



Agencija za odgoj i obrazovanje
Education and Teacher Training Agency

Konceptualno razumijevanje Newtonovih zakona i primjena na rješavanje zadataka

Nikolina Novosel

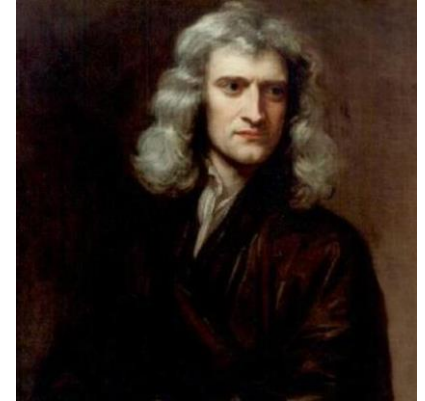


Institut za fiziku, Zagreb

Split, 29. kolovoza 2016.

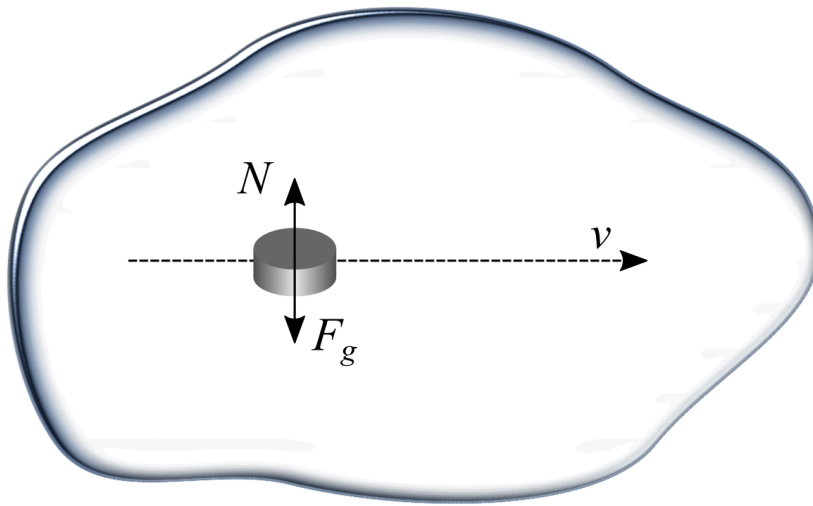
Uvod

- Sir Isaac Newton (1643-1728)
- Engleski fizičar, matematičar i astronom
- 1687, *Matematički principi filozofije prirode* (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*)
- Newtonovi zakoni klasične mehanike – postulirani na osnovu opažanja i eksperimenta; ne mogu se izvesti i/ili dokazati pomoću drugih principa
- Opisuju gibanje tijela (osim u slučajevima velikih brzina – blizu brzine svjetlosti i malih dimenzija – atomske udaljenosti)



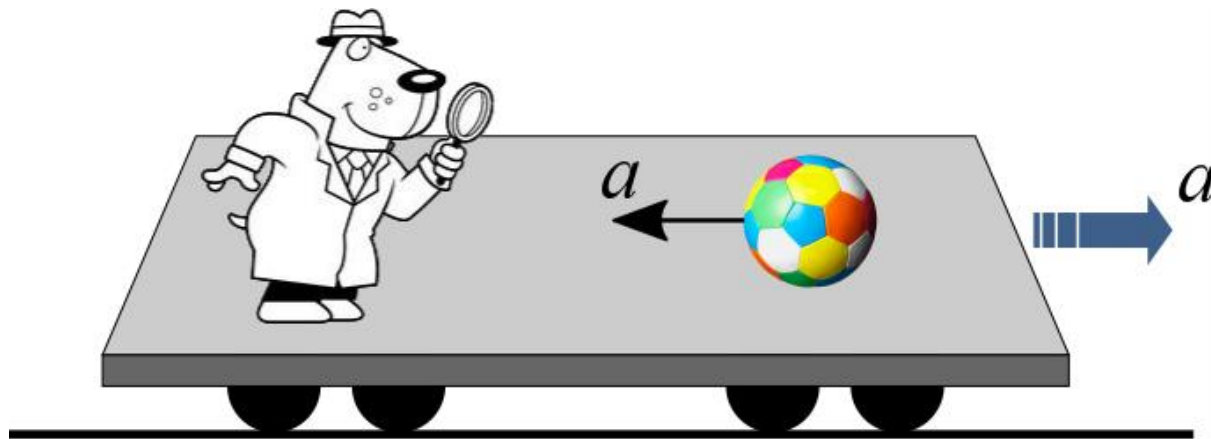
1. Newtonov zakon

- Ako se na tijelo ne djeluje nikakvom silom, ono ostaje u stanju mirovanja (ako je mirovalo) ili se nastavlja gibati jednoliko po pravcu



