

Dynamika

Síla a její účinky na těleso

Newtonovy pohybové zákony

Tíhová síla, tíha tělesa a síly brzdící pohyb

Dostředivá a odstředivá síla



Centrum pro virtuální a moderní metody a formy vzdělávání na
Obchodní akademii T.G. Masaryka, Kostelec nad Orlicí

Dynamika

- Dynamika studuje příčiny pohybu těles (proč a za jakých podmínek se pohybují).
- Základem jsou tři pohybové zákony, které zformuloval anglický učenec Isaac Newton (1643 – 1727).
- Základním pojmem je síla.

Dynamika

Isaac Newton (4. 1. 1643 - 31. 3. 1727)

Newtonovým nejznámějším objevem byly jeho tři pohybové zákony.

Dále objevil zákony všeobecné **gravitace**

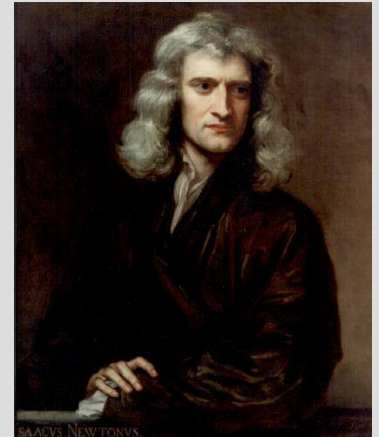
(**Newtonův gravitační zákon**). Klasická mechanika

se dodnes opírá o jím zavedené pojmy **hmotnosti,**

setrvačnosti, síly a interakce. Objevil mnoho zákonů

speciální povahy týkajících se pohybu planet,

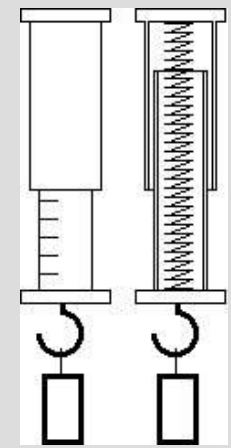
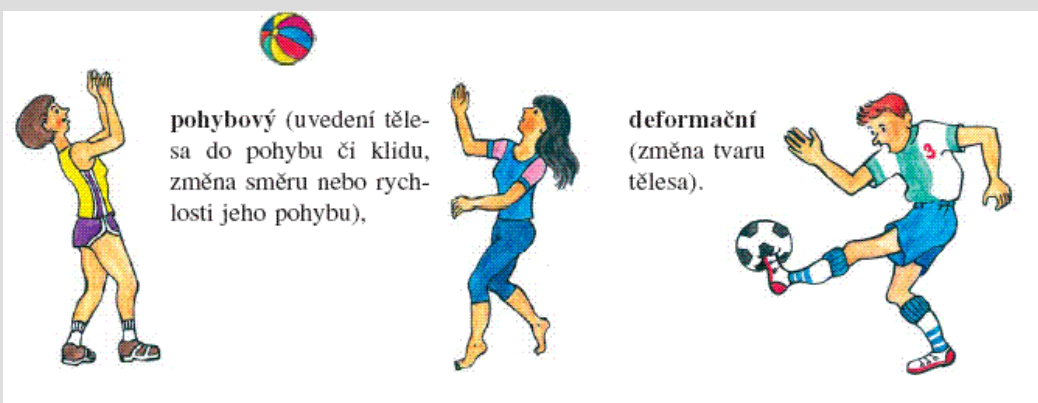
pohybu v prostředí s odporem, rotujících **kapalin** atd.



Síla a její účinky na těleso

Síla - projevuje vždy při vzájemném působení těles.
Účinek síly:

- **deformační** neboli **statický** – deformace tělesa (měření síly siloměrem)
- **pohybový** neboli **dynamický** - změna pohybového stavu tělesa (dynamické měření síly)



Síla a její účinky na těleso

Vzájemné působení těles:

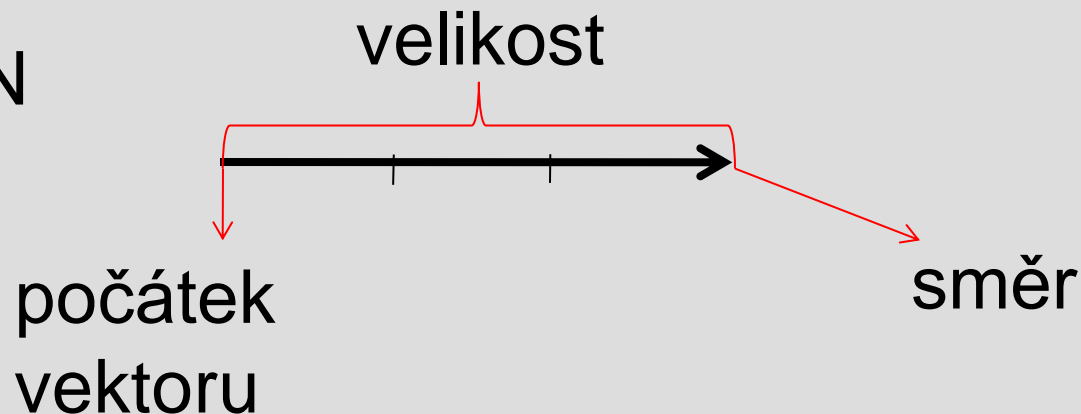
- přímým stykem – navzájem se dotýkají
- prostřednictvím silových polí – gravitační pole
magnetické pole
elektrické pole

Síla je určena: velikostí
směrem
smyslem
působišťem

Síla a její účinky na těleso

- Síla **F** je vektorová fyzikální veličina.
- Jednotkou síly je **newton** (N).
- Sílu **F** znázorňujeme **orientovanou úsečkou**, jejíž délka vyjadřuje velikost síly.

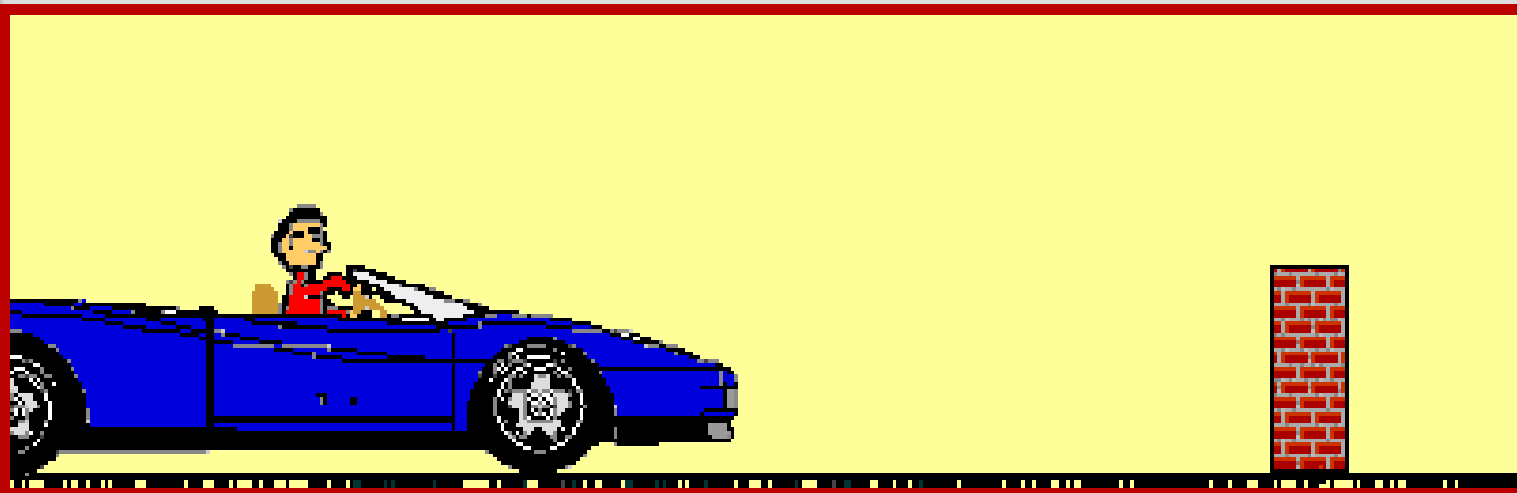
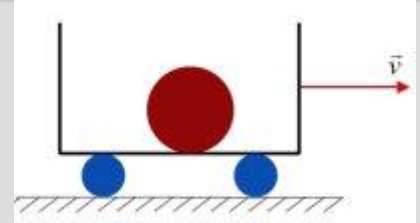
$$F = |\vec{F}| = 3\text{N}$$



Newtonovy pohybové zákony

1. Zákon setrvačnosti

Každé těleso setrvává v relativním klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, dokud není přinuceno silovým působením jiných těles tento stav změnit.



