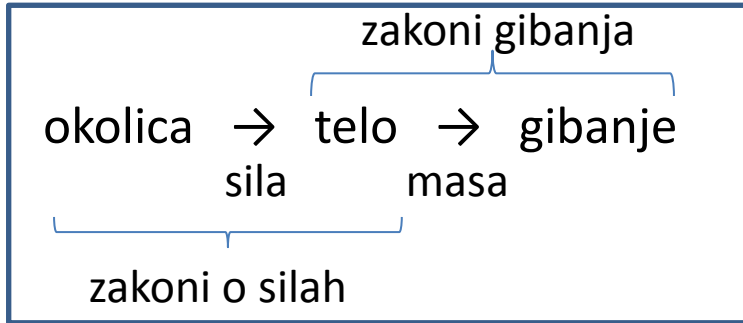


# Dinamika

telo  $\leftrightarrow$  okolica



## I. Newtonov zakon:

mirovanje  $\leftrightarrow$  gibanje s konstantno hitrostjo

vsakdanje izkušnje: ni sile  $\rightarrow$  miruje  $\checkmark$

ni sile  $\rightarrow \vec{v} = \text{konst.} ??$

res ni sile (npr. vesoljska ladja)  $\rightarrow \vec{v} = \text{konst.} \checkmark$

$\vec{v} = 0 \rightarrow \vec{v} = \text{konst.}$  Gallilejeva transformacija  
 opis iz drugega inercialnega opazovalnega sist. !

I.N.Z.: Če je vsota učinkov okolice (sil) enaka nič, telo miruje ali se giblje premo in enakomerno.

N.Z. veljajo le v inercialnih op. sistemih

npr. na vrtiljaku: ni sil  $\rightarrow$  gibanje (pospešeno)

mirovanje  $\rightarrow$  sila (centripetalna)

posledica sistema, ne okolice !

sila – učinek okolice, teles v okolici

definirana s pospeškom na standard za maso

sila 1 N da prakilogramu pospešek 1 m/s<sup>2</sup>

$$\vec{F} \quad \left[ \text{N} = \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

masa – lastnost telesa, da se upira pospeševanju  
 vztrajnost (inercija)

sila 1 N  $\rightarrow$  pra-kg ( $m_0$ )  $\rightarrow a_0 = 1 \text{ m/s}^2$

$\rightarrow$  telo X ( $m_X$ )  $\rightarrow a$

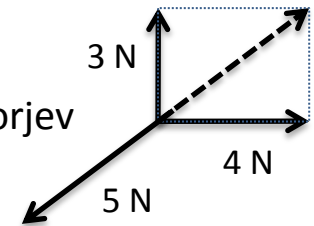
$$m_X = \frac{a_0}{a} m_0$$

pospešek vektor  $\rightarrow$  sila vektor

seštevanje sil  $\rightarrow$  seštevanje vektorjev

rezultanta sil:

$$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$$



# Dinamika

masa  $\leftrightarrow$  teža

- masa: lastnost telesa, neodvisna od okolice
- teža: vpliv okolice (sila), sorazmeren z maso

	Zemlja	Luna	Vesolje
masa	+++	+++	+++
teža	+++	+	0

## II. Newtonov zakon

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$

$\sum_i \vec{F}_i$  - (vektorska) vsota sil na telo

$m$  - masa telesa

$\vec{a}$  - vektor pospeška telesa

$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$  - vektorska enačba  
-  $D \in \{1,2,3\}$  enačb za komponente

$$\sum_i \vec{F}_{i,x} = m\vec{a}_x \quad \sum_i \vec{F}_{i,y} = m\vec{a}_y \quad \sum_i \vec{F}_{i,z} = m\vec{a}_z$$

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \Leftrightarrow \vec{a} = 0 \quad \text{II.N.Z. vsebuje I.N.Z.}$$

I.N.Z. implicira obstoj inercialnih opazovalnih sistemov, zato ga obdržimo; lahko bi ga povedali: Če je vsota sil na telo enaka nič, je mogoče najti opazovalni sistem, v katerem se telo giblje premo in enakomerno.

