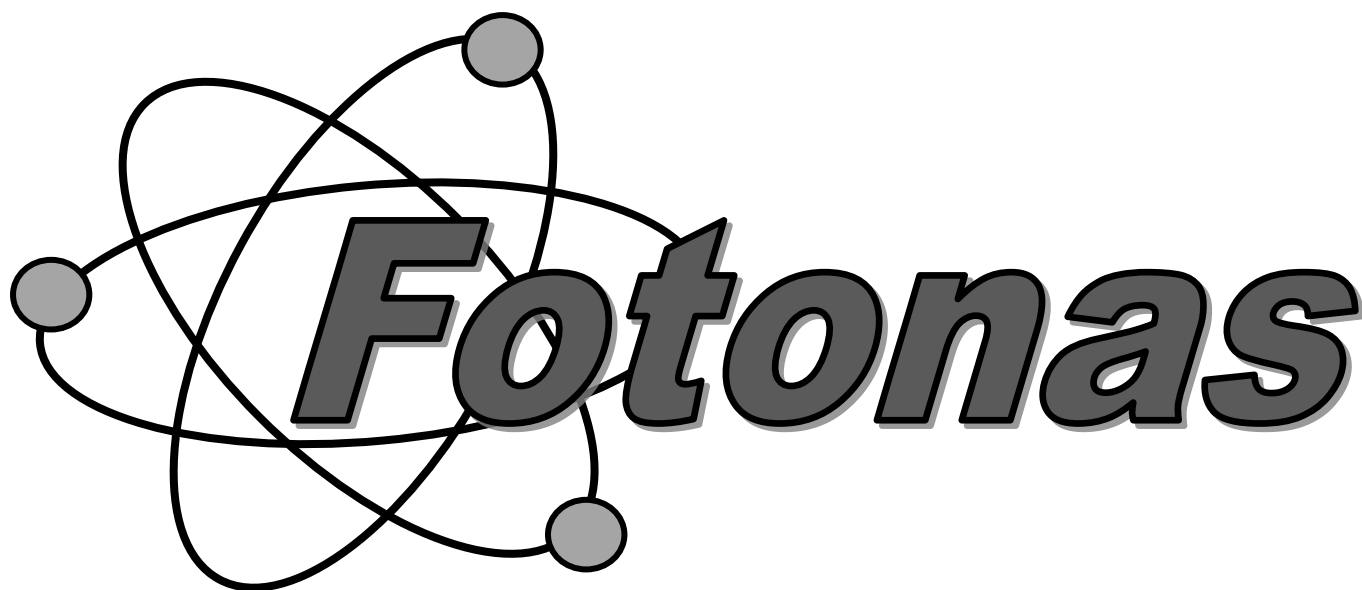


**LIETUVOS FIZIKŲ DRAUGIJA
ŠIAULIŲ UNIVERSITETO
JAUNŲJŲ FIZIKŲ MOKYKLA „FOTONAS“**



ŠILUMA

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

Violeta Šlekienė

MECHANIKA. ŠILUMA. ELEKTRA

I KURSO II TURO UŽDUOTYS IR METODINIAI NURODYMAI

**Metodinė priemonė
2017–2018 mokslo metai**

Šiauliai 2018

Visų kurso turų užduočių sprendimų atsiuntimo terminai:

I turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2017-12-08,

II turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2018-02-23,

III turo užduočių sprendimus atsiųsti iki 2018-05-04.

Sąsiuvinius su sprendimais siųskite adresu:

„Fotonui“
Šiaulių universitetas
Vilniaus g. 141,
LT-76353 Šiauliai

Teirautis tel./faks. (8 ~ 41) 59 57 24

El. pašto adresas fotonas@fm.su.lt

Interneto puslapis: www.fotonas.su.lt

I kurso kuratorė Diana Leskovienė

LINKIME SÈKMÈS!

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.

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

Tokia pati skaitinė vertė gaunama ir matuojant

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

Šiluma išsiskiria ir degant kurui.