Newtonovy pohybové zákony

2. Zákon síly

Zrychlení **a**, které uděluje síla **F** tělesu o hmotnosti **m**, je přímo úměrné velikosti **F** a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa **m**, tedy

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$



$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$1\text{N} = 1\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

Příklad:

Automobil o hmotnosti 1 tuny se rozjíždí z klidu a za 20 s dosáhne rychlosti $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Jak velkou tažnou sílu vyvinul motor automobilu?

Řešení:

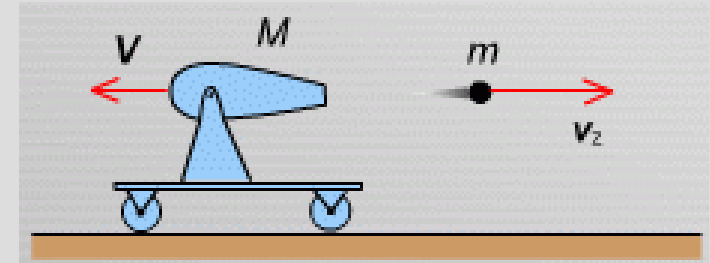


Newtonovy pohybové zákony

3. Zákon akce a reakce

Síly, kterými na sebe vzájemně působí dvě tělesa:

- a) jsou stejně velké
- b) navzájem opačného směru
- c) současně vznikají a zanikají
- d) každá z nich působí na jiné těleso



jedna síla = **akce**
druhá síla = **reakce**



Tíhová síla a tíha tělesa

Tíhová síla \mathbf{F}_G je síla, kterou působí Země na každé těleso při svém povrchu a uděluje mu tíhové zrychlení \mathbf{g} .

\mathbf{F}_G a \mathbf{g} - vektorové veličiny

- směr svislý dolů
- kolmé k vodorovné rovině

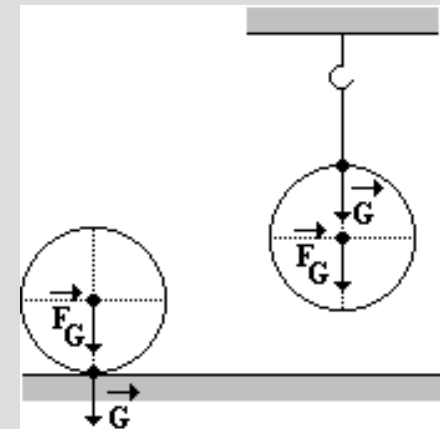
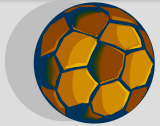
Pro velikost **tíhové síly**, podle druhého Newtonova pohybového zákona platí:

$$\vec{F}_G = m\vec{g}$$

Tíhová síla a tíha tělesa

Účinek tíhové síly:

- **pohybový** (volný pád)
- **tlakový** (těleso na pevné vodorovné podložce)
- **tahový** (těleso zavěšené na pevném svislém závěsu)



Tíha tělesa **G** je síla, kterou působí nehybné těleso na vodorovnou podložku nebo na svislý závěs.

Tíhová síla a tíha tělesa

Důsledkem tíhové síly je tíha tělesa.

Jestliže je těleso v klidu, má tíha i tíhová síla stejný směr i stejnou velikost.

$$\mathbf{G} = \mathbf{F}_G$$



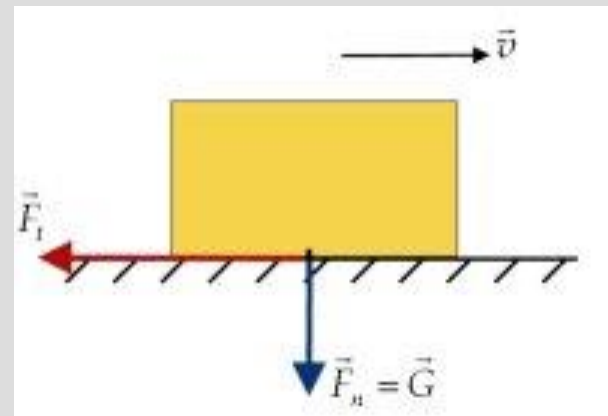
$$\vec{G} = m\vec{g}$$

Síly brzdící pohyb

Tyto tzv. **odporové síly** vznikají všude tam, kde se těleso stýká s povrchem jiného tělesa nebo kde se těleso pohybuje v látkovém prostředí.