II. N.Z. je osnova dinamike

lahko ga razumemo kot vzročno zvezo

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$

vzrok (sila)  $\rightarrow$  posledica (gibanje)

# Zakoni o silah

- sile – vpliv okolice
- delovanje konkretnih teles iz okolice
- delovanje
  - stik: podlaga, vrvica
  - na daljavo: teža, el. sila

- teža – privlak teles z (veliko) maso (npr. Zemlja)
- sorazmerna z maso, smer proti S

$$\vec{F}_g = m\vec{g}$$

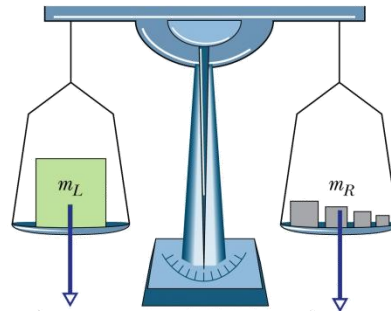
Ni “mističnih” sil v II. N.Z. v inercialnih opazovalnih sistemih !

npr.: klada na klancu

- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| • podlaga (stik)           | } <u>nič</u>        |
| • Zemlja (na daljavo)      |                     |
| • vrtimo vedro <u>vode</u> | } <u>vedro vode</u> |
| • vedro (podlaga)          | - vrvica            |
| • Zemlja                   | - voda              |
|                            | - Zemlja            |

- meritev teže – tehtnica

lekarniška



$$\vec{F}_{g,1} = \vec{F}_{g,2}$$

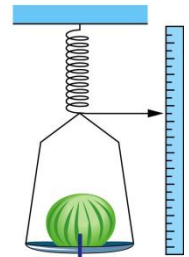
$$m_1 g = m_2 g$$

$$m_1 = m_2$$

primerjava mas

Luna:  $m_1 = m_2$

vzmetna



$$F_g = F_v$$

meritev sile

$$F_{g,L} < F_{g,Z}$$

# Sila podlage

toga podlaga → telo ne more vanjo

- sila  $\perp$  na površino (sila normale):

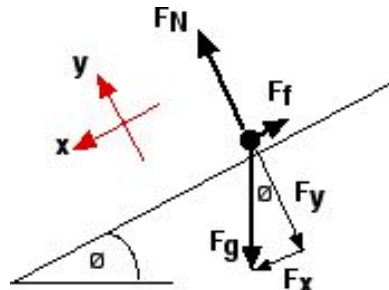
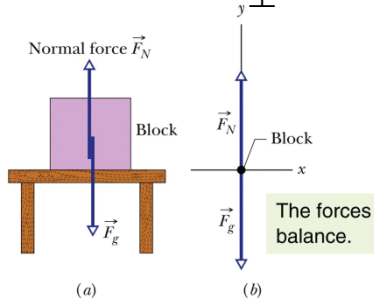
$$\vec{F}_{\perp}, \vec{F}_N, \vec{N}, \vec{F}_p$$

velikost odvisna od ostalih sil

→ izniči komponente sil  $\perp$  na podlago

miza:  $F_{\perp} = mg$  (podlaga nepospešena !)

klanec:  $F_{\perp} = F_{g,\perp} = mg \cos \theta$



## lepenje, trenje

- tudi posledica podlage
  - podlaga se upira gibanju
  - sila  $\parallel$  s podlago

$$\parallel: F_l = mg \sin \theta$$

$$\perp: F_{\perp} = mg \cos \theta$$

približen opis

- mirovanje (lepenje)
- gibanje (trenje)
- $k_l \gtrsim k_{tr}$
- smer

$$F_l \leq k_l F_{\perp}$$

$$F_{tr} = k_{tr} F_{\perp}$$

– nasprotna gibanju ( $-\vec{v}$ ) za  $\vec{F}_{tr}$

– nasprotna gibanju brez  $\vec{F}_l$

→  $\vec{F}_l$  izniči komponente sil  $\parallel$  s podlago

- $\sim$  neodvisna od velikosti stične ploskve
- (zelo) odvisna od vrste stika
- $k_{tr}$  malo odvisen od hitrosti

zgled meritev  $k_l$ : nagib klanca, kdaj zdrsne ?

