

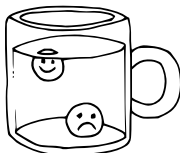
Úloha III.4 ... Lžička v oleji

4 body; průměr 1,50; řešilo 26 studentů

Při vaření večere spadla do sklenice s olejem lžička. Zvědavý matfyzák se rozhodl, že lžičku nebude lovit, ale nechá ji vyplavat. Jak to udělá? Začne sklenici zahřívat a čeká, než se dosáhne takové teploty, až se hustoty vyrovnají a lžičce následně vyplave. Může se mu to podařit?

Olej má hustotu ρ_1 a tepelnou roztažnost α_1 . Lžička je vyrobená z kovu, který má hustotu ρ_2 a tepelnou roztažnost α_2 . Za jakých podmínek se tento pokus nezdaří?

Ⓜ Radim testoval své kulinářské dovednosti.



Na lžici v oleji působí dvě síly, vztlaková síla $F_v = V \rho_1 g$, kde V je objem ponořeného tělesa a ρ_1 je hustota oleje a v opačném směru působí tíhová síla $F_g = mg = V \rho_2 g$, kde m je hmotnost ponořeného tělesa, kterou můžeme vyjádřit pomocí jeho objemu a hustoty. Odtud vidíme, že lžičce vyplave v případě, že hustota oleje ρ_1 bude větší než hustota lžičce ρ_2 .

Při zahřívání se bude v důsledku teplotní roztažnosti měnit objem lžičky, ale také objem oleje a tedy jejich hustoty. Jelikož lžička a olej mají různé tepelné roztažnosti α , mohl by se pokus zdařit, pokud by tepelná roztažnost lžičky α_2 byla větší než tepelná roztažnost oleje α_1 . Pokud bude naopak menší, bylo by třeba sklenici chladit.

Hustotu tělesa po změně teploty o ΔT si můžeme vyjádřit přibližně jako

$$\rho \approx \rho_0(1 - \alpha \Delta T),$$

kde ρ_0 je hustota tělesa při původní teplotě. Toto platí při pokojové teplotě, závislost pro vysoké teploty neznáme. Budeme však předpokládat, že tento vztah platí dostatečně přesně do 300 °C. To je bod varu oleje a pokud lžička nevyplave do té doby, tak potom už se olej vyvaří.

Spočítáme si rozdíl teplot, pro který se hustoty vyrovnají. Uvažujeme hodnoty: hustota oleje $\rho_1 = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, teplotní roztažnost oleje $\alpha_1 = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, hustota železa $\rho_2 = 7870 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (předpokládáme, že matfyzák bude mít lžičku z nerezů, což se nebude příliš lišit od železa), teplotní roztažnost železa $\alpha_2 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Jelikož je teplotní roztažnost železa α_2 menší než teplotní roztažnost oleje α_1 při zahřívání lžička nemůže vyplavat. Matfyzák by sklenici musel ochlazovat.

Z těchto hodnot tedy vypočítáme potřebný teplotní rozdíl:

$$\rho_1(1 - \alpha_1 \Delta T) = \rho_2(1 - \alpha_2 \Delta T)$$

$$\Delta T = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 \alpha_2 - \rho_1 \alpha_1}$$

$$\Delta T = 12000 \text{ }^\circ\text{C}$$

Vypočítaný rozdíl teplot ΔT je rozdíl pokojové teploty a teploty, na kterou by matfyzák musel sklenici ochladit. Takže je jasně vidět, že pokus se mu nezdaří, ani zahříváním ani případným ochlazováním sklenice.

Alžběta Nečadová
bjetka@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/>.