

3) Mechanika tuhého tělesa

Tuhé těleso

- Ideální těleso, jehož tvar ani objem se nemění účinkem vnějších sil
- *Při studiu silových účinků na tuhé těleso se tedy nezajímáme o deformace, ale pouze o pohybové účinky působících sil na tuhé těleso.*
- Je tvořeno soustavou vzájemně pevně vázaných hmotných bodů
- Pohyb tuhého tělesa = pohyb složený z pohybu:
 - **Posuvného**
 - Všechny body tělesa opisují stejné trajektorie
 - Všechny body mají v daném okamžiku stejnou rychlost
 - Např.: bedna posunovaná po podlaze
 - **Otáčivý pohyb**
 - Body tělesa mají v daném okamžiku stejnou úhlovou rychlost ω
 - Body tělesa opisují kružnice
 - Velikosti rychlostí bodů závisí na vzdálenosti od osy otáčení
 - Například brusný kotouč, CD v mechanice počítače, vodovodní kohoutek

Moment síly

- **Vyjadřuje otáčivý účinek síly na dané těleso vzhledem k určité ose otáčení.**
- Vektorová veličina
- Vektorový součin velikosti síly F a kolmé vzdálenosti d vektorové přímky síly od osy otáčení ($M = Fd$)
- Vzdálenost d se nazývá rameno síly
- Čím delší rameno síly, tím větší otáčivý účinek
- Jednotka $N \cdot m$
- Směr – pravidlo pravé ruky
- Výsledný moment sil M je vektorový součet momentů jednotlivých sil

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n$$

Momentová věta

- **Otáčivé účinky sil** působících na tuhé těleso **se navzájem ruší**, je-li vektorový součet momentů všech sil vzhledem k ose otáčení nulový

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n = \vec{0}$$

Skládání sil

- Nahradit jednou výslednicí sil
- Výslednice F je určena velikostí, směrem a polohou působišť
- Aby měla výslednice stejné otáčivé účinky, musí se její moment síly rovnat součtu momentů skládaných sil ($M = M_1 + M_2 + \dots + M_n$)

Dvě rovnoběžné síly stejného směru

- Výslednice F je rovna součtu velikostí obou sil:

$$F = F_1 + F_2$$

$$M_1 + M_2 = 0$$

$$x = \frac{F_2 l}{F_1 + F_2}$$

Dvě rovnoběžné síly opačného směru

- Výslednice F je rovna rozdílu velikostí obou sil:

$$F = |F_1 - F_2|$$

$$M_1 + M_2 = 0$$

$$x = \frac{F_2 l}{F_1 - F_2}$$

Dvojice sil

- Dvě **stejně velké rovnoběžné** síly navzájem **opačného směru**
- Nelze nahradit výslednicí
- Otáčivý účinek dvojice sil vyjadřuje moment dvojice sil D

$$D = Fd$$
- Vzdálenost d vektorových přímek dvojice sil se nazývá rameno dvojice sil
- Například otáčení volantů dvěma rukama, prsty při otáčení šroubovákem

Rozkládání sil

- Nahradit více silami, které mají stejný účinek
- Platí stejná pravidla jako při skládání

Těžiště tuhého tělesa

- Působíště tíhové síly působící na těleso v homogenním tíhovém poli
- Působíště výsledné tíhové síly skládáním tíhových sil působících na jednotlivé mikroskopicky malé části tělesa
- Lze určit experimentálně zavěšováním, jako průsečík těžnic
- **Těžnice** = přímka procházející těžištěm a bodem závěsu (směřuje svisle dolů)
- Může být i mimo těleso: dutá tělesa, koš na odpadky, prstence, podkovy, ohnutý drát, ...

Rovnovážná poloha tuhého tělesa

- Těleso je v klidu a platí:
 - Vektorový součet všech sil, které na těleso působí je roven nule

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \vec{0}$$
 - Vektorový součet všech momentů těchto sil je roven nule

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n = \vec{0}$$
- Druhy – stálá, vratká, volná

Stálá (stabilní)

- Těleso se po vychýlení vrací zpět do rovnovážné polohy

- Při vychýlení se zvyšuje poloha těžiště – zvyšuje se tíhová potenciální energie
- Ve stále poloze je výška těžiště tak i potenciální energie nejmenší

Vratká (labilní)

- Těleso se po vychýlení samo do rovnovážné polohy nevrátí
- V rovnovážné poloze je těleso a těžiště nejvýše nad zemí a tíhová potenciální energie je největší
- Po vychýlení potenciální energie klesá

Volná (indiferentní)

- Těleso po vychýlení z rovnovážné polohy zůstává v nové poloze
- Výhybka se nezvětšuje ani nezmenšuje
- Výška těžiště se nemění, potenciální energie se nemění

Moment setrvačnosti (J)

- Skalární veličina
- Vyjadřuje **rozložení látky tělesa** vzhledem k ose otáčení
- Jednotka: $\text{kg} \cdot \text{m}^2$
- Vzhledem k ose otáčení je definován:

$$J = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2$$

$m_1, m_2, \dots, m_n$	hmotnosti jednotlivých bodů, ze kterých se těleso skládá
$r_1, r_2, \dots, r_n$	vzdálenost od osy

Kinetická energie tuhého tělesa

- Kinetická energie tělesa otáčejícího se kolem nehybné osy úhlovou rychlostí ω

$$E_k = \frac{1}{2} J \omega^2$$

- Koná-li těleso současně posuvný pohyb a otáčivý pohyb kolem osy procházející těžištěm tělesa, je kinetická energie:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J_0 \omega^2$$

Jednoduché stroje

- Zařízení, které přenáší sílu a mechanický pohyb z jednoho tělesa na jiné
- Rozdělení strojů:
 - Založené na rozkladu a rovnováze sil (nakloněná rovina, klín, šroub)
 - Založené na rovnováze momentů sil (páka, kladka, kolo s hřídelem)
- Jednoduché stroje zmenšují sílu nutnou ke konání práce, práci ale neušetří
- Kolikrát je **menší** působící **síla**, tolikrát je **delší dráha**, po níž síla působí