1. Newtonov zakon

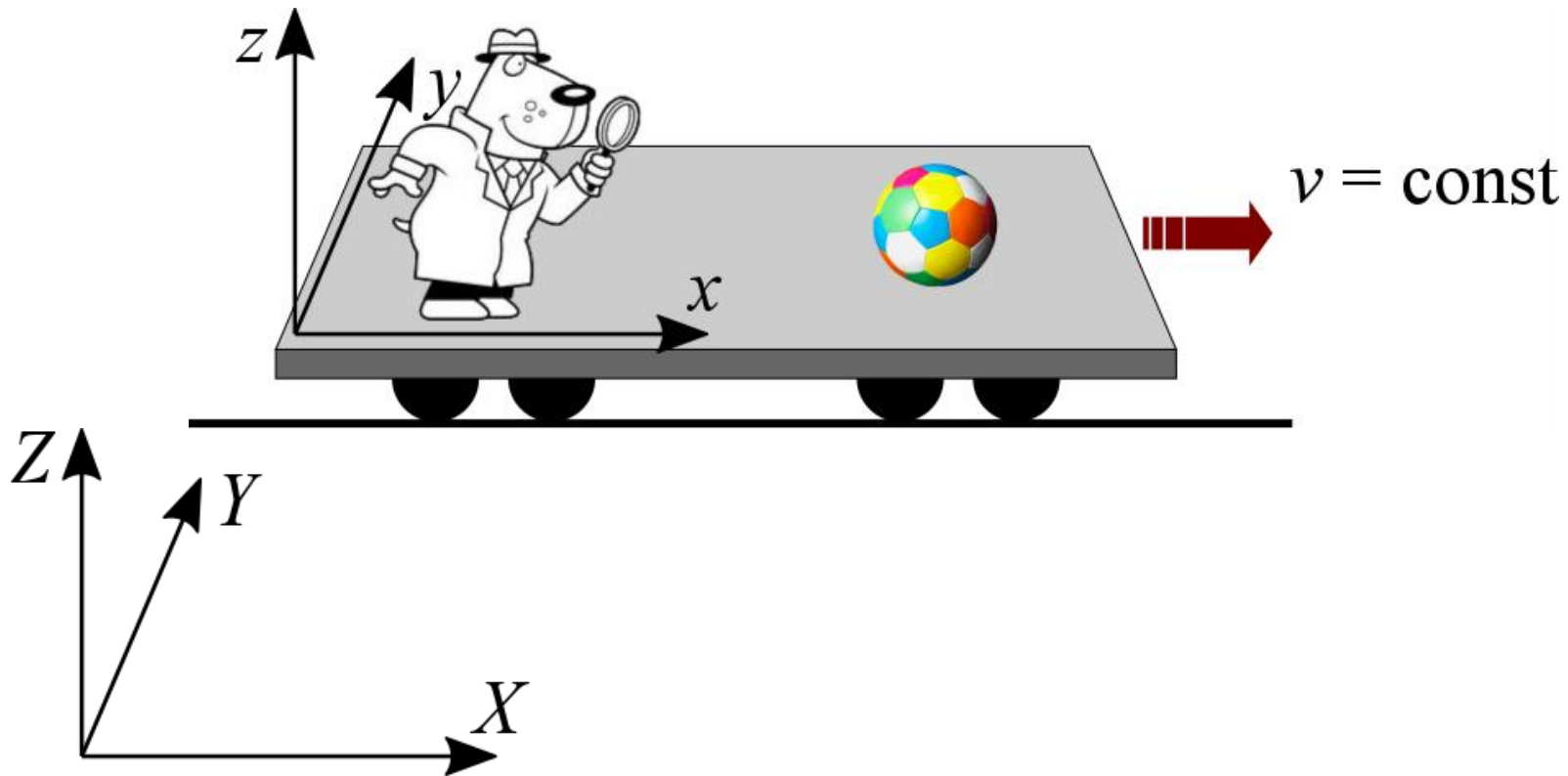
- Definicija inercijalnog sustava
- *Inercijalni sustav* – onaj u kojem vrijedi 1. Newtonov zakon



