

Obsah

4 Mechanika tuhého tělesa	1
4.1 Tuhé těleso	1
4.2 Moment síly	1
4.2.1 Dvojice sil	1
4.2.2 Momentová věta	2
4.3 Skládání sil	2
4.3.1 Rovnoběžné síly na společné vektorové přímce	2
4.3.2 Různoběžné síly	2
4.3.3 Rovnoběžné síly ležící na různých vektorových přímkách	3
4.4 Otáčivý pohyb	3
4.4.1 Moment setrvačnosti	5
4.5 Rovnovážné polohy	5
4.5.1 Stabilní poloha	5
4.5.2 Labilní poloha	5
4.5.3 Indiferentní poloha	6
4.6 Jednoduché stroje	6
4.6.1 Páka	6
4.6.2 Kladka	6
4.6.3 Nakloněná rovina	6

4 Mechanika tuhého tělesa

4.1 Tuhé těleso

- ideální těleso
- model použit v případech nemožnosti nahrazení hmotným bodem
 - nezle zanedbat rozměry tělesa
- objem a tvar neměnné – zanedbání deformace
 - neměnné vzdálenosti mezi částicemi
- síla má pouze rotační a translační účinky
- možno aproximovat soustavou hmotných bodů

4.2 Moment síly

- značka \mathbf{M} , $[\mathbf{M}] = \text{Nm}$
- míra otáčivého účinku síly
- součin síly \mathbf{F} a jejího průvodiče (ramene síly) \mathbf{r}

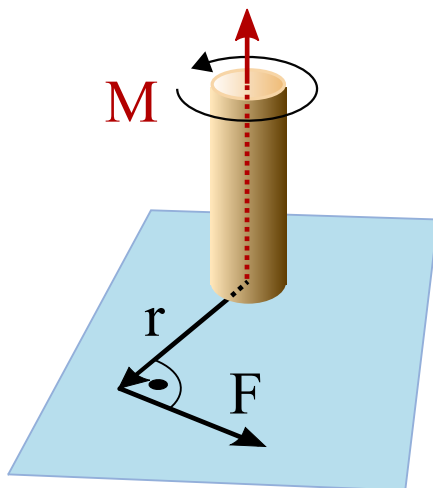
$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

$$M = rF$$

- směr určen pomocí pravidla pravé ruky
- momentový bod – bod vůči kterému určujeme moment síly
 - nemusí ležet na ose otáčení, ale je to výhodné

4.2.1 Dvojice sil

- značení \mathbf{D}
- současné působení stejně velkých sil opačného směru v různých místech ($F = F_1 = F_2$)
- vektory neleží na jedné přímce



Obr. 4.1: Moment síly v ose otáčení

- výsledný moment síly roven součtu jednotlivých momentů sil

$$D = M_1 + M_2$$

$$D = F_1 r_1 + F_2 r_2$$

$$D = F(r_1 + r_2)$$

$$D = Fd$$

– d – vzdálenost působišť sil F_1 a F_2

4.2.2 Momentová věta

- „Algebraický součet statických momentů všech sil v soustavě k libovolně zvolenému momentovému středu je roven statickému momentu výslednice této soustavy a k témuž středu.“

$$\sum_{i=1}^n M_i = M_R$$

$$\sum_{i=1}^n F_i r_i = F_R r_R$$

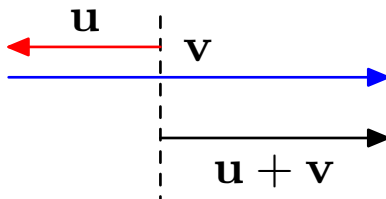
- specifikace skládání sil a jejich momentů

4.3 Skládání sil

- sčítání vektorů sil

4.3.1 Rovnoběžné síly na společné vektorové přímce

- výsledná hodnota rovna součtu hodnot sil, opačné síly mají zápornou velikost



Obr. 4.2: Skládání sil na sobě, z důvodu přehlednosti uvedeny pod sebou

4.3.2 Různoběžné síly

- síly nemají stejný směr
- nutno vektorově sečíst \rightarrow výsledný vektor síly

Stejné působíště

- výslednice má stejné působíště, jako ostatní síly
- výslednice vektorový součet ostatních sil
- graficky – doplnění na lichoběžnících
- numericky
 - sinova v cosinova věta

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos(180^\circ - \alpha)} =$$

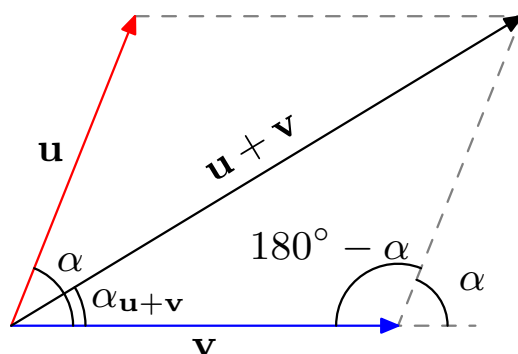
$$= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos(\alpha)}$$

