

## 1.2.10 Tření a valivý odpor I

**Př. 1:** Do krabičky od sirek ležící na vodorovném stole strčíme malou silou. Krabička zůstane stát. Vysvětli.

**Př. 2:** Do krabičky od sirek ležící na vodorovném stole strčíme větší silou. Krabička se rozjede po stole a po chvíli zastaví. Stejným způsobem proběhne pokus nezávisle na směru, do kterého krabičku tlačíme. Vysvětli.

Strčíme do krabičky větší silou  $\Rightarrow$  překonáme tření a krabička se začne pohybovat. Tření nepřestává působit a snaží se krabičku zastavit (což se mu časem podaří).

$\Rightarrow$  Proti pohybu (a proti síle snažící se uvést předmět do pohybu) působí **třecí síla**.

Velikost třecí síly v průběhu pohybu mírně kolísá  $\Rightarrow$  nemůžeme určit přesnou hodnotu tření (je každou chvíli jiná), maximálně se můžeme snažit o určení přibližné střední hodnoty.

**Př. 3:** Navrhni veličiny, které ovlivňují velikost třecí síly mezi krabičkou a stolem. U každé veličiny navrhni pokus, kterým je možné takovou závislost ověřit.

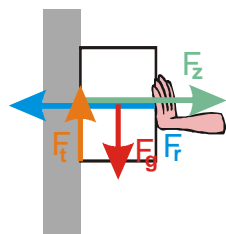
- Velikost povrchu, kterým se krabička dotýká stolu.  $\Rightarrow$  Stejně těžkou krabičku, budeme stejnou rychlostí tahat po stejném povrchu tak, aby se dotýkala stolu různě velkými plochami (stačí, když budou mít její stěny různé plochy).
- Hmotnost krabičky.  $\Rightarrow$  Stejnou rychlostí budeme tahat po stejném povrchu po stejné ploše různě těžkou krabičku (stačí, do prázdné krabičky dávat různá závaží).
- Druh povrchu.  $\Rightarrow$  Stejně těžkou krabičku, budeme stejnou rychlostí po stejné ploše tahat po různých površích.
- Rychlost pohybu.  $\Rightarrow$  Stejně těžkou krabičku budeme tahat stejnou plochou po stejném povrchu různými rychlostmi.

**Pokud zkoumáme závislost veličiny na jiné veličině, opakujeme pokus tak, aby všechny podmínky zůstávaly stejné a měnila se pouze zkoumaná veličina.**

**Př. 4:** Najdi situace, při kterých se tření mezi krabičkou a stolem může změnit, aniž by se změnila její hmotnost nebo typ povrchu.

Je to jednoduché. Stačí, když na krabičku seshora zatlačíme prstem, a třecí síla se zvětší beze změny hmotnosti nebo typu povrchu.

**Př. 5:** Na obrázku je nakreslen kvádřík, který je rukou přitlačován ke zdi. Nakresli všechny síly, které na něj působí. Proč nespadne?



Kvadr nespadne, protože součet působících sil je nulový.

Gravitační síla se odečte s třecí silou mezi kvádrem a zdí. Aby tato třecí síla byla dostatečně velká, musíme dostatečnou silou tlačít do kvádrů rukou (když tlačíme málo kvádřík spadne).

Tento závěr můžeme použít na všechny předchozí příklady:

- Krabička na stole: velikost kolmé tlakové síly krabičky je stejná jako velikost gravitační síly na krabičku.
- Krabička na stole, zatlačena rukou: velikost kolmé tlakové síly krabičky se rovná součtu velikosti gravitační síly na krabičku a tlakové síly ruky.
- Krabička tlačena rukou ke zdi: velikost kolmé tlakové síly krabičky se rovná velikosti tlakové síly ruky.

**Př. 6:** Urči jakou největší hmotnost můžeme mít předmět rovnoměrně tažený po vodorovné lavici s  $f = 0,8$  na niti, která se trhá silou 150 N.

Při rovnoměrném pohybu musí síla provázku vyrovnat třecí sílu  $\Rightarrow F_t = 150 \text{ N}$ .

