

# Fyzika I

## Obsah

---

- Kinematika
- Dynamika
  - Příklady sil
  - Newtonovy pohybové zákony
  - Příklady dynamiky

**Klasická mechanika hmotného bodu** zkoumá mechanický pohyb – změnu vzájemné polohy tělese v prostoru a v čase, jeho popis v prostoru a v čase a jeho příčiny, kde rychlosti těles jsou mnohem menší než rychlost světla  $c$ . **Hmotný bod** je fiktivní objekt, který má všechny relevantní znaky tělesa, které reprezentuje a jeho geometrické rozměry jsou v daných souvislostech zanedbatelně malé.

# Kinematika

Matematický popis pohybu v prostoru a v čase vzhledem k vhodné vztažné soustavě – kartézská, válcová a kulová. Mezi základní skalární veličiny patří dráha  $s$ , okamžitá rychlost  $v$  a okamžité zrychlení  $a$ , vedlejší vektorové patří vektor elementárního úhlového otočení  $\varphi$ , vektor úhlové rychlosti  $\omega$  a vektor úhlového zrychlení  $\varepsilon$ .

Definujeme střední průměrnou rychlost  $v_s = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  a okamžitou rychlost  $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_s = \frac{ds}{dt}$ , střední zrychlení  $a_s = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , okamžité zrychlení  $a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$ . V případě rovnoměrně zrychleného pohybu  $a = \frac{dv}{dt} = konst.$ ,  $v = \frac{ds}{dt} = at + v_0$ ,  $s = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0$ . Pro **volný pád** platí  $a = g$ ,  $v_0 = 0$ ,  $v = gt$ ,  $s = \frac{1}{2}gt^2$ , pro **svislý vrh dolů** platí  $a = g$ ,  $v_0 \neq 0$ ,  $v = v_0 + gt$ ,  $s = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$  a pro **svislý vrh vzhůru** platí  $a = -g$ ,  $v_0 \neq 0$ ,  $v = v_0 - gt$ ,  $s = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ .

Pro **vektorový popis hmotného bodu** zavádíme polohový vektor  $r = r(t)$ , vektor průměrné rychlosti  $v_s = \frac{\Delta r}{\Delta t}$  ve směru  $\Delta r$  sečny trajektorie, vektor okamžité rychlosti  $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} = \frac{dx}{dt}i + \frac{dy}{dt}j + \frac{dz}{dt}k$  ve směru tečny k trajektorii, vektor okamžitého zrychlení  $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2r}{dt^2}$ , zrychlení rozkládáme na tečnou a normálovou složku  $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d(v\tau)}{dt} = \frac{dv}{dt}\tau + \frac{d\tau}{dt}v = \frac{dv}{dt}\tau - \frac{v^2}{R}n = a_r + a_n$ , kde  $\tau$  je jednotkový vektor ve směru tečny a  $n$  je jednotkový vektor ve směru normály k trajektorii pohybu a  $R$  je poloměr křivosti trajektorie. Platí, že  $a_r = \frac{dv}{dt}$ ,  $a_n = \frac{v^2}{R}$ ,  $a = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}$ . Dále zavádíme úhlovou rychlost  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ , kde  $\varphi$  je úhlová dráha (středový úhel), o kterou se otočí průvodič hmotného bodu vedený ze středu kruhové dráhy. Zavádíme úhlové zrychlení  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ .

Kruhový pohyb je zvláštním případem křivočarého pohybu v jedné rovině. Pro elementární úhlovou dráhu platí vztah  $d\varphi = \frac{ds}{R}$  a pro úhlovou rychlost  $\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{ds}{Rdt}$  a pro obvodovou rychlost  $v = \omega R$ , pro úhlové zrychlení  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{a_r}{R}$ . V případě rovnoměrného kruhového pohybu platí  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ ,  $\omega' = 0$ ,  $\varphi(t) = \omega t + \varphi_0$ ,  $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$  V případě rovnoměrně zrychleného kruhového pohybu platí  $\varepsilon = konst.$ ,  $\omega = \varepsilon t + \omega_0$ ,  $\varphi = \frac{1}{2}\varepsilon t^2 + \omega_0 t + \varphi_0$ .