neinercijalni sustav

1. Newtonov zakon

- Inercijalni sustavi



2. Newtonov zakon

- Zbroj svih sila koje djeluju na tijelo jednak je **masa × ubrzanje tijela**

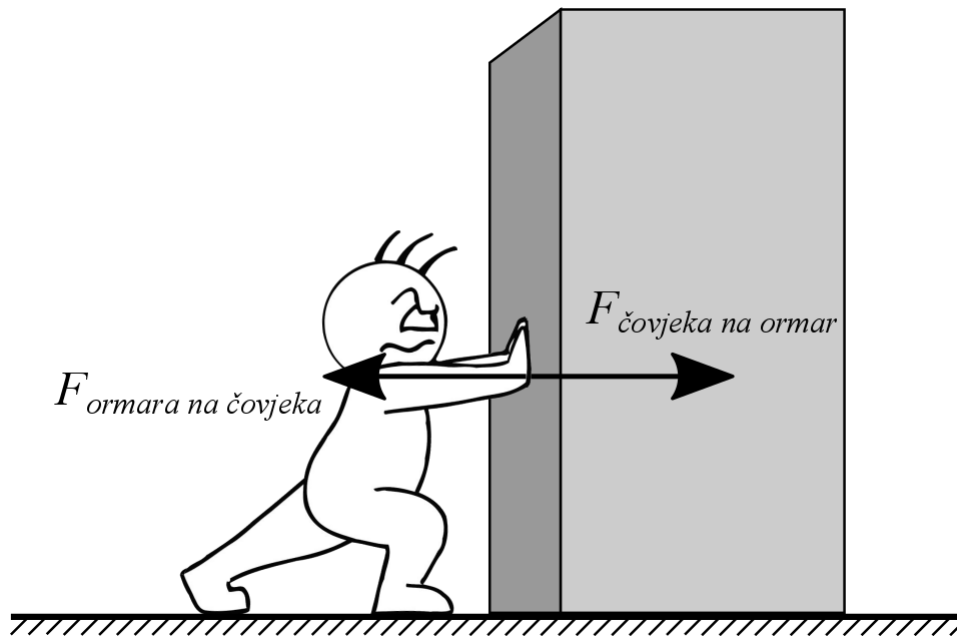
$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{v} = \overrightarrow{const}$$

jednoliko gibanje
Po pravcu

3. Newtonov zakon

- Sila akcije i reakcije jednakog su iznosa i suprotnog smjera
- Radi se o *dva tijela u međudjelovanju* – sile akcije i reakcije djeluju na dva *različita* tijela



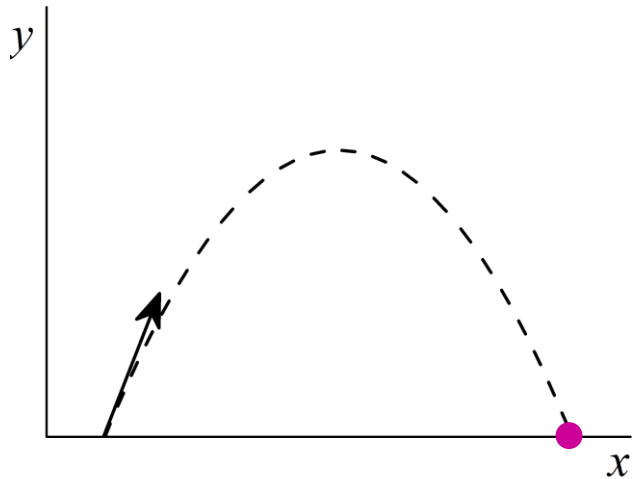
Kako rješavati zadatke?

- Nacrtati skicu
- Nacrtati *dijagram sila* – sve sile koje djeluju na *pojedino* tijelo
- Prikladno definirati koordinatni sustav i rastaviti sile na međusobno okomite komponente
- Napisati 2. Newtonov zakon za svako tijelo po komponentama u danom sustavu

Najčešće pogreške

- Pisanje jednadžbi „na pamet”
- Preskakanje koraka u izvodu
- Pisanje jednadžbi gibanja za cijeli sustav umjesto za svako pojedino tijelo
- Nepotpuno razumijevanje Newtonovih zakona i/ili njihova nedosljedna primjena

Pisanje jednadžbi „na pamet”



- Domet kosog hica?

$$D = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$a_x = 0 \quad \Rightarrow \quad v_x = \text{const} = v_0 \cos \alpha$$

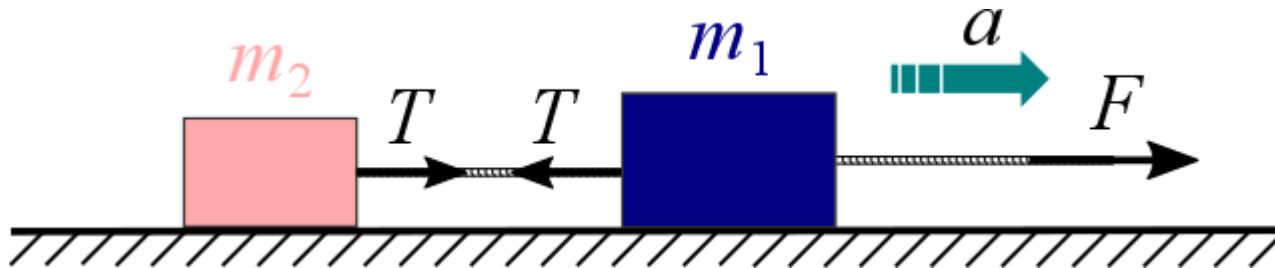
$$a_y = -g \quad \Rightarrow \quad v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g}{2} t^2$$

