



Technická a stavební mechanika

Základní druhy tření

Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.

Podpora praktických kompetencí projekční činnosti v regionálním rozvoji
(Registrační číslo **CZ.1.07/2.2.00/28.0303**.)
za přispění finančních prostředků EU a státního rozpočtu České republiky.



european
social fund in the
czech republic



EUROPEAN UNION



MINISTRY OF EDUCATION,
YOUTH AND SPORTS

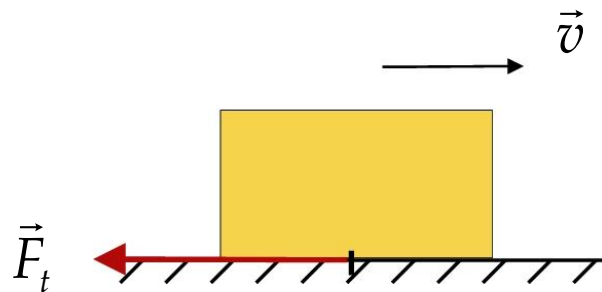


OP Education
for Competitiveness

INVESTMENTS IN EDUCATION DEVELOPMENT

Tření

- Jestliže je těleso v přímém styku s jiným tělesem a pohybuje se tak, že se posouvá neboli smýká či otáčí po povrchu tohoto tělesa, vzniká na styčné ploše obou těles třecí síla F_t , která směřuje vždy proti směru rychlosti tělesa.



Smykové tření

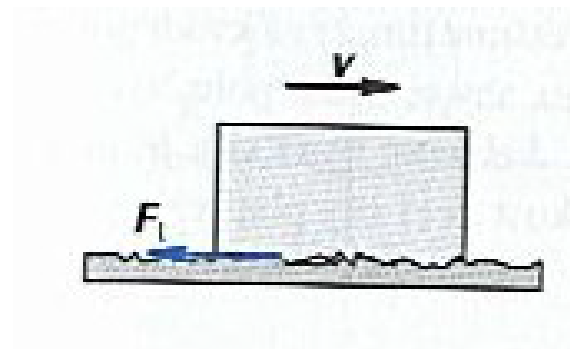
- Je fyzikální jev, jehož původ je především v nerovnostech stykových ploch těles. Při posouvání jednoho tělesa po povrchu druhého tělesa nerovnosti obou ploch na sebe narážejí, deformují se a obrušují.
- Vzniká třecí síla F_t , jejíž působiště je na stykové ploše obou těles. Nikdy nemůže být tato síla nulová, i když jsou třecí plochy hladké.
- Příklad z praxe – traktor táhnoucí pluh po poli

Vlastnosti třecí síly

- Velikost třecí síly nezávisí:
 - na velikosti stykových ploch,
 - na hmotnosti tělesa.
 - na rychlosti tělesa (při malých rychlostech).
Bude-li rychlost tělesa velká třecí síla se zmenšuje.
- Velikost třecí síly závisí:
 - na „drsnosti“ ploch - je vyjádřena koeficientem smykového tření f .

Koeficient smykového tření f

- Závisí na:
 - druhu materiálu,
 - stavu styčných ploch (drsne x hladké).



Třecí síla

- obecně nezávisí na hmotnosti F_t ,
- závisí na síle, kterou je těleso přitlačené k podložce = normálová síla N , je k podložce vždy kolmá (normála je kolmice k dané rovině).
- **Tření je úměrné kolmé síle, která se nazývá normálová síla $F_n = N$.**

Třecí síla

$$F_t = f \cdot F_n$$

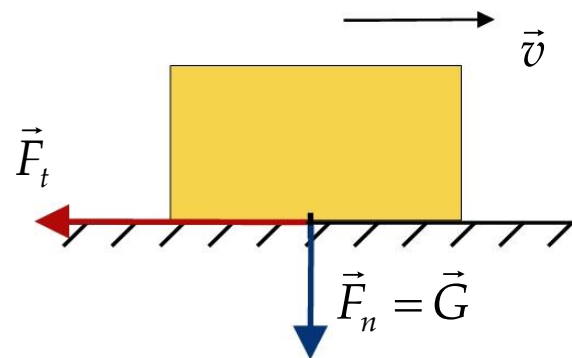
kde

f ...je součinitel (koeficient) smykového tření, je bezrozměrná veličina, závisí na jakosti styčných ploch.

F_n ...je normálová síla

$$F_n = G = mg$$

$$F_t = f \cdot mg$$



součinitel smykového tření je poměr třecí a normálové síly.

$$f = \frac{F_t}{F_n}$$

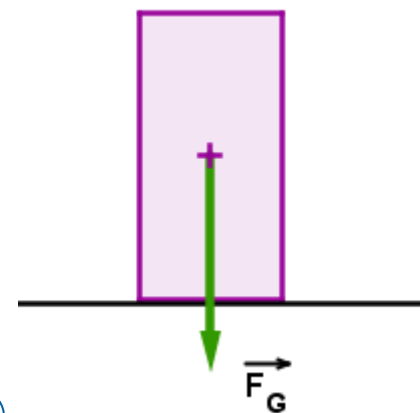
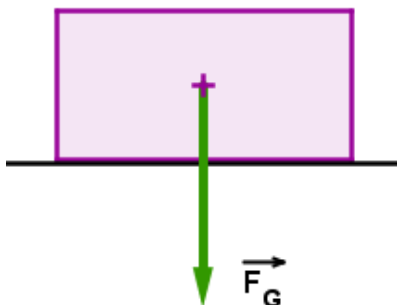
Hodnota součinitele smykového tření

- určuje se měřením a je uvedena ve fyzikálních tabulkách.
- liší se pro různé látky i různé druhy styčných ploch, např. drsných, hladkých a namazaných.

Materiál	f	Materiál	f
Dřevo – dřevo (suché)	0,40	Kov – kov (olej)	0,05
Dřevo – dřevo (namydlené)	0,20	Velmi dobře vyleštěné plochy	0,03
Kov – dubové dřevo (suché)	0,55	Ocel – achát (suché)	0,20
Kov – dubové dřevo (mokrý)	0,25	Ocel – achát (olej)	0,11
Kůže – dub	0,32	Ocel – křemen (suché)	0,50
Kůže – kov (suché)	0,56	Pneumatika – beton (suché)	0,70
Kůže – kov (mokrý)	0,36	Pneumatika – beton (mokrý)	0,25
Kůže – kov (olej)	0,15	Dřevo – kámen	0,40
Kov – kov (suché)	0,17	Teflon – teflon	0,07
Kov – kov (mokrý)	0,30	Nylon – nylon	0,25

Velikost třecí síly nezávisí na ploše

- Pro velikost tíhové síly platí $F_G = m \cdot g$
- velikost tíhové síly F_G , i normálové („přítlačné“) síly v tomto případě je stejná,
- Normálová síla je tak v obou případech stejná a tím je potom stejná i třecí síla.

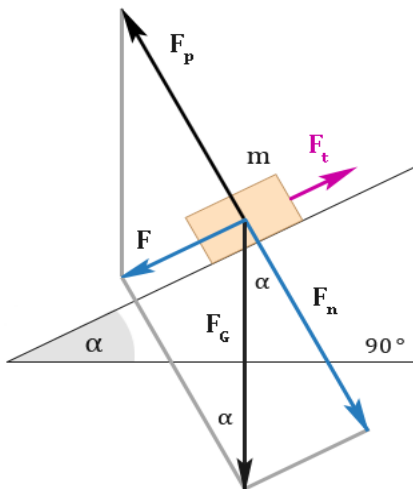


Součinitel smykového tření

- Rozlišujeme statické tření (působí při přechodu z klidu do pohybu) a dynamické tření (při pohybu). Z experimentů vychází, že statické tření je větší než dynamické přibližně o 20 až 30 %.
- Součinitel smykového tření v klidu (statického tření) f_0 je tedy větší než koeficient smykového tření dynamického (v pohybu) f
$$f_0 > f$$
- k „odlepení“ tělesa je tedy nutno použít viditelně větší sílu, než je síla potřebná k tomu, abychom těleso táhli rovnoměrným pohybem po podložce. $F_t = f_0 \cdot F_n$
- Molekuly mezi tělesem a podložkou se k sobě v klidu silněji vážou.

Tření smykové na nakloněné rovině

F_G je tíhová síla, kterou Země přitahuje těleso,
 F_p je síla podložky; síla, kterou podložka tlačí
 zesponu na těleso

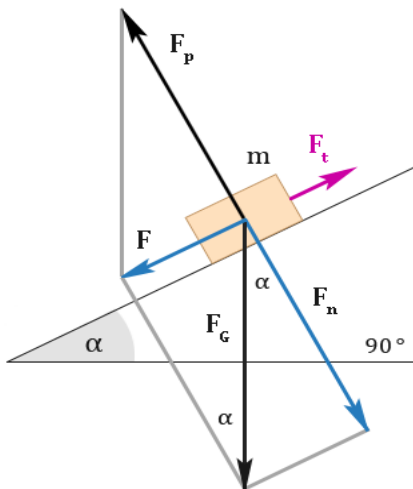


Tíhovou sílu lze rozložit na dvě složky

- sílu normálovou F_n ,
- sílu, která táhne těleso po nakloněné dolů F
- F_t je třecí síla působící proti pohybu

Tření smykové na nakloněné rovině

- Tíhovou sílu jsme rozložili na dvě síly – normálovou a tažnou. Pohybový účinek normálové síly se vyruší s pohybovým účinkem síly podložky. Zbývá nám tedy síla tažná a třecí, které působí proti sobě. Pro výslednici tedy můžeme napsat: Síla třecí je totiž normálová síla vynásobená koeficientem smykového tření, tedy:



$$F_v = F - F_t$$

$$F_v = F - F_t = ma$$

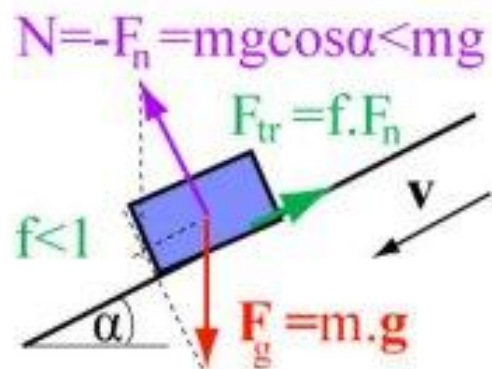
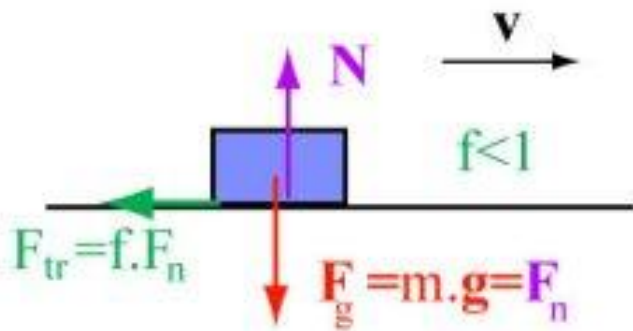
$$a = \frac{F - F_t}{m}$$

$$\sin \alpha = \frac{F}{F_G} = \frac{F}{mg} \Rightarrow F = mgs \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{F_n}{F_G} = \frac{F_n}{mg} \Rightarrow F_n = mg \cos \alpha$$

$$F_t = f \cdot F_n = f \cdot mg \cdot \cos \alpha$$

Smykové tření - opakování



Valivé tření

- Valivé tření vzniká vždy, když se pevné těleso kruhového průřezu valí po pevné podložce.
- Působením tlakové síly se těleso i podložka deformuje.
- Deformace vyvolává třecí sílu valivého tření F_V

$$F_V = \xi \cdot F_n / R$$

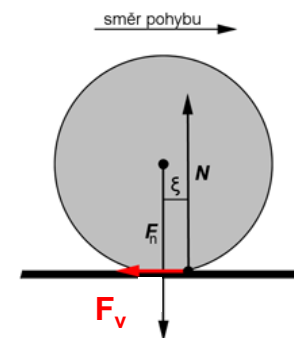
ξ ... je rameno valivého odporu [m],

F_n ...je normálová (kolmá) tlaková síla,

R ... je poloměr valícího se tělesa [m].

Hodnota ξ závisí na materiálu tělesa a podložky a na úpravě jejich povrchů

Měřením se dá zjistit, že odporová síla při valivém odporu je přímo úměrná normálové síle F_n a nepřímo úměrná poloměru kola R



Porovnání obou tření

- Valivé tření je mnohem menší než tření smykové. V praxi, proto převádíme tření smykové na tření valivé.
- Platí tedy $F_v \ll F_t$
- Při přemísťování těžkých břemen pokládáme mezi břemeno a podlahu válečky.
- Pro uložení hřídelů ve strojích nebo kol motorových vozidel používáme kuličková nebo válečková ložiska.

Význam tření - pozitivní účinky

- chůze, jízda motorových vozidel (při náledí se chodníky i vozovky posypávají)
- spojování materiálů hřebíky, nýty, šrouby
- vázání uzlů
- psaní křídou po tabuli
- rozjezd a zastavení automobilu
- oděv utkaný z vláken drží pohromadě
- rozeznívání smyčcových hudebních nástrojů
- řemenové převody
- sněhové řetězy na kolech

Význam tření - negativní účinky

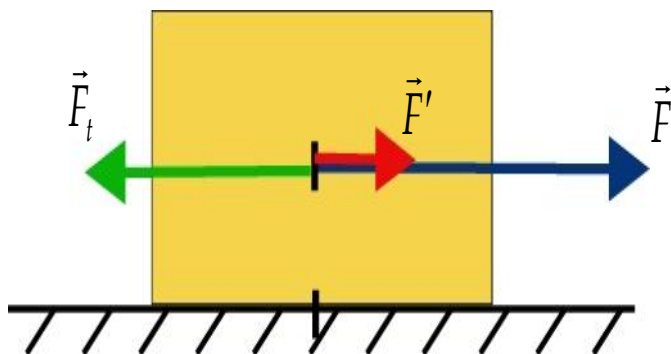
- zahřívání strojních součástí a jejich opotřebování,
- opotřebování pneumatik
- Nežádoucí účinky tření snižujeme mazáním, broušením, leštěním styčných ploch nebo smykové tření nahrazujeme valivým odporem (těžké předměty při přemísťování podkládáme válečky; kuličková, popř. válečková ložiska)



Příklady

- 1. Kvádr o hmotnosti 5 kg táhneme po vodorovné podložce vodorovnou silou o velikosti 30 N. Součinitel smykového tření mezi kvádrem a vodorovnou podložkou je 0,4. Určete velikost zrychlení kvádrů.
- 2. Jak velkou vodorovnou silou posunujeme po vodorovné podložce bednu o hmotnosti 80 kg, jestliže ji podložíme válci o poloměru 5 cm? Rameno valivého odporu je 0,01 m.

Řešení příkladu 1



$$m = 5 \text{ kg}$$

$$f = 0,4$$

$$F = 30 \text{ N}$$

$$a = ?$$

$$F_t = f \cdot F_n = f \cdot G = f \cdot m \cdot g = 0,4 \cdot 5 \cdot 10 = 20 \text{ N}$$

$$F' = F - F_t = 30 - 20 = 10 \text{ N}$$

$$F = m \cdot a$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m.s}^{-2}$$

Zrychlení kváдру je 2 m.s^{-2} .

Řešení příkladu 2

$$m = 80 \text{ kg}$$

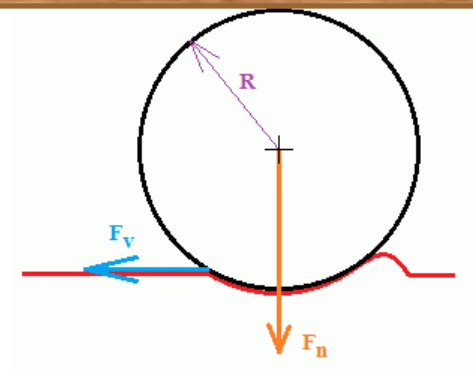
$$\xi = 0,01 \text{ m}$$

$$R = 5 \text{ cm}$$

$$F_v = ?$$

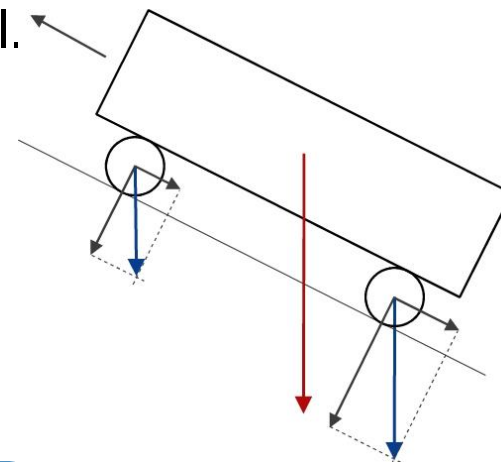
$$F_v = \frac{\xi \cdot F_n}{R} = \frac{\xi \cdot G}{R} = \frac{\xi \cdot m \cdot g}{R} = \frac{0,01 \cdot 80 \cdot 10}{0,05} = 160 \text{ N}$$

Bednu posunujeme silou 160 N.



Poznámky

- Při jízdě do kopce v zimě při kluzké vozovce se často stává, že automobily s pohonem zadních kol vyjedou kopec snadněji než automobily s pohonem kol předních. Ty potom musejí kopec vycouvat.
- Tlaková síla, kterou působí zadní kola na vozovku, je větší než tlaková síla u předních kol. Tím je také větší síla reakce, kterou působí vozovka na kola automobilu a kterou tedy odtlačuje automobil dopředu ve směru pohybu.





Každý lyžař ví, že mazáním skluznice lyží může významně ovlivnit způsob jízdy. Při jízdě s kopce bude rád, když pojede snadno a rychle, naopak při výstupu je podkluzování lyží velmi nepříjemné. Mazáním skluznic ovlivňuje tření mezi lyžemi a sněhem.