INERCIÁLNÍ A NEINERCIÁLNÍ VZTAŽNÉ SOUSTAVY

Obsah

Rozdělení

Vztažné soustavy se ve fyzice dělí na **inerciální** a **neinerciální**.

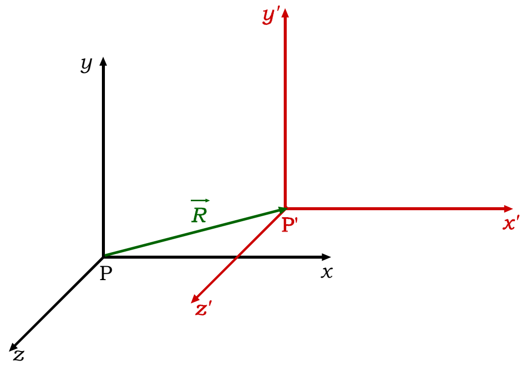
Inerciální vztažná soustava

Za **inerciální vztažnou soustavu** budeme považovat takovou, která se vzhledem ke stálici (Slunci) buď nepohybuje ($\upsilon = 0$), nebo se všechny její pevné body pohybují rovnoměrně přímočaře ($\vec{\upsilon} = konst.$). Při takovém pohybu žádný pevný bod v této soustavě nebude zakřivovat svoji trajektorii. Platí, že každá další vztažná soustava, je-li vzhledem k inerciální soustavě v klidu nebo pohybu rovnoměrném přímočarém, je rovněž inerciální. Jako příklad můžeme uvést například stěny vagonu, který se pohybuje po přímé trati stálou rychlostí. **V inerciálních vztažných soustavách platí 1. Newtonův pohybový zákon - zákon setrvačnosti.**

Neinerciální vztažná soustava

Všechny **ostatní vztažné soustavy jsou neinerciální**. **V neinerciálních vztažných soustavách neplatí 1. Newtonův pohybový zákon** ani 3. Newtonův pohybový zákon, tzn. že těleso, ačkoliv na ně nepůsobí žádná síla nebo výslednice sil je nulová, mění svůj pohybový stav (rychlost), tzn. pohybuje se s nenulovým zrychlením.

Modelu inerciální vztažné soustavy s dobrou přesností vyhovuje **Galileova vztažná soustava**, jejíž počátek leží v hmotném středu sluneční soustavy a osy mají vzhledem ke stálicím stálý směr. Vztažná soustava spojená se Zemí (**laboratorní vztažná soustava**) je neinerciální, protože se vzhledem ke Galileově vztažné soustava pohybuje po zakřivené trajektorii a současně se otáčí. Při běžných dějích však nejsou projevy její neinerciálnosti příliš významné, a proto ji v prvním přiblížení obvykle považujeme za soustavu inerciální.



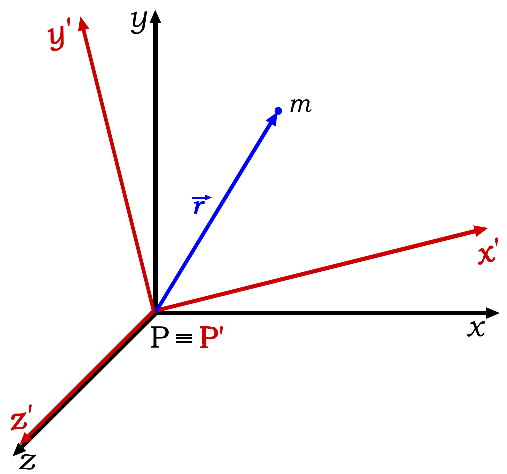
obr. 2 Neinerciální soustava (červená) posouvající se vzhledem k inerciální soustavě (černá).

Posouvající se neinerciální soustava

Je to soustava, která se vzhledem k inerciální pohybuje **přímočaře nerovnoměrně**. Zrychlení soustavy a všech bodů na osách je stejné a nenulové. Za reprezentující bod budeme považovat počátek takové neinerciální vztažné soustavy. Zrychlení počátku označíme $\vec{a}_\mathrm{u} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{R}}{\mathrm{d}t}$ a nazveme **unášivé zrychlení**. Pak platí, že v takto definované neinerciální soustavě vzniká **setrvačná zdánlivá síla**

$$\vec{F}_\mathrm{s} = -m\,\vec{a}_\mathrm{u}\,, \tag{1}$$

kde m je hmotnost tělesa sledovaného v neinerciální soustavě. **Pokud chceme řešit pohybovou úlohu v neinerciální soustavě, musíme ke všem skutečným silám připočítat síly zdánlivé**. Často bývá takový postup výhodný a řešená úloha se zjednoduší.



obr. 1 Neinerciální soustava (červená) rotující vzhledem k inerciální soustavě (černá) kolem společné osy z.