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

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

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:

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

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

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

Į $m_k = 0,15 \text{ kg}$ masės žalvarinį kalorimetrą su $m_v = 0,2 \text{ kg}$ vandens, kurio temperatūra $t_1 = 15^\circ\text{C}$, buvo įleistas $m_s = 0,26 \text{ kg}$ masės $t_2 = 100^\circ\text{C}$ 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.

	$m_s = 0,26 \text{ kg}$
	$m_v = 0,2 \text{ kg}$
	$m_k = 0,15 \text{ kg}$
t	$t_2 = 100^\circ\text{C}$
	$t_1 = 15^\circ\text{C}$
	$c_s = 460 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$c_v = 4200 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$c_k = 400 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$

Geležies svarstis atiduoda šilumos kiekį:

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

Vanduo gauna šilumos kiekį:

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

Kalorimetras gauna šilumos kiekį:

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

Pagal energijos tvermės dėsnį:

$$Q_s = Q_v + Q_k,$$

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

Iš šilumos balanso lygties išreiškiame galutinę temperatūrą:

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

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

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

2 pavyzdys

Kokią 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, užsandininę langus ir t. t., sutaupyti apie 20 % šilumos. Kokią pinigų sumą galėtų sutaupyti namo gyventojai, jeigu už šilumos vieną kWh moka 0,30 Lt?

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

Šildymo sistemos sunaudotas šilumos kiekis:

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

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

$$m = \rho V.$$

Tada

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

Sunaudotos šilumos kiekis

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

20 % šilumos netenkame, tai užsandininę langus ir t. t. sutaupyti apie 20 % šilumos

$$Q_1 = n \cdot Q.$$

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

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

$$N = Q_1 \cdot K$$

$$N = 3696 \text{ Lt}.$$

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

3 pavyzdys

Į kalorimetrą su pastovios galios kaitinimo elementu įdedamas $t_1 = -10^\circ\text{C}$ temperatūros ledo gabalas. Po $\tau = 19 \text{ min}$, išjungus kaitinimo elementą, kalorimetre susidariusio vandens temperatūra buvo $t_2 = 10^\circ\text{C}$. 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.

$t = f(\tau)$	$t_1 = -10^\circ\text{C}$
	$t_2 = 10^\circ\text{C}$
	$\tau = 19 \text{ min}$
	$c_\ell = 2100 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$c_v = 4200 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$\lambda = 33 \cdot 10^4 \text{ J/kg}$
	$t_0 = 0^\circ\text{C}$

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

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

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

Pagal energijos tvermės dėsnį

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

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

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

čia P – kaitinimo elemento galia, m – ledo masė, $t_0 = 0^\circ\text{C}$. (3) padaliję iš (2), gauname:

$$\tau_2 = \frac{\lambda}{c_\ell(t_0 - t_1)} \tau_1, \\ \tau_2 \approx 16\tau_1. \quad (5)$$

(4) padaliję iš (2), gauname:

$$\tau_3 = \frac{c_v(t_2 - t_0)}{c_\ell(t_0 - t_1)} \tau_1, \\ \tau_3 = 2\tau_1. \quad (6)$$

(5) ir (6) įrašome į (1):

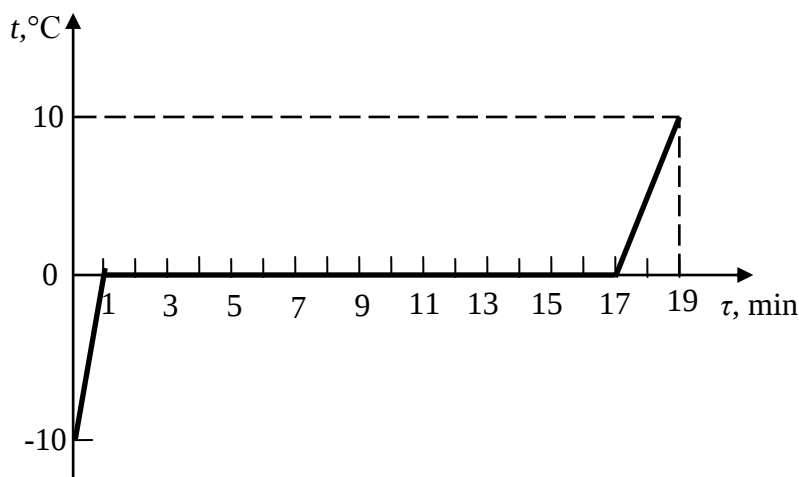
$$\tau = \tau_1 + 16\tau_1 + 2\tau_1 = 19\tau_1.$$

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

Tada

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

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



2.1 pav.

