

FYZIKA – 2. ROČNÍK

1. Do dvou stejných nádob nalijeme vodu a rtuť o stejných objemech a teplotách. Jaký bude poměr přírůstků teplot kapalin, jestliže obě kapaliny přijmou při zahřívání stejné teplo?

$$V_1 = V_2 = V, T_1 = T_2, Q_1 = Q_2$$

$$c_1 = 139 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \rho_1 = 13600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$c_2 = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \rho_2 = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\underline{\underline{\Delta T_1 / \Delta T_2 = ?}}$$

Řešení:

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$V \rho_1 c_1 \Delta T_1 = V \rho_2 c_2 \Delta T_2$$

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{\rho_2 c_2}{\rho_1 c_1} \doteq 2,2$$

Přírůstek teploty rtuti po zahřátí bude přibližně dvakrát větší než u vody.

2. Olověné těleso o hmotnosti 1 kg přijalo teplo 54,5 kJ a v důsledku toho část olova o hmotnosti 0,5 kg roztála. Jaká byla počáteční teplota tělesa? Teplota tání olova je 327 °C, měrná tepelná kapacita olova 129 J · kg⁻¹ · K⁻¹ a měrné skupenské teplo tání olova je 22,6 kJ · kg⁻¹.

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$Q = 54,5 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$m' = 0,5 \text{ kg}$$

$$t_T = 327^\circ \text{ C}$$

$$c = 129 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_t = 22,6 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$t_1 = ?$$

Řešení:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_T - t_1) + m' l_t = m \cdot c \cdot t_T - m \cdot c \cdot t_1 + m' l_t$$

$$t_1 = \frac{m \cdot c \cdot t_T + m' l_t - Q}{mc} = \underline{\underline{-7,9^\circ \text{ C}}}$$

Počáteční teplota tělesa byla -7,9 °C.

3. Jaké teplo je třeba k tomu, aby roztál led o hmotnosti 5,4 kg a počáteční teplotě -15 °C? Měrná tepelná kapacita ledu je 2,1 kJ · kg⁻¹ · K⁻¹, měrné skupenské teplo tání ledu je 334 kJ · kg⁻¹

$$m = 5,4 \text{ kg}$$

$$t_1 = -15^\circ \text{ C}$$

$$c = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_t = 334 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q = ?$$

Řešení:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t + ml_t = 1973700 \text{ J} = \underline{\underline{1,97 \text{ MJ}}}$$

K ohřátí a roztátí ledu je potřeba teplo 1,97 MJ.

4. Vypočtete teplo potřebné k roztavení mosazného předmětu o hmotnosti 0,5 kg a počáteční teplotě 20 °C. Teplota tání mosazi je 970 °C, měrná tepelná kapacita mosazi je 394 J · kg⁻¹ · K⁻¹ a měrné skupenské teplo tání mosazi je 159 kJ · kg⁻¹

$$m = 0,5 \text{ kg}$$

$$t_1 = 20^\circ \text{ C}$$

$$t_2 = 970^\circ \text{ C}$$

$$c = 394 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_t = 159 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q = ?$$

Řešení:

$$Q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) + ml_t = 266650 \text{ J} \doteq \underline{\underline{267 \text{ kJ}}}$$

K roztavení mosazného předmětu je potřeba teplo 267 kJ.

5. Vypočtete teplo, kterého je potřeba k tomu, aby se led o hmotnosti 10 kg a teplotě – 10° C přeměnil na vodu o teplotě 20° C. Měrná tepelná kapacita ledu je 2,1 kJ · kg⁻¹ · K⁻¹, měrná tepelná kapacita vody je 4,18 kJ · kg⁻¹ · K⁻¹, měrné skupenské teplo tání ledu je 334 kJ · kg⁻¹.

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$t_1 = -10^\circ \text{ C}$$

$$t_2 = 20^\circ \text{ C}$$

$$c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c_2 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_t = 334 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q = ?$$

Řešení:

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c_1 \cdot (0 - t_1) + ml_t + m \cdot c_2 \cdot (t_2 - 0) = \\ &= m(c_1(-t_1) + l_t + c_2 t_2) = 4386000 \text{ J} \doteq \underline{\underline{4,4 \text{ MJ}}} \end{aligned}$$

K přeměně ledu na vodu je potřeba teplo přibližně 4,4 MJ.