$$y = 0 \quad \Rightarrow \quad t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Pisanje jednažbi za cijeli sustav



$$m_1 a_1 = F - T$$

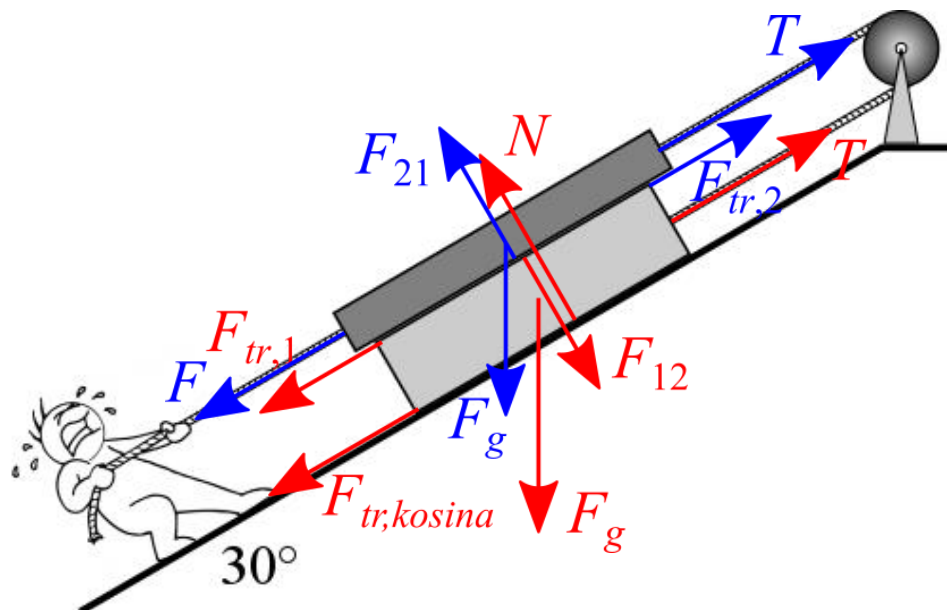
$$m_2 a_2 = T$$

$$a_1 = a_2$$

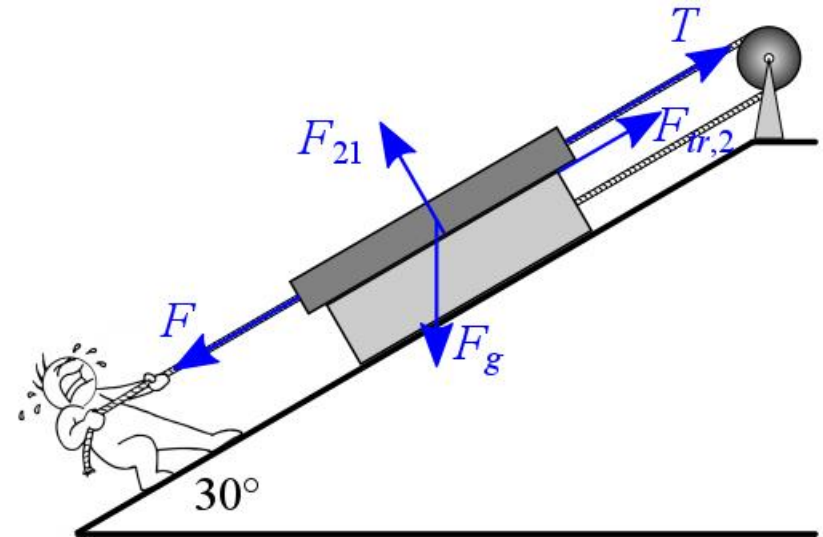
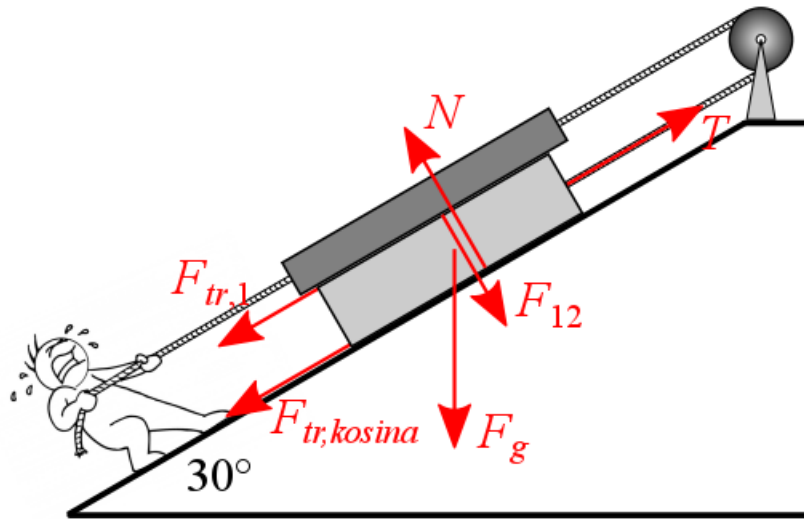
$$(m_1 + m_2)a = F$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