1. Smykové tření

- těleso se posouvá nebo smýká po povrchu jiného tělesa
- na těleso působí brzdící síla, která se nazývá **třecí síla F_t**



Síly brzdící pohyb

$$\vec{F}_t = f\vec{F}_n$$

F_t - je přímo úměrná tlakové síle F_n , kterou působí

těleso kolmo na podložku

f = součinitel smykového tření

- nemá jednotku

- hodnota je vždy menší než 1

Síly brzdící pohyb

Třecí síla nezávisí:

- a) na velikosti stykových ploch
- b) na rychlosti pohybu těles (při větší rychlosti se zmenšuje)

Klidová třecí síla – je větší než třecí síla při pohybu

Třecí síla

- a) umožňuje: chůzi, jízdu vozidel, upevňování hřebíků...
- b) způsobuje: odírání obuvi, ojíždění pneumatik...

Příklad:

Kvádr o hmotnosti 500 g udržujeme na vodorovné podložce v rovnoměrném pohybu tažnou silou 1 N. Urči hodnotu součinitele smykového tření.

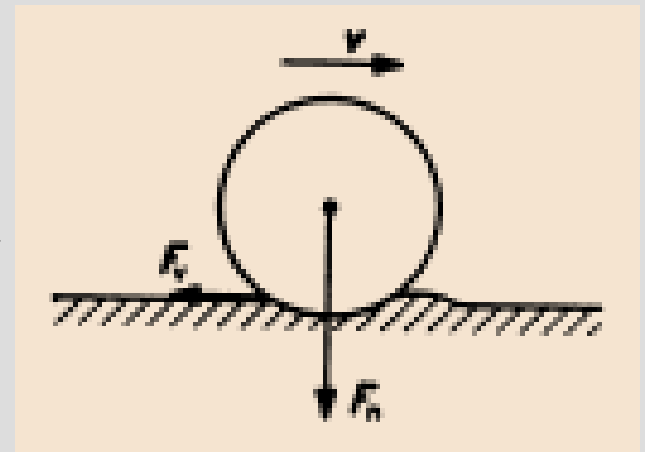
Řešení:



Síly brzdící pohyb

2. Valivý odpor

- těleso kruhového průřezu se valí po pevné podložce
- příčinou je stlačování a deformace podložky před valícím se tělesem působením kolmé tlakové síly F_n
- deformace podložky vyvolává odporovou sílu F_v , která působí proti směru pohybu tělesa



Síly brzdící pohyb

Odporová síla \mathbf{F}_v je přímo úměrná kolmé tlakové síle \mathbf{F}_n , kterou působí těleso na podložku, a nepřímo úměrná poloměru R tělesa.

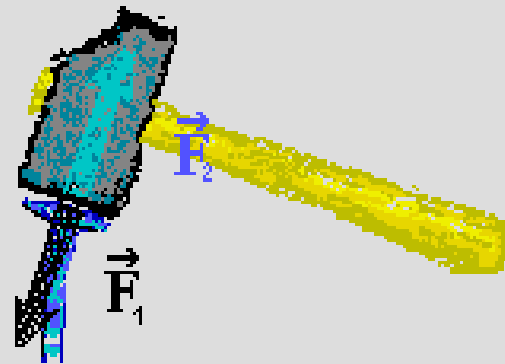
$$\vec{F}_v = \xi \cdot \frac{\vec{F}_n}{R}$$

- součinitel ξ (ksí) se nazývá rameno valivého odporu
- jednotkou je m

Hybnost tělesa

Hybnost tělesa **p** definujeme jako součin hmotnosti **m** a rychlosti **v** tělesa.

$$\vec{p} = m\vec{v}$$



Jednotka v soustavě SI je $[p]=\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jde o vektorovou veličinu.

Příklad:

Kladivo o hmotnosti 80 kg narazí na hlavičku hřebíků rychlostí $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jakou velikost měla hybnost před nárazem?

Řešení:



Impuls síly

Součin síly **F** a doby **t**, po kterou síla na těleso působí, představuje veličinu zvanou impuls síly, který se označuje **I**.

$$\vec{I} = \vec{F}t$$

Jednotkou je N.s

Změna hybnosti

Součin hmotnosti m a změny rychlosti $\Delta\mathbf{v}$ vyjadřuje veličina zvaná změna hybnosti $\Delta\mathbf{p}$.

$$\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$$

Platí: $\vec{F} = m\vec{a}$ \longrightarrow $\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta\vec{v}}{t}$ \longrightarrow $\vec{F}t = m\Delta\vec{v}$

Impuls síly se rovná změně hybnosti.

