

17. ročník, úloha V. P ... zpomalující Měsíc (5 bodů; průměr 1,28; řešilo 18 studentů)

Přesnými měřeními je dokázáno, že rychlost oběhu Měsíce kolem Země klesá a jeho vzdálenost od Země se zvětšuje. Zamyslete se nad tím, jaká síla to způsobuje.

Během debaty o měsících Merkuru navrhl Honza Houštěk.

Důvod zpomalování měsíce jsou slapové jevy na Zemi. Při slapových jevech dochází k přesunu velkých mas vody, přičemž tření při těchto přesunech ubírá energii. No a tuto energii ztrácí Země ze své rotační energie, a tím se zpomaluje oběh Země okolo vlastní osy. Aby jsme zjistili, jaký to má vliv na Měsíc, tak použijeme zákon zachování momentu hybnosti. Pro Měsíc obíhající okolo Země po kruhové dráze platí

$$\frac{v^2}{r} = \frac{\varkappa M}{r^2},$$

kde M je hmotnost Země. Pro rychlost dostáváme

$$v = \sqrt{\frac{\varkappa M}{r}}.$$

Jelikož se Zem zpomalila, tak její moment hybnosti klesl, tím pádem musel stoupnout moment hybnosti Měsíce. (Měsíc rotuje ve stejném směru, jako je směr rotace Země.) No a jelikož moment hybnosti Měsíce je

$$J = mvr = m\sqrt{\varkappa Mr}$$

jeho zvýšení odpovídá zvýšení poloměru a tedy také snížení rychlosti.

Tím bychom odhalili slapové jevy jako zodpovědné za zpomalování a vzdalování, takže nám zbývá už jen vyšetřit problém z pohledu sil. Tedy najít sílu, která způsobuje ono snížení hybnosti takto na dálku. Slapové síly způsobí vzdutí oceánů směrem k Měsíci. Třecí síly však toto vudutí chtějí rotovat ve směru rotace Země. Rovnovážná poloha vudutí potom bude vychýlená ze spojnice Země a Měsíce. Tím se vychýlí i celé těžiště Země, přitažlivá síla Měsíc–Zem získá i složku, která není na spojnici Měsíce s bodem, okolo kterého rotuje (těžiště soustavy Země–Měsíc), a která urychluje Měsíc. Jenže toto urychlení posune Měsíc na vyšší oběžnou dráhu (protože není kompenzované odstředivou silou) až na rovnovážnou dráhu. A jak jsme vypočítali, s vyšším poloměrem je rychlost na kruhové orbitě nižší. Tím jsme vysvětlili mechanismus, jakým se realizuje zákon zachování momentu hybnosti v daném případě.

Miro Kladiva

fykos@mff.cuni.cz