio momentu? (Oro pasipriešinimo nepaisykite.)

14. Rutuliukas pakabintas ant nesvaraus ir netąsaus $\ell = 0{,}4$ m ilgio siūlo. Kokį greitį reikia jam suteikti, kad siūlas nukryptų nuo vertikalės 60° kampu?

15. Nedidelis $m = 1$ kg masės kūnas pradeda slysti loveliu iš $h = 2{,}5$ m aukščio be trinties. Lovelis baigiasi spindulio $r = 1$ m „mirties kilpa“ (1.9 pav.). Kokie vyksta energijos virsmai, kūnui judant „mirties kilpa“? Kokia kūno kinetinė energija tuo momentu, kai jis praeina pro viršutinį „mirties kilpos“ tašką?

1.9 pav.

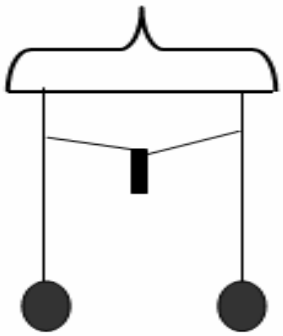
16. m = 0,5 kg masės kūnas, išmestas vertikaliai aukštyn pradiniu v_o = 20 m/s greičiu, pakilo į h = 15 m aukštį. Apskaičiuokite pasipriešinimo jėgos atliktą darbą ir vidutinę pasipriešinimo jėgą.

17. Smagračio išoriniai taškai juda v_1 = 5 m/s linijiniu greičiu, o taškai, esantys ℓ = 0,2 m arčiau ašies, v_2 = 4 m/s linijiniu greičiu. Koks yra smagračio spindulys ir kampinis greitis?

18. Kokiu linijiniu ir kampiniu greičiu juda dėl Žemės sukimosi apie ašį jos paviršiaus taškai, esantys pusiaujyje ir 45° geografinėje platumoje? Žemės spindulys $R_ž = 6,4 \cdot 10^6$ m.

19. Pro vagono langą laisvai krinta kūnas ant horizontalių geležinkelio bėgių. Kuriuo atveju jis greičiau nukris: kai vagonas stovės, kai judės tiesiai ir tolygiai ar kai judės greitėjančiai?

20. *Ištirk svyruoklių energijos virsmus.* Paimk rūbų pakabą, du vienodus Kalėdų eglutės burbulus, veržlę ir siūlų. Vienodo ilgio siūlais ant pakabos pakabink eglutės burbulus. Siūlus, kaip parodyta 1.10 paveiksle, sujunk kitu siūlu, ant kurio pakabinta veržlė. Kokie vyks energijos virsmai, išjudinus svyruoti vieną burbulą?



1.10 pav.

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 1^0C. 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.

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

Tokia pati skaitinė vertė gaunama ir matuojant

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

(džaulis kilogramui Celsijaus laipsniui), kadangi temperatūrų pokytis išmatuotas K ir ^{0}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.

Šiluminės talpos (SI) vienetas džaulis Celsijui:

$$[C] = 1\ J/°C.$$

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).

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

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. Tai šilumos kiekis, reikalingas vienam kilogramui skystos medžiagos paversti dujomis virimo temperatūroje.

$$[L] = 1\frac{J}{kg} \text{ (randama lentelėse).}$$

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*** q.

$$[q] = 1\frac{J}{kg} \text{ (randamas lentelėse).}$$

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:

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

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

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

Turime 3 ℓ 80 ˚C temperatūros vandens. Kiek 8 ˚C temperatūros vandens reikia įpilti, kad visas vanduo atvėstų iki 40 ˚C?

	$V = 3\ \ell = 3 \cdot 10^{-3}\ m^3$
	$t_1 = 80\ ^\circ C$
m_2	$t_2 = 8\ ^\circ C$
	$t_3 = 40\ ^\circ C$
	$\rho = 10^3\ kg/m^3$

Užrašome šilumos balanso lygtį:

$$Q_1 = Q_2;$$

čia

$Q_1 = cm_1 (t_1 - t_3)$ – karšto vandens atiduotas šilumos kiekis,

$m_1 = \rho V$ – karšto vandens masė,

$Q_2 = cm_2 (t_3 - t_2)$ – šalto vandens gautas šilumos kiekis.

Tada

$$c\rho V (t_1 - t_3) = cm_2 (t_3 - t_2).$$

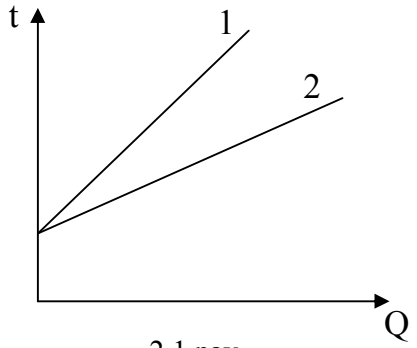
Iš čia

$$m_2 = \frac{\rho V(t_1 - t_3)}{t_3 - t_2}$$

Atsakymas: m_2 = 3,75 kg, arba V = 3,75 ℓ.

2 pavyzdys

2.1 paveiksle pavaizduoti dviejų kūnų temperatūros t priklausomybės nuo suteikto šilumos kiekio Q grafikai. Nustatykite: a) kurio kūno savitoji šiluma didesnė, jei jų masės vienodos; b) kurio kūno didesnė masė, jei jų savitosios šilumos vienodos.



2.1 pav.

