



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

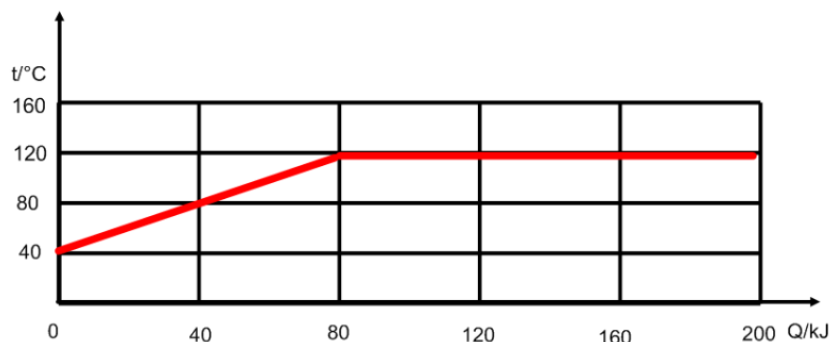
Změna skupenství v příkladech

Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Mgr. Lucie Havrdová

Materiál je dostupný ze školního portálu <http://dum.voss-na.cz>, který provozuje
Vyšší odborná škola stavební a Střední průmyslová škola stavební arch. Jana Letzela, Náchod

Zadání:

1. Určete, kolik tepla je třeba odebrat, aby se z páry o teplotě 100°C a hmotnosti 200 g stal led o teplotě 15°C .
2. Určete množství tepla, které je třeba dodat vodě o objemu 500 ml a teplotě 0°C , aby se změnila na páru o teplotě 100°C .
3. Určete, jaké hmotnost ledu o teplotě -8°C roztaje v jednom litru vody o teplotě 52°C .
4. Určete množství ledu o teplotě 0°C , které musíme vložit do 6 litrů vody, aby se ochladila z 55°C na 5°C ?
5. Kolik tepla je třeba dodat při pasterizaci 100 kg mléka, které zahříváme z 10°C na 62°C , jestliže se 1% mléka vypaří? Měrná tepelná kapacita $3950 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, měrné skupenské teplo vypařování $2,31 \text{ MJ/kg}$.
6. Do 1500 ml vody o teplotě 20°C bylo vhozeno železné těleso o hmotnosti 50 g a teplotě 500°C . Určete výslednou teplotu po dosažení rovnovážného stavu.
7. V kalorimetru je v rovnovážném stavu voda o objemu 200 ml a led o hmotnosti 100 g. Do kalorimetru zavedeme vodní páru o hmotnosti 20 g a teplotě 100°C . Určete výslednou teplotu soustavy po vytvoření rovnovážného stavu. Tepelnou kapacitu kalorimetru a tepelné ztráty neuvažujeme.
8. Kapalina o hmotnosti 2 kg je zahřívána na teplotu tání a při této teplotě se zcela roztaví (viz graf).
 - a. Jaké je skupenské teplo tání daného množství látky.
 - b. Jaké je měrné skupenské teplo tání dané látky?



Výsledky:

- | | |
|-------------|---------------------------|
| 1. 608,7 kJ | 5. 22,85 MJ |
| 2. 1,34 MJ | 6. $21,7^{\circ}\text{C}$ |
| 3. 0,62 kg | 7. 15°C |
| 4. 1,72 kg | 8. 120 kJ; 60 kJ/kg |

Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Mgr. Lucie Havrdová

Materiál je dostupný ze školního portálu <http://dum.voss-na.cz>, který provozuje
Vyšší odborná škola stavební a Střední průmyslová škola stavební arch. Jana Letzela, Náchod

Řešení:

1. Určete, kolik tepla je třeba odebrat, aby se z páry o teplotě $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a hmotnosti 200 g stal led o teplotě -15°C .

Řešení:

$$t_1 = 100^{\circ}\text{C}$$

$$m = 200\text{ g} = 0,2\text{ kg}$$

$$t_2 = -15^{\circ}\text{C}$$

$$\underline{Q = ?}$$

$$c_1 = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}} \quad c_2 = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}$$

$$l_k = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad l_t = 334000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$Q = m.l_k + m.c_1.(t_1 - 0) + m.l_t + m.c_2.(0 - t_2)$$

$$Q = 0,2 \cdot 2,26 \cdot 10^6 + 0,2 \cdot 4180 \cdot 100 + 0,2 \cdot 334000 + 0,2 \cdot 2100 \cdot 15$$

$$\underline{\underline{Q = 608700\text{ J} = 608,7\text{ kJ}}}$$

Odpověď:

Je třeba odebrat $608,7\text{ kJ}$ tepla.

