

## Úloha V.5 . . . lovec v2

4 body; průměr 1,05; řešilo 22 studentů

O kolik musíme zvýšit výkon motoru na jednoho chyceného ptáka za sekundu, pokud nad vagonem vztyčíme síť, do níž chytáme nebohé ptáky? Vlak jede rychlostí  $v$ , pták váží  $m$ , jeho rychlost je  $w$ , úhel nalétnutí do sítě je  $\varphi$  a síť má plochu  $S$ . Předpokládejte, že mezi jednotlivými záchyty se síť vrátí vždy do klidové polohy. *Orgové jeli vlakem.*

Rozmysleme si nejdříve, za jakých zjednodušujících předpokladů budeme úlohu řešit a jaké údaje ze zadání k tomu skutečně potřebujeme. Naší strategií bude přitom získat vyjádření přírůstku výkonu ze znalosti rovnováhy sil, neboť víme, že rychlost  $v$  vlaku se v momentu natažení sítě nezmění. Pro jednoduchost předpokládejme, že se hmotnost vlaku chytáním ptáků nemění, jinak bychom museli řešit úlohu s proměnnou hmotností. Za zmínku stojí také to, že vůbec nepotřebujeme znát plochu sítě  $S$ , přesvědčí nás o tom následující výpočet.

V okamžiku před natažením sítě má lokomotiva rychlost  $v$  a její motor má výkon

$$P = \frac{Fv}{t} = Fv.$$

Z prvního Newtonova zákona víme, že síla  $F$ , kterou působí motor na koleje, je v rovnováze s odporovou silou prostředí  $F_{\text{od}}$ , která má stejnou velikost, ale opačný směr. Spočtíme nyní, o kolik se zvětší tato odporová síla v okamžiku natažení sítě. Nechť  $\psi$  je úhel mezi normálou k síti a směrem jízdy vlaku, a  $\varphi$  je úhel nalétnutí ptáka do sítě. Jelikož nemáme informaci o pravděpodobnostním rozdělení směru rychlosti ptáků, předpokládejme, že rychlost ptáků  $w$  má dvě složky, rovnoběžnou s  $v$  a kolmou na rovinu pohybu vlaku (zkuste si rozmyslet, jak by se řešení změnilo, pokud bychom tento předpoklad uvolnili). Nás zajímá rovnoběžná složka  $w_{\parallel}$ , protože složka kolmá na zem je vykompenzována reakcí od kolejnic a na brzdění vlaku se nepodílí. Sílu  $F$  budeme chtít vyjádřit z první věty impulsové jako změnu hybnosti za jednotku času.

Jak se tedy změní hybnost jednoho nebohého opeřence poté, co uvízne v síti? Před chycením má rovnoběžná složka jeho hybnosti velikost

$$p_1 = mw_{\parallel} \sin(\varphi + \psi)$$

a směr opačný se směrem  $v$ . Po chycení se pták pohybuje společně s vlakem, jeho hybnost je

$$p_2 = mv.$$

Celkově tedy

$$\Delta p = m(w_{\parallel} \sin(\varphi + \psi) + v).$$

Pro  $n$  ptáků za sekundu bude platit

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{ntm(w_{\parallel} \sin(\varphi + \psi) + v)}{t} = nm(w_{\parallel} \sin(\varphi + \psi) + v).$$

Tuto sílu musí motor vykompenzovat zvýšeným výkonem

$$\Delta P = Fv = nmv(w_{\parallel} \sin(\varphi + \psi) + v).$$

V našem konkrétním případě  $n = 1$ .

*Pavel Irinkov*  
pavel@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, 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/>.