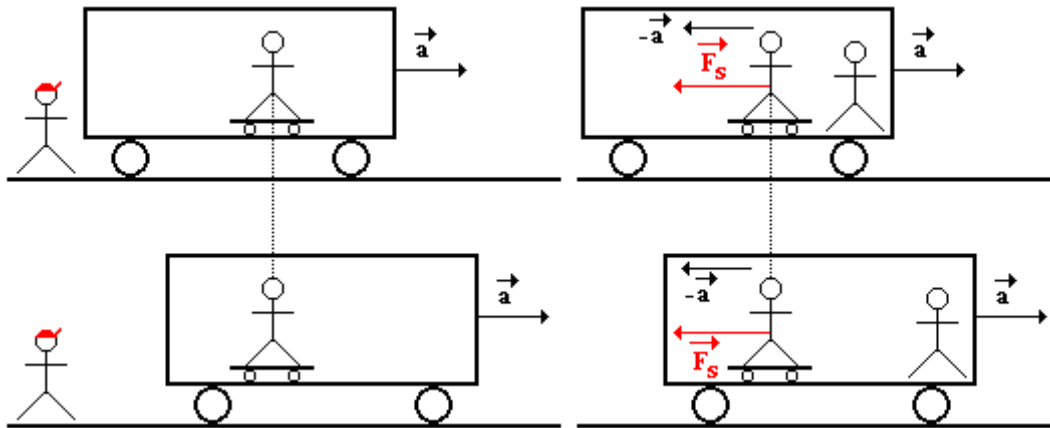


## Neinerciální vztažné soustavy

Pohybuje-li se nějaká soustava vzhledem k [inerciální soustavě](#) jinak než rovnoměrně přímočaře (tj. pohybuje se s nějakým [zrychlením](#)) jedná se o soustavu neinerciální. Taková soustava se může vzhledem k inerciální [vztažné soustavě](#) pohybovat přímočaře rovnoměrně zrychleně (resp. zpomaleně) nebo se může otáčet. Nejjednodušší na představu je [pohyb](#) rovnoměrně zrychlený.



Obr. 50

Obr. 51

Malý Jarďa stojí na skatu (to proto, abychom nemuseli brát v úvahu třecí [síly](#) působící mezi podlahou a Jarďou) v [metru](#), které se právě rozjíždí rovnoměrně zrychleným pohybem se zrychlením  $\vec{a}$  po přímé trati. Situaci budeme sledovat nejdříve z pohledu výpravčího (inerciální soustava), který stojí u rozjíždějícího se metra.

Vzhledem k tomu, že půjde o rozbor sil, které způsobují pohyb těles ve směru vodorovném, nebudeme do našich úvah zahrnovat sílu tíhovou.

Vzhledem výpravčímu zůstává Jarďa na skatu v [klidu](#) - metro se sice rozjíždí, ale Jarďa stojí stále naproti reklamní tabuli, naproti níž do metra nastupoval. Z pohledu výpravčího je vše v pořádku: Jarďa je v klidu, protože na něj nepůsobí žádná síla (ve vodorovném směru); [první Newtonův zákon](#) tedy platí (viz obr. 50). Metro se sice rozjíždí, ale díky nulovému tření mezi kolečky skatu a podlahou pod Jarďou podjíždí.

Síla na Jarďu začne působit až tehdy, když se dostane k zadní stěně metra. Jakmile Jarďa narazí na stěnu metra (resp. stěna na něj), začne se Jarďa pohybovat rovnoměrně zrychleně se stejným zrychlením, jako je zrychlení metra a stěna na něj bude působit silou  $\vec{F}$  (viz obr. 52). Jarďa bude na stěnu působit stejně velkou opačně orientovanou silou, která ale na obr. 52 není zakreslena.

Tatáž situace bude ale vypadat jinak z pohledu spolucestujícího (neinerciální soustava), který stojí v metru vedle Jarďy a drží se madla. Vůči němu se během rozjíždění metra Jarďa pohybuje. A to se stejně velkým, ale opačně orientovaným zrychlením, jako je zrychlení metra vzhledem k výpravčímu (viz obr. 51). Zrychlení Jarďy vzhledem k podlaze metra je tedy  $-\vec{a}$ . Jarďův spolucestující proto dojde k závěru, že na Jarďu působí síla  $\vec{F}_s = -m\vec{a}$  (znaménko „mínus“ říká, že síla  $\vec{F}_s$  má opačný směr než zrychlení tělesa). Tato síla nemá původ v žádném vzájemném silovém působení Jarďy a jiného tělesa, proto k ní neexistuje žádná [reakce](#). Síla, která nutí Jarďu pohybovat se směrem k zadní stěně metra, je **setrvačná síla**.

