

## Úloha I.1 ... s rumem či bez?

3 body; (chybí statistiky)

Do kuchyňského kastrolu, který prakticky nevede teplo, vložíme tři látky: vodu, ocel a rum. Voda má hmotnost  $m_v = 0,5$  kg, počáteční teplotu  $t_v = 90$  °F a měrnou tepelnou kapacitu  $c_v = 1$  kcal·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>. Ocelový váleček má hmotnost  $m_o = 200$  g, teplotu  $t_o = 60$  °C a měrnou tepelnou kapacitu  $c_o = 0,260$  kJ·kg<sup>-1</sup>·°F<sup>-1</sup>. Rum má hmotnost  $m_r = 100\,000$  mg, teplotu  $t_r = 270$  K a měrnou tepelnou kapacitu  $c_r = 3,5$  J·g<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>. Jakou teplotu (ve stupních Celsia) bude mít soustava po ustálení tepelné rovnováhy?

*Lukáš Mirkovi sděloval svoje zkušenosti s alkoholem.*

Toto je klasická úloha na kalorimetrickou rovnici. Označme teplotu soustavy po ustálení  $t$ . Změna celkového tepla musí být nulová, tedy, pokud nedojde ke změně skupenství, musí platit

$$c_v m_v (t - t_v) + c_o m_o (t - t_o) + c_r m_r (t - t_r) = 0.$$

Vyjádříme si  $t$ :

$$t = \frac{c_v m_v t_v + c_o m_o t_o + c_r m_r t_r}{c_v m_v + c_o m_o + c_r m_r}.$$

Pro výpočet  $t$  převedeme uvedené veličiny na navzájem si odpovídající jednotky, tedy třeba hmotnost na kg, teplotu na °C a měrnou tepelnou kapacitu na J·kg<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>. Platí  $t_F = 1,8t_C + 32$ , kde  $t_F$  je teplota ve stupních Fahrenheita a  $t_C$  teplota ve stupních Celsia, tedy rozdíl jednoho stupně Celsia je roven rozdílu 1,8 stupňů Fahrenheita. Převod hmotnosti je jednoduchý (čtenář provede sám) a dále platí  $t_v \doteq 32,22$  °C,  $t_r \doteq -3,15$  °C<sup>1</sup>. Převod jednotek měrné tepelné kapacity provedeme krok po kroku. Začneme vodou. Platí 1 kcal = 4 184 J, tedy  $c_v = 4\,184$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> = 4 184 J·kg<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>. U ocele podle výše uvedeného vztahu pro °C a °F platí

$$0,260 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°F}^{-1} \doteq 0,468 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} = 468 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}.$$

Teď stačí dosadit do výše uvedeného vztahu a dostaneme výsledek

$$t = \frac{4\,184 \cdot 0,5 \cdot 32,22 + 468 \cdot 0,2 \cdot 60 + 3\,500 \cdot 0,1 \cdot (-3,15)}{4\,184 \cdot 0,5 + 468 \cdot 0,2 + 3\,500 \cdot 0,1} \text{°C} = \frac{71\,917,74}{2\,535,6} \text{°C} \doteq 28 \text{°C}.$$

Celková teplota soustavy je nad bodem mrazu vody, tedy obsah nádoby zůstane v kapalném skupenství a původní kalorimetrická rovnice byla správně.

**Markéta Calábková**  
calabkovam@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

---

<sup>1</sup>V takovém stavu je rum ještě bezpečně v tekutém stavu, jak se můžeme dočíst z tabulky bodů tání ethanolových směsí: [http://www.engineeringtoolbox.com/ethanol-water-d\\_989.html](http://www.engineeringtoolbox.com/ethanol-water-d_989.html).