Iš grafiko matome, kad, kūnams suteikus vienodą šilumos kiekį ΔQ, kūnų temperatūrų pokyčiai yra skirtingi:

$$\Delta t_1 > \Delta t_2.$$

Pasinaudodami šilumos kiekio išraiška Q = cmΔt, atsakome į uždavinio klausimus.

a. Kai kūnų masės vienodos ($m_1 = m_2 = m$).

$$\Delta Q = c_1 m \Delta t_1 , \quad (1)$$

$$\Delta Q = c_2 m \Delta t_2 . \quad (2)$$

Iš (1) ir (2) lygčių gauname:

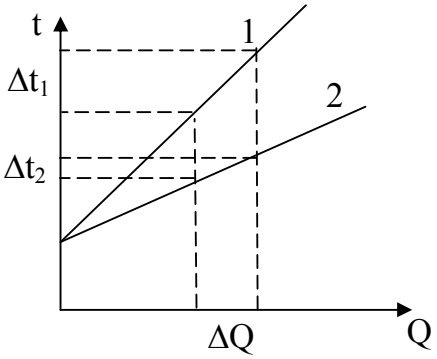
$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}.$$

Kadangi

$$\Delta t_2 < \Delta t_1, \text{ (2.2 pav.)}$$

tai

$$c_1 < c_2 .$$



2.2 pav.

Atsakymas: Vadinasi, vienodai šildant kūnus ir esant vienodoms kūnų masėms, labiau įkaista tas kūnas, kurio savitoji šiluma yra mažesnė.

b. Kai kūnų savitosios šilumos vienodos ($c_1 = c_2 = c$).

Tada

$$\Delta Q = cm_1 \Delta t_1 , \quad (3)$$

$$\Delta Q = cm_2 \Delta t_2 . \quad (4)$$

Iš šių lygčių gauname:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} .$$

Kadangi

$$\Delta t_2 < \Delta t_1,$$

tai

$$m_2 > m_1.$$

Atsakymas: Esant vienodoms kūnų savitosioms šilumoms, vienodai šildant kūnus, labiau įkaista mažesnės masės kūnas.

3 pavyzdys

250 J/˚C šiluminės talpos kalorimetre yra 200 g 16 ˚C temperatūros vandens. Į vandenį įdedamas 50 cm^3 tūrio geležies gabalas, įkaitintas verdančiame vandenyje. Kokia temperatūra nusistovės kalorimetre?

	$C = 250$ J/˚C
	$m_1 = 200$ g $= 0{,}2$ kg
	$t_1 = 16$˚C
t	$V = 50$ cm$^3 = 5\cdot10^{-5}$ m^3
	$t_2 = 100$˚C
	$c_1 = 4{,}2\cdot10^3$ J/(kg·˚C)
	$c_2 = 4{,}6\cdot10^2$ J/(kg·˚C)
	$\rho = 7{,}8\cdot10^3$ kg/m^3

Užrašome šilumos balanso lygtį:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3;$$

čia Q_1 – kalorimetro indo gautas šilumos kiekis,

Q_2 – vandens gautas šilumos kiekis,

Q_3 – geležies atiduotas šilumos kiekis.

Šie šilumos kiekiai atitinkamai lygūs:

$$Q_1 = C(t - t_1),$$

$$Q_2 = c_1 m_1 (t - t_1),$$

$$Q_3 = c_2 m_2 (t_2 - t);$$

čia

$m_2 = \rho V$ – geležies masė.

Iš šių lygčių gauname kalorimetre nusistovėjusią temperatūrą:

$$t = \frac{Ct_1 + c_1 m_1 t_1 + c_2 \rho V t_2}{C + c_1 m_1 + c_2 \rho V}$$

Atsakymas: t = 27,9 ˚C.

4 pavyzdys

Į šilumai nelaidų indą įdedama 1 kg ledo ir 3 kg vario. Ledo temperatūra 0 ˚C. Apskaičiuokite pradinę vario temperatūrą, jei proceso pabaigoje inde nusistovėjo 100 ˚C temperatūra. Vandens tūrio pakitimo ir garų susidarymo nepaisykite.

	$m_1 = 1$ kg
	$m_2 = 3$ kg
t_2	$t_1 = 0$ ˚C
	$t = 100$ ˚C
	$c_2 = 400$ J/(kg·˚C)
	$c_1 = 4{,}2 \cdot 10^3$ J/(kg·˚C)
	$\lambda = 3{,}3 \cdot 10^5$ J/kg

Nusistovėjus šiluminei pusiausvyrai, ledas išsilydė, vanduo įkaito iki temperatūros t, o varis atvėso iki temperatūros t.

Šilumos balanso lygtis:

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

Iš šios lygties gauname pradinę vario temperatūrą:

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

Atsakymas: t_2 = 725 ˚C .

5 pavyzdys

Kalorimetre, kurio šiluminė talpa 4500 J/˚C, yra 4,5 kg −18 ˚C temperatūros ledo. Kiek į jį reikia įleisti 100 ˚C temperatūros vandens garų, kad ledas ištirptų, o susidariusi vandens temperatūra pakiltų iki 10 ˚C?

m_g	$C = 4500$ J/˚C $m = 4{,}5$ kg $t_1 = -18$ ˚C $t_2 = 100$ ˚C $t_3 = 10$ ˚C $c_v = 4200$ J/(kg·˚C) $c_L = 2100$ J/(kg·˚C) $L = 2{,}3 \cdot 10^6$ J/kg $\lambda = 3{,}3 \cdot 10^5$ J/kg $t_0 = 0$ ˚C

Pagal uždavinio sąlygą vykstant šilumos mainų procesams užrašome šilumos balanso lygtį:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6;$$

čia $Q_1 = Lm_g$ – garams kondensuojantis išsiskyręs šilumos kiekis,

$Q_2 = c_v m_g(t_2 - t_3)$ – iš garų susidariusiam skysčiui auštant išsiskyręs šilumos kiekis,

$Q_3 = c_L m(t_0 - t_1)$ – šilumos kiekis, reikalingas ledui pašildyti iki 0 ˚C temperatūros,

$Q_4 = \lambda m$ – šilumos kiekis, reikalingas ledui ištirpinti,

$Q_5 = c_v m(t_3 - t_0)$ – šilumos kiekis, reikalingas ištirpintam ledui (vandeniui) pašildyti iki 10 ˚C,

$Q_6 = C(t_3 - t_1)$ – kalorimetro gautas šilumos kiekis, jam įšylant iki 10 ˚C temperatūros.

