

22. ročník, úloha III.1 ... tlačenice (4 body; průměr 3,23; řešilo 26 studentů)

Organizátoři si z podzimního soustředění odvezli tlakovou nádobu s vodíkem a na vánoční besídce chtějí udělat pokus. Všechny plyn z ní vypustí do lehkého balonu – tj. bude mít atmosférický tlak. Dokáže takovýto balon uzvednout prázdnou tlakovou nádobu, když víte, že teplota zůstává konstantní? *Z maďarské přípravy na FO od Dalimila vybral Aleš.*

Na balon bude směrem dolů působit tíhová síla, která závisí na váze bomby, váze plynu a váze balonu. Síla je rovna

$$F_G = mg = (m_b + m_H + m_l)g,$$

kde m_b je hmotnost balonu, m_H je hmotnost vodíku z lahve a m_l je hmotnost lahve.

Směrem vzhůru na něj bude naopak působit vztlaková síla definovaná vztahem

$$F_v = V\rho_v g,$$

kde objem V je součtem objemů plynu, tlakové lahve a materiálu, z kterého je balon vyroben. Předpokládejme, že objem materiálu balonu a tlakové lahve je zanedbatelný oproti objemu plynu.

Aby balon uzvedl láhev, musí být vztlaková síla větší než síla tíhová, tedy

$$V_H \rho g \geq (m_b + m_H + m_l)g,$$

$$V_H \rho \geq m_b + m_H + m_l.$$

Nyní zkusme dosadit parametry některého konkrétního typu lahví. Nejběžnější láhev váží 61 kg. Za normálního tlaku zabírá vodík z lahve přibližně $8,9 \text{ m}^3$ a váží 0,75 kg. Hustota vzduchu je zhruba $1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

$$8,9 \cdot 1,3 \geq m_b + 0,75 + 61,$$

$$m_b \leq -50 \text{ kg}.$$

Aby balon láhev unesl, musela by být hmotnost balonu záporná, což nelze. Balon tedy uzvednout láhev nedokáže.

V tlakových lahvích je vodík v kapalně formě, tedy k určení množství vodíku není možné použít stavovou rovnici pro izotermický děj (na což jste téměř všichni zapomněli; myslím, že byste si chybu uvědomili, kdybyste to zkusili vypočítat i pro nějakou konkrétní láhev). Kromě tlaku tedy musíme zjistit buď hmotnost plynu nebo množství plynu (ve specifikaci je obojí).

Jan Jelínek

jjan@fykos.mff.cuni.cz