

## Úloha IV.2 ... zmražený balónek

3 body; průměr 2,24; řešilo 91 studentů

Balónek o hmotnosti  $m_b = 2,7$  g a objemu  $V_0 = 41$  byl napuštěn heliem o stejné teplotě, jakou má okolní vzduch, tedy  $T_0 = 20$  °C. Uvnitř balónku je tlak o  $\Delta p = 2$  kPa vyšší než v okolí. Na jakou teplotu musíme balónek a plyn v něm zchladit, aby se přestal vznášet? Předpokládejte, že po zchlazení bude v balónku atmosférický tlak. *Vojta mění balónky za inspiraci.*

Nejprve potřebujeme určit hmotnost helia v balónku. Vyjděme ze stavové rovnice

$$pV_0 = \frac{m}{M_{\text{He}}}RT_0 \Rightarrow m = \frac{(p_a + \Delta p)V_0M_{\text{He}}}{RT_0},$$

kde  $p_a$  značí atmosférický tlak a  $M_{\text{He}}$  je molární hmotnost helia. Nyní označíme  $\rho_v = 1,204$  kg·m<sup>-3</sup> hustotu vzduchu při teplotě  $T_0$  a atmosférickém tlaku a z rovnosti vztahové a tíhové síly určíme podmínku, aby se balónek již nevznášel. Podmínku formulujeme nerovnicí

$$V \rho_v g < (m + m_b)g \Rightarrow V < \frac{1}{\rho_v} \left( \frac{(p_a + \Delta p)V_0M_{\text{He}}}{RT_0} + m_b \right),$$

kde objem  $V$  vyjádříme opět ze stavové rovnice v závislosti na teplotě balónku  $T$  jako

$$p_a V = nRT = \frac{(p_a + \Delta p)V_0T}{T_0} \Rightarrow V = V_0 \left( 1 + \frac{\Delta p}{p_a} \right) \frac{T}{T_0},$$

což můžeme dosadit do výše odvozené nerovnosti a dostaneme

$$T < \frac{p_a}{\rho_v} \left( \frac{M_{\text{He}}}{R} + \frac{T_0}{p_a + \Delta p} \frac{m_b}{V_0} \right) \doteq -71,5 \text{ °C}.$$

Balónek tedy stačí ponořit do kapalného dusíku a po chvíli se přestane vznášet.

*Vojtěch David*

vojtech.david@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

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