Iš užrašytų lygčių gauname, kad:

$$\boxed{m_g = \frac{m\,(c_L(t_0 - t_1) + \lambda + c_v(t_3 - t_0)) + C\,(t_3 - t_1)}{L + c_v(t_2 - t_3)}}$$

Atsakymas: $m_g = 0{,}74$ kg.

6 pavyzdys

Švino kulka pramušė medinę sieną. Kulkos greitis prieš paliečiant sieną lygus 450 m/s, o perėjus sieną – 300 m/s. Kulkos temperatūra prieš smūgį lygi 50 ˚C. Kokia kulkos dalis išsilydė?

$\frac{m_1}{m}$	$v_1 = 450$ m/s $v_2 = 300$ m/s $t_0 = 50$ ˚C $\lambda = 2{,}5 \cdot 10^4$ J/kg $c = 140$ J/(kg·˚C) $t = 327$ ˚C

Pagal energijos tvermės dėsnį kulkos kinetinės energijos pokytis yra lygus šilumos kiekiui, kurį gavo kulka.

Dėl šios gautos šilumos kulka įkaito iki lydymosi temperatūros t ir dalis kulkos išsilydė:

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = cm(t - t_0) + \lambda m_1 .$$

Iš šios lygties randame, kad

$$\boxed{\frac{m_1}{m} = \frac{1}{\lambda}\left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2} - c(t - t_0)\right)}$$

Atsakymas: $\frac{m_1}{m} = 7$.

7 pavyzdys

Dviejų automobilių variklių galios atitinkamai lygios 55 kW ir 44 kW, o jų naudingumo koeficientai yra vienodi. 200 km kelyje automobiliai sunaudojo atitinkamai 18 kg ir 16 kg benzino. Palyginkite jų vidutinius greičius.

$\frac{v_1}{v_2}$	$N_1 = 55$ kW $= 55 \cdot 10^3$ W
	$N_2 = 44$ kW $= 44 \cdot 10^3$ W
	$s = 200$ km $= 2 \cdot 10^5$ m
	$m_1 = 18$ kg
	$m_2 = 16$ kg
	$\eta_1 = \eta_2 = \eta$

Pirmojo automobilio naudingumo koeficientas:

$$\eta_1 = \frac{A_{1n}}{A_1};$$

čia $A_{1n} = N_1 t_1$ – naudingas darbas, $t_1 = \frac{s}{v_1}$.

Visas atliktas darbas A_1 yra lygus šilumos kiekiui, gautam sudegus benzinui:

$$A_1 = Q = qm_1,$$

čia q – benzino degimo šiluma.

Tada $$\eta_1 = \frac{N_1 s}{q\, m_1 v_1}.$$

Analogiškai antrajam automobiliui:

$$\eta_2 = \frac{N_2 s}{q\, m_2 v_2}.$$

Kadangi pagal sąlygą:

$$\eta_1 = \eta_2 = \eta\ ,$$

tai

$$\frac{N_1 s}{q\, m_1 v_1} = \frac{N_2 s}{q\, m_2 v_2}\ ,$$

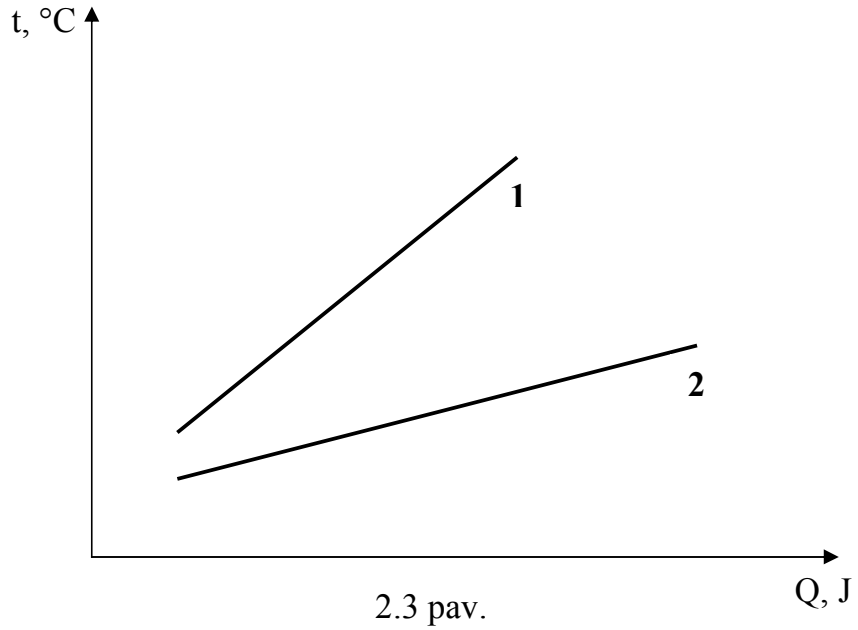
$$\boxed{\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1 m_2}{N_2 m_1}}$$

Atsakymas: $\frac{v_1}{v_2} = 1{,}1$.

II TURO UŽDUOTYS

1. Šildant m = 1 kg masės rutulį Δt = 10 °C temperatūra buvo sunaudotas Q = 4000 J šilumos kiekis. Apskaičiuokite rutulio medžiagos savitąją šilumą.