$$F_l \leq k_l F_{\perp}$$

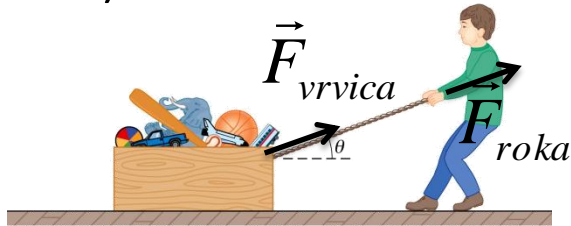
$$mg \sin \theta \leq k_l mg \cos \theta$$

$$k_l \geq \tan \theta \Rightarrow k_l = \tan \theta_{\max}$$

# Sila vrvice, škriпча, vzmeti

## vrvica

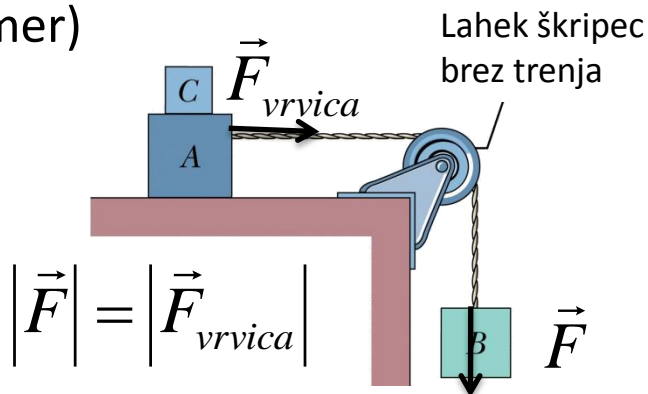
- lahka vrvica prenaša silo (velikost in smer)



$$\vec{F}_{\text{vrvica}} = \vec{F}_{\text{roka}}$$

## škripec

- lahek škripec brez trenja prenaša silo (ohrani velikost, spremeni smer)



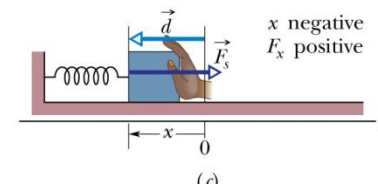
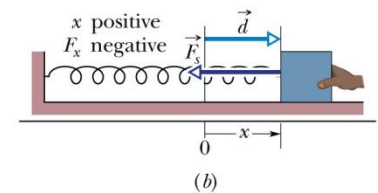
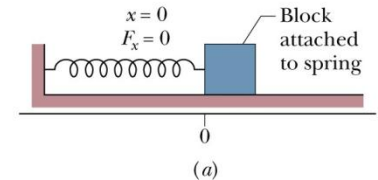
$$|\vec{F}| = |\vec{F}_{\text{vrvica}}|$$

## vzmet

- sila nasprotna raztežku
- velikost sorazmerna raztežku

$$\vec{F}_{\text{vzmet}} = -k\vec{x} \quad \text{Hooke}$$

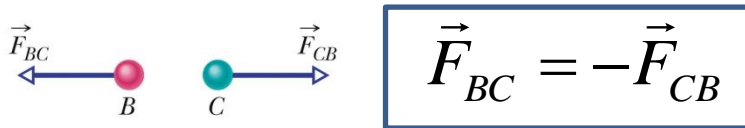
$k$  – koeficient vzmeti [N/m]



# III. Newtonov zakon

## Zakon o vzajemnem učinku

- dve telesi: B, C



Če deluje prvo telo na drugo z neko silo, deluje drugo telo na prvo z nasprotno enako silo.

naravni zakon - povzetek opazovanj (vsi (N.)Z.)