$$\sin a_F = \frac{F_2}{F_1} \sin \alpha$$

- rozložení na x a y složku

$$F_{x_n} = F_n \cos \alpha_n \qquad F_{y_n} = F_n \sin \alpha_n$$

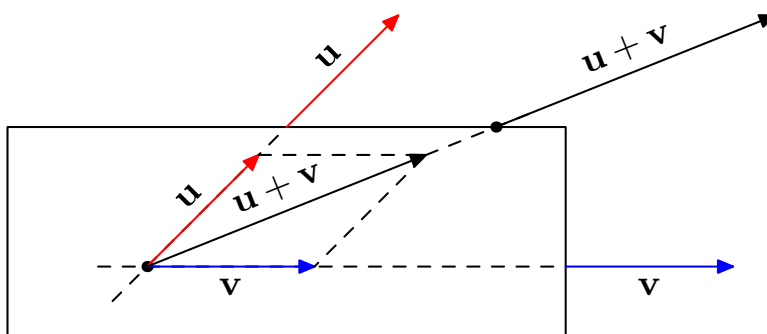
$$F_x = \sum_{i=1}^n F_{x_i} \qquad F_y = \sum_{i=1}^n F_{y_i}$$



Obr. 4.3: Skládání sil ve stejném působíšti

Různá působíště

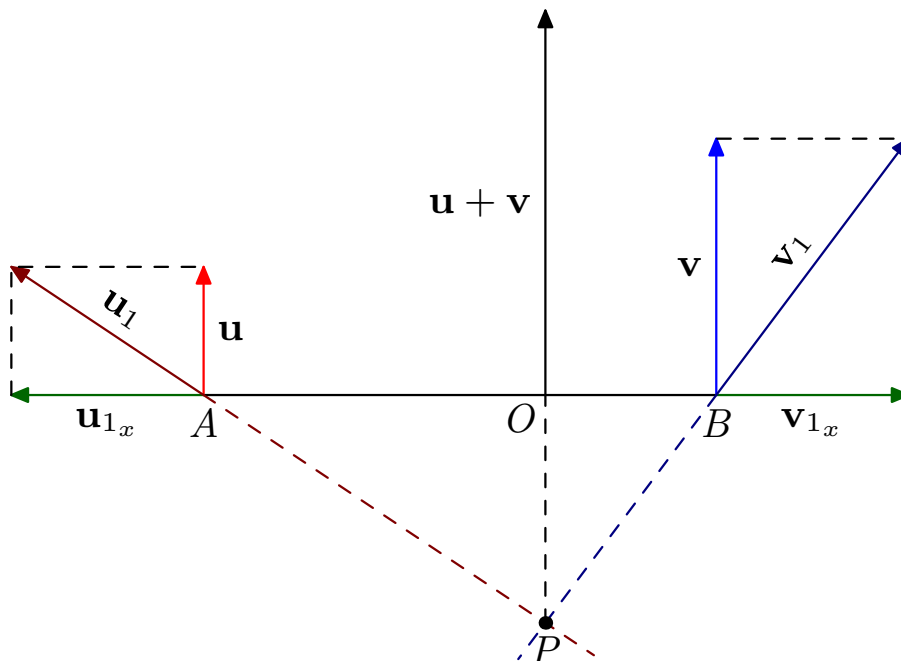
- skládání podobné jako při stejném působíšti
- nutno nejdříve převést síly do společného působíště



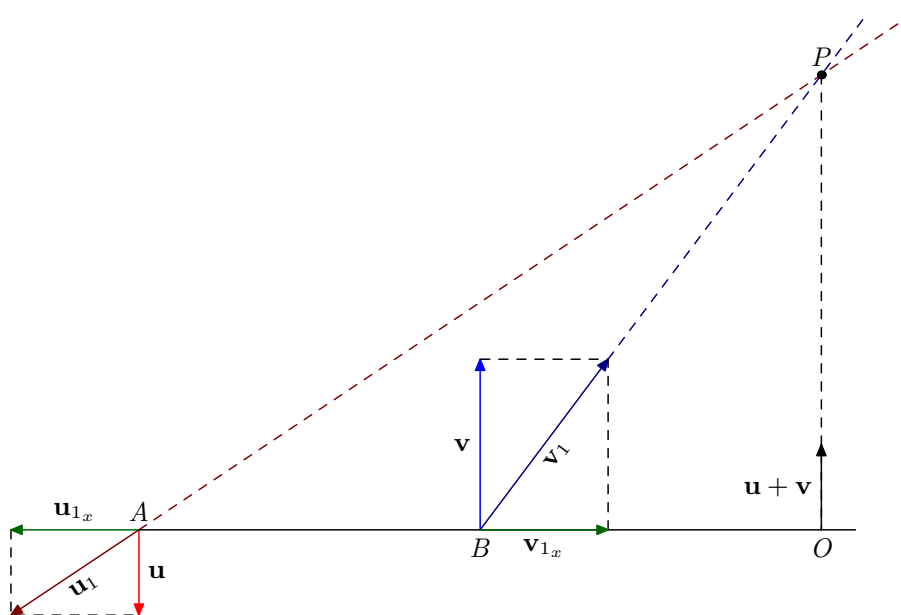
Obr. 4.4: Skládání sil v různých působíštích

