

1. Základné pojmy statiky

Učebný cieľ kapitoly

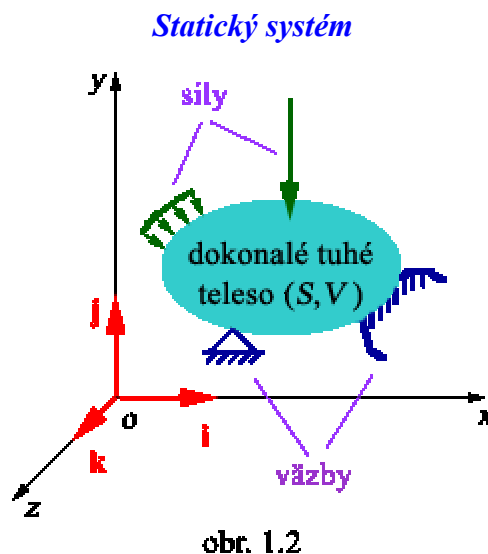
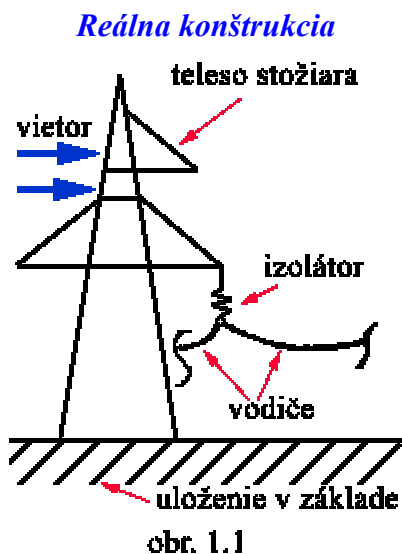
Po preštudovaní tejto kapitoly by ste mali zvládnuť základné pojmy statiky:

- Hmotný bod, hmotné teleso, stupne voľnosti pohybu hmotného bodu a telesa v rovine a priestore
- Sila a silové účinky
- Silová sústava, výslednica silovej sústavy, určovanie veľkosti a polohy výslednice
- Rovnice ekvivalencie, statické podmienky rovnováhy
- Čo sú to väzby a väzbové reakcie, uvoľňovanie telies

1.1 DOKONALE TUHÉ TELESO

1.1.1 Dokonale tuhé teleso v statickej rovnováhe

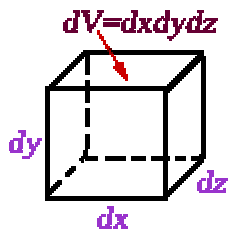
Z reálnej nepohyblivej konštrukcie (napr. stožiar vn upevnený v betónovom základe a zaťažný vlastnou tiažou, tiažou vodičov a vetrom) sa vytvorí mechanický model (statický systém):



Statický systém ktorý je abstrakciou reálnej konštrukcie, nachádzajúci sa v okamžitom čase t v statickej rovnováhe, obsahuje:

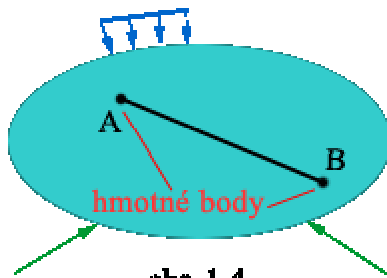
- dokonale tuhé teleso (abstrakcia stožiara) s objemom V a povrchom S
- vzťažný kartézsky súradnicový systém $O(x, y, z)$: i, j, k , sú báze jednotkové vektory
- sily (dané pôsobením tiaže jednotlivých konštrukčných prvkov, pôsobením vetra, atď.)
- väzby dané upevnením telesa

1.1.2 Dokonale tuhé teleso ako sústava hmotných bodov



obr. 1.3

Hmotný bod - časť hmotného telesa s elementárnym objemom $dV [m^3]$ a elementárnym povrchom $dS [m^2]$ s definovanou mernou hmotnosťou $\rho [kg/m^3]$, obsahujúci veľké množstvo elementárnych častíc hmoty. Častou geometrickou interpretáciou hmotného bodu (jeho okolia) je elementárny hranol. Hmotné body budú označené veľkými alebo malými písmenami, napr.: A, B, a, b, ...



obr. 1.4

Hmotné teleso - oblasť s objemom V a povrchom S spojitou vyplnená hmotnými bodmi. Ak pre vzdialenosť dvoch ľubovoľných bodov telesa A, B pred i po zaťažení silami platí:

$AB = \text{konšt.}$ - teleso je nedeformovateľné, čiže **dokonalé tuhé**

$AB \neq \text{konšt.}$ - teleso sa účinkom zaťaženia deformuje, čiže **poddajné teleso**

V statike predpokladáme existenciu dokonale tuhého telesa, čo je len abstrakciou reálneho telesa, ktoré je vždy poddajné. V niektorých prípadoch statiky možno modelovať celé teleso jediným hmotným bodom - **ťažiskom telesa**, kde je sústredená tiaž celého telesa.

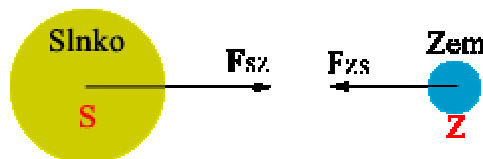
1.2 SILA

1.2.1 Sila a jej účinky

Sila je mierou vzájomného mechanického pôsobenia telies (alebo hmotných bodov). Označuje sa spravidla tučnými písmenami veľkej abecedy: **F**, **P**, **A**, ...

Silové pôsobenie:

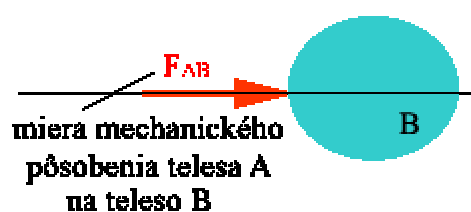
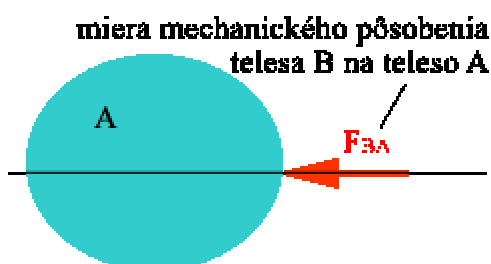
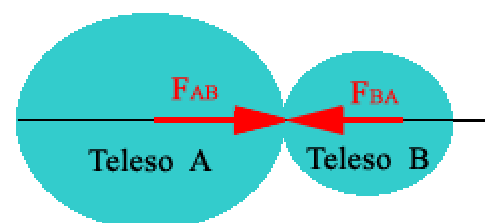
1. bez vzájomného styku



obr. 1.5

Na základe zákona akcie a reakcie sily vzájomného pôsobenia sú rovnako veľké, t.j. $F_{AB} = -F_{BA}$, resp. $F_{SZ} = -F_{ZS}$. Akcia leží s reakciou na jednej nositeľke, je rovnako veľká, ale opačne orientovaná.

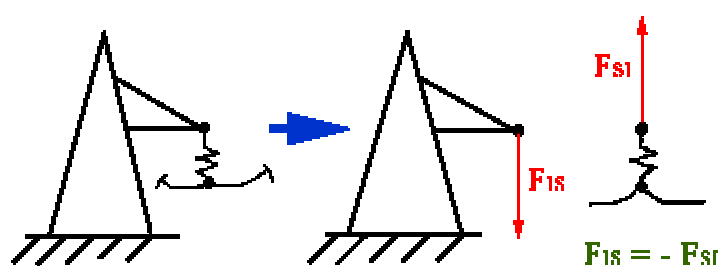
2. cez vzájomný styk (bodový alebo plošný)



obr. 1.6

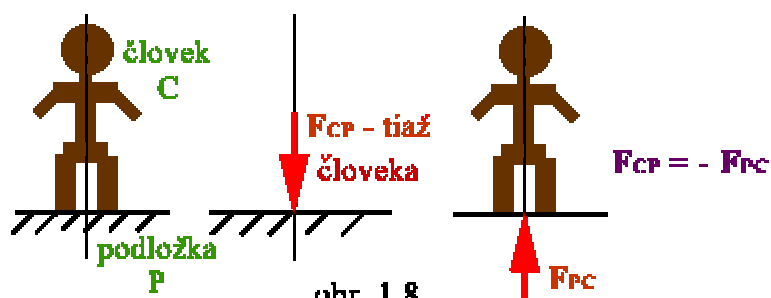
1.2.2 Príklady vzájomného pôsobenia

- vzájomné silové (mechanické) pôsobenie izolátora a ramena stožiaru



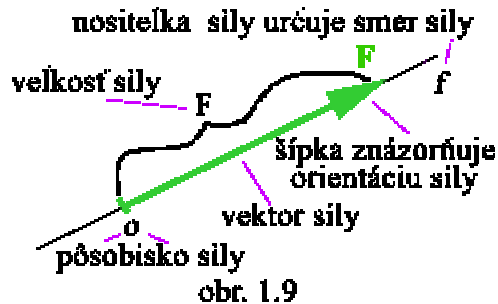
obr. 1.7

- vzájomné mechanické pôsobenie človeka a podložky



obr. 1.8

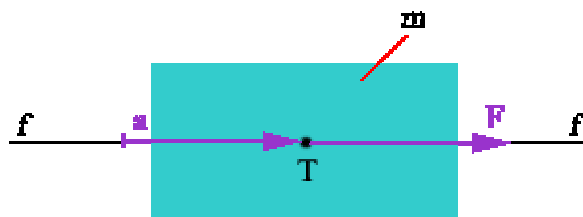
1.2.3 Klasifikácia sily



obr. 1.9

- Sila je fyzikálna veličina charakteru vektora.
- Má svoje pôsobisko, veľkosť, smer a orientáciu.
- Graficky sa znázorňuje ako orientovaná úsečka, ležiaca na priamke - *nositeľke sily*.

1.2.4 Zákon sily, jednotka sily



obr. 1.10

- Teleso s hmotnosťou m sa účinkom sily F pohybuje zrýchlením a .

- Potom sila spôsobujúca tento pohyb $F = m \cdot a$ - *Newtonov zákon sily*.

- Vektory F a a sú rovnobežné, ležiace na spoločnej priamke.

1.2.5 Veľkosť sily

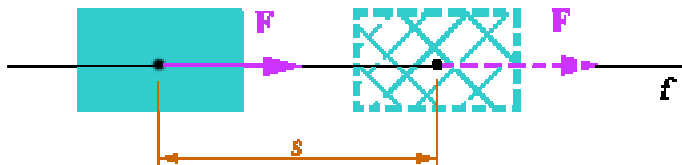
$F = |\mathbf{F}| = m|a|$ -je skalárna (na zmene vzťažného súradnicového systému nezávislá) veličina, je rovná absolútnej hodnote vektora sily.

$= ma$

- základná jednotka veľkosti sily: $1\text{kg} \cdot (1\text{m/s}^2) = 1\text{N}$ (1 Newton)
- sila $F = 1\text{N}$ udáva telesu o hmotnosti $m = 1\text{kg}$ zrýchlenie 1m/s^2 .
- odvodené jednotky: $1\text{kN} = 10^3\text{N}$, $1\text{MN} = 10^6\text{N}$

1.2.6 Práca a výkon sily

- práca vykonaná silou F je: $A = Fs$
- jednotkou mechanickej práce je 1Joule , značka $[J]$
- prácu rovnú $1J$ vykoná sila veľkosti 1N na dráhe 1m ($1J = 1\text{Nm}$)



obr. 1.11

- výkon sily je jej práca A vykonaná za určitý čas τ . $P = A/\tau [J/s]$

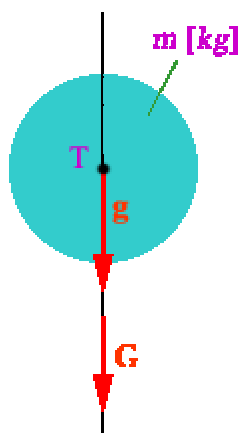
- jednotkou výkonu je 1 Watt, značka $[W]$

- výkon $1W$ predstavuje prácu $1J$ vykonanú za čas 1 sekundy

$$(1 J/s = 1 W)$$

1.2.7 Gravitačná (ťažová) sila

Na všetky hmotné telesá pôsobí ťažová sila úmerná jeho hmotnosti $m[\text{kg}]$ a ťažovému zrýchleniu $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.



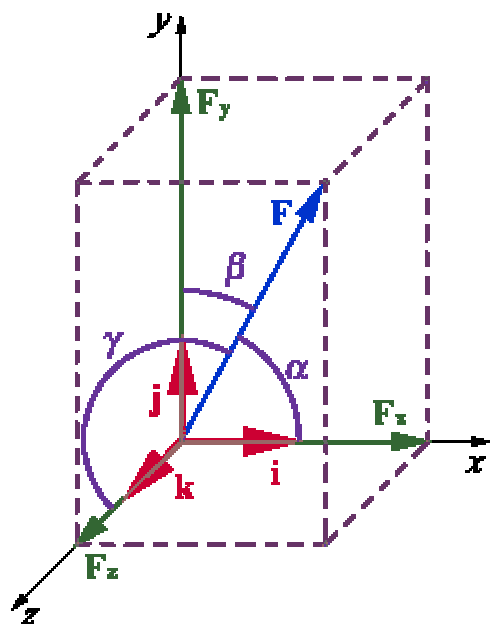
- veľkosť ťažovej sily je $G = m \cdot g [\text{N}]$, a jej výslednica, ktorá smeruje do stredu Zeme (zvislý smer) pôsobí v ťažisku telesa

- na 1 kg hmotnosti telesa pôsobí v gravitačnom poli Zeme ťažová sila $G = 9,81 \text{ N}$. V technických výpočtoch sa táto sila často zaokrúhľuje na $G = 10 \text{ N}$.

obr. 1.12

1.2.8 Zložky sily v kartézskom súradnicovom systéme

Silu ako vektor možno rozložiť na zložky v smere súradnicových osí:



obr. 1.13

- **v priestore:**

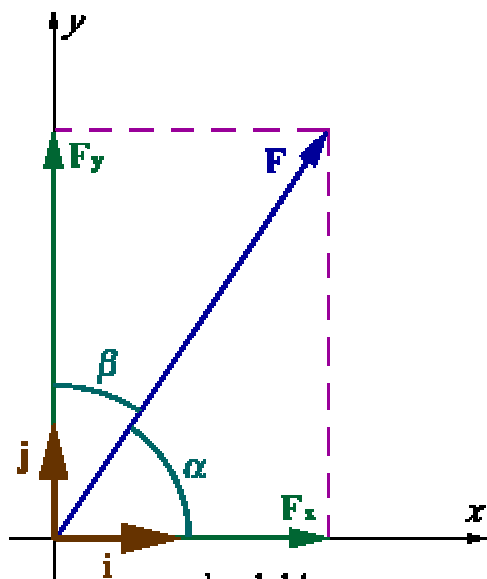
Potom: $\mathbf{F} = \mathbf{F}_x + \mathbf{F}_y + \mathbf{F}_z = \mathbf{i}F_x + \mathbf{j}F_y + \mathbf{k}F_z$

Smerové uhly sily: α, β, γ , pričom

$$\cos \alpha = \frac{F_x}{F}, \quad \cos \beta = \frac{F_y}{F}, \quad \cos \gamma = \frac{F_z}{F}$$

$$F^2 = F_x^2 + F_y^2 + F_z^2 \Leftrightarrow \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$



obr. 1.14

- *v rovine:*

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_x + \mathbf{F}_y = i F_x + j F_y$$

$$\cos \alpha = \frac{F_x}{F}, \quad \cos \beta = \frac{F_y}{F}, \quad \cos \gamma = 0$$

$$F^2 = F_x^2 + F_y^2 \Leftrightarrow \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta = 1$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

1.2.9 Účinky sily

Pôsobenie sily na tuhé hmotné teleso sa prejaví jeho premiestnením, ktoré možno rozdeliť na posunutie a natočenie. Ľubovoľná úsečka AB sa premiestni do polohy A'B', pričom $AB = A'B'$.

Sila teda má:

- *posuvný účinok* – $PÚ$
- *otáčavý účinok* – $OÚ$

$PÚ$ - je charakterizovaný veľkosťou sily: $PÚ \triangleq F$ a je ku každému bodu telesa rovnaký.

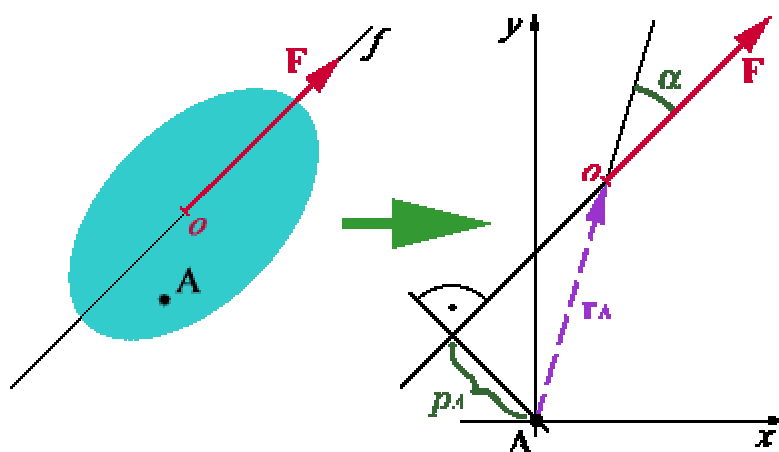
$OÚ$ - je charakterizovaný momentom sily:

Moment sily je vektorom, a jeho veľkosť $M = |\mathbf{M}|$ je k rôznym bodom telesa rôzna.

Úloha: Treba nájsť moment sily $\mathbf{F}$ k bodu A.

- Platí: $\mathbf{M}_A = \mathbf{r}_A \times \mathbf{F}$

- $\mathbf{r}_A$ je polohový vektor pôsobiska sily k počiatku súradnicového systému uloženému do bodu A.



obr. 1.15

1.2.10 Veľkosť momentu sily

$$M_A = r_A F \sin \alpha = F r_A \sin \alpha = F p_A \text{ [Nm]}$$

- jednotkou veľkosti momentu je 1 Nm (1 Newtonmeter).

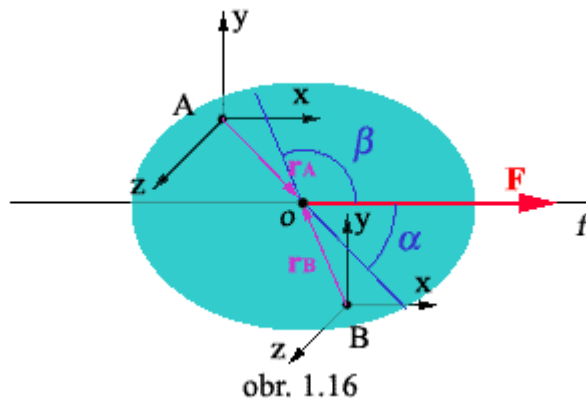
- veľkosť momentu sily k bodu je rovná súčinu veľkosti sily a ramena sily.
- kolmá vzdialenosť nositeľky sily od bodu A - p_A [m] sa nazýva *ramenom sily*.

1.2.11 Smer a orientácia momentu sily

- Moment sily k bodu telesa je vektor, ktorého nositeľka je kolmá na rovinu tvorenej nositeľkou sily a polohovým vektorom daného bodu.
- Jeho orientácia je daná jednotkovým vektorom $\mathbf{e}$, pre ktorého orientáciu platí pravidlo pravej ruky:

Moment sily je kladný, ak polohový vektor a sila tvoria pravotočivý systém (proti pohybu hodinových ručičiek). V opačnom prípade je moment sily k danému bodu záporný (v smere pohybu hodinových ručičiek).

Úloha: Stanovte smer a orientáciu momentu sily k bodom A a B.



obr. 1.16

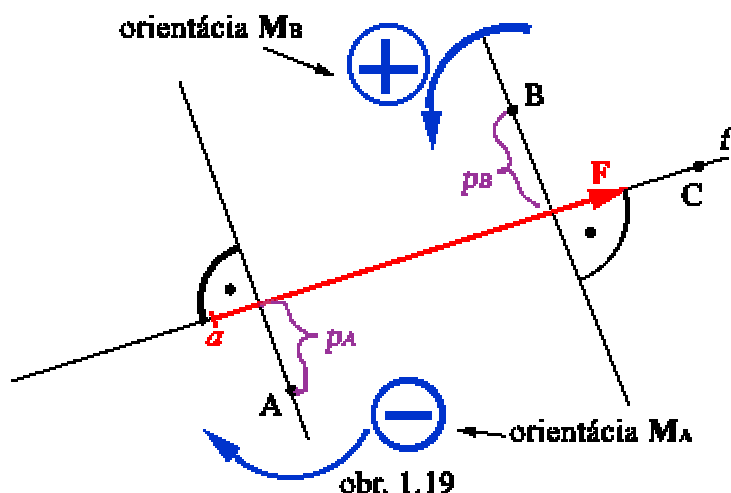
Moment sily k bodu A:

- posunutím vektora $\mathbf{r}_A$ do bodu o dostaneme pravotočivý systém dvoch vektorov.
- moment sily k bodu A je kladný.
- potom: $\mathbf{M}_A = \mathbf{r}_A \times \mathbf{F} = \mathbf{e}_A M_A$
- $\mathbf{e}_A$ je jednotkový vektor kolmý na rovinu tvorenú vektormi $\mathbf{r}_A$ a $\mathbf{F}$.
- $e_A = |\mathbf{e}_A| = 1$
- veľkosť momentu $M_A = + F r_A \sin \alpha$
- kladný moment má znamienko plus.

Moment sily k bodu B:

- posunutím vektora $\mathbf{r}_B$ do bodu o dostaneme ľavotočivý systém dvoch vektorov.
- moment sily k bodu B je záporný.
- potom: $\mathbf{M}_B = \mathbf{r}_B \times \mathbf{F} = \mathbf{e}_B M_B$
- $\mathbf{e}_B$ je jednotkový vektor kolmý na rovinu tvorenú vektormi $\mathbf{r}_B$ a $\mathbf{F}$.
- $e_B = |\mathbf{e}_B| = 1$
- veľkosť momentu $M_B = - F r_B \sin \beta$
- záporný moment má znamienko mínus.

Úloha: Určite veľkosť a znamienko momentov sily $\mathbf{F}$ k bodu A, B a C. Všetky body i sila ležia v jednej rovine (bod C leží na nositeľke sily).



Moment k bodu A

- točí na ramene sily p_A
v smere pohybu hod.ručičiek
- je záporný
- teda $M_A = -p_A F$

Moment k bodu B

- je kladný
- teda $M_B = p_B F$

Moment k bodu C

- je rovný nule
- t.j. $M_C = 0$ lebo $p_C = 0$

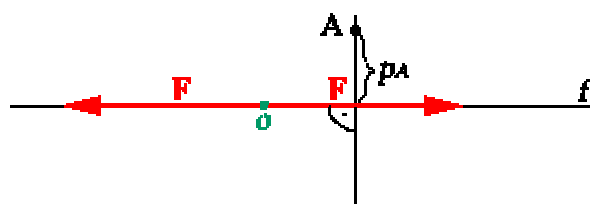
Všeobecne platí : Moment sily k ľubovoľnému bodu ležiacemu na jej nositeľke (tam leží aj pôsobisko sily) je rovný nule (má nulový otáčavý účinok). K týmto bodom má len posuvný účinok, ktorý je rovný veľkosti sily.

Úloha:

Určite silové účinky dvoch rovnako veľkých, ale opačne orientovaných síl ležiacich na spoločnej nositeľke.

PÚ: $\mathbf{F} - \mathbf{F} = \mathbf{0}$

OÚ: $Fp_A - Fp_A = 0$ - platí k ľubovoľnému bodu



obr. 1.20

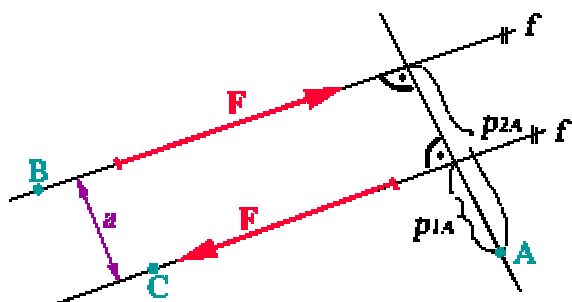
Záver: Dve rovnako veľké sily, ležiace na spoločnej nositeľke a opačne orientované majú nulový silový účinok.

Úloha:

Určite silové účinky dvoch rovnako veľkých opačne orientovaných síl ležiacich na paralelných nositeľkách, ktorých kolmá vzdialenosť je a .

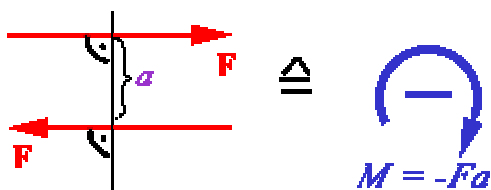
PÚ: $\mathbf{F} - \mathbf{F} = \mathbf{0}$

OÚ: $M_A = Fp_{1A} - Fp_{2A} = F(p_{1A} - p_{2A}) = -Fa$
 $M_B = -Fa = M_C = M_A$

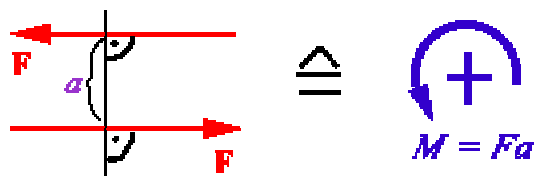


obr. 1.21

Záver: Posuvný účinok je nulový, otáčavý účinok je rovný súčinu veľkosti sily F a ich kolmej vzdialenosti a , pričom je ku všetkým bodom telesa rovnaký. Orientácia momentu je závislá na orientácii dvojice síl:



obr. 1.22

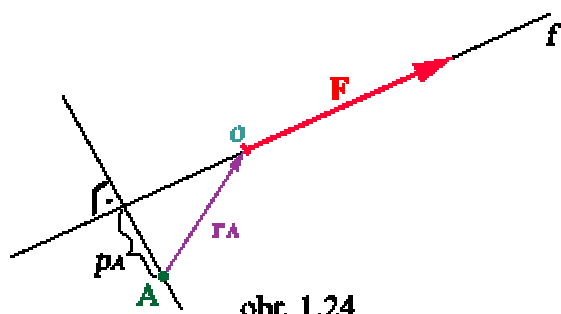


obr. 1.23

1.2.12 Transformácia sily

Transformáciou sily nahrádzame transformovanú silu inou silou. Ak nová sila má rovnaké účinky ako sila pôvodná, potom takáto náhrada je *ekvivalentnou transformáciou sily*.

Úloha: Vykonajte ekvivalentnú transformáciu sily $\mathbf{F}$ tak, aby jej nové pôsobisko bolo v bode A .

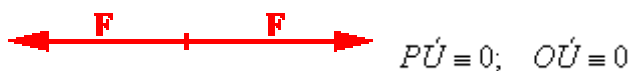


obr. 1.24

Účinky sily $\mathbf{F}$:

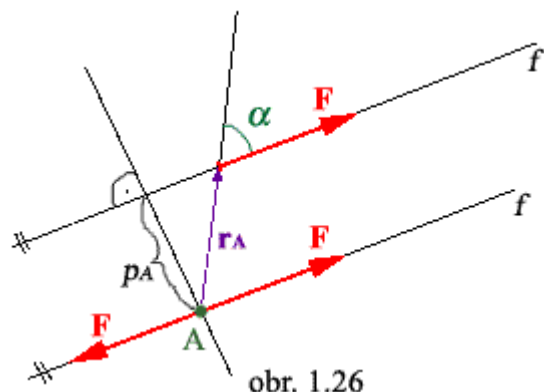
- posuvný účinok ($PÚ$): je rovný sile F
- otáčavý účinok ($OÚ$): $M_A = -p_A F$
- $PÚ$ aj $OÚ$ majú byť zachované aj po transformácii

Transformáciu možno vykonať pripojením silovej dvojice s nulovými účinkami do bodu A : dve rovnako veľké sily $\mathbf{F}$ ležiace na spoločnej nositeľke, ale opačne orientované.

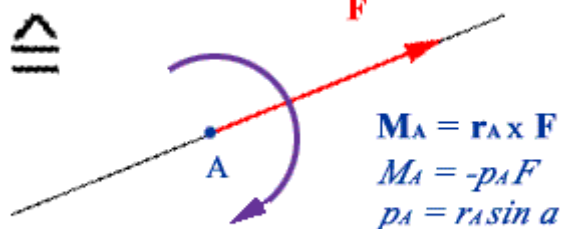


obr. 1.25

Čiže :



obr. 1.26



obr. 1.27

Posuvný účinok všetkých troch síl: $P\dot{U} \equiv F$

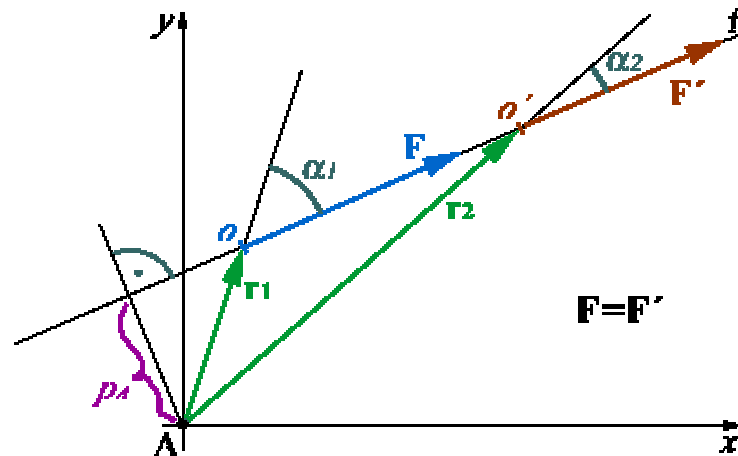
Otáčavý účinok všetkých troch síl: $O\dot{U} \equiv -p_A F$

Záver : Silu F možno ekvivalentne transformovať do iného pôsobiska tak, že do daného bodu vložíme rovnakú silu F a moment $M_A = r_A \times F$.

1.2.13 Posunutie sily po nositeľke

Je to špeciálna transformácia sily. Posunutím sily po jej nositeľke sa jej silové účinky nezmenia.

Dôkaz :



obr. 1.28

$$P\dot{U}: \mathbf{F} = \mathbf{F}'$$

$$O\dot{U}: \mathbf{M}_1 = \mathbf{r}_1 \times \mathbf{F} \Rightarrow M_1 = r_1 \cdot \cos \alpha_1 \cdot F = p_A F$$

$$\mathbf{M}_2 = \mathbf{r}_2 \times \mathbf{F}' \Rightarrow M_2 = r_2 \cdot \cos \alpha_2 \cdot F' = p_A F' = p_A F$$

$$M_1 = M_2$$

Posunutím sily po jej nositeľke sa jej statické účinky nemenia. Pozor: deformačné účinky sily sa zmenia, t.j., deformácia poddajného telesa je závislá aj na pôsobisku sily.

1.2.14 Rozdelenie síl

Sily delíme:

I. podľa charakteru

- a. **vonkajšie** (vyjadrujú účinok okolitých telies a prostredia na vyšetrované teleso)
 - i. **zatťažujúce** (akcie)
 - ii. **väzbové reakcie** (závislé od akčných síl)
- b. **vnútorné** (vyjadrujú účinok jednej časti telesa na druhú. Vznikajú vo vnútri telesa ako odozva na *vonkajšie sily*. Ak vnútorné sily prekročia určitú hranicu, dôjde k veľkým deformáciám alebo ku porušeniu telesa.)

II. podľa rozloženia

- a. **sústredené** (sila $F[N]$ alebo moment sily $M[Nm]$), sú sústredené do jedného bodu - pôsobiska
- b. **spojitorozložené** (V statike sa väčšinou ekvivalentne nahrádzujú sústredenými silami.)
 - i. **plošné** (napr. tlak $p [N/m^2]$)
 - ii. **objemové** (napr. vlastná tiaž $\gamma [N/m^3]$)
 - iii. **čiarové** (napr. vlastná tiaž na jednotku dĺžky telesa $q [N/m]$.)

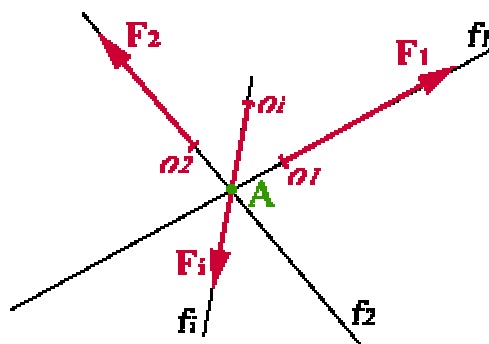
1.3 SILOVÁ SÚSTAVA

1.3.1 Rozdelenie silových sústav

Dve a viacero síl pôsobiacich na teleso sa nazýva silová sústava. Silové sústavy sa delia:

I. podľa rozloženia

- a. **centrálne** -nositeľky všetkých síl sa pretínajú v jednom bode (obr. 1.29)



obr. 1.29

- b. **všeobecne rozptýlené** -nositeľky síl sa vzájomne pretínajú v rôznych bodoch

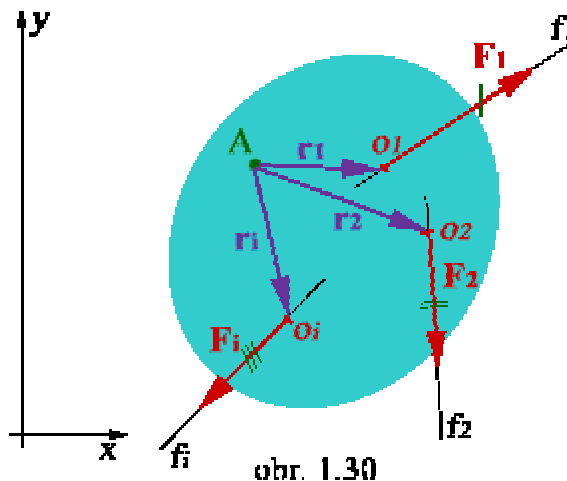
II. podľa rozmiestnenia v priestore

- a. **rovinné** -nositeľky všetkých síl ležia v jednej rovine
- b. **priestorové** -nositeľky síl sú rozložené v priestore

Priestorovú silovú sústavu možno transformovať na tri rovinné sústavy ležiace v rovinách kartezského súradnicového systému. Ďalej sa preto vo väčšine prípadov budeme zaoberať rovinnými sústavami síl.

1.3.2 Účinky silovej sústavy (SS)

Silová sústava má posuvný a otáčavý účinok. Majme sily $F_1, F_2, \dots, F_i$ ležiace v jednej rovine.



obr. 1.30

Posuvný účinok SS

- je daný súhrnom posuvných účinkov jednotlivých síl:

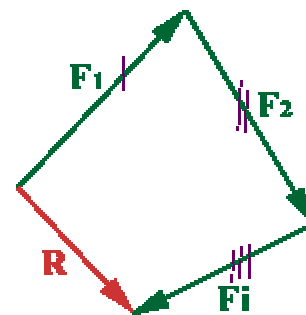
$$R = |\mathbf{R}|; \quad \mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_i = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i$$

Výslednica všetkých síl $\mathbf{R}$ silový (vektorový) obrazec uzatvára.

Platí:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad - \text{veľkosť výslednice síl}$$

$$R_x = \sum_{i=1}^n F_{x_i}; \quad R_y = \sum_{i=1}^n F_{y_i} \quad - \text{zložky výslednice síl}$$



obr. 1.31

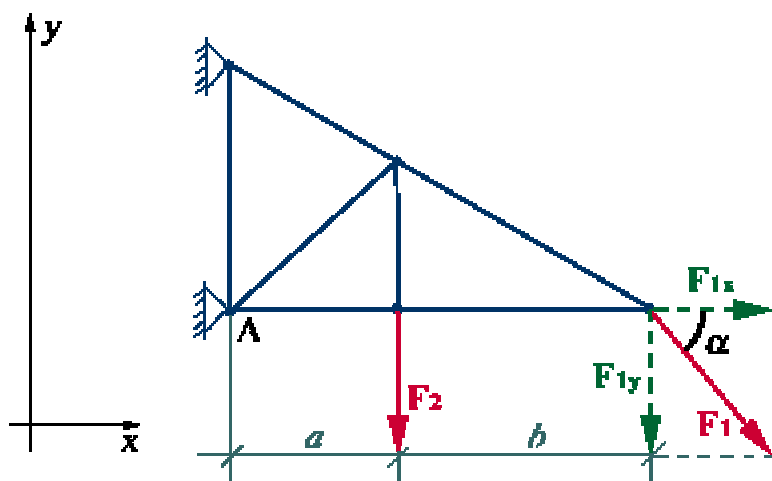
Otáčavý účinok SS

- k bodu telesa je daný súhrnom otáčavých účinkov (momentov) jednotlivých síl:

$$\mathbf{M}_A = \sum \mathbf{M}_{iA} = \mathbf{r}_1 \times \mathbf{F}_1 + \mathbf{r}_2 \times \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i$$

Vektor výsledného momentu rovinatej silovej sústavy je kolmý na rovinu silovej sústavy a jeho veľkosť je k rôznym bodom rovinného telesa rôzna. Jeho orientácia je závislá na orientácii a veľkosti momentov jednotlivých síl.

Úloha: Vyjadrite posuvný a otáčavý účinok síl $\mathbf{F}_1$ a $\mathbf{F}_2$ k bodu A.



obr. 1.32

PÚ:

- ku všetkým bodom ramena
stožiaru

je rovnaký

$$R = |\mathbf{R}|; \quad \mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

$$R_x = \sum F_{ix} = F_{1x}$$

$$R_y = \sum F_{iy} = -F_{1y} - F_2$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$F_{1x} = |\mathbf{F}_{1x}|; \quad F_{1y} = |\mathbf{F}_{1y}|$$

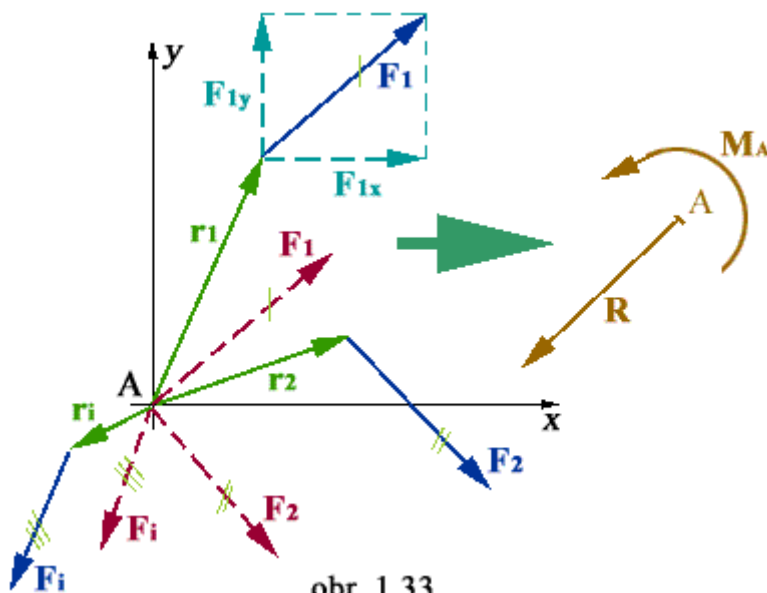
oÚ:

$$M_A = -F_{1x} \cdot 0 - F_{1y}(a+b) - F_2 a$$

$$M_A = -F_{1y}(a+b) - F_2 a$$

1.3.3 Transformácia SS do bodu

Treba ekvivalentne transformovať silovú sústavu $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_i$ do bodu A. Postupnou transformáciou jednotlivých síl a ich momentov do bodu A a ich následným vektorovým súčtom dostaneme výslednú silu $\mathbf{R}$ a výsledný moment $\mathbf{M}_A$.



obr. 1.33

PÚ:

$$R = |\mathbf{R}|; \quad \mathbf{R} = \sum_i \mathbf{F}_i$$

$$R_x = \sum_i F_{ix}; \quad R_y = \sum_i F_{iy}$$

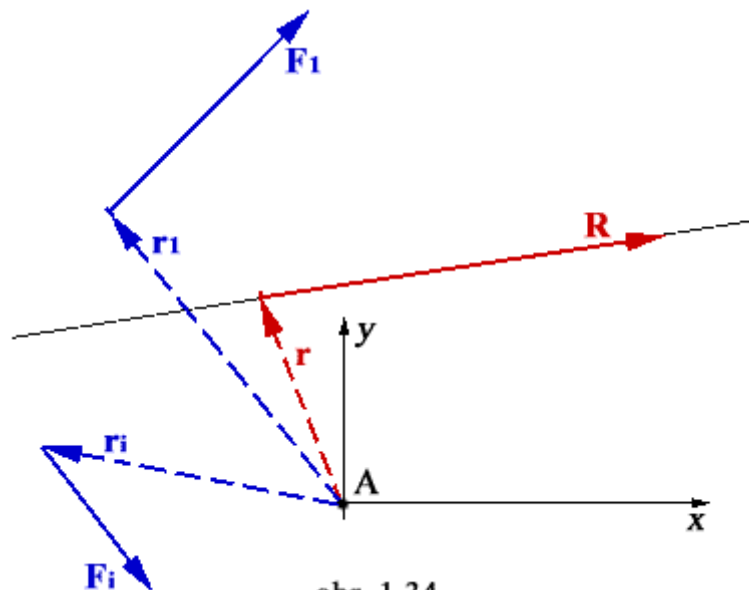
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

oÚ:

$$\mathbf{M}_A = \sum_i \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i$$

1.3.4 Výslednica silovej sústavy, rovnice ekvivalencie

Výslednicu silovej sústavy dostaneme ekvivalentnou transformáciou všetkých síl do bodu, ku ktorému má silová sústava nulový otáčavý účinok. Silovú sústavu teda nahradíme len jednou silou - *výslednicou silovej sústavy* $\mathbf{R}$. Pri hľadaní výslednice SS treba určiť jej *veľkosť, smer i orientáciu* ako aj jej *pôsobisko*. Slúžia nám na to *rovnice ekvivalencie*, ktoré možno slovne vyjadriť aj takto:



Posuvný a otáčavý účinok SS k ľubovoľnému bodu A musí byť rovnaký ako je posuvný a otáčavý účinok výslednice **R** k tomu istému bodu.

Vektorový tvar rovníc ekvivalencie:

posuvný účinok

$$\mathbf{R} = \sum \mathbf{F}_i$$

otáčavý účinok

$$\mathbf{M}_{\mathbf{RA}} = \sum \mathbf{M}_{\mathbf{IA}}$$

$$\mathbf{r} \times \mathbf{R} = \sum_i \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i$$

Skalárny tvar rovníc ekvivalencie:

priestorová SS

$$\begin{cases} R_x = \sum F_{ix} \\ R_y = \sum F_{iy} \\ R_z = \sum F_{iz} \end{cases} \rightarrow R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} \rightarrow \text{veľkosť } \mathbf{R}$$

$$\begin{cases} M_{Rx} = \sum M_{ix} \\ M_{Ry} = \sum M_{iy} \\ M_{Rz} = \sum M_{iz} \end{cases} \rightarrow \text{poloha } \mathbf{R}$$

rovinná SS

$$\begin{cases} R_x = \sum F_{ix} \\ R_y = \sum F_{iy} \end{cases} \rightarrow R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$M_{Rz} = \sum M_{iz}$$

1.3.5 Rovnovážna silová sústava, statické podmienky rovnováhy

Silová sústava je v statickej rovnováhe, ak jej posuvný a otáčavý účinok je rovný nule. Takáto sústava síl sa nazýva *rovnovážna silová sústava*. Ak na teleso (hmotný bod) pôsobí rovnovážna silová sústava, teleso (hmotný bod) sa nachádza v statickej rovnováhe. Statickú rovnováhu možno popísať *statickými podmienkami rovnováhy*, ktoré sú vyjadrením nulovosti posuvného a otáčavého účinku silovej sústavy so silami $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_i$. Poznáme ich vektorový a skalárny tvar:

Vektorové rovnice rovnováhy SS:

$\mathbf{R} = \sum \mathbf{F}_i = \mathbf{0} \Rightarrow$ výslednica síl je rovná nule (silová rovnica rovnováhy)

$\mathbf{M} = \sum \mathbf{r}_i \times \mathbf{F}_i = \mathbf{0} \Rightarrow$ otáčavý účinok síl je rovný nule (momentová rovnica rovnováhy)

Skalárne (zložkové) rovnice rovnováhy SS:

Silové rovnice rovnováhy: $\sum F_{ix} = 0; \sum F_{iy} = 0; \sum F_{iz} = 0$

Momentové rovnice rovnováhy: $\sum M_{ix} = 0; \sum M_{iy} = 0; \sum M_{iz} = 0$

Rovnovážna priestorová silová sústava musí spĺňať súčasne tri silové a tri momentové podmienky rovnováhy ku zvolenému SS. V silových rovniciach rovnováhy sa sčítavajú zložky síl F_i v smere súradnicovej osi x, resp. y, resp. z. V momentových rovniciach rovnováhy sa sčítavajú zložky momentov síl točiacich okolo súradnicových osí x, resp. y, resp. z.

Ak silová sústava spĺňa statické podmienky k jednému (ľubovoľne zvolenému) súradnicovému systému, potom ich spĺňa ku všetkým ostatným súradnicovým systémom.

Rovnovážna rovinná silová sústava musí spĺňať tri statické podmienky rovnováhy:

Silové rovnice rovnováhy: $\sum F_{ix} = 0; \sum F_{iy} = 0$

Momentová podmienka rovnováhy: $\sum M_{iz} = 0$

Rovnováha dvoch síl:

Dve sily sú v statickej rovnováhe, keď sú rovnako veľké, ležia na spoločnej nositeľke a sú opačne orientované.

Rovnováha troch a viacerých síl centrálnej SS:

Centrálna silová sústava je v rovnováhe, keď jej výslednica je rovná nule (nutnou i postačujúcou podmienkou je splnenie silových rovníc rovnováhy).

Rovnováha troch a viacerých síl všeobecne rozptýlenej SS:

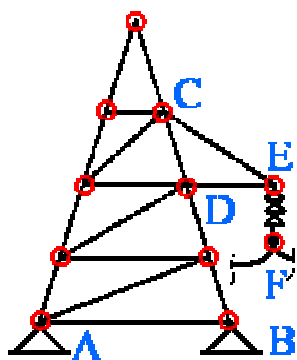
Všeobecne rozptýlená rovnovážna silová sústava musí spĺňať všetky silové i momentové podmienky rovnováhy.

Nulovosť výslednice je len nutnou podmienkou statickej rovnováhy všeobecnej silovej sústavy. Typickým príkladom nerovnovážnej silovej sústavy s nulovou výslednicou sú dve rovnako veľké, opačne orientované sily, ležiace na paralelných nositeľkách (silová dvojica). Táto silová dvojica nespĺňa momentové podmienky rovnováhy. V priebehu ďalších kapitol budeme používať pri hľadaní rovnovážnych stavov takmer výlučne *statické podmienky rovnováhy v skalárnom tvare*.

1.4 VÄZBY

1.4.1 Väzby a väzbové reakcie

Objekty (telesá, hmotné body) sa spájajú navzájom *väzbami*. V týchto väzbách vznikajú sily a momenty síl - *väzbové reakcie*. Ak mechanickú sústavu (sústavu telies, bodov) tvorí niekoľko objektov, potom sú medzi nimi tzv. *vnútorné väzby*, a reakcie v nich sú *vnútorné reakcie*. Väzby, ktorými sa upevňuje sústava k nepohyblivému telesu - tzv. *rámu*, sú *vonkajšie väzby*, a reakcie v nich sú *vonkajšie väzbové reakcie*.

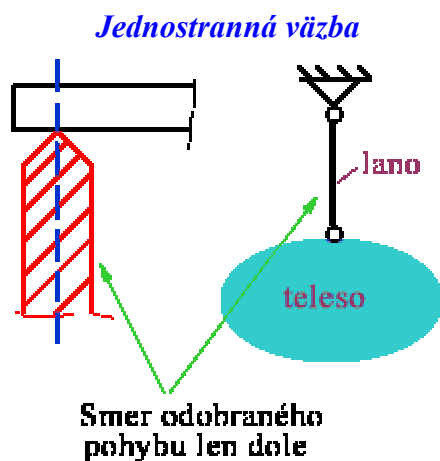


obr. 1.35

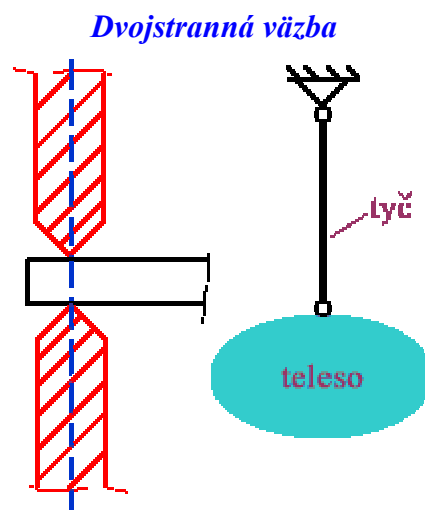
Napr.:

- v bodoch A a B sú väzby vonkajšie (pripevnenie stožiaru o betónový základ)
- v bodoch C, D, E, F, ... sú väzby vnútorné (medzi vodičmi a izolátorom, izolátorom a ramenom stožiaru, medzi prútmi prútovej konštrukcie stožiaru)

V smere väzbovej reakcie sa odoberá objektu možnosť pohybu (posuv, resp. natočenie). Ak väzba odoberá možnosť pohybu len na jednu stranu, hovoríme o *jednostrannej väzbe*. Ak sa odoberá v danom smere možnosť pohybu na obidve strany, ide o *väzbu dvojstrannú*.



obr. 1.36



obr. 1.37

Veľkosť a orientácia väzbových reakcií závisí od akcii - vonkajšej silovej sústavy. Väzbové reakcie sa vo väzbách usporiadajú tak, že spolu s akciami tvoria rovnovážnu silovú sústavu. Veľkosť a orientáciu väzbových reakcií možno u tzv. staticky určitých uloženiach určiť zo statických podmienok rovnováhy. Problematikou väzieb a väzbových reakcií sa podrobnejšie zaoberá Kapitola 2 tejto učebnice.