“akcija → reakcija” ↔ vzajemni učinek

ni vzročna zveza, zamenjava  $B \leftrightarrow C$  (“prvo” ↔ “drugo”) ne spremeni vsebine zakona

primeri: atlet pri skoku v višino:

- sila  $\vec{F}_g = \vec{F}_{aZ} = -\vec{F}_{Za}$
- pospešek  $a_Z = \frac{m_a}{m_Z} a_a \approx 10^{-23} g$

satelit kroži okoli Zemlje

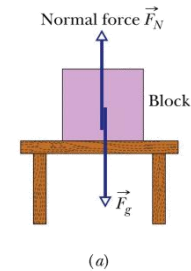
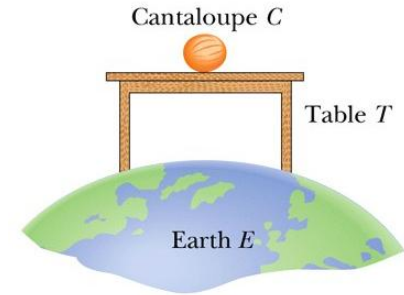
$$\vec{F}_g = \vec{F}_{sZ} = -\vec{F}_{Zs}$$

žoga na mizi

- tri telesa:

žoga, miza, Zemlja !

trije pari sil iz III. N.Z., npr.  $\vec{F}_g = \vec{F}_{CE} = -\vec{F}_{EC}$   
 $\vec{F}_\perp = -\vec{F}_g$  ni tak par sil (I. N.Z.) !



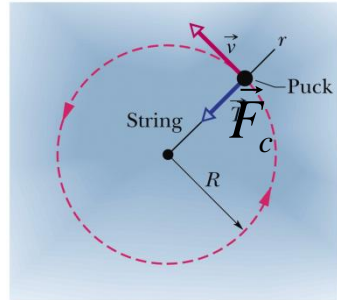
# Sile pri kroženju

telo enakomerno kroži → pospešek  $\vec{a}_c$

→ sila  $\vec{F}_c = m\vec{a}_c$

centripetalna sila

če sile ni → smer tangente na tir ( $\vec{v}$ )



sila - vrvice

- teže (satelit, Luna)

- magnetna sila

prave sile:

telesa

v okolici

centripetalna sila

→ drugo ime za  $\{ \vec{F}_v, \vec{F}_g, \vec{F}_m \}$

sila vrvice je centripetalna sila (ne =)

• zglede: avto v ovinku

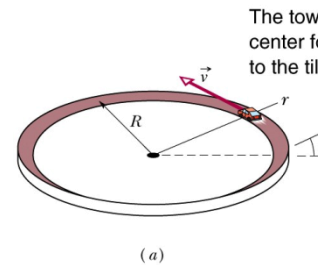
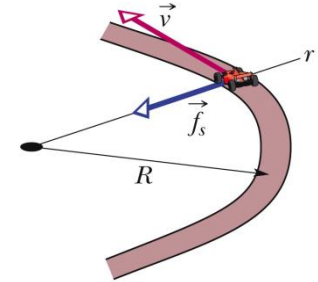
centripetalna sila je

sila lepenja (trenja ?)

večje hitrosti

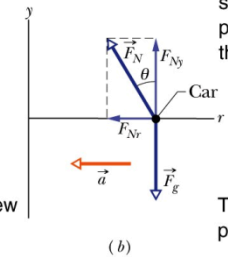
→ ovinek nagnemo

→ srk (zrak) poveča silo podlage (lepenje)



The toward-the-center force is due to the tilted track.

Track-level view of the forces



Tilted normal force supports car and provides the toward-the-center force.

The gravitational force pulls car downward.

vožnja v avtu

$$\vec{F}_c = \vec{F}_{sedež} (+\vec{F}_{vrata})$$

deluje na stiku

→ občutek sile

v vesoljski ladji

$$\vec{F}_c = \vec{F}_g$$

po prostornini

→ breztežno stanje