

## Úloha V.1 . . . šumivý prášek

2 body; průměr 1,38; řešilo 40 studentů

*Hodíme-li do sklenice s vodou šumivý prášek, tak nejprve leží na dně a potom se zvedne. Proč? Aby přešel chřípce, vymyslel Lukáš.*

Šumivá tableta je složena především z hydrogenuhličitanu sodného a kyseliny citronové. Po ponoření tablety do vody nastane reakce, jejíž (z našeho hlediska nejdůležitějším) výsledkem je uvolňování oxidu uhličitého. Ten na povrchu tablety vytváří díky povrchovému napětí tenkou vrstvičku s konstantní tloušťkou. Ta působí na tabletu vztlakovou silou úměrnou ploše tablety.

Předpokládáme kruhovou tabletu o poloměru  $r$ , výšce  $h_t$  a hustotě  $\rho_t$ . Hustotu vody označme jako  $\rho_v$ , hustotu  $\text{CO}_2$  jako  $\rho_{\text{CO}_2}$  a tloušťku vrstvičky  $\text{CO}_2$  jako  $h_{\text{CO}_2}$ .

Na tabletu působí vztlaková a také tíhová síla. Nadnášena je ale i vztlakovou silou vrstvičky  $\text{CO}_2$ , odečteme-li tíhovou sílu oxidu uhličitého.

$$F = F_{vz,t} - F_{G,t} + F_{vz,\text{CO}_2} - F_{G,\text{CO}_2}$$

$$F = \pi r^2 h_t \rho_v g - \pi r^2 h_t \rho_t g + \pi r^2 2 h_{\text{CO}_2} \rho_v g - \pi r^2 2 h_{\text{CO}_2} \rho_{\text{CO}_2} g$$

$$F = \pi r^2 g (h_t \rho_v - h_t \rho_t + 2 h_{\text{CO}_2} \rho_v - 2 h_{\text{CO}_2} \rho_{\text{CO}_2})$$

Aby tableta stoupala vzhůru, musí být síla  $F$  kladná, tedy zjišťujeme, kdy je obsah závorky kladný. Předpokládáme přitom, že hustota tablety je větší a hustota  $\text{CO}_2$  menší jak hustota vody.

$$\begin{aligned} 0 &< (h_t \rho_v - h_t \rho_t + 2 h_{\text{CO}_2} \rho_v - 2 h_{\text{CO}_2} \rho_{\text{CO}_2}) \\ -h_t \rho_v + h_t \rho_t &< 2 h_{\text{CO}_2} \rho_v - 2 h_{\text{CO}_2} \rho_{\text{CO}_2} \\ h_t (-\rho_v + \rho_t) &< h_{\text{CO}_2} (\rho_v - \rho_{\text{CO}_2}) \\ h_t &< 2 h_{\text{CO}_2} \frac{\rho_v - \rho_{\text{CO}_2}}{\rho_t - \rho_v} \end{aligned}$$

Postupným rozpouštěním tablety se snižuje její objem a tím i tíhové síla, ale objem vrstvičky  $\text{CO}_2$  na plochu tablety ale zůstává stejný (mění se pouze poloměr  $r$ , ale ve stejném poměru jako u tablety).

Tableta vystoupá ve chvíli, kdy převládne vztlaková síla tablety a  $\text{CO}_2$  nad jejich tíhovými silami. To nastane, bude-li pro výšku tablety platit výše uvedený vztah.

**Petr Sedláček**  
keckas@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, 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/>.