2. Určete množství tepla, které je třeba dodat vodě o objemu 500 ml a teplotě 0°C , aby se změnila na páru o teplotě 100°C .

Řešení:

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

$$V = 500\text{ ml} \rightarrow m = 500\text{ g} = 0,5\text{ kg}$$

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

$$\underline{Q = ?}$$

$$c_1 = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}} \quad l_v = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$Q = m.c_1.(100 - t_1) + m.l_v$$

$$Q = 0,5 \cdot 4180 \cdot 100 + 0,5 \cdot 2,26 \cdot 10^6$$

$$\underline{\underline{Q = 1339000\text{ J} = 1,34\text{ MJ}}}$$

Odpověď:

Vodě je třeba dodat teplo $1,34\text{ MJ}$.

Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Mgr. Lucie Havrdová

3. Určete, jaké hmotnost ledu o teplotě -8°C roztaje v jednom litru vody o teplotě 52°C .

Řešení:

$$t_1 = -8^{\circ}\text{C}$$

$$m_1 = ?$$

$$V_2 = 1\text{ l} \rightarrow m_2 = 1\text{ kg}$$

$$\underline{t_2 = 52^{\circ}\text{C}}$$

$$c_1 = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad c_2 = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$l_t = 334000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Pokud část roztaje a zbytek bude voda, je výsledná teplota 0°C .

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (0 - t_1) + m_1 \cdot l_t = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - 0)$$

$$m_1 \cdot 2100 \cdot 8 + m_1 \cdot 334000 = 1 \cdot 4180 \cdot 52$$

$$\underline{\underline{m_1 = 0,62\text{ kg}}}$$

Odpověď:

V jednom litru vody roztaje 0,62 kg ledu.

4. Určete množství ledu o teplotě 0°C , které musíme vložit do 6 litrů vody, aby se ochladila z 55°C na 25°C ?

Řešení:

$$t_1 = 0^{\circ}\text{C} \text{ (led)}$$

$$m_1 = ?$$

$$V_2 = 6\text{ l} \rightarrow m_2 = 6\text{ kg}$$

$$t_2 = 55^{\circ}\text{C}$$

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

$$c_1 = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$l_t = 334000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 \cdot l_t + m_1 \cdot c_1 \cdot (t - 0) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$$

$$m_1 \cdot 334000 + m_1 \cdot 4180 \cdot (25 - 0) = 6 \cdot 4180 \cdot (55 - 25)$$

$$\underline{\underline{m_1 = 1,72\text{ kg}}}$$

Odpověď:

Do vody musíme vložit 1,72 kg ledu.

5. Kolik tepla je třeba dodat při pasterizaci 100 kg mléka, které zahříváme z 10°C na 62°C, jestliže se navíc 1% mléka vypaří? Měrná tepelná kapacita 3950 J/kg.K, měrné skupenské teplo vypařování 2,31 MJ/kg.

Řešení:

$$m = 100 \text{ kg}$$

$$m_1 = 1 \text{ kg (1\%)}$$

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

$$t_2 = 62^\circ\text{C}$$

$$c = 3950 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}$$

$$l_v = 2,31 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\underline{Q = ?}$$

Celkové teplo je rovno součtu tepla potřebného k samotné pasterizaci a tepla na 1% vypaření:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = m.c.(t_2 - t_1) + m_1.l_v$$

$$Q = 100.3950.(62 - 10) + 1.2,31.10^6$$

$$\underline{\underline{Q = 22850000 \text{ J} = 22,85 \text{ MJ}}}$$

Odpověď:

K pasterizaci, za těchto podmínek, je třeba dodat teplo 22,85 MJ.

6. Do 1500 ml vody o teplotě 20°C bylo vhozeno železné těleso o hmotnosti 50 g a teplotě 500°C. Určete výslednou teplotu po dosažení rovnovážného stavu.

Řešení:

$$V_1 = 1500 \text{ ml} \rightarrow m_1 = 1500 \text{ g} = 1,5 \text{ kg}$$

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

$$m_2 = 50 \text{ g} = 0,05 \text{ kg}$$

$$t_2 = 500^\circ\text{C}$$

$$t = ?$$

$$c_1 = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$c_2 = 450 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$$

$$1,5 \cdot 4180 \cdot (t - 20) = 0,05 \cdot 450 \cdot (500 - t)$$

$$6270t - 125400 = 11250 - 22,5t$$

$$6292,5t = 136650$$

$$\underline{\underline{t_1 = 21,7^\circ\text{C}}}$$

Odpověď:

Po dosažení rovnovážného stavu bude teplota 21,7°C.

