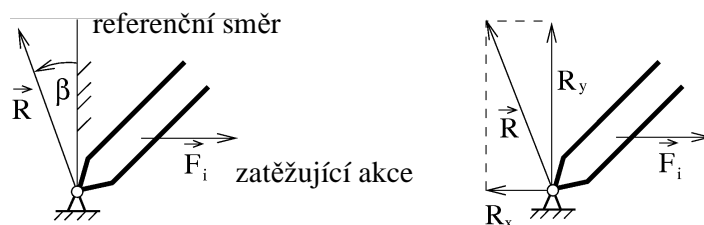


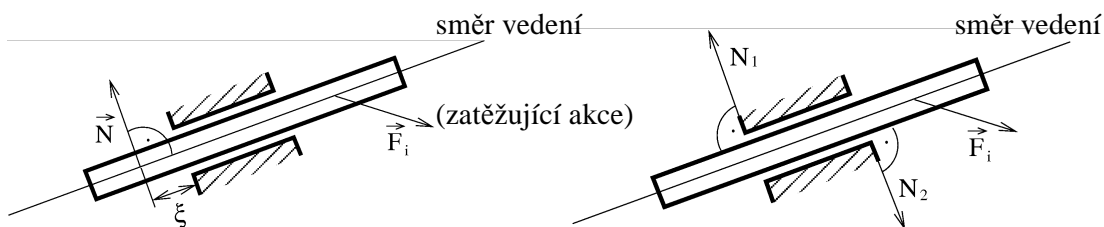
4) Popište druhy vazeb těles v rovině, reakce, jež přenášejí v ideálním případě a třecí účinky v reálném případě.

Těleso v rovině může být ke svému okolí vázáno čtyřmi druhy vazeb: rotační, posuvná, valivá, z nichž každá odebírá po dvou stupních volnosti (tzv. nižší kinematické dvojice) a obecná, odebírající jeden stupeň volnosti (tzv. vyšší kinematická dvojice). Počet odebraných stupňů volnosti koresponduje s počtem neznámých, kterými jsou popsány vazbou přenášené reakce v ideálním případě.

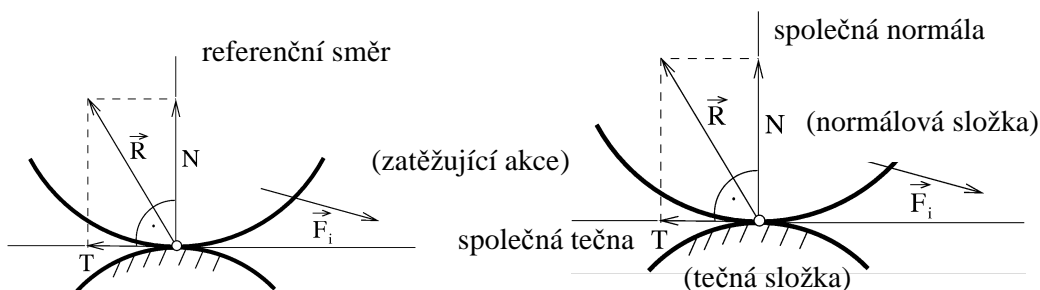
- a) Rotační vazba – reakce  $\vec{R}$  prochází jejím středem a neznáme ani její velikost  $R$ , ani směrový úhel  $\beta$  (ony dvě neznámé odpovídající dvěma odebraným stupňům volnosti). Reakci  $\vec{R}$  je možné rozložit do dvou známých směrů (např. vodorovný a svislý směr). Pak neznámé jsou pouze velikosti (včetně znamének)  $R_x$ ,  $R_y$ .



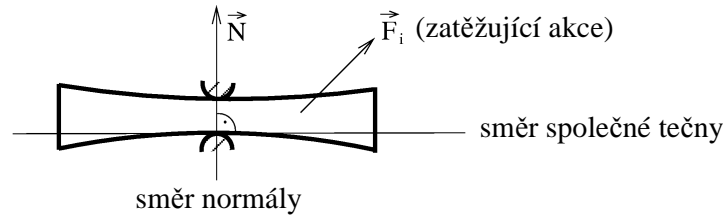
- b) Posuvná vazba – reakce  $\vec{N}$  je kolmá na (přímé) vedení a neznáme ani její velikost  $N$ , ani její konkrétní nositelku určenou např. délkovým parametrem  $\xi$  (ony dvě neznámé odpovídají odebraným dvěma stupňům volnosti). Reakci  $\vec{N}$  je možné rozložit do rovnoběžných nositelek označujících „konce“ vedení. Neznámé jsou pak pouze velikosti (včetně znamének)  $N_1$  a  $N_2$ .



- c) Valivá vazba – reakce  $\vec{R}$  prochází bodem dotyku valicích se křivkou. Situace je analogická k vazbě rotační. Při rozkladu na dva vhodné směry se tyto obvykle berou jako směry společné tečny a normály k valicím se křivkám

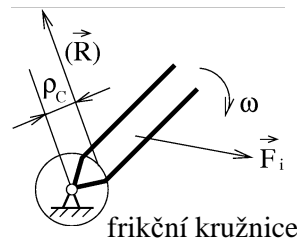
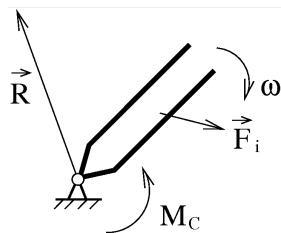


- d) Obecná vazba – reakce  $\vec{N}$  prochází bodem dotyku křivek realizujících podpěru a má směr společné normály. Neznámá je pouze její velikost  $N$  (včetně znaménka) odpovídající jedinému stupni volnosti touto vazbou odebranému.

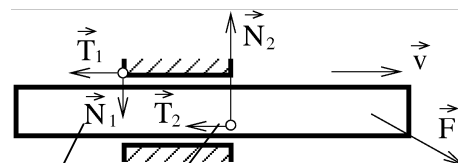
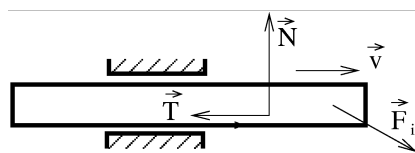


Třecí účinek je účelné zavádět pouze pokud se dané těleso má možnost pohybovat. Tento účinek vždy míří proti pohybu (u soustav proti relativnímu pohybu zkoumaného tělesa vůči okolním). Proto vždy zavádíme smysl pohybu symbolem vektoru rychlosti  $\vec{v}$  (úhlové rychlosti  $\vec{\omega}$ ).

- a) Rotační vazba – třecím účinkem je moment čepového tření  $\vec{M}_c$  velikosti  $M_c = \rho_c R$  (kolmý na příslušnou rovinu).  $R$  je velikost reakce přenášené vazbou a  $\rho_c$  tzv. třecí poloměr. Platí pro něj  $\rho_c = f_c r_c$ , kde  $f_c$  je koeficient tření při styku ploch v čepu a  $r_c$  je poloměr čepu. Reakci  $\vec{R}$  s momentem čepového tření lze složit v reakci posunutou ( $\vec{R}$ ) o třecí poloměr  $\rho_c$ . Výsledný účinek ( $\vec{R}$ ) je pak tečný k tzv. frikční kružnici poloměru  $\rho_c$  se středem ve středu rotační vazby. Ze „které strany“ se tečna vede závisí na zatížení tělesa akcemi a na smyslu pohybu. Pokud není na první pohled jasné kam reakce  $\vec{R}$  míří (smysl síly) je potřeba úlohu nejprve vyřešit bez tření.



- b) Posuvná vazba – třecím účinkem je třecí síla ve směru (přímého) vedení  $\vec{T}$  o velikosti  $fN$ , kde  $\vec{N}$  je reakce přenášená vazbou a  $f$  třecí součinitel. Pokud reakci  $\vec{N}$  rozkládáme „do konců vedení“ na  $\vec{N}_1 + \vec{N}_2$ , přísluší každé reakci třecí síla velikosti  $T_i = f N_i$  ( $i = 1, 2$ ). Pokud mezera, jíž tvoří vedení, je konečné šířky, je třeba určit, ve kterých bodech dojde k dotyku s tělesem a tam umístit nositelky třecích sil. To se nejlépe stanoví vyřešením úlohy bez tření.

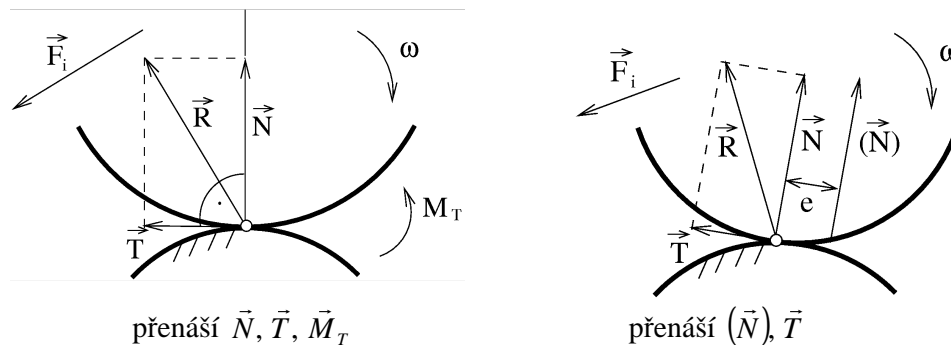


body dotyku

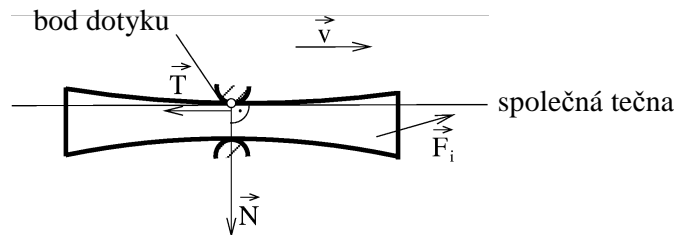
**Poznámka:** Normálovou reakci  $\vec{N}$  (reakce  $\vec{N}_1$  a  $\vec{N}_2$ ) lze s třecí silou  $\vec{T}$  (třecími silami  $\vec{T}_1$  a  $\vec{T}_2$ ) sečíst ve výslednou sílu  $\vec{R}$  (síly  $\vec{R}_1$  a  $\vec{R}_2$ ), která je odkloněna proti smyslu pohybu o tzv. třecí úhel  $\varphi$ , pro který platí  $\operatorname{tg} \varphi = f$ .

- c) Valivá vazba – třecím účinkem je dvojice o momentu  $\vec{M}_T$  velikosti  $M_T = eN$  (kolmý na příslušnou rovinu).  $N$  je normálová složka reakce přenášená vazbou a  $e$  tzv. rameno valivého odporu. Reakci  $\vec{N}$  lze s momentem  $\vec{M}_T$  složit v reakci posunutou ( $\vec{N}$ ) o rameno valivého odporu  $e$ . Protože valivá vazba je vždy vazbou jednostrannou, musí reakce  $\vec{N}$  mířit „od okolního tělesa k tělesu zkoumanému“ (viz obrázek). Složení  $\vec{N}$  „+“  $\vec{M}_T$  vykazují proto předsunutí reakce ( $\vec{N}$ ) **ve směru pohybu**.

**Pozor!**  $\vec{T}$  zde není třecí síla, nýbrž tečná složka (ideální) reakce.



- d) Obecná vazba – třecím účinkem je třecí síla  $\vec{T}$  ve směru tečny ke křivkám realizujícím podpěru o velikosti  $fN$  na nositelce procházející bodem dotyku tělesa s podpěrou.  $N$  je velikost ideální přenášené reakce a  $f$  třecí součinitel. Pokud mezera realizovaná oboustrannou podpěrou je konečné šířky, je třeba řešením úlohy bez tření určit, ve které části podpěry dojde k dotyku s tělesem a tam vést nositelku třecí síly.



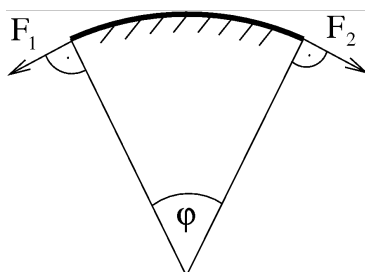
**Poznámka:** Sečteme-li  $\vec{N} + \vec{T} = \vec{R}$  dostaneme výslednou reálnou reakci, odkloněnou od normály proti smyslu pohybu o třecí úhel  $\varphi$ , pro který jest  $\operatorname{tg} \varphi = f$ .

**Poznámka:** Mezi třecí účinky počítáme rovněž tření vláken pohybujících se po oblouku křivky. Úhel krajních normál křivky při dotyku s vláknem označujeme  $\varphi[\text{rad}]$  a nazýváme jej úhel opásání. Koeficient smykového tření mezi křivkou a vláknem necht' je  $f$ . Potom platí

$$F_2 = F_1 e^{f\varphi}$$

pro případ pohybu „ve směru síly  $F_2$ “. Při pohybu v opačném směru je

$$F_1 = F_2 e^{f\varphi}$$



**Pozor!** Úhel opásání dosazujeme v radiánech. Např. pro přímý úhel dosazujeme  $\varphi = \pi \doteq 3,1415926$ . Základ přirozených logaritmů (Eulerovo číslo)  $e \doteq 2,7182818283$ .