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

4 pavyzdys

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

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

5 pavyzdys

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

t	$m_1 = 10 \text{ kg}$
	$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
	$m_2 = 7 \text{ kg}$
	$t_2 = 327 \text{ }^\circ\text{C}$
	$\Delta m_1 = 0,05 \text{ kg}$
	$c_1 = 4200 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)} = 4,2\cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$c_2 = 130 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$L = 2,26 \text{ MJ/kg} = 2,26\cdot 10^6 \text{ J/kg}$
	$\lambda = 30 \text{ kJ/kg} = 3\cdot 10^4 \text{ J/kg}$

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

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

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

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

čia $t_v = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ – vandens virimo temperatūra.

Šilumos kiekis, kurį gavo neišgaravęs vanduo:

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

Užrašome šilumos balanso lygtį:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

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

Išsprendę šią lygtį gauname:

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

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

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

6 pavyzdys

$m_1 = 200 \text{ g}$ 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?

L	$m_1 = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$
	$t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
	$m_2 = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ kg}$
	$t_g = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
	$m_3 = 421 \text{ g} = 0,421 \text{ kg}$
	$t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
	$c_1 = 400 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$c_2 = 4,2\cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$

Užrašome šilumos balanso lygtį:

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

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

$Q_2 = c_2(m_3 - m_2)(t_g - t)$ – šilumos kiekis, kurį atiduoda $(m_3 - m_2)$ masės vanduo, vėsdamas nuo $t_g = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ iki $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$,

$Q_3 = c_2 m_2(t - t_0)$ – šilumos kiekis, kurį gavo vanduo sušildamas nuo $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ iki $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūros,

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

Taigi

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

Iš čia

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

$$L = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}.$$

Atsakymas: $L = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$.

7 pavyzdys

$m = 2 \text{ kg}$ masės vandens, kurio pradinė temperatūra $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, kaitinama $P = 600 \text{ W}$ galios elektriniu šildytuvu. Po $\tau_1 = 35 \text{ min}$ vanduo užvirė ($t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$) 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 $L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$. Koks elektrinio šildytuvo naudingumo koeficientas?

η	$m = 2 \text{ kg}$
	$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
	$P = 600 \text{ W}$
	$\tau_1 = 35 \text{ min} = 2100 \text{ s}$
	$t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
	$\Delta m = 0,2 \text{ kg}$
	$c_v = 4200 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

Elektrinio šildytuvo naudingumo koeficientas:

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

čia

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

šilumos kiekis, sunaudotas vandeniui šildyti ir Δm jo išgarinti.

$$Q_v = P\tau$$

elektrinio šildytuvo išskirtas šilumos kiekis.

Tada

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

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

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

8 pavyzdys

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

v	$t = 100^\circ\text{C}$
	$t_{\text{lyd}} = 327^\circ\text{C}$
	$\eta = 60\% = 0,6$
	$c = 130 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$
	$\lambda = 25 \text{ kJ/kg} = 25 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$

Smūgio metu kulkos gautas šilumos kiekis:

$$Q = \eta E_k;$$

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

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

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

Taigi

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

Iš čia

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

$$v = 426 \text{ m/s}.$$

Atsakymas: $v = 426 \text{ m/s}$.

II TURO UŽDUOTYS

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

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

3. Šilumai nelaidžiame inde yra 1 kg ledo ir 3 kg vario. Ledo temperatūra $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proceso pabaigoje inde nusistovėjo $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūra. Vario savitoji šiluma $380\text{ J/(kg }^{\circ}\text{C)}$, vandens $4200\text{ J/(kg }^{\circ}\text{C)}$, ledo lydymosi šiluma $3,3 \cdot 10^5\text{ J/kg}$. Kokia buvo pradinė vario temperatūra? Vandens tūrio pakitimo ir garų susidarymo nepaisykite.

