

Úloha VI.5 ... problémy baseballistů 4 body; průměr 1,64; řešilo 14 studentů

Mějme hráče baseballu, který drží v rukou baseballovou pálku délky L a hmotnosti m a chystá se na odpal míčku. Jako vhodné přiblížení se držíme toho, že hráč může otáčet pálkou jen okolo fixované osy, která je kolmá na osu pálky a prochází na jejím konci rukama odpalujícího hráče. Pálkou otáčí úhlovou rychlostí ω . V jaké vzdálenosti l od konce pálky má hráč odpálit míček, aby nárazová síla na hráčovy ruce byla co nejmenší? Pálka je tenká homogenní tyč.

Dostal míčkem Radomír.

Na pálku počas nárazu loptičky pôsobia tri sily. Malá radiálna sila F_d , ktorá vzniká dostredivým zrýchlením pálky. Jej pôsobenie počas nárazu nebudeme uvažovať. Teraz položíme pálku pri náraze loptičky na y -novú os a obmedzíme sa len na zložky síl v smere osi x . Sily F_l (v mieste držania pálky rukami hráča) a F_r (v mieste nárazu loptičky na pálku) majú najväčší vplyv na náraz, pretože pri náraze loptičky behom pár milisekúnd drasticky spomalila pálku.

Práve $-F_l$ je nárazová sila, ktorá pôsobí na hráčove ruky. Pozrime sa, ako by sme o nej zistili niečo viac. Označme l vzdialenosť od osi otáčania pálky a miesta nárazu loptičky.

Impulz momentu hybnosti pre pálku vzhľadom na os otáčania je

$$J_1 - J_2 = \Delta L = M \Delta t. \quad (1)$$

Počiatočný moment hybnosti J_1 je $I\omega_0$, kde I je moment zotrvačnosti pálky vzhľadom na os otáčania. Po náraze má pálka moment hybnosti $J_2 = I\omega$. Moment sily M pôsobiaci na pálku počas nárazu je $M = lF_r$. Ak všetko dosadíme do rovnice (1), dostávame

$$I(\omega_0 - \omega) = I\Delta\omega = lF_r\Delta t. \quad (2)$$

Pre ťažisko pálky zase platí impulz hybnosti

$$p_1 - p_2 = F\Delta t,$$

kde F je celková sila pôsobiaca na pálku. Platí $F = F_l + F_r$. Hybnosť ťažiska pálky pred nárazom p_1 v smere osi x je $ml'\omega_0$, kde l' je vzdialenosť ťažiska pálky od osi otáčania. Hybnosť po náraze p_2 je $ml'\omega$. Zozbieraním týchto údajov máme

$$ml'\Delta\omega = (F_l + F_r)\Delta t. \quad (3)$$

Vylúčením F_r z rovnice (2) a dosadením do rovnice (3) dostávame

$$F_l\Delta t = \left(ml' - \frac{I}{l}\right)\Delta\omega.$$

Ak zvolíme

$$l = \frac{I}{ml'},$$

tak nárazová sila na hráčove ruky vymizne! Ak si bejzbalovú pálku predstavíme ako rovnomernú tenkú tyč s momentom zotrvačnosti $I = mL^2/3$ a vzdialenosťou ťažiska od osi otáčania $l' =$

$= L/2$, tak máme $l = 2L/3$. Nie je náhoda, že hráči bejzbalu odpaľujú loptičky približne práve v tejto vzdialenosti od osi otáčania páľky.

Radomír Gajdošoci
radomir@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/>.