FYZIKA – 2. ROČNÍK

6. Vypočtete hmotnost ledu při teplotě $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, který roztaje ve vodě o hmotnosti 3 kg a teplotě $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výsledná teplota soustavy je $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Měrná tepelná kapacita ledu je $2,1\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a měrné skupenské teplo tání ledu je $334\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ a měrná tepelná kapacita vody je $4,18\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

$$\begin{aligned}m_2 &= 3\text{ kg} \\t_2 &= 60^{\circ}\text{ C} \\t_1 &= -5^{\circ}\text{ C} \\t_v &= 0^{\circ}\text{ C} \\c_1 &= 2,1 \cdot 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \\c_2 &= 4,18 \cdot 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \\l_t &= 334 \cdot 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1} \\m_1 &= ?\end{aligned}$$

Řešení:

$$\begin{aligned}m_1 \cdot c_1 \cdot (t_v - t_1) + m_1 l_t &= m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t_v) \\m_1 &= \frac{m_2 \cdot c_2 \cdot t_2}{c_1(-t_1) + l_t} = \underline{\underline{2,18\text{ kg}}}\end{aligned}$$

Hmotnost roztátého ledu je $2,18\text{ kg}$.

7. Do vody o hmotnosti 4 kg a teplotě $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ dáme led, který má hmotnost 1 kg a teplotu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jaká bude výsledná teplota soustavy po dosažení rovnovážného stavu? Měrná tepelná kapacita vody je $4,18\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, měrné skupenské teplo tání ledu je $334\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

$$\begin{aligned}m_1 &= 4\text{ kg} \\m_2 &= 1\text{ kg} \\t_1 &= 80^{\circ}\text{ C} \\t_2 &= 0^{\circ}\text{ C} \\c_1 &= 4,18 \cdot 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \\l_t &= 334 \cdot 10^3\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1} \\t_v &= ?\end{aligned}$$

Řešení:

$$\begin{aligned}m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_v) &= m_2 l_t + m_2 \cdot c_1 \cdot (t_v - t_2) \\m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 - m_2 l_t &= t_v (m_2 \cdot c_1 + m_1 \cdot c_1) \\t_v &= \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 - m_2 l_t}{m_2 \cdot c_1 + m_1 \cdot c_1} = \underline{\underline{48^{\circ}\text{ C}}}\end{aligned}$$

Výsledná teplota po dosažení rovnovážného stavu je $48\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8. Na elektrickém vařiči o příkonu 600 W a účinnosti 60 % jsme ohřívali vodu o hmotnosti 2 kg a počáteční teplotě 10 °C až na teplotu varu. Při této teplotě se odpařilo 5% vody. Jak dlouho trvalo ohřívání vody? Měrná tepelná kapacita vody je 4,18 kJ·kg⁻¹·K⁻¹, měrné skupenské teplo vypařování vody při teplotě 100 °C je 2,26 MJ·kg⁻¹.

$$P = 600 \text{ W}$$

$$\eta = 60 \%$$

$$m_1 = 2 \text{ kg}$$

$$t_1 = 10^\circ \text{ C}$$

$$t_v = 100^\circ \text{ C}$$

$$\Delta m = 5 \%$$

$$c_1 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$t = ?$$

Řešení:

K teplu, které je potřeba dodat vodě, aby se uvařila, musíme přičíst skupenské teplo vypařování vypařené části vody:

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_v - t_1) + \frac{5}{100} m_1 l_v = P \cdot \frac{\eta}{100} \cdot t$$

$$t = \frac{100 \cdot (m_1 \cdot c_1 \cdot (t_v - t_1) + \frac{5}{100} m_1 l_v)}{P \cdot \eta}$$

$$t \doteq 2718 \text{ s} \doteq \underline{\underline{45 \text{ min}}}$$

Ohřívání vody trvalo asi 45 minut.

9. Určete teplo potřebné na přeměnu ledu o hmotnosti 1 kg a teplotě -5 °C na páru o teplotě 100 °C. Měrná tepelná kapacita ledu je 2,1 kJ·kg⁻¹·K⁻¹, měrné skupenské teplo tání ledu je 334 kJ·kg⁻¹, měrná tepelná kapacita vody je 4,18 kJ·kg⁻¹·K⁻¹. Měrné skupenské teplo vypařování vody při teplotě 100 °C je 2,26 · 10⁶ J·kg⁻¹.

$$m_1 = 1 \text{ kg}$$

$$t_1 = -5^\circ \text{ C}$$

$$t_2 = 100^\circ \text{ C}$$

$$c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_t = 334 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$c_2 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q = ?$$

Řešení:

$$Q = m_1 \cdot c_1 \cdot (0 - t_1) + m_1 l_f + m_1 c_2 (t_2 - 0) + m_1 l_v =$$

$$= 3022500 \text{ J} \doteq \underline{\underline{3 \text{ MJ}}}$$

Teplota potřebná na přeměnu ledu je asi 3 MJ.