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

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

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

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

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

9. 100 g masės žalvariniame kalorimetre yra 6 g ledo. Indo ir ledo pradinė temperatūra $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Į kalorimetrą įpilama 30 g išlydyto švino jo lydymosi temperatūros ($327\text{ }^{\circ}\text{C}$). Žalvario, ledo ir švino savitoji šiluma atitinkamai lygi $400\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$, $2100\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ir $140\text{ J/(kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$; ledo ir švino savitoji lydymosi šiluma atitinkamai lygi $3,3\cdot 10^5\text{ J/kg}$ ir $2,5\cdot 10^4\text{ J/kg}$. Kokia bus temperatūra nusistovėjus šiluminei pusiausvyrai ir kokių agregatinių būsenų medžiagos bus kalorimetre?

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

Atlikite užduotis:

1. Pradinė vandens temperatūra $t_0 = \dots\dots\dots\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Verdančio vandens temperatūra $t_1 = \dots\dots\dots\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Verdančio vandens temperatūra **a) didėja; b) mažėja; c) nepakinta** todėl, kad

.....

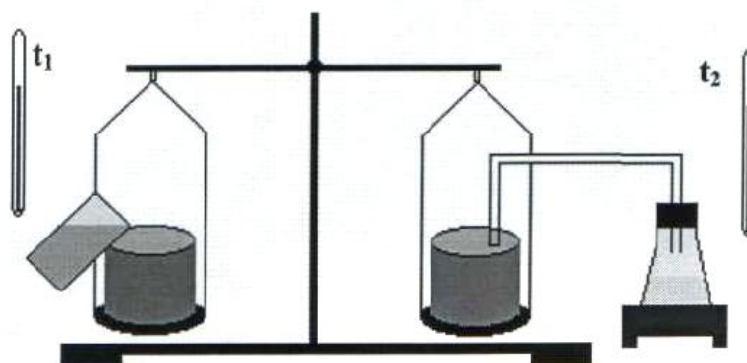
.....

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

11. Žinoma, kad nudegimas įvyksta tada, kai oda prisiliečia prie gana aukštos temperatūros terpės. Kuriam laikui įmerkus ranką į $55 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros vandenį, galima nudegti. Kodėl ore žmogus gali saugiai iškęsti $55 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros karštį ir nepatirti nudegimų?

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

Pastaba. Jeigu pritrūks reikalingų priemonių, atlikite mintinį eksperimentą.



2.2 pav.

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

Atlikite užduotis:

1. Įpylus verdančio vandens, mišinio temperatūra $t_1 = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$.
2. Įleidus vandens garų, mišinio temperatūra $t_2 = \dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$.
3. Pažymėkite tinkamą:
a) $t_1 > t_2$; b) $t_1 < t_2$; c) $t_1 = t_2$.
4. Pažymėkite tinkamą:

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

- a) garų temperatūra yra didesnė už verdančio vandens;**
- b) garai, virsdami vandeniui išskiria šilumos kiekį.**

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

14. Iš Diuaro indo, kuriame yra $t_1 = -195\text{ }^{\circ}\text{C}$ skysto azoto, per laiką $\tau_1 = 24\text{ h}$ išgaruoja $V_1 = 10^{-4}\text{ m}^3$ azoto. Aplinkos oro temperatūra $t_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tame pačiame inde per laiką $\tau_2 = 22,5\text{ h}$ ištirpsta $t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros $m_2 = 4 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$ ledo. Šilumos kiekis, suteikiamas indui kas sekundę, proporcingas temperatūrų indo išorėje ir viduje skirtumui $\frac{Q}{\tau} = k\Delta t$. Skysto azoto tankis $\rho_1 = 800\text{ kg/m}^3$, ledo savitoji lydymosi šiluma $\lambda = 3,3 \cdot 10^5\text{ J/kg}$. Apskaičiuokite azoto savitąją garavimo šilumą.