2. 2.3 paveiksle pavaizduota m = 1 kg masės vandens ir vario temperatūros priklausomybė nuo jiems suteikto šilumos kiekio. Kuris iš šių grafikų yra vandens, o kuris vario?



2.3 pav.

3. Statinėje telpa V = 80 ℓ skysčio. Į ją buvo įpilta V_1 = 10 ℓ, t_1 = 60 °C vandens, o po to – kiek tilpo t_2 = 20 °C temperatūros vandens. Kokia pasidarė viso vandens temperatūra?

4. Palaidinę reikia skalbti 40 °C temperatūros vandenyje. Turime 3 ℓ 10 °C temperatūros vandens. Kiek reikia įpilti verdančio (100 °C) vandens, kad nusistovėtų reikiama temperatūra?

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

6. Du mokiniai nusipirko valgykloje po stiklinę karštos arbatos. Pirmasis mokinys ištirpino cukrų prieš valgį, o antrasis – po valgio. Kuris mokinys gers karštesnę arbatą, jei pagrindinį patiekalą jie suvalgė per tą patį laiką?

7. Plieno lydymosi temperatūra 1400 °C. Ginklo vamzdyje sudegant parakui temperatūra patyla iki 3600 °C. Kodėl šūvio metu ginklo vamzdis nesilydo?

8. Į m_1 = 1,5 kg t_1 = 30 °C temperatūros vandenį dedamas t_2 = 0 °C temperatūros ledas. Kiek daugiausia reikia įdėti ledo, kad jis visas ištirptų?

9. Dviejuose vienoduose virduliuose, kaitinamuose vienodomis kaitvietėmis, verda vanduo. Vieno virdulio dangtelis visą laiką šokinėja, o kito – išlieka savo vietoje. Kodėl?

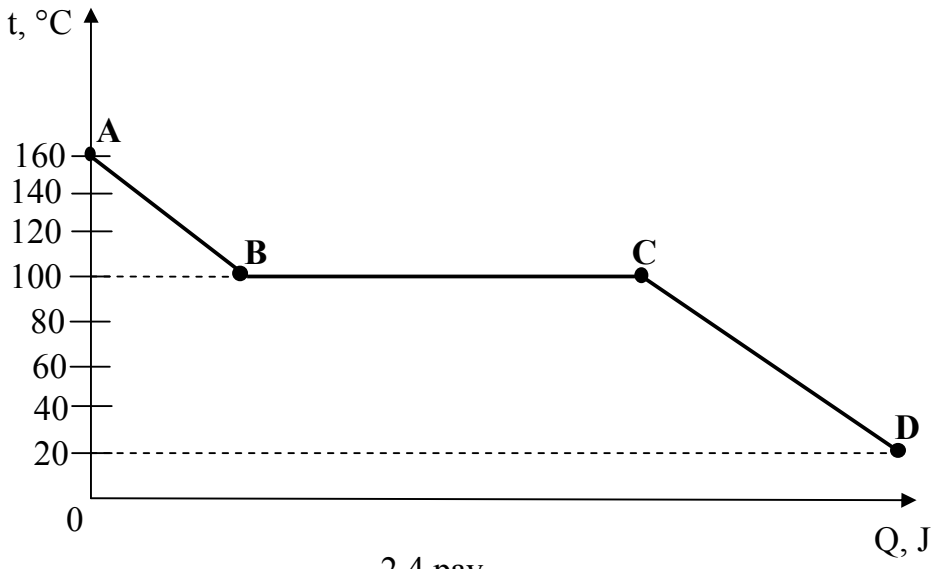
10. Plaudami grindis pastebime, kad oro temperatūra kambaryje šiek tiek sumažėja. Kodėl?

11. Ar galima užvirinti nešildomą vandenį?

12. 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?

13. Į kalorimetrą, kuriame yra t_o = 0 °C temperatūros m_ℓ = 50 g masės ledo gabalėlis, leidžiami t_g = 100 °C temperatūros vandens garai. Ledo savitoji lydymosi šiluma λ = 330 kJ/kg, vandens savitoji šiluma c_v = 4,2 kJ/(kg · °C), vandens savitoji garavimo šiluma L = 2,3 MJ/kg. Kiek vandens bus kalorimetre, kai visas ledas ištirps?

14. 2.4 paveiksle pavaizduotas m = 100 g garų ir skysčio temperatūros kitimo grafikas. A. Koks tai skystis? B. Kokius procesus vaizduoja kiekviena grafiko atkarpa? C. Kiek šilumos išsiskyrė kiekvieno proceso metu?



2.4 pav.

15. Tetervinas žiemą, ruošdamasis miegoti, kaip akmuo krinta nuo medžio ir užstringa sniege. Kas atsitiko su tetervino potencine energija?

16. Niagaros krioklio vanduo krinta iš h = 48 m aukščio. Kiek pakyla vandens temperatūra, jei tarkime, kad visa mechaninė energija virsta vandens vidine energija?

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

18. m = 10 g kulka, skriedama v = 500 m/s greičiu, pataiko į t = 0 °C temperatūros ledo gabalą. 30% kulkos energijos išeikvojama ledui suskaldyti, o likusi 70% – ledui ištirpti. Ledo savitoji lydymosi šiluma λ = 330 kJ/kg. Kokia ištirpusio ledo masė?

19. Elektrinio šildytuvo galia N = 1 kW. Jo naudingumo koeficientas η = 60%. Šildytuvu iki virimo šildoma V = 1,5 ℓ vandens. Pradinė vandens temperatūra t_o = 20 °C. Kaip ilgai vyko vandens kaitinimas?

20. m = 1500 kg masės automobilis nuvažiavęs s = 100 km sudegino V = 8 ℓ benzino. Benzino tankis ρ = 750 kg/m^3, savitoji degimo šiluma q = 4,6 · 10^7 J/kg. Pasipriešinimo automobilio judėjimui jėga n =15 kartų mažesnė už automobilio svorį. Apskaičiuokite automobilio variklio naudingumo koeficientą.

