

## Úloha II.3 ... Samopal

6 bodů; průměr 4,73; řešilo 44 studentů

Pokud jste na pouti stříleli růže, jistě jste si všimli, že po výstřelu vám do ramene zatlačí puška silou takzvaného „zpětného rázu“. Jak velká je v průměru tato síla, která působí na rameno vojáka střílícího samopalem 800 ran za minutu? Střely vylétají rychlostí  $v = 700 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a hmotnost jedné je  $m = 3 \text{ g}$ .



Asi všichni tušíme, že když střílíme puškou, při vystřelení náboje se nám puška zatlačí do ramene. To je způsobeno zákonem akce a reakce – při vystřelení na naše rameno působí tzv. síla zpětného rázu. V našem případě se ale nejdříve nebudeme zabývat přímo silami, nýbrž veličinou, kterou nazýváme impuls síly.

Impuls síly nám říká, jaký účinek bude mít síla v nějakém časovém úseku. Čím déle na naše rameno síla zpětného rázu působí, tím větší je její účinek. Je to v podstatě obdoba veličiny jménem hybnost, kterou pravděpodobně znáte. Impuls síly vypočítáme jako  $I = F \cdot \Delta t$ .

V naší soustavě musí platit zákon zachování hybnosti, který nám říká, že se nám hybnost prostě nemůže nikde ztratit, jelikož zde nepůsobí žádné vnější síly, které by tuto ztrátu mohly zapříčinit. Hybnost jedné kulky je  $p_k = m \cdot v$  a podle zákona zachování hybnosti na nás tak puška musí působit impulsem síly o stejné velikosti. V našem případě jej vypočítáme jako  $I = F \cdot t$ , kde  $F$  je naše hledaná síla a  $t$  je čas, za který je vystřelena jedna kulka.

Ze zadání víme, že  $t = 60/800 \text{ s} = 0,075 \text{ s}$ , neboť za celkovou dobu 60 s bylo vystřeleno celkem 800 kulek a je vhodné počítat v základních jednotkách, tedy v sekundách. Pro výslednou sílu tak dostáváme:

$$F = \frac{m \cdot v}{t} = \frac{0,003 \text{ kg} \cdot 700 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{0,075 \text{ s}} = 28 \text{ N}.$$

Síla zpětného rázu má tedy velikost  $F = 28 \text{ N}$ .

Víme, že sílu lze také definovat jako změnu hybnosti za změnu času (což plyne též z definice impulsu), tj. v našem případě s troškou odlišným značením:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t},$$

což je vzoreček, který nám dá stejný výsledek, protože jej můžeme chápat tak, že za čas  $\Delta t$  jedna střela v pušce navýší svou rychlost z nuly o  $\Delta v$ . Dosadili bychom tedy ta samá čísla.

I přesto, že jsme si v této úloze pohrávali s fyzikou vyššího stupně, mohli jste na tento výsledek přijít také tím, že uvedený výpočet je prakticky jediným způsobem, jak lze ze zadaných veličin dostat cosi, co má potřebný fyzikální rozměr jednotek síly (newtonů). Takovýmto úvahám se říká též rozměrová analýza.

*Karolína Letochová*

---

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.

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/>.