Rotující neinerciální soustava

Je to soustava, která vzhledem k inerciální **rotuje**. Je výhodné zvolit si osu rotace za osu z obou soustav, inerciální i neinerciální, jak ukazuje obr. 1. V neinerciální soustavě takového typu pak vzniknou tři zdánlivé síly.

Síla Eulerova

Eulerova síla je zdánlivá síla působící v rotující neinerciální soustavě, která rotuje s proměnnou úhlovou rychlostí, $\varepsilon \neq 0$. Je pojmenována po švýcarském matematikovi a fyzikovi Leonhardu Eulerovi. Její vektorový výpočet je

$$\vec{F}_\mathrm{E} = -m\,\vec{\varepsilon} \times \vec{r}\,, \tag{2}$$

kde $\vec{r}$ je polohový vektor tělesa o hmotnosti m, nacházejícího se v rotující neinerciální soustavě, která rotuje s úhlovým zrychlením $\vec{\varepsilon}$. Znak $\times$ označuje vektorový součin. Jak ukazuje obr. 1, počátek polohového vektoru $\vec{r}$ leží na ose rotace.

Síla Coriolisova

Coriolisova síla je zdánlivá síla působící na tělesa pohybující se v rotující neinerciální vztažné soustavě tak, že se mění jejich vzdálenost od osy otáčení. Coriolisova síla má směr kolmý ke spojnici těleso - osa otáčení a způsobuje stáčení trajektorie tělesa proti směru otáčení soustavy. Je pojmenována po Gustavu Gaspardu de Coriolisovi. Její vektorový výpočet je dán rovnicí

$$\vec{F}_\mathrm{C} = -2m\,\vec{\omega}\times\vec{v}'\,, \tag{3}$$

kde m je hmotnost tělesa, $\vec{v}$ je rychlost tělesa v neinerciální vztažné soustavě, $\vec{\omega}$ je vektor úhlové rychlosti otáčení neinerciální soustavy a $\times$ označuje vektorový součin. Velikost

Coriolisovy síly spočteme jako

$$\vec{F}_\mathrm{C} = -2m\,\omega\,v'\sin\alpha\,, \tag{4}$$

je α úhel sevřený mezi vektorem úhlové rychlosti a vektorem rychlosti.

Síla odstředivá

Odstředivá síla (značená $\vec{F}_\mathrm{O}$) je jedna ze zdánlivých sil, které působí na těleso v otáčející se neinerciální vztažné soustavě. V inerciálních vztažných soustavách odstředivé síly nepůsobí. Důsledkem odstředivé síly je **odstředivé zrychlení**. Odstředivá síla je dána rovnicí

$$\vec{F}_\mathrm{O} = -m\,\vec{\omega}\times\vec{\omega}\times\vec{r}\,, \tag{5}$$

kde m je hmotnost tělesa, $\vec{\omega}$ je vektor úhlové rychlosti otáčející se neinerciální soustavy a $\vec{r}$ je polohový vektor tělesa, jehož počátek leží na ose rotace. Znak $\times$ označuje vektorový součin. Velikost odstředivé síly je

$$F_\mathrm{O} = m\,\omega^2\,r\,. \tag{6}$$

Země jako neinerciální vztažná soustava

Rotující neinerciální vztažnou soustavou je i Země, neboť Země rotuje kolem své osy. Na tělesa pohybující se vzhledem k Zemi působí **Coriolisova síla**, to lze názorně ukázat pomocí Foucaultova kyvadla.

Na všechna tělesa vztažená k Zemi, která neleží na zemské ose, působí **odstředivá síla**.

Na Zemi **nepůsobí Eulerova síla**, protože Země rotuje konstantní úhlovou rychlostí $\varepsilon = 0$.