III TURAS

ELEKTROS SROVĖS STIPRIS. ĮTAMPA. VARŽA. LAIDININIKŲ JUNGIMO BŪDAI

Metodiniai nurodymai

1. ***Elektros krūvis.***

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

[q] = 1 C – kulonas

Elementarusis elektros krūvis (elektrono krūvis):

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

2. ***Elektrinė įtampa.***

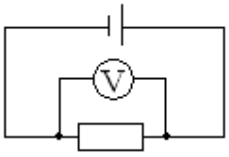
Elektrinė įtampa U apibūdina grandine pratekėjusio krūvio q atliktą darbą A.

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. Jungiamas lygiagrečiai (3.1 pav.).



3.1 pav.

[U] = 1 J/C = 1 V – voltas

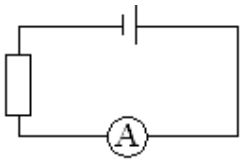
Įtampos U vienetas – voltas (V), darbo A vienetas – džaulis (J).

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

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

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:

$$[R] = 1\ \Omega \text{ – omas.}$$

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

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.

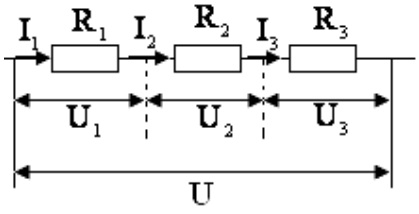
1 Ω – 1 m ilgio, 1 m^2 skerspjūvio ploto (arba 1 m ilgio, 1 mm^2 skerspjūvio ploto) laidininko varža.

Laidininko medžiagos savitoji varža:

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

7. ***Nuoseklusis jungimas***.

Nuosekliai sujungtų laidininkų srovės stipris vienodas:



3.3 pav.

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

Bendra įtampa lygi įtampų sumai:

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

Varža lygi varžų sumai:

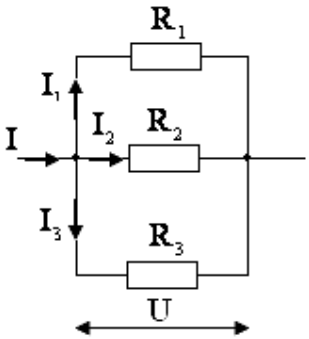
$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

8. ***Lygiagretusis jungimas***.

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:



3.4 pav.

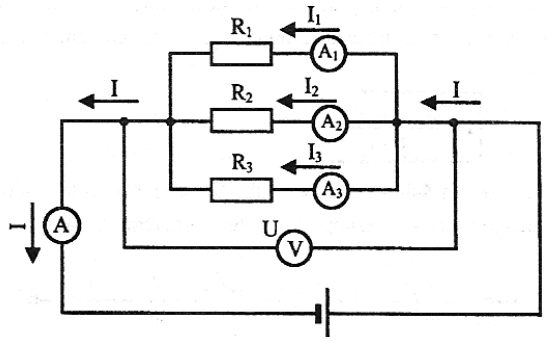
$$U = U_1 = U_2 = U_3.$$

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.

$$[A] = 1\ J.$$

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).

$$[P] = 1W.$$

12. ***Džaulio-Lenco dėsnis.***

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

$$Q = I^2Rt.$$

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

Lygiagrečiai sujungtiems laidininkams taikome formulę:

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

Uždavinių sprendimo pavyzdžiai

1pavyzdys

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?

I	m = 1600 kg
P	t = 300 s
	h = 30 m
	U = 380 V
	η = 0,9

Elektros energija

$$A_1 = IUt\ ,$$

virsta mechanine energija

$$A_2 = mgh.$$

Energijos tvermės dėsnis, naudojant koeficientą η:

$$\eta A_1 = A_2.$$

Iš čia

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

$$I = \frac{160\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 30\ \text{m}}{0{,}9 \cdot 380\ \text{V} \cdot 300\ \text{s}} = 46\ \text{A}$$

Variklio galia

$$P = UI$$

$$P = 380\ \text{V} \cdot 46\ \text{A} = 17 \cdot 10^3\ \text{W} = 17\ \text{kW}.$$

Atsakymas: P = 17 kW.

2 pavyzdys

Tarp dviejų miestų nutiesta dviejų laidų ryšių linija, kurios varža R = 1 kΩ. Nuotolis tarp miestų ℓ = 50 km. Kokiame nuotolyje nuo vieno iš miestų įvyko trumpasis jungimas, jei į liniją įjungus srovės šaltinį ampermetras parodė I = 25 mA, o lygiagrečiai su srovės šaltiniu įjungtas voltmetras rodė 10V?

	ℓ = 50 km = 50000 m
ℓ_1	I = 25 mA = 0,025 A
	U = 10V
	R = 1 kΩ = 1000 Ω

Nuotolis nuo miesto ir tos vietos, kur įvyko trumpasis jungimas – ℓ_1

Užtrumpintos dalies varža

$$R_1 = \frac{Rl_1}{l}$$

Iš voltmetro ir ampermetro rodmenų rasime šią varžą

$$R_1 = \frac{U}{I}$$

Iš (1) ir (2) formulių gauname:

$$\frac{Rl_1}{l} = \frac{U}{I}$$

$$\ell_1 = \frac{U\ell}{IR}$$

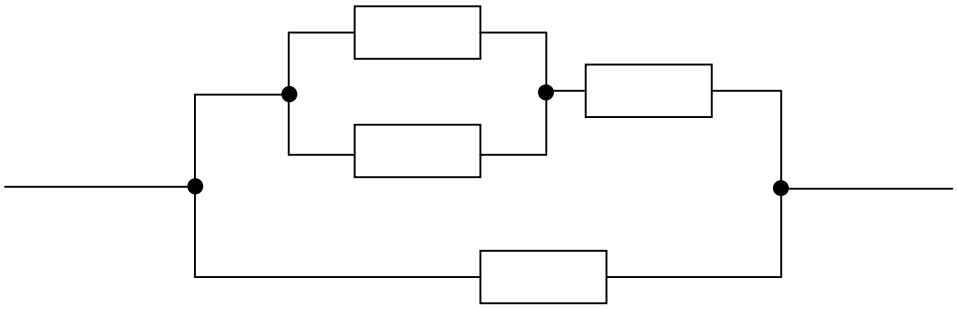
$$l_1 = \frac{10\ \text{V} \cdot 50000\ \text{m}}{0{,}025\ \text{A} \cdot 1000\ \Omega} = 20000\ \text{m}$$

Atsakymas: ℓ_1 = 20000 m.

3 pavyzdys

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

Reikia sujungti pagal tokią schemą (žr. 3.6 pav.).



3.6 pav.

PATIKRINKIME:

Sujungiame dvi varžas lygiagrečiai

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

Toliau nuoseklusis jungimas

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

Lieka dviejų varžų lygiagretusis jungimas

$$R_3 = \frac{R_2 R}{(R_2 + R)} = \frac{150\ \Omega}{25\ \Omega} = 6\ \Omega$$

4 pavyzdys

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

$\frac{l_{Al}}{l_v}$	$\rho_{v_1} = 8{,}9 \cdot 10^3$ kg/m^3 $\rho_{Al_1} = 2{,}7 \cdot 10^3$ kg/m^3 $\rho_v = 0{,}017 \cdot 10^{-6}\ \Omega$m $\rho_{Al} = 0{,}028 \cdot 10^{-6}\ \Omega$m

Remdamiesi uždavinio sąlyga, sudarome dvi lygtis:

$$R_v = 2R_{Al}$$

$$m_v = \frac{m_{Al}}{4},$$

Tada

$$\frac{\rho_v l_v}{S_v} = \frac{2\rho_{Al} l_{Al}}{S_{Al}},$$

$$\rho_{v_1}\, l_v\, S_v = \frac{\rho_{Al_1}\, l_{Al}\, S_{Al}}{4};$$

čia ρ_v ir ρ_{Al} – savitosios vario ir aliuminio varžos,

ρ_{v_1} ir ρ_{Al_1} – tankiai,

ℓ – laidininko ilgis,

S – skerspjūvio plotas.

Sudauginame abiejų lygčių kaires ir dešines puses:

$$\rho_v l_v^2 \rho_{v_1} = \frac{\rho_{Al} l_{Al}^2 \rho_{Al_1}}{2}$$

$$\frac{l_{Al}}{l_v} = \sqrt{\frac{2 \rho_v \rho_{v_1}}{\rho_{Al} \rho_{Al_1}}}$$

$$\frac{l_{Al}}{l_v} \approx 2.$$

Atsakymas: $\frac{l_{Al}}{l_v} \approx 2.$

III TURO UŽDUOTYS

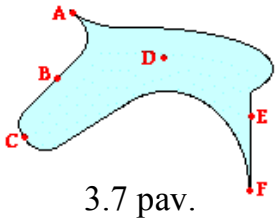
1. Koks elektrinio lauko poveikis augalams?

2. Patalpos, kuriose gali įvykti sprogimas, apsaugomos nuo žaibo – uždengiamos įžemintu metaliniu tinklu. Paaiškinkite, kodėl taip daroma.

3. Kaip galima visą įelektrinto laidininko krūvį perduoti kitam izoliuotam laidininkui?

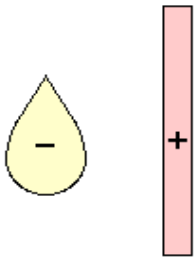
4. Rasti vidutinį elektronų judėjimo greitį laidininke, kuriame elektros srovės stipris I = 12 A, laidininko skerspjūvio plotas S = 0,5 cm^2. Laisvųjų elektronų skaičius, tenkantis vienetiniam tūriui n = $5 \cdot 10^{21}$ cm^{-3}. Elektrono krūvis e = $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

5. Apibūdinkite elektrinį lauką įelektrinto netaisyklingos formos kūno šešiose pažymėtose vietose (3.7 pav.). Pavartokite frazes „nėra elektrinio lauko“, „palyginti silpnas“, „vidutinio stiprumo“ ir „palyginti stiprus“.



3.7 pav.

6. 3.8 paveikslėlyje – dviejų skirtingų formų kūnai. Vienas kūnas įelektrintas teigiamai, kitas neigiamai. Nupieškite elektrinio lauko jėgų linijas, supančias šiuos kūnus.

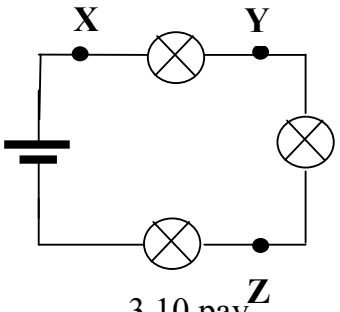


3.8 pav.

7. 3.9 paveikslėlyje parodytas smeigtukas. Manykite, kad smeigtukas tampa teigiamai įelektrintu kūnu. Nupieškite elektrinio lauko jėgų linijas, supančias smeigtuką.

3.9 pav.

