

## 1.2.4 1. Newtonův zákon II

**Předpoklady:** 1203

**Pomůcky:** trubice, papír.

**Př. 1:** Rozhodni, které z následujících vět můžeme chápat jako další formulace 1. Newtonova zákona.

- a) „Je-li výslednice sil, které působí na těleso, nulová, nemění těleso svůj pohyb - pohybuje se rovnoměrně přímočaře nebo je v klidu.“
- b) „Pokud se těleso pohybuje rovnoměrně přímočaře, nepůsobí na něj žádná síla“.
- c) „Těleso, na které působí síla, nemůže zůstat v klidu“.
- d) „Síla je nutná ke změně pohybu (velikosti rychlosti nebo směru), ne k pohybu samotnému.“

a) „Je-li výslednice sil, které působí na těleso, nulová, nemění těleso svůj pohyb - pohybuje se rovnoměrně přímočaře nebo je v klidu.“

Jde o další formulaci 1. Newtonova zákona.

b) „Pokud se těleso pohybuje rovnoměrně přímočaře nepůsobí na něj žádná síla“.

Nejde o další formulaci 1. Newtonova zákona. Na rovnoměrně přímočaře se pohybující těleso síly působit mohou, ale musí mít nulovou výslednici.

c) „Těleso, na které působí síla, nemůže zůstat v klidu“.

Nejde o další formulaci 1. Newtonova zákona. Pokud je působících sil více a mají nulovou výslednici, těleso zůstane v klidu (například lavice postavená na zemi).

d) „Síla je nutná ke změně pohybu (velikosti rychlosti nebo směru) ne k pohybu samotnému.“

Jde o další formulaci 1. Newtonova zákona.

Pokud těleso zůstává v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém, znamená to, že setrvává ve stále stejném pohybovém stavu  $\Rightarrow$  1. Newtonův zákon se často nazývá **zákon setrvačnosti**.

$\Rightarrow$  **Setrvačnost není síla, ale základní tendence všech hmotných předmětů, zachovávat svůj pohybový stav.**

**Př. 2:** Jak se projeví setrvačnost těles při jízdě autobusem v zatáčce? Jak se projevuje při brždění?

Zatáčení: Pasažér si chce uchovat svůj pohybový stav  $\Rightarrow$  chce se pohybovat přímočaře  $\Rightarrow$  má pocit, že ho něco tlačí k ven ze zatáčky.

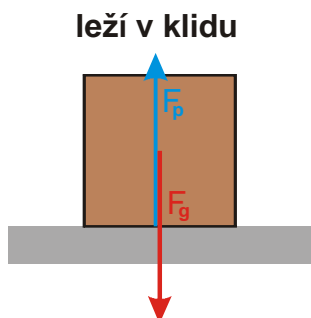
Brždění: Pasažér si chce uchovat svůj pohybový stav  $\Rightarrow$  chce se pohybovat stále stejnou rychlostí dopředu  $\Rightarrow$  má pocit, že ho něco zvedá ze sedadla (stojící se musí držet, aby nepadl směrem dopředu).

**Př. 3:** Proč se musí v automobilech používat bezpečnostní pásy?

Při nárazu automobil velmi rychle zabrzdí, ale cestující mají podle zákona setrvačnosti tendenci pokračovat v rovnoměrném přímočarém pohybu  $\Rightarrow$  proletí předním sklem a vyletí ven z automobilu.  $\Rightarrow$  Musí být připoutáni pásy, které na cestující působí silou potřebnou k tomu, aby zabrzdili s autem.

**Pedagogická poznámka:** K výpočtu síly, která je nutná k zabrždění cestujících se ještě dostaneme.

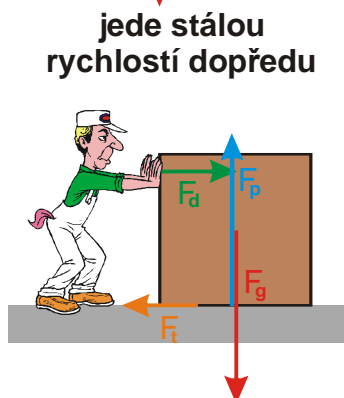
**Př. 4:** Vyznač do obrázků, jaké síly působí na bednu v jednotlivých situacích. Jaké jsou jejich výslednice?



Krabice stojí  $\Rightarrow$  výslednice působících sil musí být nulová.  
Na krabici působí:

- $F_g$  - gravitační síla Země,
- $F_p$  - síla podložky.

Obě síly jsou stejně velké a navzájem se odečtou.