Impuls síly vyjadřuje časový účinek síly.

Příklad:

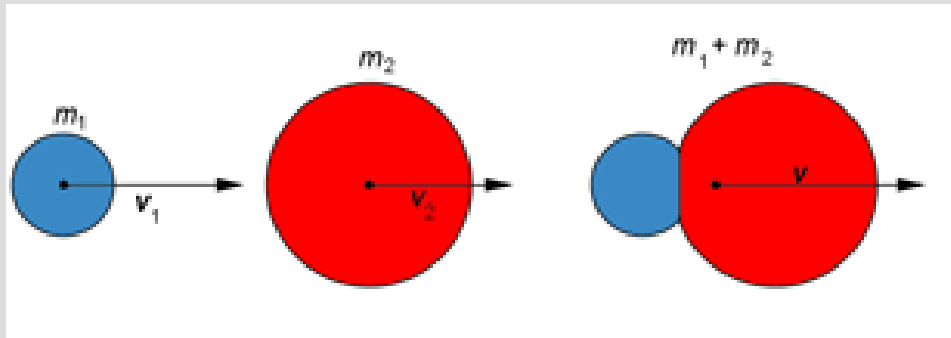
Působením nárazového větru se rychlost plachetnice o hmotnosti 400 kg zvětšila za dobu 2 s z $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jak velkou silou přitom působil vítr na plachetnici?

Řešení:

Zákon zachování hybnosti

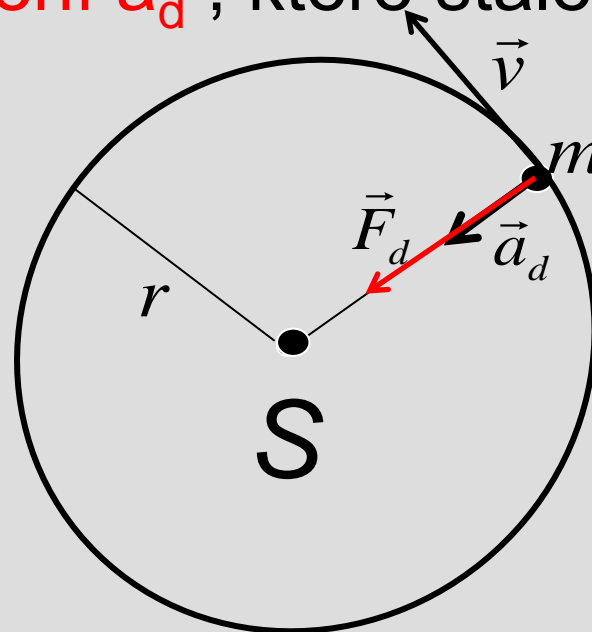
Celková hybnost izolované soustavy těles se vzájemným silovým působením těles nemění.

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \textit{konst.}$$



Dostředivá a odstředivá síla

Kulička upevněná na vlákně vykonává rovnoměrný pohyb po kružnici. Rychlost kuličky má stálou velikost, ale její směr se neustále mění. Kulička má **dostředivé zrychlení a_d** , které stále směřuje do středu kružnice.



$$a_d = \omega^2 r$$

$$a_d = \frac{v^2}{r}$$

Dostředivá a odstředivá síla

Podle druhého Newtonova pohybového zákona je příčinou zrychlení vždy síla, která má tentýž směr jako zrychlení. Při pohybu tělesa po kružnici je příčinou zrychlení **dostředivá síla** \vec{F}_d směřující rovněž do středu kružnice.