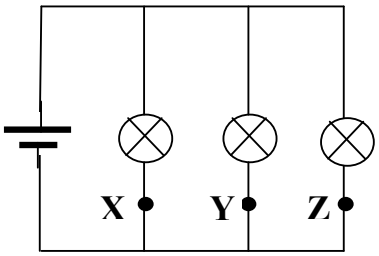
8. Trys vienodos elektros lemputės yra prijungtos prie galvaninio elemento taip, kaip parodyta 3.10 paveikslėlyje. Kaip padidinti elektros srovės stiprį taške X? Parinkite ir paaiškinkite teisingus teiginius:



3.10 pav.

a. Padidinkite vienos lemputės varžą.
b. Padidinkite dviejų lempučių varžą.
c. Sumažinkite dviejų lempučių varžą.
d. Padidinkite įtampą grandinėje.
e. Sumažinkite įtampą grandinėje.
f. Sumažinkite lempučių skaičių grandinėje.

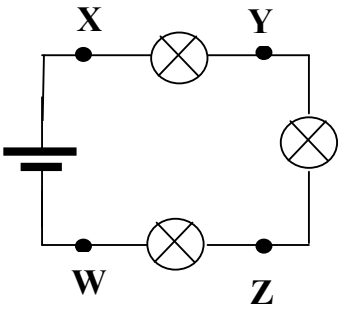
9. Ką reikia padaryti, kad grandinėje (3.11 pav.) sumažėtų elektros srovės stipris? Parinkite ir paaiškinkite teisingus teiginius:



3.11 pav.

a. Padidinkite lemputės X varžą.
b. Sumažinkite lemputės X varžą.
c. Padidinkite lemputės Z varžą.
d. Sumažinkite lemputės Z varžą.
e. Padidinkite įtampą grandinėje (kaip nors).
f. Sumažinkite įtampą grandinėje (kaip nors).
g. Sumažinkite lempučių skaičių grandinėje.

10. Trys vienodos elektros lemputės yra prijungtos prie galvaninio elemento taip, kaip parodyta 3.12 paveikslėlyje. Taškai W, X, Y ir Z yra grandinėje. Parinkite ir paaiškinkite teisingus teiginius:

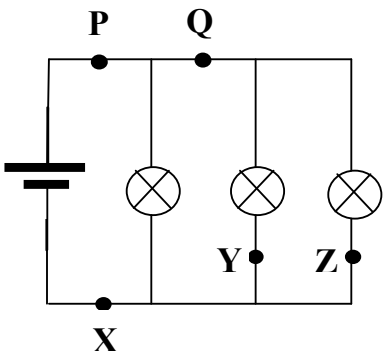


3.12 pav.

a. Įtampa tarp taškų X ir Y yra didesnė negu tarp taškų Y ir Z.
b. Įtampa tarp taškų X ir Y yra didesnė negu tarp taškų Y ir W.
c. Įtampa tarp taškų Y ir Z yra didesnė negu tarp taškų Y ir W.
d. Įtampa tarp taškų X ir Z yra didesnė negu tarp taškų Z ir W.
e. Įtampa tarp taškų X ir W yra didesnė negu galvaniniame elemente.
f. Įtampa tarp taškų X ir Y yra didesnė negu tarp taškų Z ir W.

11. Trys vienodos elektros lemputės yra prijungtos prie galvaninio elemento taip, kaip parodyta 3.13 paveikslėlyje. Taškai P, Q, X, Y ir Z yra grandinėje. Parinkite ir paaiškinkite teisingus teiginius:

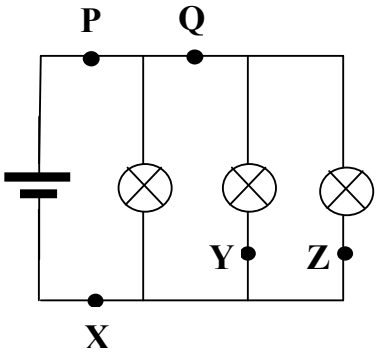
a. Srovė taške Y yra didesnė negu taške Q.
b. Srovė taške Y yra didesnė negu taške P.
c. Srovė taške Y yra didesnė negu taške Z.
d. Srovė taške P yra didesnė negu taške Q.
e. Srovė taške Q yra didesnė negu taške P.
f. Srovė yra vienoda visuose taškuose.



3.13 pav.

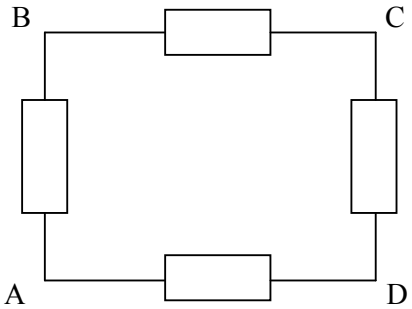
12. Trys vienodos elektros lemputės yra prijungtos prie galvaninio elemento taip, kaip parodyta 3.14 paveikslėlyje. Taškai P, Q, X, Y ir Z yra grandinėje. Kuriuose taškuose (nurodyti konkrečiai) elektros srovei galios šie teiginiai ir paaiškinkite kodėl:

a. Srovė tokia pati kaip taške X?
b. Srovė tokia pati kaip taške Q?
c. Srovė tokia pati kaip taške Y?
d. Srovė mažesnė negu taške Q?
e. Srovė mažesnė negu taške P?
f. Srovė dvigubai didesnė nei taške Z?
g. Srovė tris kartus didesnė negu taške Y?



3.14 pav.

13. 4 vienodi laidininkai po 10 Ω sujungti taip, kaip parodyta 3.15 paveikslėlyje. Kokia bus bendra grandinės varža, jei įtampos šaltinį įjungsime tarp taškų A ir C? Tarp taškų A ir D?



3.15 pav.