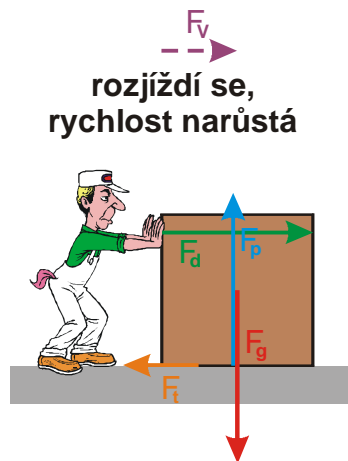


Krabice jede rovnoměrně  $\Rightarrow$  výslednice působících sil musí být nulová.

Na krabici působí:

- $F_g$  - gravitační síla Země,
- $F_p$  - síla podložky,
- $F_t$  - třecí síla mezi krabicí a podložkou,
- $F_d$  - síla dělníka, který krabici tlačí.

Dvojice sil stejného směru mají stejnou velikost a navzájem se odečtou.



Krabice zrychluje  $\Rightarrow$  výslednice působících sil musí být nenulová, ve směru zrychlování.

Na krabici působí:

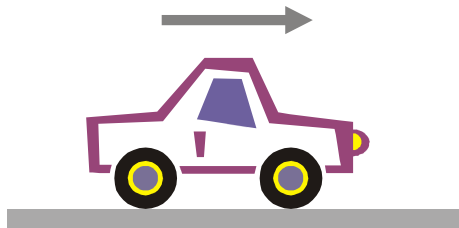
- $F_g$  - gravitační síla Země
- $F_p$  - síla podložky
- $F_t$  - třecí síla mezi krabicí a podložkou
- $F_d$  - síla dělníka, který krabici tlačí

Svislé síly mají stejnou velikost a navzájem se odečtou, síla  $F_d$  je větší než síla  $F_t$ .

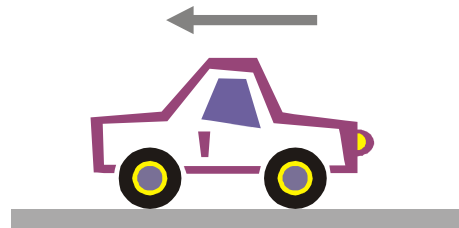
**Pedagogická poznámka:** Výslednice sil působí některým studentům problémy, protože ji motají dohromady s působícími silami jako další působící sílu. Proto kreslím výslednici vždy jako čárkovanou šipku.

**Př. 5:** Jaké síly působí na auto jedoucí stálou rychlostí po rovné silnici. Jaká je jejich výslednice?

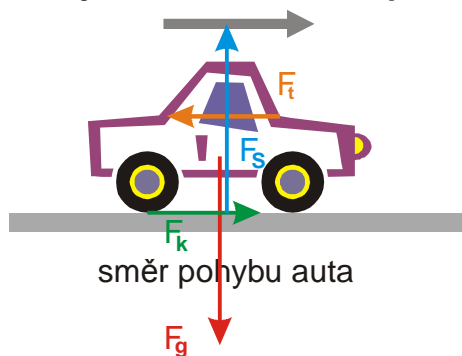
**auto jede rovnoměrně dopředu**



**auto rovnoměrně couvá**



**auto jede rovnoměrně dopředu**



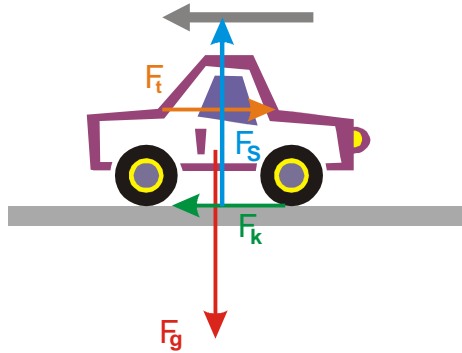
Auto jede rovnoměrně  $\Rightarrow$  výslednice působících sil musí být nulová.

Na auto působí:

- $F_g$  - gravitační síla Země,
- $F_s$  - síla silnice,
- $F_t$  - třecí síla a odpor vzduchu,
- $F_k$  - síla kol, kterou se odstrkují od silnice a udržují auto v rovnoměrném pohybu.

Dvojice sil opačného směru mají stejnou velikost a navzájem se odečtou.

### auto rovnoměrně couvá



Auto jede rovnoměrně  $\Rightarrow$  výslednice působících sil musí být nulová.

Na auto působí:

- $F_g$  - gravitační síla Země,
- $F_s$  - síla silnice,
- $F_t$  - třecí síla a odpor vzduchu,
- $F_k$  - síla kol, kterou se odstrkují od silnice a udržují auto v rovnoměrném pohybu.

