

Led o hmotnosti 100 g a teplotě $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ vložíme do nádoby s vodou o hmotnosti 500 g a teplotě $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Určete skupenství a teplotu látky v nádobě po dosažení rovnovážného stavu. (Tepelnou kapacitu nádoby a ztráty energie do okolí zanedbejte.)

Řešení:

$$m_l = 100\text{ g} = 0,1\text{ kg}, t_1 = -12\text{ }^{\circ}\text{C}, m_v = 500\text{ g} = 0,5\text{ kg}, t_2 = 15\text{ }^{\circ}\text{C}, c_l = 2\,100\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}, \\ l_t = 334\,000\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}, c_v = 4\,200\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Obecně může dojít k tepelné výměně, která se skládá ze tří etap - zahřátí ledu na teplotu tání, tání ledu, zahřátí vzniklé vody na výslednou teplotu $t > 0$.

Teplejší voda je v průběhu celého procesu schopna odevzdat maximálně teplo

$$Q = m_v c_v (t_2 - 0) = 0,5 \cdot 4\,200 \cdot (15 - 0) = 31\,500\text{ J}$$

V první etapě tepelné výměny se bude zvyšovat teplota ledu, nejvýše však na teplotu tání, tedy $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Teplo potřebné k tomuto procesu je

$$Q_l = m_l c_l (0 - t_1) = 0,1 \cdot 2\,100 \cdot (0 - (-12)) = 2\,520\text{ J}$$

Protože je $Q_l < Q$, může tepelná výměna pokračovat druhou etapou, během níž dojde k tání ledu.

Teplo potřebné ke změně skupenství je

$$L_t = m_l l_t = 0,1 \cdot 334\,000 = 33\,400\text{ J}$$

Protože je $Q_l + L_t > Q$, roztaje jen část ledu.

K určení hmotnosti m ledu, který roztál, sestavíme kalorimetrickou rovnici

$$m_l c_l (0 - t_1) + m l_t = m_v c_v (t_2 - 0)$$

Z kalorimetrické rovnice vyjádříme neznámou hmotnost m

$$m = \frac{m_v c_v t_2 + m_l c_l t_1}{l_t}$$

Číselně

$$m = \frac{0,5 \cdot 4\,200 \cdot 15 + 0,1 \cdot 2\,100 \cdot (-12)}{334\,000} \doteq 0,087\text{ kg}$$

Z vypočítané hodnoty m vyplývá, že neroztaje led o hmotnosti $100\text{ g} - 87\text{ g} = 13\text{ g}$.

Odpověď:

V nádobě bude při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ v rovnovážném stavu voda o hmotnosti 587 g a led o hmotnosti 13 g.