Fyzika I

Obsah

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 φ, vektor úhlové rychlosti ω a vektor úhlového zrychlení ε.

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

Pro **vektorový popis hmotného bodu** zavádíme polohový vektor $r = r(t)$, vektor průměrné rychlosti $v_s = \frac{\Delta r}{\Delta t}$ ve směru Δr sečny trajektorie, vektor okamžité rychlosti $v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} = \frac{dx}{dt}i + \frac{dy}{dt}j + \frac{dz}{dt}k$ 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 τ je jednotkový vekotr 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 φ 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 $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{a}{R}$. 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 $\varepsilon = konst., \omega = \varepsilon t + t_0, \varphi = \frac{1}{2}\varepsilon t^2 + \omega_0 t + \varphi_0$.

Vektorové vyjádření křivočarého pohybu: mějme polohové vektory $r(t)$ a $r(t + dt)$, které svírají úhel $d\varphi$. Tomuto úhlu přiradíme 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 materiální 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. $F_r = \frac{1}{2}\varrho C_x v^n$.
- **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 μ 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 α, 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 $N = G \cos \alpha$