7. V kalorimetru je v rovnovážném stavu voda o objemu 200 ml a led o hmotnosti 100 g. Do kalorimetru zavedeme vodní páru o hmotnosti 20 g a teplotě 100°C. Určete výslednou teplotu soustavy po vytvoření rovnovážného stavu. Tepelnou kapacitu kalorimetru a tepelné ztráty neuvažujeme.

Řešení:

$$V_1 = 200 \text{ ml} \rightarrow m_1 = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg (voda)}$$

$$m_2 = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg (led)}$$

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

$$m_3 = 20 \text{ g} = 0,02 \text{ kg (pára)}$$

$$t_3 = 100^\circ\text{C}$$

$$t = ?$$

$$c_1 = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$l_k = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad l_t = 334000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Voda a led jsou v rovnovážném stavu při teplotě 0°C.

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) + m_2 \cdot l_t + m_2 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_3 \cdot l_k + m_3 \cdot c_1 \cdot (t_3 - t)$$

$$0,2 \cdot 4180 \cdot (t - 0) + 0,1 \cdot 334000 + 0,1 \cdot 4180 \cdot (t - 0) = 0,02 \cdot 2,26 \cdot 10^6 + 0,02 \cdot 4180 \cdot (100 - t)$$

$$836t + 33400 + 418t = 45200 + 8360 - 83,6t$$

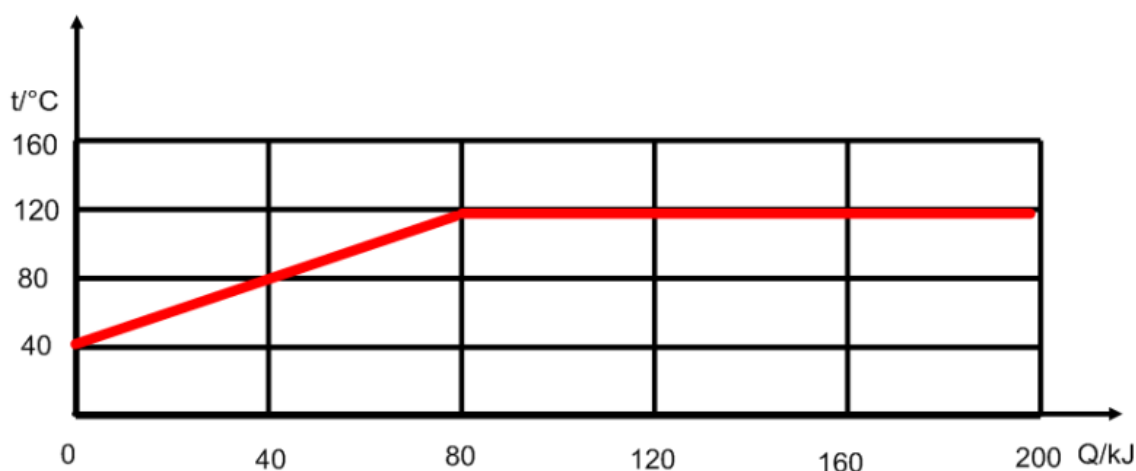
$$1337,6t = 20160$$

$$t = 15^\circ\text{C}$$

Odpověď:

Po dosažení rovnovážného stavu bude výsledná teplota 15°C.

8. Kapalina o hmotnosti 2 kg je zahřívána na teplotu tání a při této teplotě se zcela roztaví (viz graf¹).
- Jaké je skupenské teplo tání daného množství látky.
 - Jaké je měrné skupenské teplo tání dané látky?



Řešení:

Z grafu je zřejmé, že teplota tání dané látky je 120°C.

Skupenské teplo tání představuje část grafu, při kterém je teplota konstantní, tj.

$$L_t = (200 - 80) = 120 \text{ kJ}$$

Měrné skupenské teplo tání:

$$L_t = m \cdot l_t \rightarrow$$

$$l_t = \frac{L_t}{m}$$

$$l_t = \frac{120\,000}{2}$$

$$l_t = 60\,000 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Odpověď:

Skupenské teplo tání je 120 kJ a měrné skupenské teplo tání má hodnotu $60 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

¹ Zdroj vlastní