

## Úloha IV.2 ... ryvové kyvadlo

3 body; průměr 3,24; řešilo 34 studentů

Je známou skutečností, že aby byla jízda vlakem co nejpohodlnější, pak při rozjíždění a brzdění je potřeba, aby se zrychlení měnilo co nejméně. Proto je dobré, když se vlak rozjíždí s malou konstantní změnou zrychlení. Změna zrychlení se nazývá ryv. Určete, jak se v čase mění stabilní poloha kyvadla (úhel odklonění od svislice  $\varphi$ ). Délku kyvadla označme  $l$ , vlak se rozjíždí na rovině, ryv označme  $k$  ( $k = \frac{\Delta a}{\Delta t}$ , kde  $a$  je zrychlení) a vlak jede po Zemi s normálním tíhovým zrychlením  $g$ .

*Bonus: Sestavte pohybové rovnice, které numericky vyřešte pro  $\varphi(0) = 0$  a  $\frac{d\varphi}{dt} = 0$  pro různé hodnoty  $k$ .*

*Napadlo Karla, když měl psát bakalářku.*

Zaujímá nás, ako sa zmení uhol  $\varphi$ , pri ktorom na kyvadlo pôsobí nulový moment sily. Hľadáme teda funkciu  $\varphi = \varphi(t)$ . Keď sa kyvadlo nakloní, môžeme výslednú silu naň pôsobiacu rozdeliť na vertikálnu zložku  $F_g = mg$ , kde  $m$  je hmotnosť kyvadla a  $g$  je tiažové zrýchlenie, a na horizontálnu zložku  $F = ma$ , kde  $m$  je opäť hmotnosť kyvadla a  $a$  je zrýchlenie vlaku. To môžeme navyše vyjadriť z definície ryvu

$$k = \frac{da}{dt}$$

ako  $a = kt$ . Z rovnováhy momentov síl vyplýva, že tangens uhla  $\varphi$  vieme vyjadriť pomocou rovníc uvedených vyššie ako

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F_a}{F_g} = \frac{ma}{mg} = \frac{kt}{g},$$

z čoho už rýchlo dopočítame hľadanú funkciu

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{kt}{g}.$$

*Daniel Dupkala*

daniel.dupkala@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/>.