

Úloha V.C ... Silné síly

8 bodů; průměr 5,20; řešilo 30 studentů

1. Katka strávila den na pouti. Spokojená cestuje domů autobusem spolu se svým úlovkem, růžovým balónkem naplněným heliem. Řidič autobusu, spokojený, protože mu končí směna, před sebou spatří semafor, na kterém svítí červená. Šlápne proto prudce na brzdy. Setrvačná síla hodí nespokojenou Katku a ostatní cestující dopředu. Stane se to samé i s balónkem? Vysvětlete, kam se bude pohybovat balón a proč je tomu tak.
2. Tíhové zrychlení na pólech je $g_p = 9,83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Vypočítejte, jaké bude tíhové zrychlení na rovníku g_r , pokud uvážíte, že na rovníku působí proti gravitační síle Země síla odstředivá. Rovníkový poloměr Země je $R_Z = 6378 \text{ km}$ a Země samotná se otočí jednou kolem své osy za $T_Z = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$.

1. Na první pohled bychom mohli očekávat, že balónek, stejně jako všichni cestující, bude hozen vpřed. Při bližším zkoumání ale zjistíme, že to není pravda.

Balónek je naplněný heliem, které je lehčí než vzduch, proto se také balónek vznáší. Když autobus začne brzdit, působí setrvačné síly nejen na předměty, ale také na molekuly vzduchu a helia. Protože jsou ale molekuly plynů tvořící vzduch (především dusíku a kyslíku) mnohonásobně těžší než molekuly helia, bude na ně působit mnohonásobně větší setrvačná síla. Proto se tyto těžké molekuly při brzdění autobusu natlačí před molekuly helia. Tím pádem se balónek nebude moci pohybovat vpřed, ale naopak bude hozen vzad. Je to stejné, jako kdybychom míchali vodu s bublinkami. Bublínky se nebudou pohybovat ke kraji nádoby, ale naopak do středu (vyzkoušejte si).

2. Tíhová síla na pólech je přímo rovna gravitační. Je to dáno tím, že póly prochází zemská rotační osa, a proto je odstředivá síla zde nulová. Na rovníku je situace odlišná. Jak gravitační, tak odstředivá síla působí kolmo k povrchu Země, liší se pouze jejich orientace. Výsledná síla bude tedy dána jejich rozdílem, stejně tak bude výsledné zrychlení g_r dáno rozdílem gravitačního a odstředivého zrychlení. Gravitační zrychlení (tj. tíhové zrychlení na pólech) známe ze zadání $g_p = 9,83 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, odstředivé musíme spočítat. Odstředivá síla působící na těleso o hmotnosti m na povrchu Země na rovníku je daná vztahem

$$F_{\text{od}} = m \frac{v^2}{R_Z},$$

kde v je obvodová rychlost Země. Podle druhého Newtonova zákona můžeme psát

$$ma_{\text{od}} = m \frac{v^2}{R_Z},$$

z čehož již můžeme vyjádřit odstředivé zrychlení

$$a_{\text{od}} = \frac{v^2}{R_Z}.$$

Teď nám ještě zbývá vypočítat obvodovou rychlost. Za jeden den se Země otočí jednou kolem své osy. To znamená, že povrch Země „urazí“ dráhu rovnou obvodu Země $o = 2\pi R_Z$. Rychlost tedy spočítáme jako

$$v = \frac{2\pi R_Z}{T_Z}.$$

Dosadíme-li do předchozího vztahu, dostaneme

$$a_{\text{od}} = \frac{4\pi^2 R_Z}{T_Z^2} = \frac{4\pi^2 \cdot 6\,378\,000 \text{ m}}{(86\,400 \text{ s})^2} = 0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}.$$

Když obě zrychlení, gravitační a odstředivé, od sebe odečteme, dostaneme požadované tíhové zrychlení na rovníku

$$g_r = g_p - a_{\text{od}} = 9,80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}.$$

Vidíme, že tíhové zrychlení na rovníku a na pólech se příliš neliší. Nicméně i tento malý rozdíl může mít poměrně velký vliv. Jako příklad můžeme uvést olympiádu v roce 1968 v Mexico City, kde padlo hodně rekordů ve skoku do výšky právě proto, že Mexico City leží blízko rovníku a ve velké nadmořské výšce, takže tíhové zrychlení je tam o trochu menší.

Veronika Dočkalová
verca@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími 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/>.