Državno natjecanje 2016



Državno natjecanje 2016



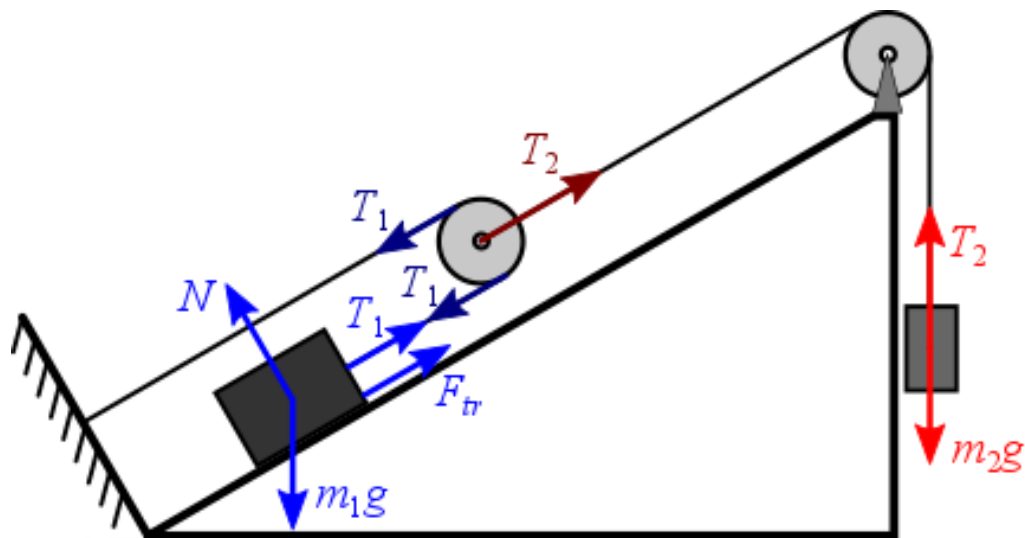
$$m_1 a_1 = T - F_{tr,1} - F_{tr,kosina} - \frac{1}{2} m_2 g$$

