

**Otázka:** Mechanika tuhého tělesa

**Předmět:** Fyzika

**Přidal(a):** Michaela H

### **Tuhé těleso a jeho pohyb**

- Tuhé těleso je ideální těleso, jehož tvar ani objem se účinkem libovolně velkých sil nemění, tzn. tuhé těleso se nedeformuje

### **Pohyb tuhého tělesa:**

- Posuvný (translace)
- Otáčivý (rotace)
- Složený (posuvný + otáčivý)

### **Posuvný (translace)**

- každá přímka je pevně spojená s tělesem a je stále **rovnoběžná** se svojí původní polohou
- všechny body tělesa opisují stejné trajektorie a mají v daném okamžiku **stejnou rychlost  $v$**

- může být křivočarý, přímočarý, rovnoměrný, ...

### Otáčivý (rotace tělesa kolem nehybné osy)

- body tělesa **opisují soustředné kružnice** (nebo jejich části)
- mají stejnou okamžitou úhlovou rychlost  $\omega$
- velikost rychlosti je přímo úměrná vzdálenosti od osy otáčení

### Moment síly vzhledem k ose

- vektorová fyzikální veličina vyjadřující **otáčivý účinek** síly  $\underline{F}$  na tuhé těleso
- leží v ose otáčení, směr určíme podle **pravidla pravé ruky** – položíme-li pravou ruku dlaní na těleso tak, aby prsty ukazovaly směr otáčení tělesa, pak vztyčený palec ukazuje směr momentu síly
- **Označení:**  $M$
- **Jednotka:** N.m (newton metr)
- **$M = \mathbf{F} \times \mathbf{r}$** 
  - $F$ ...velikost působící síly
  - $r$ ...vzdálenost  $r$ , tj. rameno síly
  - = vektorový součin
- **$M = F * r * \sin\alpha$** 
  - $\alpha$  ... mezi vektorem posunutí a vektorem působení síly

### Momentová věta

- Výsledný moment sil  **$M$**  současně působících na tuhé těleso se rovná **vektorovému součtu momentů** jednotlivých sil vzhledem k dané ose, tedy:
  - **$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n$**

- Otáčivý účinek sil působících na tuhé těleso se **navzájem ruší**, je-li vektorový součet momentů všech sil vzhledem k dané ose nulový, tedy:
  - $\mathbf{M} = \mathbf{M}_1 + \mathbf{M}_2 + \dots + \mathbf{M}_n =$

## Skládání a rozkládání sil

### Skládání dvou sil se společným působištěm

- **Výslednice** – síla stejně velká, ale opačného směru jako síla, která skládané síly drží v rovnováze
- $\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$
- $F = |\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2|$
- $F = \sqrt{(\mathbf{F}_1^2 + \mathbf{F}_2^2 - 2\mathbf{F}_1\mathbf{F}_2 \cos\alpha)}$
- $F = \sqrt{(\mathbf{F}_1^2 + \mathbf{F}_2^2)}$

### Skládání více sil se společným působištěm

- $\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n$

### Skládání dvou různoběžných sil působících v různých bodech na těleso

- $F_1/F_2 = d_1/d_2$

### Rozklad síly na dvě různoběžné složky

- $\mathbf{F}_G = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$
- $\mathbf{F}_G / 2 = \mathbf{F}_1 \sin \alpha$
- $\mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_2$

- $\mathbf{F}_1 = d_2/d \cdot \mathbf{F}_G$
- $\mathbf{F}_2 = d_1/d \cdot \mathbf{F}_G$
- $\mathbf{F}_1 d_1 = \mathbf{F}_2 d_2$

## Dvojice sil

- Dvojici sil tvoří **dvě stejně velké rovnoběžné síly**  $F, F'$  navzájem **opačného směru**, které působí ve **dvou různých bodech** tělesa otáčivého kolem nehybné osy
- Vektorové přímky sil  $F$  a  $F'$  jsou různé.
- **Nelze nahradit** jedinou silou, neboť **výslednice by byla nulová**
- **Moment dvojice sil:**  $D$ 
  - $D = F \cdot d$
- Velikost momentu dvojice sil je rovna součinu velikosti jedné síly a ramena dvojice. Je kolmý k rovině, v níž leží síly a jeho směr určíme pomocí pravidla pravé ruky.

## Těžiště tělesa

- Tuhé těleso je **složeno z velkého počtu hmotných bodů**, jejichž vzájemná poloha **se nemění**. Na jednotlivé body působí tíhové síly  $\mathbf{FG}_1, \mathbf{FG}_2, \dots, \mathbf{FG}_n$ , které jsou navzájem **rovnoběžné**. Jejich složením dostaneme výslednou tíhovou sílu  $\mathbf{FG}$ , která má působiště v bodě  $\mathbb{T}$ , který nazýváme **těžiště tělesa**
- Těžiště tuhého tělesa je **působiště tíhové síly** působící na těleso v **homogenním tíhovém poli**

## Podmínky rovnovážné polohy tuhého tělesa

- Tuhé těleso je v rovnovážné poloze, jestliže se pohybový účinek všech sil působících na těleso navzájem ruší a těleso je v klidu.
- **Podmínka rovnováhy sil:** Těleso je v rovnovážné poloze, je-li výslednice všech sil působících na těleso nulová.
  - $\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n =$
- **Podmínka rovnováhy momentů sil:** Těleso otáčivé kolem nehybné osy je v rovnovážné poloze, je-li vzhledem k této ose výsledný moment všech sil působících na těleso nulový = **momentová věta**
  - $\mathbf{M} = \mathbf{M}_1 + \mathbf{M}_2 + \dots + \mathbf{M}_n =$

## Rovnovážné polohy tuhých těles

- **Stálá = stabilní**
  - má těleso, které se po vychýlení z této polohy opět do ní vrací
- **Vratká = labilní**
  - má těleso, které se po vychýlení z této polohy do ní nevrací, ale přechází do nové stálé polohy
- **Volná = indiferentní**
  - má těleso, které zůstává po vychýlení v jakékoli nové poloze

## Jednoduché stroje

- **Stroje založené na rovnováze momentů sil** – páka, kladka, kolo na hřídeli
- **Stroje založené na rovnováze sil** – nakloněná rovina, klín, šroub

## Kinetická energie tuhého tělesa

- Kinetická energie tělesa je rovna **součtu kinetických energií jednotlivých hmotných bodů**:

$$• E_k = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n v_n^2$$

- **Při otáčivém pohybu:**

$$• v_1 = \omega r_1, v_2 = \omega r_2, \dots$$

$$• E_k = \frac{1}{2} m_1 \omega^2 r_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \omega^2 r_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n \omega^2 r_n^2$$

$$• E_k = \frac{1}{2} \omega^2 (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2)$$

## Moment setrvačnosti tuhého tělesa vzhledem k ose otáčení

- Moment setrvačnosti je skalární fyzikální veličina, která vyjadřuje **rozložení látky v tělese** vzhledem k ose otáčení.
- Označení:  $J$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ]
- $J = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2$
- Kinetická energie při otáčivém pohybu
- $E_k = \frac{1}{2} J \omega^2$
  
- **Setrvačnick:** tuhé těleso s velkým momentem setrvačnosti (obvykle osově souměrné), které se může setrvačně otáčet, a tak nahromadit kinetickou energii.
- **Steinerova věta:** Pokud osa otáčení  $o'$  neprochází těžištěm tělesa, moment setrvačnosti určujeme podle **Steinerovy věty**
- $J = J_o + m d^2$ 
  - $d$  - vzdálenost osy  $o'$  od osy  $o$  procházející těžištěm tělesa