15. Į kalorimetrą, kuriame yra $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros 100 g masės ledo gabalėlis, leidžiami $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros vandens garai. Ledo savitoji lydymosi šiluma $3,3 \cdot 10^5\text{ J/kg}$, vandens savitoji šiluma $4,2 \cdot 10^3\text{ J/(kg} \cdot ^{\circ}\text{C)}$, vandens savitoji garavimo šiluma $2,3 \cdot 10^6\text{ J/kg}$. Kiek vandens bus kalorimetre, kai visas ledas ištirps?

16. Gauti žemoms temperatūroms šaldymo įrenginiuose naudojamas skysto amoniako garavimas. Kiek amoniako reikia išgarinti, norint 10 kg $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros vandens paversti $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros ledu? Vandens savitoji šiluma

$c_1 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$, ledo lydymosi šiluma $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$, amoniako savitoji garavimo šiluma $L = 1,4 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$.

17. Plieninis sviedinys, skriejantis 800 m/s greičiu, pataikė į žemės pylimą ir jame susprogo. 60 % sviedinio kinetinės energijos teko jo išilimui. Keliais laipsniais pakilo sviedinio temperatūra? Plieno savitoji šiluma $460 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$.

18. 3600 kg masės automobilis, sudeginęs 20 l benzino, kurio tankis ir šilumingumas atitinkamai lygūs 700 kg/m^3 , $4,6 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$, nuvažiuoja 150 km. Pasipriešinimo judėjimui jėga lygi 0,05 automobilio svorio daliai. Koks automobilio variklio naudingumo koeficientas?

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

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

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

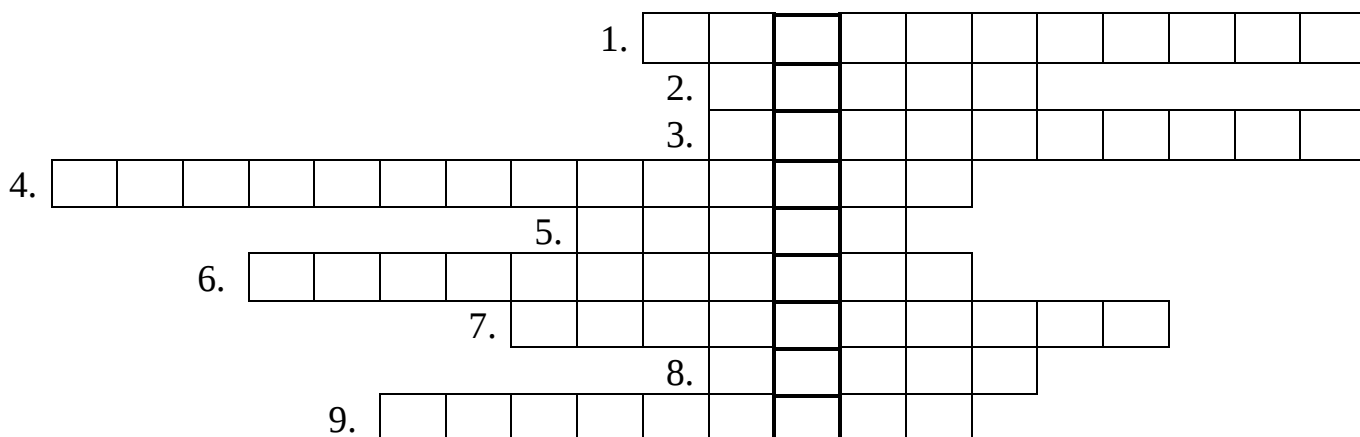
x.2. Įkaitusi metalinė detalė gali būti aušinama ore (savitoji oro šiluma $c_0 = 1000 \text{ J/(kg} \cdot \text{K})$), tepale ($c_t = 2100 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C})$), glicerine ($c_g = 2400 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C})$) arba vandenyje ($c_v = 4190 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C})$). Kurioje medžiagoje detalė auš sparčiausiai, kai kitos sąlygos vienodos? Į konvekciją nekreipkite dėmesio.

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

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

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

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



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

Lietuvos fizikų draugija
Šiaulių universiteto
jaunųjų fizikų mokykla „FOTONAS“

Violeta Šlekienė
I kurso II turo užduotys ir metodiniai nurodymai
2017–2018 mokslo metai

Redagavo Algirdas Malakauskas
Rinko ir maketavo Diana Leskovienė