14. Kaip reikia sujungti 4 vienodus laidininkus po 2 Ω, kad bendra grandinės varža būtų 1,2 Ω?

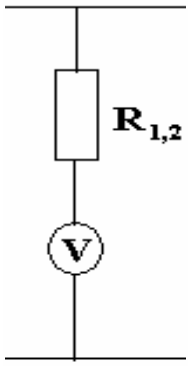
15. Kam lygus elektrinio virdulio naudingumo koeficientas, jei 1,5 ℓ vandens, kurio temperatūra t_1 = 20 ^oC, užverda per τ = 30 min? Vartojamos elektros srovės stipris I = 2A . Tinklo įtampa U = 220 V.

16. Į elektros grandinę, kurioje laidai pagaminti iš S_v = 5 mm^2 skerspjūvio ir t = 25 ºC vario, reikia įjungti lydųjį saugiklį (siūlelis padarytas iš švino ir lydosi varinių laidų temperatūrai pakitus Δt = 25 ºC). Rasti švininio siūlelio skerspjūvį. Savitoji šiluma: c_v = 400 J/(kg · ºC), $c_{šv}$ = 140 J/(kg · ºC). Švino lydymosi temperatūra $t_{šv}$ = 327 ºC, savitoji lydymosi šiluma λ = 25000 J/kg . Savitosios elektrinės medžiagų varžos: ρ_v = 0,017·10^{-6} Ωm, $\rho_{šv}$ = 0,21·10^{-6} Ωm. Medžiagų tankiai: ρ_{v_1}= 8,9 ·10^3 kg/m^3, $\rho_{šv_1}$= 11,34 ·10^3 kg/m^3 .

17. Elektrinės laidynės galia P = 400W, įtampa U = 120 V. Jungiant į tinklą laidynės įtampa krinta nuo U_1 = 127 V iki U_2 = 115 V. Rasti elektros grandinėje esančių laidų varžą.

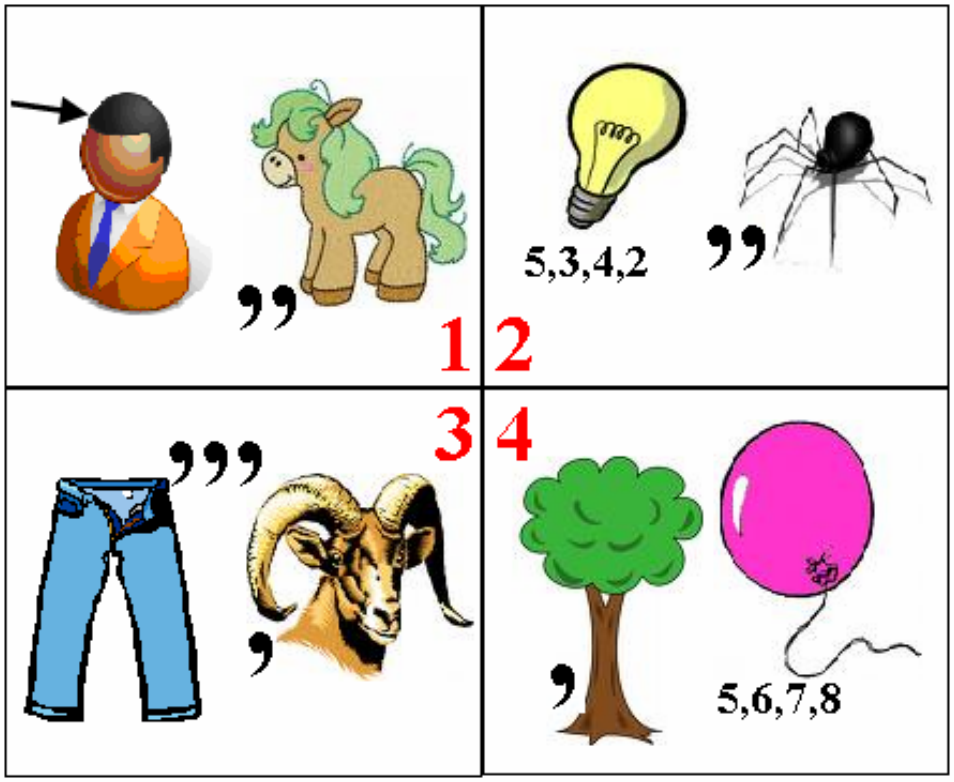
18. Reikia perduoti elektros energiją atstumu ℓ = 10 km taip, kad elektros nuostoliai neviršytų 10%. Ryšių linija sudaryta iš varinių laidų. Elektros perdavimo stoties galia P = 100 kW, įtampa U = 220 V. Rasti varinių laidų masę, jei vario savitoji elektrinė varža ρ_v= 0,017·10^{-6} Ωm, o tankis ρ_{v_1}= 8,9 ·10^3 kg/m^3.

19. Voltmetras, įjungtas į elektros grandinę nuosekliai su R_1= R papildoma varža, rodo įtampą grandinės dalyje U_1 = 198 V. Tą patį padarius su papildoma varža R_2 = 2R , voltmetro rodmenys – U_2 = 180 V. Rasti įtampą grandinėje ir papildomą varžą, jei voltmetro varža R_v = 900 Ω.



3.16 pav.

20. Išspręskite rebusą. Perskaitykite 4 mokslininkų pavardes.



Lietuvos fizikų draugija
Šiaulių universitetas
Jaunųjų fizikų mokykla „FOTONAS“

Lina Senkuvienė, Violeta Šlekienė, Romas Senkus
I kurso užduotys ir metodiniai nurodymai
2008 8 (463)
2008–2009 mokslo metai
Redagavo Algirdas Malakauskas
Rinko ir maketavo Irma Bolskytė

SL 843. 2008 10 09. 2,69 leidyb. apsk.1. Tiražas 1300. Užsakymas
Spausdino UAB „Šiaulių knygrišykla“,
P. Lukšio 9A, LT-76351 Šiauliai, tel.: (8 ~ 41) 50 03 33, 43 19 14.