

## Úloha V.3 ... Zásah, potopená!

6 bodů; průměr 5,23; řešilo 26 studentů

Po zásahu torpédem se ponorce porouchal motor a v trupu se objevila díra o obsahu  $S = 90 \text{ cm}^2$ . Jak rychle musí námořníci díru ucpat, pokud mají v plánu následně opravit motor a s ponorkou se vynořit? Oprava motoru nebude možná, pokud do ponorky stihne natéct alespoň  $V = 70 \text{ m}^3$  vody. Předpokládejte, že ponorka bezprostředně po zásahu torpéda měkce dosedla na podmořský útes, který se nachází v hloubce  $h = 120 \text{ m}$ . Zanedbejte efekty způsobené stlačováním vzduchu v ponorce.



Když se nad úlohou zamyslíme, je zřejmé, že budeme potřebovat znát rychlost, kterou do ponorky bude vtékat proud vody. Tuto rychlost si označíme  $v$ . Zkusme na chvíli předpokládat, že tuto rychlost známe. Čas  $t$ , za který musí námořníci stihnout díru ucpat, pokud chtějí zásah torpédem přežít, získáme jako podíl objemu  $V$  a objemového průtoku  $Q$ . Objemový průtok je součinem plochy  $S$  a zatím neznámé rychlosti  $v$ .

Pro čas  $t$  tedy můžeme psát vztah, ve kterém známe všechno kromě rychlosti  $v$ :

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{V}{Sv}.$$

Existují v zásadě dva způsoby, jak si vztah pro rychlost odvodit. Buď můžeme použít Bernoulliho rovnici, anebo můžeme provést elegantní úvahu. Zde si ukážeme druhý způsob. Zamysleme se nad tím, co se během proudění vody do ponorky děje s energií vody. Potenciální energie v podstatě nehybné masy vody se mění na energii kinetickou. To se projeví nezatelným poklesem hladiny oceánu. Ve vztahu pro potenciální energii proto dosadíme za výšku hloubku oceánu. To je vše, co potřebujeme vědět, abychom mohli přistoupit k samotnému odvození vztahu pro vtokovou rychlost

$$\begin{aligned} E_k &= E_p, \\ \frac{1}{2}mv^2 &= mgh, \\ v^2 &= 2gh, \\ v &= \sqrt{2gh}. \end{aligned}$$

Dosadíme do vztahu pro čas  $t$  a dopočítáme příklad pro konkrétní hodnoty uvedené v zadání

$$t = \frac{V}{Sv} = \frac{V}{S\sqrt{2gh}} = \frac{70 \text{ m}^3}{0,009 \text{ m}^2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \cdot 120 \text{ m}}} \doteq 160 \text{ s}.$$

Námořníci tedy budou mít na záchranu asi 2 minuty a 40 sekund.

**Viktor Materna**

materna@vyfuk.mff.cuni.cz

---

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/>.