10. Ve vodě o hmotnosti 2 kg a teplotě 18 °C kondenzovala vodní pára o teplotě 100 °C a hmotnosti 100 g. Jaká bude výsledná teplota vody? Měrné skupenské teplo kondenzace vody při teplotě 100 °C je 2,26 MJ·kg⁻¹.

$$m_1 = 2 \text{ kg}$$

$$t_1 = 18^\circ \text{ C}$$

$$c_1 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$m_2 = 0,1 \text{ kg}$$

$$t_2 = 100^\circ \text{ C}$$

$$l_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$t_v = ?$$

Řešení:

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_v - t_1) = m_2 l_v + m_2 c_1 (t_2 - t_v)$$

$$t_v (m_1 \cdot c_1 + m_2 c_1) = m_2 l_v + m_2 c_1 \cdot t_2 + m_1 \cdot c_1 \cdot t_1$$

$$t_v = \frac{m_2 l_v + m_2 c_1 \cdot t_2 + m_1 \cdot c_1 \cdot t_1}{m_1 \cdot c_1 + m_2 c_1}$$

$$t_v = \underline{\underline{47,7^\circ \text{ C}}}$$

Výsledná teplota vody je 47,7 °C.

11. Určete hmotnost uhlí o výhřevnosti 30 MJ·kg⁻¹, které musíme spálit v kotli, aby se voda o hmotnosti 6·10³ kg a teplotě 10 °C ohřála na teplotu 100 °C a při této teplotě se ještě vypařilo 10³ kg vody. Měrná tepelná kapacita vody je 4,18 kJ·kg⁻¹·K⁻¹, měrné skupenské teplo vypařování vody při teplotě 100 °C je 2,26 MJ·kg⁻¹ a účinnost kotle je 70 %.

$$H = 30 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}, \eta = 70 \%$$

$$m_2 = 6000 \text{ kg}, t_2 = 10^\circ \text{ C}, t_3 = 100^\circ \text{ C}$$

$$m_3 = 1000 \text{ kg}$$

$$c_2 = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, l_v = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$m_1 = ?$$

Řešení:

$$m_2 \cdot c_2 \cdot (t_3 - t_2) + m_3 \cdot l_v = m_1 \cdot H \cdot \frac{7}{10}$$

$$m_1 = \frac{10 \cdot (m_2 \cdot c_2 \cdot (t_3 - t_2) + m_3 \cdot l_v)}{7H}$$

$$\underline{\underline{m_1 = 215 \text{ kg}}}$$

Hmotnost uhlí, které je potřeba spálit, je 215 kg.

B. Tepelná výměna

1. Led o hmotnosti 1000 g a teplotě 0 °C vhodíme do kalorimetru v němž je voda o hmotnosti 500 g a teplotě 50 °C. Popište stav soustavy po dosažení rovnovážného stavu. Řešte nejprve pro případ, kdy neuvažujeme tepelnou kapacitu C kalorimetru. Pak proveďte úvahu, jak se změní výsledek řešení úlohy, je-li $C = 100 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$.

$$m_1 = 1 \text{ kg}$$

$$t_1 = 0^\circ \text{C}$$

$$l_t = 334 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$m_2 = 0,5 \text{ kg}$$

$$t_2 = 50^\circ \text{C}$$

$$c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\underline{\underline{C = 100 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}}}$$

Řešení:

Teplo potřebné k roztátí ledu: $L_t = m_1 \cdot l_t = 334 \cdot 10^3 \text{ J}$

teplo potřebné k ochlazení vody na teplotu 0 °C: $Q = m_2 \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = 0,5 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \cdot 50 \text{ J} = 105 \cdot 10^3 \text{ J}$

$L_t > Q \Rightarrow$ roztaje jen část ledu a výsledná teplota bude 0 °C:

$$m \cdot l_t = Q \Rightarrow m = \frac{Q}{l_t} = 0,314 \text{ kg}$$

V kalorimetru se nachází v rovnovážném stavu voda o hmotnosti 0,814 kg a led o hmotnosti 0,686 kg. Teplota soustavy je 0 °C.

s kalorimetrem:

$$m l_t = Q + C_{\Delta} t$$

$$m = \frac{Q + C_{\Delta} t}{l_t} = 0,329 \text{ kg}$$

FYZIKA – 2. ROČNÍK

Uvažujeme-li tepelnou kapacitu kalorimetru, roztaje o 15 g ledu více než v případě, kdy tepelnou kapacitu neuvažujeme.