Tato síla bude působit na Jarďu i tehdy, když dorazí k zadní stěně metra (viz obr. 53). Kromě ní

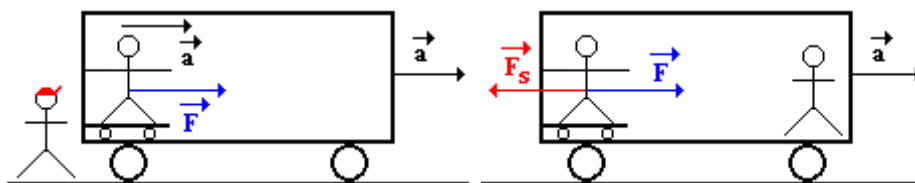
bude na Jardu bude silou  $\vec{F}$  stěna metra. Tyto dvě síly (síla  $\vec{F}$  a setrvačná síla  $\vec{F}_s$ ) působí na Jardu, mají stejnou velikost, ale opačný směr. Proto bude výsledná síla působící na Jardu (ve vodorovném směru) nulová a Jarda tedy bude vzhledem ke spolucestujícímu v klidu.

V případě, že by metro projíždělo stanicí rovnoměrným přímočarým pohybem, budou pozorování výpravčího a spolucestujícího Jardy stejné. Oba (výpravčí i spolucestující) budou v inerciálních soustavách.

**SETRVAČNÉ SÍLY NEMAJÍ SVŮJ PŮVOD VE VZÁJEMNÉM SILOVÉM PŮSOBNÍ TĚLES. VZNIKAJÍ JAKO DŮSLEDEK ZRYCHLENĚHO POHYBU NEINERCIÁLNÍCH SOUSTAV. SETRVAČNÉ SÍLY PATŘÍ MEZI TZV. ZDÁNLIVÉ SÍLY.**

V neinerciální soustavách tedy neplatí první a [třetí pohybový zákon](#). Druhý použít lze, ale musíme vzít v úvahu kromě sil vznikajících vzájemným silovým působením těles i síly setrvačné.

Setrvačná síla existuje pouze v neinerciálních vztažných soustavách. Pro pozorovatele v nich jsou stejně reálné jako síly vznikající vzájemným silovým působením těles a mohou se s těmito silami skládat.



Obr. 52

Obr. 53

Obdobnou analýzu lze provést pro těleso, které se bude pohybovat rovnoměrným přímočarým pohybem ve směru svislém.

Jarda jede ve výtahu a drží v ruce [siloměr](#) se zavěšeným závažím o hmotnosti  $m$ . Bude-li výtah v klidu, bude siloměr ukazovat sílu, jejíž velikost je  $F_G = mg$ . Pokud se bude výtah rozjíždět směrem vzhůru, bude Jarda (nyní v neinerciální vztažné soustavě) pozorovat, jak je [pružina](#) siloměru napínána silou o velikosti  $F_1 = mg + ma$  (tíhová a setrvačná síla mají stejný směr, jejich velikosti se tedy sčítají), kde  $a$  je velikost zrychlení výtahu. Bude-li se výtah rozjíždět se zrychlením o velikosti  $a$  směrem dolů, bude pružina napínána silou  $F_2 = mg - ma$ , neboť tíhová a setrvačná síla mají směr opačný a velikost jejich výslednice bude tedy rovna rozdílu obou sil.

Fyzikálně zajímavá situace nastane, bude-li výtah padat [volným pádem](#) k povrchu [Země](#). V tomto případě bude velikost výsledné síly působící na závaží rovna  $F = mg - mg = 0$ , neboť výtah se pohybuje se zrychlením o velikosti  $g$ . Nulová síla bude působit na všechna tělesa v padajícím výtahu. Všechna tělesa v padajícím výtahu budou v **beztížném stavu**.

**BEZTÍŽNÝ STAV (STAV BEZTÍŽE) VZNIKÁ V KAŽDÉ NEINERCIÁLNÍ VZTAŽNÉ SOUSTAVĚ, KTERÁ SE POHYBUJE VZHEDEM K ZEMI SE ZRYCHLENÍM STEJNÉ VELIKOSTI A STEJNÉHO SMĚRU JAKO ZRYCHLENÍ TÍHOVÉ.**

Stav beztíže lze zažít při libovolném výskoku nebo seskoku. Kosmonauti tento stav trénují v [letadlech](#), která konají vodorovný [vrh](#). Obecně stav beztíže nastává při každém pohybu, který obsahuje jako jednu svojí složku volný pád.