Dvojice sil opačného směru mají stejnou velikost a navzájem se odečtou.

**Pedagogická poznámka:** Některé studenty překvapuje, že oba obrázky jsou téměř stejné. Podrobnější diskusi o tom, která síla auto udržuje v pohybu necháváme na později.

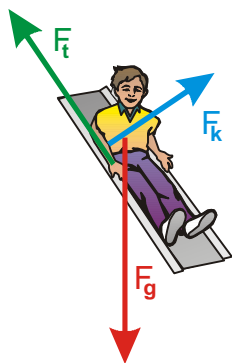
**Pedagogická poznámka:** Cílem předchozích dvou příkladů je, aby se studenti naučili vycházet z rovnoměrnosti pohybu, ze které vyplývá nulovost výslednice a z té poměry velikostí jednotlivých sil. Jde o obrácený postup než studenti volí spontánně.

**Pedagogická poznámka:** Nejdříve nechám studenty vypracovat oba následující příklady, pak si zkontrolujeme první příklad a studenti dostanou dvě minuty na překontrolování druhého příkladu. Některým se podaří si opravit případný špatný výsledek.

**Př. 6:** Dítě si hraje na skluzavce. Jednou sedí uprostřed a nehýbe se, podruhé stejným místem rovnoměrně projíždí. Porovnej velikost třecí síly v obou případech.

Rozebereme si postupně oba případy.

### dítě se nehýbe

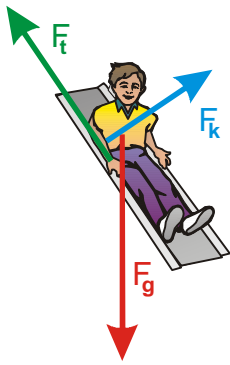


Na dítě působí tři síly:

- $F_g$  - gravitační síla Země,
- $F_k$  - síla klouzačky (aby se dítě nepropadlo dolů),
- $F_t$  - třecí síla, která zabraňuje části gravitace stáhnout dítě dolů.

Podle 1. Newtonova zákona může dítě zůstat v klidu pouze v případě, že výsledná působící síla bude nulová  $\Rightarrow$  třecí síla musí vyrovnat působení gravitační síly a síly od klouzačky.

### dítě jede rovnoměrně



Na dítě působí tři síly:

- $F_g$  - gravitační síla Země,
- $F_k$  - síla klouzačky (aby se dítě nepropadlo dolů),
- $F_t$  - třecí síla, která zabraňuje části gravitace stáhnout dítě dolů.

Podle 1. Newtonova zákona se může dítě pohybovat rovnoměrně přímočaře pouze v případě, že výsledná působící síla bude nulová  $\Rightarrow$  třecí síla musí vyrovnat působení gravitační síly a síly od klouzačky.

Gravitační síla i síla klouzačky jsou v obou případech stejné  $\Rightarrow$  třecí síla musí být v obou případech stejná.

**Pedagogická poznámka:** Studenti většinou považují za větší sílu působící v klidu. Vychází to i z osobní skutečnosti, protože nerozlišují sílu, která musí zabrzdit klouzající dítě, od síly, která stačí k tomu, aby se už stojící dítě nepohybovalo. Druhým problémem je, že studenti nevychází z 1. Newtonova zákona, ale z vlastního odhadu (o kterém už z minulé hodiny víme, že je nejistý). Jde o jedno z míst, kde by se studenti měli naučit korigovat vlastní „selské“ odhady fyzikálními zákony. Právě tady je nutné dosáhnout toho, aby se školní fyzika začala týkat jejich života.

**Př. 7:** Parašutista vyskočí z letadla. Nejdříve padá se zavřeným padákem. Zrychluje, ale po určité době se jeho rychlost ustálí a padá rovnoměrně. Poté otevře padák, jeho pád se zpomaluje až do okamžiku, kdy začne opět padat rovnoměrně. Porovnej velikost odporu vzduchu, který na parašutistu působí:

- a) když rovnoměrně padá se zavřeným padákem,
- b) když rovnoměrně padá s otevřeným padákem.

Během pádu působí na parašutistu dvě síly:

- $F_g$  - gravitační síla Země (během pádu se nemění),
- $F_v$  - odpor vzduchu.

a) Parašutista rovnoměrně padá se zavřeným padákem.

Rovnoměrný pohyb  $\Rightarrow$  na parašutistu působí nulová výsledná síla  $\Rightarrow$  musí platit  $F_v = F_g$ .

b) Parašutista rovnoměrně padá s otevřeným padákem.