2. Do kalorimetru s vodou o hmotnosti 5,0 kg a teplotě 100 °C nasypeme kousky ledu o celkové hmotnosti 6,0 kg a teplotě 0 °C. Popište stav soustavy po dosažení rovnovážného stavu. Tepelnou kapacitu kalorimetru a ztráty energie do okolí zanedbejte.

$$m_1 = 5 \text{ kg}$$

$$t_1 = 100^\circ \text{C}, c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$m_2 = 6 \text{ kg}, l_l = 334 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1}$$

$$t_2 = 0^\circ \text{C}$$

$$t_v = ?$$

Řešení:

$$L_t = 2,004 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$Q = 2,09 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$L_t < Q \Rightarrow \text{všechen led roztaje a výsledná teplota bude větší než } 0^\circ \text{C}$$

$$L_t + m_2 c \cdot t_v = m_1 c (t_1 - t_v)$$

$$t_v (m_2 c + m_1 c) = m_1 c t_1 - L_t$$

$$t_v = \frac{m_1 c t_1 - L_t}{m_2 c + m_1 c} = \underline{\underline{1,87^\circ \text{C}}}$$

Výsledná teplota vody bude 1,87 °C.

3. Olověná střela hmotnosti 10 g dopadla na pancéřovou stěnu rychlostí 400 m · s⁻¹. Na stěně se zarazila. Předpokládejme, že při nárazu neodevzdala střela žádnou energii do okolí. Určete, zda se střela při nárazu roztaví celá, zčásti, nebo zda zůstane ve skupenství pevném. Počáteční teplota střely byla 0 °C, teplota tání olova je 327 °C, měrná tepelná kapacita olova je 129 J · kg⁻¹ · K⁻¹, měrné skupenské teplo tání olova je 22,6 kJ · kg⁻¹.

$$m = 0,01 \text{ kg}$$

$$t = 0^\circ \text{C}$$

$$v = 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$c = 129 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_l = 22,6 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$t_t = 327^\circ \text{C}$$

$$Q = ?, Q_l = ?$$

Řešení:

$$E_k = Q = \frac{1}{2}mv^2 = 800 \text{ J (uvolněné teplo při zaražení střely)}$$

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (t_f - t) + m \cdot l_t = 0,01 \cdot 129 \cdot 327 \text{ J} + 0,01 \cdot 22600 \text{ J} = 647 \text{ J (teplo, které je potřeba dodat, aby se střela roztavila)}$$

$$Q > Q_1$$

Střela se zcela roztaví.

4. V kalorimetru o tepelné kapacitě $120 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ se nachází v rovnovážném stavu voda o hmotnosti 500 g a led o hmotnosti 10 g . Do kalorimetru ponoříme měděný váleček o hmotnosti 100 g a teplotě $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Jaká bude výsledná teplota vody po opětovném vytvoření rovnovážného stavu? Tepelné ztráty do okolí zanedbejte.

$$m_1 = 0,5 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0,01 \text{ kg}$$

$$t_1 = t_2 = 0^\circ \text{ C}$$

$$m_3 = 0,1 \text{ kg}$$

$$t_3 = 300^\circ \text{ C}$$

$$c_3 = 0,383 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$l_t = 334 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$C = 120 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$t_v = ?$$

Řešení:

$$m_3 c_3 (t_3 - t_v) = m_2 l_t + (m_1 + m_2) \cdot c \cdot (t_v - t_1) + C \cdot (t_v - t_1)$$

$$m_3 c_3 t_3 - m_3 c_3 t_v = m_2 l_t + (m_1 + m_2) c t_v + C \cdot t_v$$

$$t_v [(m_1 + m_2) c + C + m_3 c_3] = m_3 c_3 t_3 - m_2 l_t$$

$$t_v = \frac{m_3 c_3 t_3 - m_2 l_t}{[(m_1 + m_2) c + C + m_3 c_3]}$$

$$\underline{\underline{t_v = 3,56^\circ \text{ C}}}$$

Výsledná teplota vody je přibližně $3,6 \text{ }^\circ\text{C}$.