Vektorové vyjádření křivočarého pohybu: mějme polohové vektory  $r(t)$  a  $r(t + dt)$ , které svírají úhel  $d\varphi$ . Tomuto úhlu přiřadíme vektor tak  $d\varphi$  tak, aby byl kolmý na vektory  $r(t)$  a  $r(t + dt)$  a jeho velikost byla  $d\varphi$ . Pro elementární změnu platí  $dr = d\varphi \times r$ . Zavádíme vektor úhlové rychlosti  $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ , vektor obvodové rychlosti  $v = \omega \times r$ , vektor úhlového zrychlení  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$  a vektor obvodového zrychlení  $a = \frac{dv}{dt} = \varepsilon \times r + \omega \times v = \varepsilon \times r - R\omega^2 n$ , kde  $n$  je jednotkový vektor vnější normály. Tudíž definujeme tečné zrychlení  $a_r = \varepsilon \times r$  a normálové zrychlení  $a_n = -R\omega^2 n$ .

# Dynamika

---

**Hmotnost** je skalární kvantitativní míra tíhových a setrvačných vlastností tělesa, je dána vnitřní strukturou těles, nezávisí na volbě vztažné soustavy a platí zákon zachování celkové hmotnosti. Jednotkou hmotnosti je 1 kg. **Hybnost** je vektorová kvantitativní míra mechanického pohybu, je rovnoběžná s vektorem rychlosti a charakterizuje míru mechanického pohybu z hlediska interakcí.

**Síla** je vektorová kvantitativní míra vzájemného působení těles, které má za následek buďto změnu jejich pohybového stavu nebo jejich deformaci. Jedná se o klouzavý vektor – pojem síly je abstrakcí, nemůže reálně existovat bez hmotných objektů, protože vyjadřuje míru jejich působení. Silové působení – interakci – mezi materiálními objekty je projevem existence polí. Rozlišujeme pole gravitační, elektromagnetické, jaderných sil a slabých interakcí. Částice působí ve čtyřech typech:

1. Silné interakce charakterizují vzájemné působení mezi nukleony výměnou mezonů.
2. Elektromagnetické interakce nabitých částic jsou provázeny výměnou fotonů.
3. Slabé interakce vedou k přeměně částic na jiné těžké částice, přitom se uvolňují elektrony a neutrina.
4. Gravitační interakce probíhá mezi elektricky neutrálními částicemi a je zprostředkována výměnou částic gravitačního pole – gravitonů.

## Příklady sil

---

- **Tíhová síla**  $G = mg$ , kde  $g$  je vektor zemského tíhového zrychlení.
- **Síla odporu prostředí**  $F_r$ , která působí při pohybu těles ve vazkém prostředí. Je rovnoběžná s vektorem rychlosti a má opačný smysl.  $F_r = \frac{1}{2} \rho C_x v^n$ .
- **Síla smykového tření**  $F_t$  vzniká při smýkání pevného tělesa po podložce. Jestliže není pohyb ve svislém směru.  $N + G = 0$ ,  $N = G$ ,  $F_t = \mu N$ , kde  $\mu$  je součinitel smykového tření.

## Newtonovy pohybové zákony

---

- Zákon setrvačnosti – těleso setrvává ve stavu rovnoměrného přímočarého pohybu nebo klidu pokud není nuceno působením jiných těles tento stav změnit.
- Zákon síly – časová změna hybnosti hmotného bodu je rovna výsledné síle, která na těleso působí.  $F = \frac{dp}{dt}$ , pokud je hmotnost konstantní, pak  $F = m \cdot \frac{dv}{dt} = ma$ .
- Zákon akce a reakce – jestliže těleso  $A$

# Příklady dynamiky

---

- Nakloněná rovina pod sklonem  $\alpha$ , platí pohybová rovnice  $ma = \sum F_i = G + N + T$ , kde  $ma_x = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = G \sin \alpha - T$ ,  $ma_y = \frac{d^2y}{dt^2} = 0 = -G \cos \alpha + N$  a  $T = \mu N$ . Pro  $N = G \cos \alpha$