## Úloha I.3 ... Stíhačka na lodi

6 bodů



*Když Kačka nedávno sledovala dokument o letounech, nejvíce ji fascinovalo přistávání stíhaček na letadlových lodích. Zajímalo ji, jak může tak obrovská věc bezpečně zastavit na tak malém kousku paluby. Vyhledala si proto podrobnosti o jednom konkrétním přistání. Zjistila, že stíhačka o hmotnosti $m = 15\,\mathrm{t}$ dosedá na palubu rychlostí $v = 240\,\mathrm{km{\cdot}h^{-1}}$. V okamžiku doteku se její záďový hák zachytí o brzdicí lano, které ji bez použití jakýchkoliv jiných brzd rovnoměrně zpomaluje až do úplného zastavení na dráze dlouhé $l = 90\,\mathrm{m}$.*

*Stejně jako Kačka určete velikost průměrné brzdné síly $F$, kterou lano působí na hák stíhačky během přistávání, a spočítejte také celkovou dobu $t$, za kterou stíhačka od zachycení lana zcela zastaví.*

Nejprve je důležité převést si zadané veličiny na základní jednotky. Stíhačka váží $m = 15\,\mathrm{t} = 15\,000\,\mathrm{kg}$ a ve chvíli, kdy dosedne na palubu, se pohybuje rychlostí $v_0 = 240\,\mathrm{km{\cdot}h^{-1}} \doteq 66{,}7\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}$. Konečná rychlost stíhačky je nulová.

Jako první potřebujeme zjistit zrychlení (v našem případě se jedná o zpomalení), které zpomaluje stíhačku na palubě lodi. K tomu využijeme vzorec pro rovnoměrně zrychlený nebo zpomalený pohyb

$$v = v_0 + at\,.$$

Tento vztah je pro oba tyto pohyby stejný, jediný rozdíl je ve znaménku u zrychlení $a$. Když je zrychlení kladné, mluvíme o pohybu zrychleném, když záporné, jedná se o pohyb zpomalený.

Jelikož stíhačka na konci dráhy zastaví, můžeme za konečnou rychlost $v$ dosadit nulu, což nám ulehčí vyjádření času $t$. Ten nám udává, jak dlouho by stíhačce na letadlové lodi trvalo zastavit.

$$0 = v_0 + at \quad \Rightarrow \quad t = -\frac{v_0}{a} \tag{1}$$

Takto vyjádřený čas dosadíme do vztahu pro uraženou dráhu při rovnoměrně zrychleném nebo zpomaleném pohybu a výraz následně upravíme:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = v_0\left(-\frac{v_0}{a}\right) + \frac{1}{2}a\left(-\frac{v_0}{a}\right)^2 = -\frac{v_0^2}{2a}$$

Z této rovnice si můžeme snadno vyjádřit zrychlení $a$

$$s = -\frac{v_0^2}{2a} \quad \Rightarrow \quad a = -\frac{v_0^2}{2s}\,.$$

Teď už můžeme dosazením jednoduše dopočítat dobu, za kterou stíhačka zastaví, když do námi vyjádřeného vztahu (1) dosadíme zrychlení $a$.

$$t = -\frac{v_0}{a} = \frac{2s}{v_0} = \frac{2 \cdot 90\,\mathrm{m}}{66{,}7\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}} = 2{,}7\,\mathrm{s}$$

Nakonec potřebujeme spočítat brzdnou sílu, kterou lano působí. Na její výpočet můžeme použít Newtonův druhý pohybový zákon

$$F = ma = -\frac{mv_0^2}{2s} = -\frac{15\,000\mathrm{kg} \cdot \left(66{,}7\,\mathrm{m{\cdot}s^{-1}}\right)^2}{2 \cdot 90\,\mathrm{m}} \doteq -370\,\mathrm{kN}\,.$$

Záporné znaménko nám říká, že síla působí proti směru pohybu. To pro pohyb stíhačky platí, protože lano její pohyb zpomaluje. Stíhačka tedy pomocí lana působícího brzdnou silou 370 kN nakonec úplně zastaví za 2,7 s.

***Alena Mouchová***
alena.mouchova@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/.