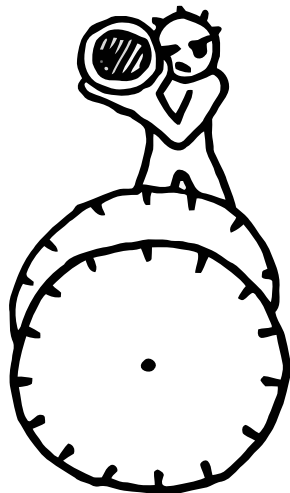


Úloha III.4 ... Masakr

6 bodů; průměr 4,84; řešilo 82 studentů

Existuje celá řada prověřených postupů, jak měřit rychlost letící střely. Dnes si za pomoci broku vystřeleného ze vzduchovky demonstrujeme jednu z metod založených na kinematice hmotného bodu. Pro pokus budeme potřebovat dva papírové kotouče opatřené úhlovou stupnicí, metr a samozřejmě i provozuschopný palebný arzenál. Jeden kotouč umístíme čelně před druhý do vzdálenosti 40 cm tak, aby se shodovaly jejich úhlové stupnice, a za pomoci předem připraveného zařízení oba roztočíme tak, že každý kotouč za minutu vykoná 1 800 otáček. Dále, pokud možno po přesném cílení, vypálíme kolmo proti kotoučům brok ze vzduchovky tak, abychom se střelili do stupnice. Po zastavení motůrků otáčejících kotouči zjistíme, že prostřelený úhel na prvním kotouči je 268 a na druhém 292 stupňů. Nyní byste i vy měli být schopni rychlost letící střely vypočítat, což je také vaším hlavním úkolem. Mimoходом, dokázali byste říci, jaká je zjevná nevýhoda této metody?



Označme n počet otáček kotouče za minutu, l horizontální vzdálenost mezi kotouči, α_1 úhel odečtený z prvního kotouče, α_2 úhel odečtený z druhého kotouče a v rychlost letící střely.

Vzhledem k tomu, že se oba kotouče otáčejí stejným směrem, se stejnou frekvencí a se stejnou počáteční výchylkou (úhel nastavený na kotouči při zahájení rotace), pak doba, za kterou se pootočí během průletu střely o úhlový rozdíl $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$, je rovna době, za kterou střela urazí horizontální vzdálenost mezi oběma kotouči.

Asi nejvhodnějším početním postupem je výpočet přes úhlovou rychlost v_α definovanou jako

$$v_\alpha = \frac{\Delta\alpha}{t},$$

nebo též pomocí frekvence f otáčení kotoučů, tedy počet otáček za sekundu

$$v_\alpha = 360^\circ f.$$

Jednotka úhlové rychlosti je $^\circ\cdot\text{s}^{-1}$.

Porovnáním těchto rovnic můžeme vyjádřit hledaný vztah pro čas

$$\begin{aligned} \frac{\Delta\alpha}{t} &= 360^\circ f, \\ t &= \frac{\Delta\alpha}{360^\circ f}. \end{aligned}$$

Je patrné, že pro dosažení je třeba určit i frekvenci, a to pomocí logického vztahu

$$f = \frac{n}{t} = \frac{1\,800}{60\text{ s}} = 30\text{ Hz}.$$

V tomto kroku udělala řada z vás chybu, přičemž si tento fakt někteří na konci výpočtu uvědomili, když jim vycházela nadzvuková rychlost střely. Z toho plyne rada pro příště – nezdají-li se vám výsledky, vždy vše pečlivě přepočítejte!

Výslednou frekvenci společně s ostatními veličinami dosadíme do rovnice pro čas

$$t = \frac{360^\circ}{292^\circ - 268^\circ} \cdot 30 \text{ Hz} = 2,22 \cdot 10^{-3} \text{ s}.$$

Jak bylo již dříve zmíněno, tak doba, za kterou urazí střela vzdálenost l mezi kotouči, je rovna době, za kterou se pootočí kotouče o úhlový rozdíl $\Delta\alpha$. Proto tuto dobu dosadíme do vztahu pro rychlost

$$v = \frac{l}{t} = \frac{0,4 \text{ m}}{2,22 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 182 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

Jaké jsou nevýhody zmíněné metody? Předně musíte cílit opravdu přesně, střela musí projít kotouči kolmo. Musíte zanedbat odpor vzduchu, papíru, rotaci střely či její parabolický let. Navíc, vypočtená rychlost není ústovou rychlostí zbraně, ale průměrnou rychlostí střely mezi jednotlivými kotouči. Konečně, největší nevýhodou je pak volba frekvence otáčení kotoučů. Zvolíme-li ji špatně, snadno se nám stane, že se kotouče protočí i vícekrát během průletu střely a my tedy výpočtem získáme špatný výsledek.

Tomáš Zadražil
tomasz@fykos.cz

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