Rovnoměrný pohyb  $\Rightarrow$  na parašutistu působí nulová výsledná síla  $\Rightarrow$  musí platit  $F_v = F_g$ .

$\Rightarrow$  V obou případech se velikost odporu vzduchu rovná velikosti gravitační síly, kterou na parašutistu působí Země  $\Rightarrow$  v obou případech působí na parašutistu stejně velký odpor vzduchu.

**Př. 8:** Vysvětli, jak je možné, že v obou bodech předchozího příkladu, působí na parašutistu stejně velký odpor vzduchu, když při pádu s otevřeným padákem brzdí parašutistu daleko větší plocha otevřeného padáku.

Odpor vzduchu závisí na:

- velikosti plochy,
- rychlosti pohybu.

⇒

- Parašutista rovnoměrně padá se zavřeným padákem: malá plocha, ale velká rychlost pádu ⇒ potřebná velikost odporu vzduchu.
- Parašutista rovnoměrně padá s otevřeným padákem: velká plocha, ale malá rychlost pádu ⇒ potřebná velikost odporu vzduchu.

⇒ Smysl padáku: velká plocha padáku zaručí, že odpor vzduchu dosáhne potřebné velikosti už při malé rychlosti pádu a parašutista přežije dopad na zem (když se padák neotevře, dopadne s velkou pravděpodobností po nějaké době rovnoměrného pádu, ale příliš velkou rychlostí a zabije se).

**Př. 9:** V úzké trubici uvízl předmět (papírek). Navrhni způsob, jak ho dostat ven. Postup fyzikálně zdůvodni. Je možné upravit postup tak, aby papírek vylezl horním (dolním) koncem trubice.

Můžeme využít setrvačnosti papíru v trubici.

Pokud uvedeme trubku rychle do pohybu (například úderem), snaží se papír zůstat v klidu (dokud ho tření o stěny neuvede do pohybu) ⇒

- pokud tlučeme do trubice shora, papír se postupně přesunuje k hornímu konci (zůstává v klidu, zatímco trubice se po úderu pohybuje dolů),
- pokud tlučeme do trubice zdola, papír se postupně přesunuje k dolnímu konci (zůstává v klidu, zatímco trubice se po úderu pohybuje nahoru).

Pokud pohybující se trubku rychle zastavíme (například nárazem), snaží se papír zůstat v pohybu (dokud ho tření o stěny nezastaví) ⇒

- pokud zastavujeme trubici pohybující se shora dolů, papír se postupně přesunuje k dolnímu konci (zůstává v pohybu, zatímco trubice se nárazu zastaví),
- pokud zastavujeme trubici pohybující se zdola nahoru, papír se postupně přesunuje k hornímu konci (zůstává v pohybu, zatímco trubice se nárazu zastaví).

**Pedagogická poznámka:** Předchozí příklad je samozřejmě nutné demonstrovat, nejlépe ukázat jednu z možností a pak nechat žáky odhadovat další varianty.

**Př. 10:** Auto jede po vodorovné přímé silnici rovnoměrně rychlostí 90 km/h a působí na něj směrem dopředu síla motoru o velikosti 250 N. Působí na auto další síla?

Auto se pohybuje rovnoměrně přímočaře ⇒ výsledná působící síla musí být nulová ⇒ na auto musí působit kromě síly motoru směrem dozadu stejně velká síla (zřejmě celkový odpor (vzduch a tření dohromady)).

**Př. 11:** Jak je možné, že člověk utáhne velké dopravní letadlo (například tento odkaz <http://www.youtube.com/watch?v=tlS-Jli6eQE>)? Jak by jsi postupoval, kdyby si chtěl něco takového dokázat?

K rovnoměrnému pohybu letadla stačí, když je výsledná působící síla nulová ⇒ letadlo musíme táhnout silou, která se rovná třecí síle ⇒ je třeba co nejvíce zmenšit působení tření (rovná a tvrdá plocha, nahuštěné pneumatiky, kvalitní ložiska, ...).

**Př. 12:** Vysvětli princip beranidla. Jaké vlastnosti by mělo mít? Proč je snazší dveře vyrazit než vytlačit?

Beranidlo - rozpohybujeme ho a vrazíme do dveří. Beranidlo se snaží si zachovat svůj pohyb, zabrzdí ho až síla dveří (stejně velkou silou působí beranidlo na dveře).

Beranidlo musí být těžké, pohybovat se velkou rychlostí a musí být tvrdé.

Na rychlé zastavení je třeba velká síla (dopad penálu z výšky na ruku).

---

**Shrnutí:** Těleso, na které působí nulová výsledná síla, setrvává v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém.