

# Sila trenja

Sila trenja:

- povzroči praske na koži, vpliva na spreminjanje oblike telesa, ...
- Po drugi strani pa nam omogoči, da hodimo po površini, vozimo avtomobile, plezamo po vrveh, ...

Lastnosti sile trenja:

- Sila trenja je vzporedna s površino.
- Sila trenja je sorazmerna z normalno komponento sile podlage (obremenitvijo v večini primerov)
- Sila trenja je neodvisna od velikosti kontaktne površine.

(Zadnji lastnosti je zapisal že da Vinci 1508).

- Sila trenja je neodvisna od hitrosti telesa.

## Statično in kinetično trenje

*Statično trenje*

$k_l$  je koeficient lepenja

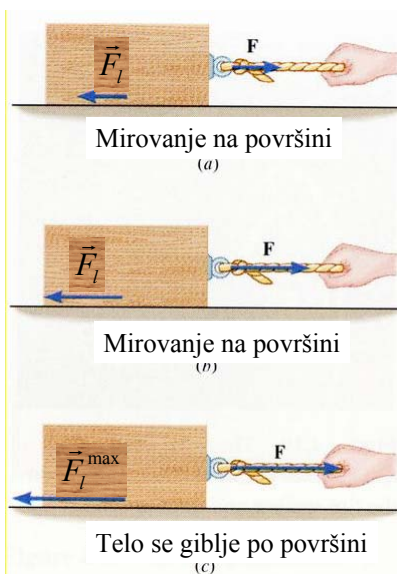
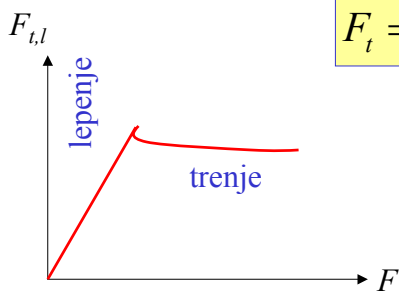
$$F_l \leq k_l F_p$$

*Kinetično trenje*

$k_t$  je koeficient trenja

Sila trenja nasprotuje gibanju

$$F_t = k_t F_p$$



## Koeficient trenja/lepenja

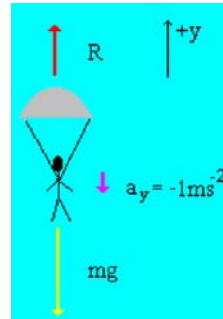
| kontaktni material | $k_l$ | $k_t$ |
|--------------------|-------|-------|
| Les na les         | 0.5   | 0.3   |
| Les na kamen       | 0.5   | 0.4   |
| Usnje na lesu      | 0.5   | 0.4   |
| Steklo na steklo   | 0.94  | 0.4   |
| Jeklo na jeklo     | 0.15  | 0.09  |

## Strategija reševanja problemov iz dinamike

1. Narišite dovolj veliko in pregledno skico s katero opisujete fizikalno situacijo. Določite sistem: eno ali več teles, katerih dinamiko boste študirali.
2. Narišite vse zunanje sile, ki delujejo na vsako telo. Vedno si lahko predstavljate katere sile bi delovale na vas, če bi bili na izbranem mestu.
3. Izberite inercialni koordinatni sistem. Običajno je dinamika najbolj jasna, če ena od osi sovpada s predvideno smerjo pospeška.
4. Narišite diagram za vsako posamezno telo: delec naj se nahaja v izhodišču, vse sile razstavite na komponente sil vzdolž izbranih osi.
5. Upoštevajte te diagrame in zapišite 2. NZ po komponentah.
6. Preverite ali so vaši rezultati smiselni (predznak pospeška, ...)

## Newtonovi zakoni - zgledi

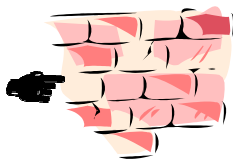
1. Knjigo z maso 3 kg, pritiskamo ob zid. Koeficient lepenja je 0.5. Z najmanj kolikšno silo moramo pritiskati na knjigo, da ne bo padla na tla?
2. Sanke z maso 8 kg vlečemo po klancu z naklonom  $30^\circ$ . Koeficient trenja med sankami in snegom je 0.15. S kolikšno silo moramo vleči v smeri klanca, da se sanke gibljejo s konstantno hitrostjo?
3. Padalec z maso 72 kg pada proti Zemlji s pospeškom  $-1 \text{ m/s}^2$ . Kolikšna je sila zračnega upora?



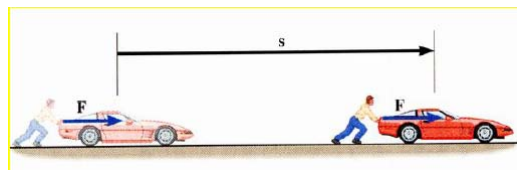
## Delo in energija

Energijo lahko definiramo kot zmožnost, da sproži določene spremembe.

Sile povzročijo, da se telo začne gibati, spremeni smer gibanja ali pa ga celo ustavi. **Delo je merilo za spremembo, ki jo je povzročila sila  $F$ .**

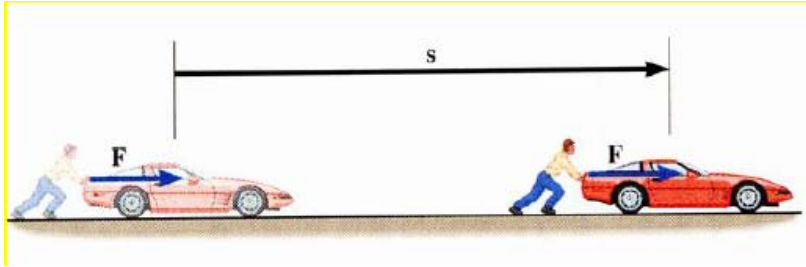


Delo je 0!



Delo je različno 0!

## Delo konstantne sile

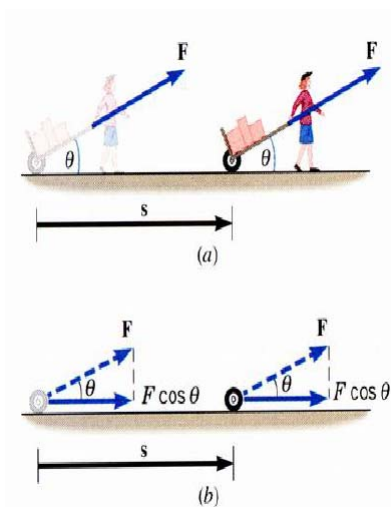


Če delujemo na telo s silo  $F$  in se je telo premaknilo za pot  $s$ , potem je sila  $F$  opravila delo

$$A = Fs$$

Če je premik telesa enak 0, potem tudi ni nobenega opravljenega dela.

## Delo, ko sila in pot nista kolinearna



Delo sile  $F$  je definirano kot komponenta sile v smeri gibanja pomnožena s premikom:

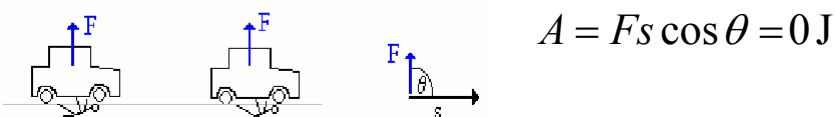
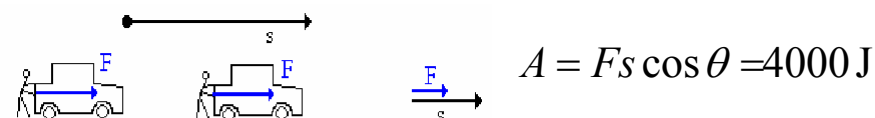
$$A = F_x s = Fs \cos \theta = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

Enota za delo je Joule:

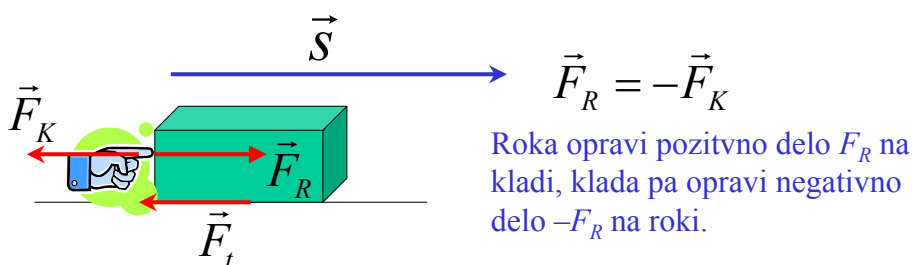
$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$$

## Delo – primer

Delavec rine avto s silo 200 N v treh različnih smereh, kot to kažejo spodnje skice. Če je premik avta 20 m v desno, koliko dela opravi delavec v vseh treh primerih?



## Negativno delo sile trenja

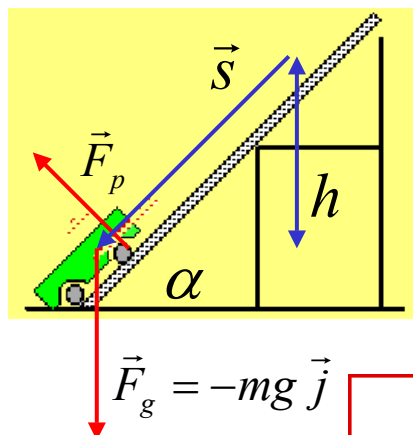


Delo sile trenja na kladi je:

$$A_t = \vec{F}_t \cdot \vec{S} = -k_t F_N s$$

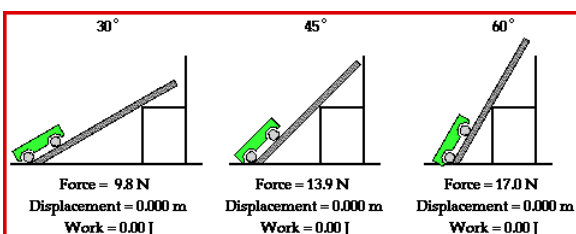
Ker je delo sile trenja na kladi negativno, pomeni, da je delo klade na podlagi pozitivno. To delo je potrebno, da se neprestano trgajo vezi med podlago in klado.

## Delo sile teže



$$A_g = \vec{F}_g \cdot \vec{s} = -mgs \sin \alpha = \\ = -mg(y_k - y_z) = mgh$$

Delo sile teže je odvisno samo od začetne in končne višine, ne pa tudi od poti, ki smo jo opravili pri tem!



## Izrek o kinetični energiji

Poglejmo si sedaj, katera fizikalna količina se spremeni zaradi dela zunanjih sil na telesu!

$$A = F \Delta x = ma \Delta x$$

Spomnimo se izraza, ki smo ga izpeljali pri kinematiki za gibanje pod konstantnim pospeškom:

$$v_k^2 = v_z^2 + 2a\Delta x$$

Združimo zgornja izraza in dobimo:

$$A = \frac{mv_k^2}{2} - \frac{mv_z^2}{2}$$

Vpeljemo torej pojem kinetične energije  
Kinetična energija delca je energija, ki jo ima delec zaradi svojega gibanja.

$$W_k = \frac{mv^2}{2}$$