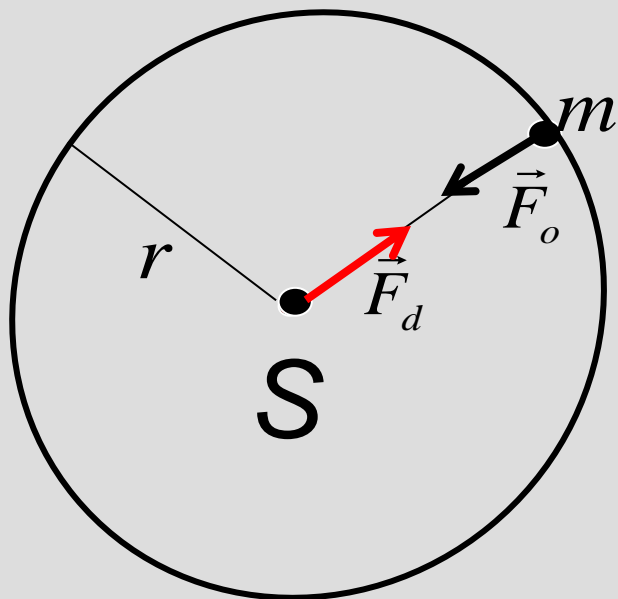
$$F_d = m\omega^2 r$$

$$F_d = \frac{mv^2}{r}$$



Dostředivá a odstředivá síla

Podle třetího pohybového zákona současně kulička působí prostřednictvím vlákna stejně velkou odstředivou silou \vec{F}_o opačného směru než je směr dostředivé síly.



$$F_o = F_d$$

Dostředivá a odstředivá síla představují akci a reakci při vzájemném působení těles.

Inerciální a neinerciální vztažná soustava

Inerciální vztažná soustava = vztažná soustava, ve které platí první Newtonův pohybový zákon (inertia = setrvačnost)

Pokud jedeme vlakem, který se pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem a nemáme možnost vidět ven, nepoznáme, zda je daná soustava vzhledem k povrchu země v klidu nebo v pohybu.

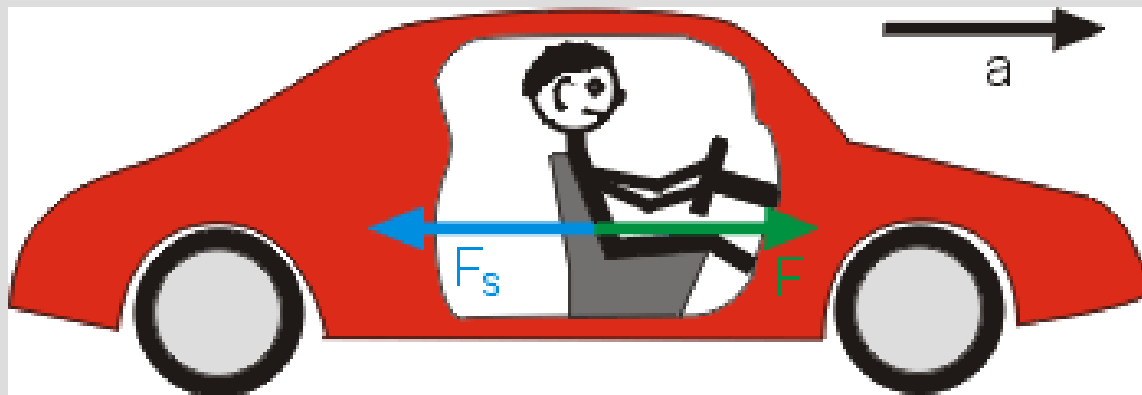
Všechny inerciální vztažné soustavy jsou pro popis mechanických dějů rovnocenné.

Inerciální a neinerciální vztažná soustava

Neinerciální vztažná soustava = vztažná soustava, která se vzhledem k inerciální vztažné soustavě pohybuje rovnoměrně zrychleným přímočarým pohybem a má konstantní zrychlení

$$\vec{F}_s = -m\vec{a}$$

F_s = setrvačná síla vznikající jako důsledek zrychleného pohybu soustavy



Příklad:

Závaží o hmotnosti 500 g je zavěšeno na siloměru v kabině výtahu. Urči velikost síly, kterou ukazuje siloměr, jestliže se kabina pohybuje:

- a) stálou rychlostí $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ směrem vzhůru
- b) se zrychlením $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ směrem vzhůru
- c) se zrychlením $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ směrem dolů

Řešení:

Použitá literatura a www stránky



Fyzika pro gymnázia - Mechanika

- RNDr. Milan Bednařík, CSc.
- doc. RNDr. Miroslava Široká, CSc.

Fyzika v příkladech a testových otázkách

- Roman Kubínek, Hana Kolářová

Odmaturuj! z fyziky

- Ing. Pavol Tarábek, CSc.
- Mgr. Petra Červinková

Sbírka úloh pro SŠ

- Oldřich Lepil