

Úloha VI.3 ... Vytažení Titanicu

6 bodů; průměr 5,07; řešilo 15 studentů

Odhadněte, kolik pingpongových míčků by bylo třeba, aby vyzdvihly potopený vrak lodi Titanic na hladinu. Uvažujte, že Titanic je stále „v jednom kuse“ a pingpongových míčků na něj můžeme připevnit neomezené množství. Ostatní údaje dohledejte či odhadněte. Zkuste odhadnout, zda by se všechny tyto míčky vešly přímo do lodi, nebo zda bychom je museli připevňovat i na ni.



Popište si nejdříve, které fyzikální principy použijeme při vytahování Titanicu nad hladinu. Na naše těleso ponořené ve vodě (nebo v libovolné jiné tekutině) působí dvě hlavní síly: síla gravitační (resp. tíhová) a síla vztlaková. Tíhová síla působící na Titanic je větší než vztlaková síla, u pingpongových míčků je to naopak. Pokud k vraku připevníme dostatek míčků, vztlaková síla celé soustavy překoná tíhovou sílu a loď vystoupá k hladině.

Nejprve zjistíme, jaká síla F je potřeba k vytažení Titanicu – spočítáme tíhovou sílu F_G a odečteme od ní vztlakovou sílu F_v . Tíhovou sílu lze spočítat jako $F_G = mg$, kde m je hmotnost lodi (kterou dohledáme jako $5,231 \cdot 10^7$ kg) a $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ je tíhové zrychlení. Vztlakovou sílu můžeme spočítat jako $F_v = V \rho_k g$, kde V je objem lodi a ρ_k je hustota kapaliny (vody). Objem lodi pak můžeme spočítat ze vzorce pro výpočet hustoty látky, přičemž pro jednoduchost budeme uvažovat, že Titanic je celý z oceli: $V = m/\rho_o$, kde $\rho_o = 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ je hustota oceli. Díky tomu již získáme sílu potřebnou k vytažení vraku Titanicu:

$$\begin{aligned} F &= F_G - F_v, \\ F &= mg - V \rho_k g, \\ F &= 52\,310\,000 \cdot 9,81 - \frac{52\,310\,000}{7\,850} \cdot 1\,000 \cdot 9,81, \\ F &\doteq 447,8 \text{ MN}. \end{aligned}$$

Nyní tedy potřebujeme zjistit, kolik míčků překoná tuto sílu. Spočítejme si tedy nejdříve, jakou silou nadzvedává loď jeden míček. Pro tento výpočet znovu platí, že musíme odečíst tíhovou a vztlakovou sílu. Tentokrát je však tíhová síla menší než vztlaková, budeme je tedy odčítat v opačném pořadí: $F_1 = F_v - F_G$.

Pro výpočty velikostí F_G a F_v použijeme stejné vzorce jako v předchozím případě. Získáme tedy $F_1 = V_m \rho g - m_m g$, kde se ρ a g nemění, m_m je hmotnost míčku (definovaná¹ jako 2,7 g) a V_m je objem míčku, který dopočítáme ze vzorce pro objem koule $V = \frac{4}{3} \pi r^3$, protože míček má definovaný poloměr 20 mm.

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{4}{3} \pi \cdot 0,02^3 \cdot 1\,000 \cdot 9,81 - 0,0027 \cdot 9,81 \\ F_1 &= 0,30225 \text{ N} \end{aligned}$$

Výsledek jsme zde nezaokrouhlili, protože se jedná o mezivýpočet, zaokrouhlení by tak mohlo způsobit poměrně velkou chybu. Pokud tedy chceme znát počet míčků N potřebných k vytažení Titanicu, vydělíme sílu nutnou k vytažení vraku silou, kterou působí jeden míček: $N = F/F_1 \doteq 1,5$ miliardy míčků. K vytažení vraku lodi Titanic bychom tedy potřebovali přibližně 1,5 mld. míčků o celkovém objemu vzduchu asi $50\,000 \text{ m}^3$. Protože je vnitřní odhadovaný

¹<https://www.pongmag.com/how-big-is-a-ping-pong-ball/>

objem Titanicu² asi $130\,000\text{ m}^3$, míčky by se nám i s rezervou (a mezerami mezi jednotlivými míčky) vešly do vraku lodi a nemuseli bychom připoutávat ani žádné zvnějšku.

Václav Verner
vasek@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími 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/>.

²<https://www.wolframalpha.com/input/?i=volume+of+the+titanic>