

### \*\*\*Mešcherského a Ciolkovského rovnice

Uvažme nyní těleso o hmotnosti  $m$  pohybující se rychlostí  $\vec{v}$ . Vyšle-li těleso během krátkého časového intervalu  $\Delta t$  relativní rychlostí  $\vec{u}$  (vzhledem k tělesu) hmotnost  $\Delta m$ , je možné [zákon hybnosti](#) psát ve tvaru:  $m\vec{v} = \Delta m(\vec{v}-\vec{u}) + (m-\Delta m)(\vec{v}+\Delta\vec{v})$ .

Typickým příkladem využití jsou [proudové motory](#) rakety. Z rakety, která je oním tělesem, jsou vysílány velkou rychlostí plyny. ZZH je zapisován z hlediska pozorovatele na Zemi, vůči níž je měřena rychlost pohybující se rakety. Proto je [velikost rychlosti](#) plynů vůči raketě  $u$ , ale vůči pozorovateli na Zemi  $v-u$ . Velikost rychlosti rakety se po úniku plynů zvýší o  $\Delta v$ , tj. pro pozorovatele ze Země bude mít rychlost o velikosti  $v+\Delta v$ .

Z rovnice lze pro velikost změny hybnosti získat vztah:  $\Delta p = \Delta m(\vec{v}-\vec{u}) + (m-\Delta m)(\vec{v}+\Delta\vec{v}) - m\vec{v} = m\Delta\vec{v} - \Delta m\vec{u} - \Delta m\Delta\vec{v}$ . Vzhledem k tomu, že hmotnost se mění pomalu a také velikost [změny rychlosti](#) tělesa je malá, je možné člen  $\Delta m\Delta\vec{v}$  vůči ostatním zanedbat.

Toto zanedbání opět odpovídá představě s raketou: raketa má hmotnost několik tun, zatímco unikající plyny mají hmotnost řádově v kilogramech.

Víme, že  $\vec{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$  a tedy můžeme psát:  $\frac{\Delta p}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} - u \frac{\Delta m}{\Delta t} = \vec{F}$ , což je **Mešcherského rovnice**.

Pro [pohyb](#) rakety ve vesmíru, kde lze zanedbat [tíhu](#) rakety a [odpor prostředí](#), je  $\vec{F} = 0$ . Pokud se rychlost rakety zvětšuje, má rychlost vystřelovaných plynů  $\vec{u}$  směr opačný ke směru rakety a lze psát:  $m \frac{\Delta v}{\Delta t} = -u \frac{\Delta m}{\Delta t}$ . Toto je **Ciolkovského rovnice** pohybu rakety. Vzhledem k tomu, že hmotnost rakety nemůže klesnout k nule, může raketa dosáhnout jen jisté mezní rychlosti (nemůže se velikost její rychlosti zvětšovat stále). Tj. je-li dán [poměr](#) počáteční a konečné hmotnosti a rychlost reaktivních plynů vzhledem k raketě, nelze žádným konstrukčním zdokonalením motorů danou [maximální rychlost](#) zvýšit.

Analogickou úvahu lze provést i pro tělesa, která s časem svojí hmotnost zvětšují (např. elektrická sekačka na trávu vybavená košem na posekanou trávu, ...).

---

© **Encyklopedie Fyziky** (<http://fyzika.jreichl.com>); Jaroslav Reichl, Martin Všeticka

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.