Pohyb po vodorovné rovině  $\Rightarrow N = F_g = mg$ .

Dosadíme:  $F_t = Nf$        $N = \frac{F_t}{f}$        $mg = \frac{F_t}{f}$

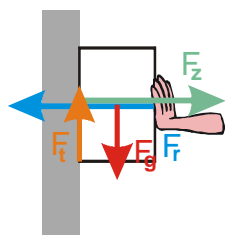
$$m = \frac{F_t}{fg} = \frac{150}{0,8 \cdot 10} \text{ kg} = 18,8 \text{ kg}$$

**Př. 7:** Navrhni způsob, jak určit koeficient tření mezi dvěma povrchy, a ověř jej v praxi.

Ze vzorce pro třecí sílu vyjádříme  $f$ :  $F_t = Nf \Rightarrow f = \frac{F_t}{N}$ .

$\Rightarrow$  Stačí změřit třecí sílu a kolmou tlakovou sílu, která ji způsobuje. Koeficient určíme jako jejich podíl.

**Př. 8:** Jakou silou musíme přitlačovat ke zdi knížku o hmotnosti 0,8 kg, aby nepadla? Koeficient tření mezi knížkou a zdí je 0,5?



Z obrázku, který jsme kreslili už dříve je vidět, že třecí síla:

- musí být stejně velká jako gravitační síla působící na knížku,
- závisí na kolmé tlakové síle, kterou tlačí na knížku ruka.

$$F_t = F_g$$

$$Nf = mg$$

$$F_r f = mg$$

Dosadíme  $N = F_r$  (kolmou tlakovou sílu vyvolává síla ruky).

$$F_r = \frac{mg}{f} = \frac{0,8 \cdot 10}{0,5} \text{ N} = 16 \text{ N}$$

Tření vzniká najednou dvěma mechanismy:

- Oba povrchy jsou nerovné. Při vzájemném pohybu se jejich nerovnosti navzájem odírají jedna o druhou, obrušují se a deformují. Na všechny tyto děje je nutná síla, kterou v makroskopickém měřítku vnímáme jako tření. Tento mechanismus dobře vysvětluje, proč je mezi drsnějšími povrchy větší tření, i využití brusného papíru, kterým můžeme vyhladit povrch opracovávaného předmětu.
- Druhou část síly způsobuje vzájemné přitahování povrchových částic obou předmětů. Kvůli tomuto přitahování se třecí síla vyskytuje i mezi libovolně hladkými povrchy. Právě přilnavost pneumatik k povrchu vozovky, má na svědomí většinu tření, které drží automobily na silnici. Přilnavost pneumatik k vozovce se snižuje při nižších teplotách a proto se na zimní období vyrábějí speciální zimní pneumatiky, které mají při nižších teplotách přilnavost větší. Účelem dezénu pneumatiky je v případě deště odvádět vodu tak, aby zbytek povrchu pneumatiky doléhal přímo na vozovku a mohla se uplatnit přilnavost gumy pneumatiky k asfaltu, ze kterého je vyrobena silnice.

**Př. 9:** Zkus kvalitativně vysvětlit, proč se ve vzorci pro třecí sílu nevyskytuje velikost ploch, které se o sebe třou.

Z obou mechanismů vzniku tření vyplývá, že tření bude větší pokud:

- jsou obě plochy více přitlačeny k sobě,
- jsou obě plochy větší (tře se více nerovností, více částí se vzájemně přitahuje).

Pokud mezi dvěma plochami působí určitá kolmá tlaková síla, znamená:

- zvětšení plochy větší třecí sílu kvůli větší ploše, ale zároveň menší třecí sílu kvůli menšímu přitlačování (tlaková síla se rozprostře na větší plochu)  $\Rightarrow$  třecí síla nemusí na velikosti plochy záviset.
- zmenšení plochy menší třecí sílu kvůli menší ploše, ale zároveň větší třecí sílu kvůli většímu přitlačování (tlaková síla se rozprostře na menší plochu)  $\Rightarrow$  třecí síla nemusí na velikosti plochy záviset.