4.3.3 Rovnoběžné síly ležící na různých vektorových přímkách

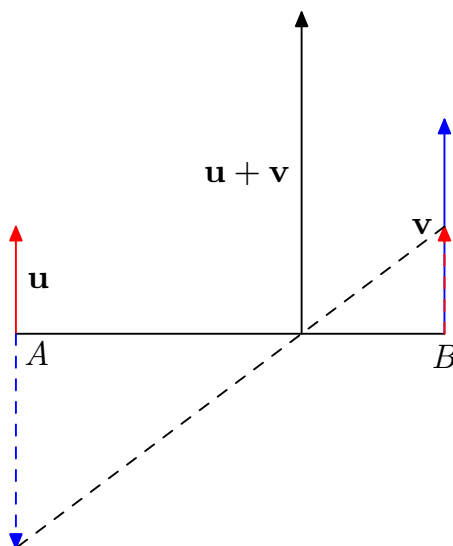
- fyzikální postup
 - ke každé síle přidáme kolmou složku, stejně velké, navzájem opačné \rightarrow celková působící síla je stále nulová
 - pomocí těchto sil (\mathbf{u}_{1x} a \mathbf{v}_{1x}) rozložíme původní síly (na \mathbf{u}_1 a \mathbf{v}_1)
 - dále postup stejný jako při rovnoběžných silách
- geometrická finta
 - vektory sil prohodíme
 - jeden vektor převrátíme
 - protnutí spojnice konců vektorů sil a základny – působiště konečné síly
- velikost konečné síly rovna součtu velikostí jednotlivých sil



Obr. 4.5: Skládání rovnoběžných sil v různých působištích



Obr. 4.6: Skládání opačných rovnoběžných sil v různých působištích



Obr. 4.7: Skládání rovnoběžných sil v různých působištích pomocí geometrické finty

4.4 Otáčivý pohyb

- typ pohybu tuhého tělesa
- otáčení všech bodů okolo společné osy otáčení stejnou úhlovou rychlostí
- trajektoriemi kružnice
- kinetická energie otáčení

$$E_k = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \omega^2 \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 = \frac{1}{2} J \omega^2$$

– J – moment setrvačnosti

- úhlové zrychlení vyvoláno momentem síly – druhá impulzová věta

$$J\varepsilon = \sum M$$

$$\varepsilon = \frac{1}{J} \sum M$$

4.4.1 Moment setrvačnosti

- značka J , $[J] = \text{kg} \cdot \text{m}^2$
- míra setrvačnosti tělesa
- pro každý tvar tělesa odlišné \rightarrow určeno pouze pro základní, pro ostatní potřeba integrace
 - tyč $ml^2/12$
 - koule $2mr^2/5$
 - válec $mr^2/2$
 - tenká obruč mr^2

4.5 Rovnovážné polohy

- snaha tělesa mít co nejmenší energii

4.5.1 Stabilní poloha

- zvýšení energie vychýlením
- po vychýlení se těleso vrátí do původní polohy
- kulička v důlku, kyvadlo

4.5.2 Labilní poloha

- „vratká poloha“
- po vychýlení z polohy se odchylka stále zvyšuje – snižování energie
- těleso se nevrátí do této polohy
- kulička na kopečku

4.5.3 Indiferentní poloha

- „volná poloha“
- vychýlením se výslednice sil ani výsledný moment síly nemění
- potenciální energie zůstává konstantní
- těleso si najde novou polohu, kterou již nemění
- kulička na rovné desce

4.6 Jednoduché stroje

- využití otáčivých účinků
- přenášení síly a mechanického pohybu z jednoho tělesa na druhé
- zmenšení potřebné fyzické námahy pro vykonání práce
- principy
 - rovnováha momentů sil (otáčení okolo pevné osy) – páka, kladka, kolo na hřídeli
 - rovnováha sil – nakloněná rovina, klín, šroub

4.6.1 Páka

- princip rovnováhy momentů sil
 - dále od osy otáčení menší síla, ale delší rameno – stejná práce a moment síly
- jednozvratná páka – osa otáčení na konci páky, síly působí na jedné straně
- dvojzvratná páka – osa otáčení mezi působícími silami
- využití – zmenšení potřebné síly pro úkon

4.6.2 Kladka

- pevná kladka – „dvojzvratná páka“, která pouze mění směr síly
 - pevně upevněná, během práce se nepohybuje
- volná kladka – „jednozvratná páka“
 - ramena r a $2r$

$$M_1 = M_2$$

$$F_1 r = F_2 2r$$

$$F_2 = \frac{1}{2} F_1$$

- dělí působící sílu na dvě stejně velké složky → při tuhnutí za pouze jeden konec působíme pouze poloviční silou
 - pohybuje se při práci
- více kladek – kladkostroj

4.6.3 Nakloněná rovina

- rozklad tíhové síly F_G na normálovou F_n a tečnou složku F_t
- zrychlování tělesa směrem po nakloněné rovině silou F_t
- zmenšení potřebné síly pro vykonání práce