$$0 = N - F_{12} - \frac{\sqrt{3}}{2} m_2 g$$

$$m_2 a_2 = T + F_{tr,2} - F - \frac{1}{2} m_1 g$$

$$0 = F_{21} - \frac{\sqrt{3}}{2} m_1 g$$

Županijsko natjecanje 2016



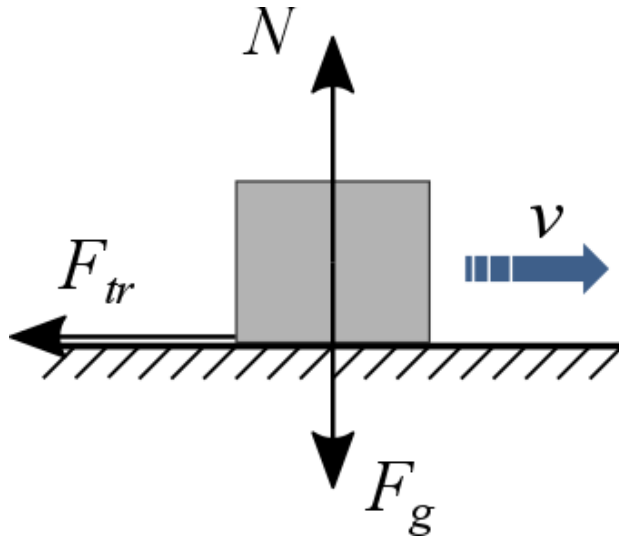
$$a_1 \neq a_2$$

$$T_1 \neq T_2$$

Sila trenja

- sila trenja = koeficijent trenja \times sila reakcije podloge

$$F_{tr} = \mu N$$



$$\sum_i \vec{F}_i = 0$$

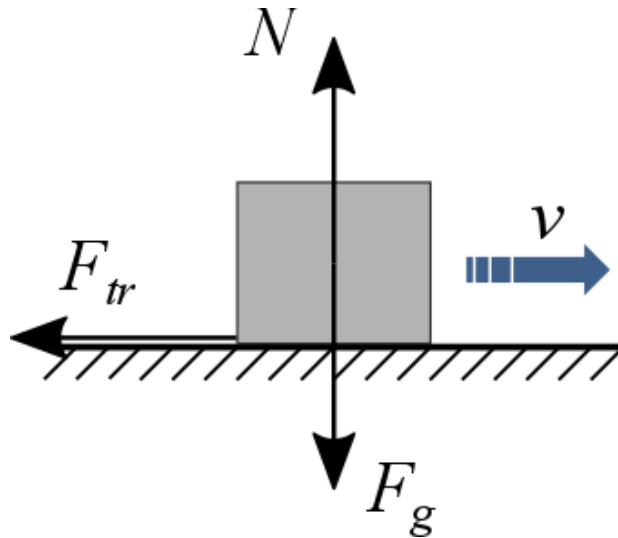
$$F_g - N = 0$$

$$\Rightarrow N = F_g$$

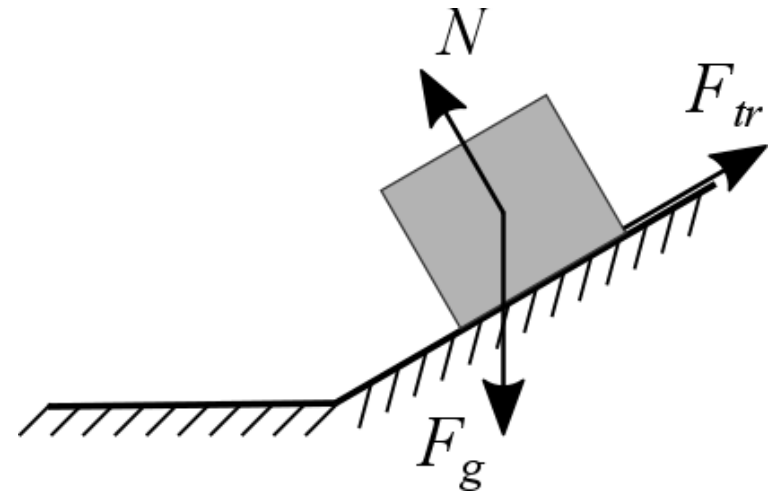
$$F_{tr} = \mu N = \mu F_g = \mu mg$$

Pogreška #1

$$F_{tr} = \mu N \quad \text{not} \quad F_{tr} = \mu F_g \quad \text{not} \quad F_{tr} = \mu mg$$



$$F_{tr} = \mu mg \quad \checkmark$$

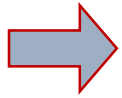


$$F_{tr} = \mu mg \quad \times$$

Pogreška #1

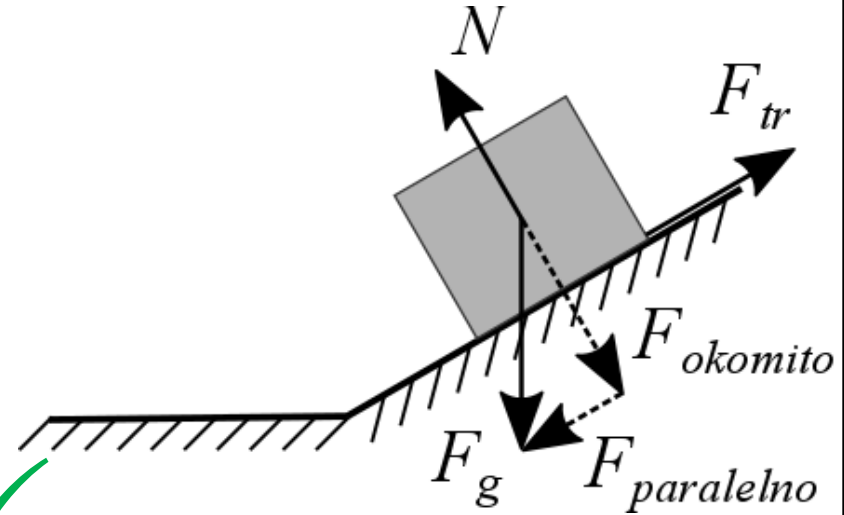
- 2. N. z. smjer okomito na kosinu:

$$0 = N - F_{okomito}$$



$$N = F_{okomito} = mg \cos \alpha$$

$$F_{tr} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$



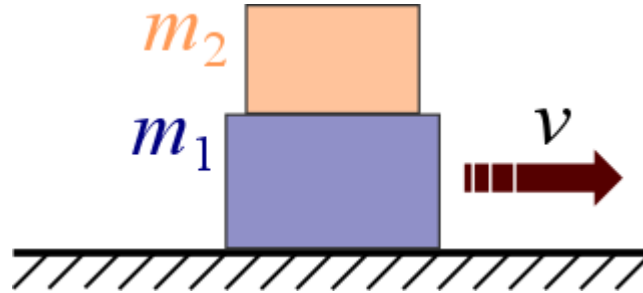
- 2. N. z. smjer paralelno kosini:

$$ma = F_{paralelno} - F_{tr}$$

$$ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Pogreška #2



$$F_{tr1} = ?$$

$$F_{tr1} = \mu F_{g1} = \mu m_1 g \quad \text{X}$$

Pogreška #2

- 2. N. z. za tijelo 1:

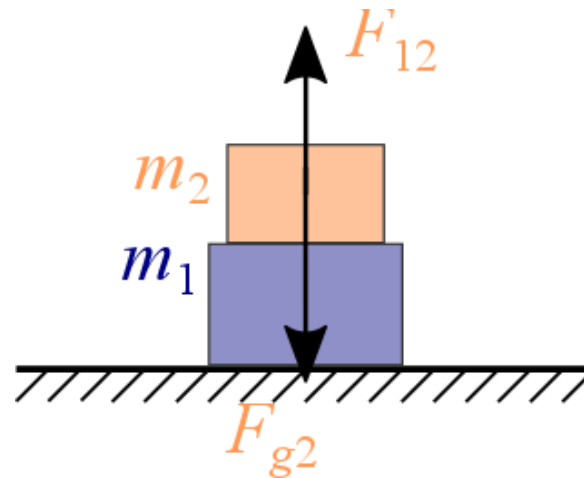
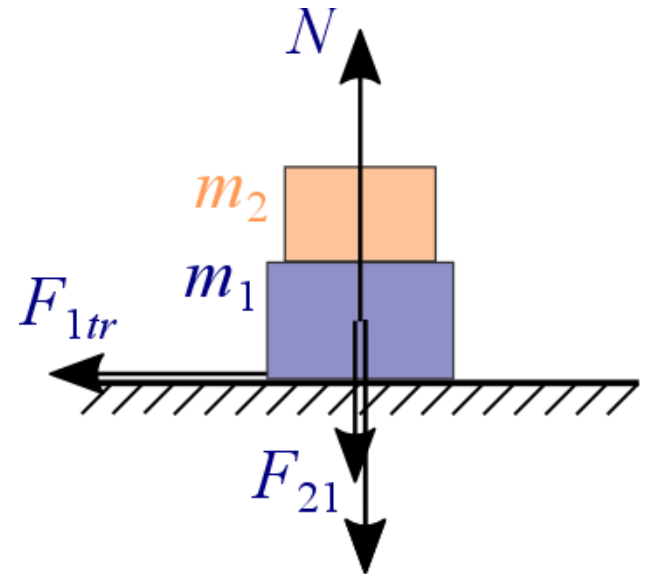
$$0 = m_1 g + F_{21} - N$$

- 2. N. z. za tijelo 2:

$$0 = m_2 g - F_{12}$$

- 3. N. z.:

$$F_{12} = F_{21}$$



- 2. Newtonov zakon za tijelo 1:

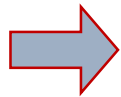
$$0 = m_1 g + F_{21} - N \quad \Rightarrow \quad N = m_1 g + F_{21}$$

- 2. Newtonov zakon za tijelo 2:

$$0 = m_2 g - F_{12} \quad \Rightarrow \quad F_{12} = m_2 g$$

- 3. Newtonov zakon:

$$F_{12} = F_{21}$$

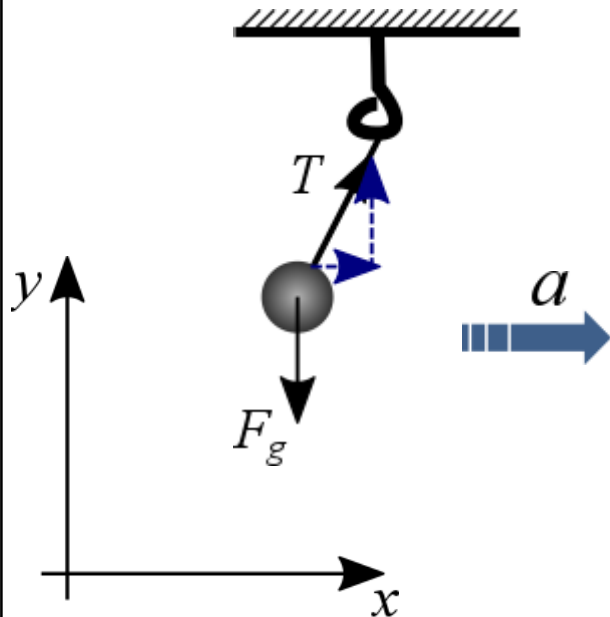
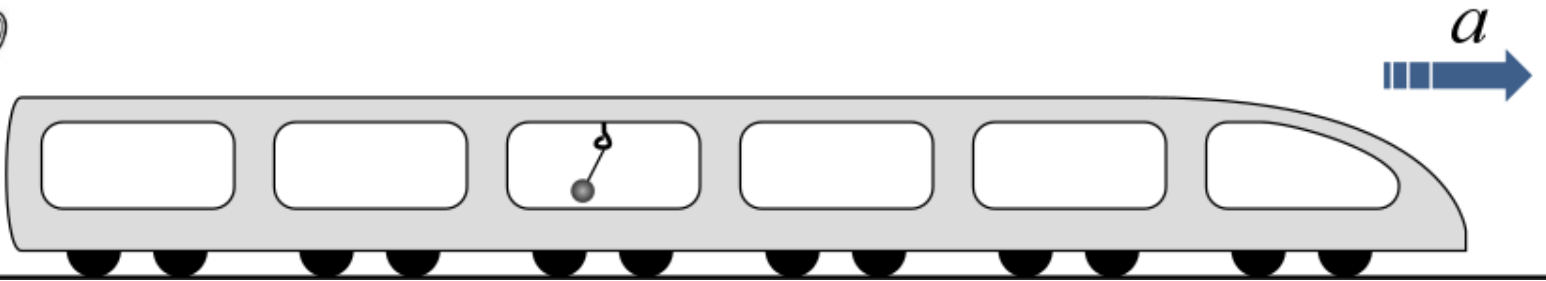


$$N = (m_1 + m_2)g$$

$$F_{tr1} = \mu N = \mu(m_1 + m_2)g$$



(Ne)inercijalni sustavi

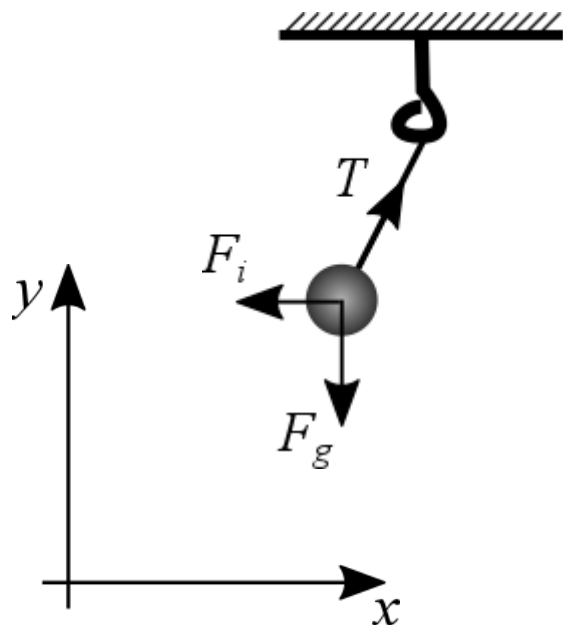
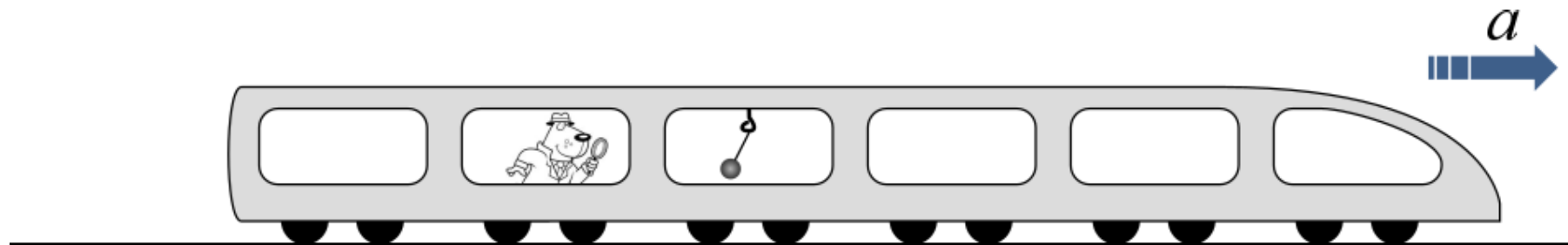


$$m\vec{a} = \vec{F}_g + \vec{T}$$

$$0 = T \cos \alpha - mg$$

$$ma = T \sin \alpha$$

(Ne)inercijalni sustavi



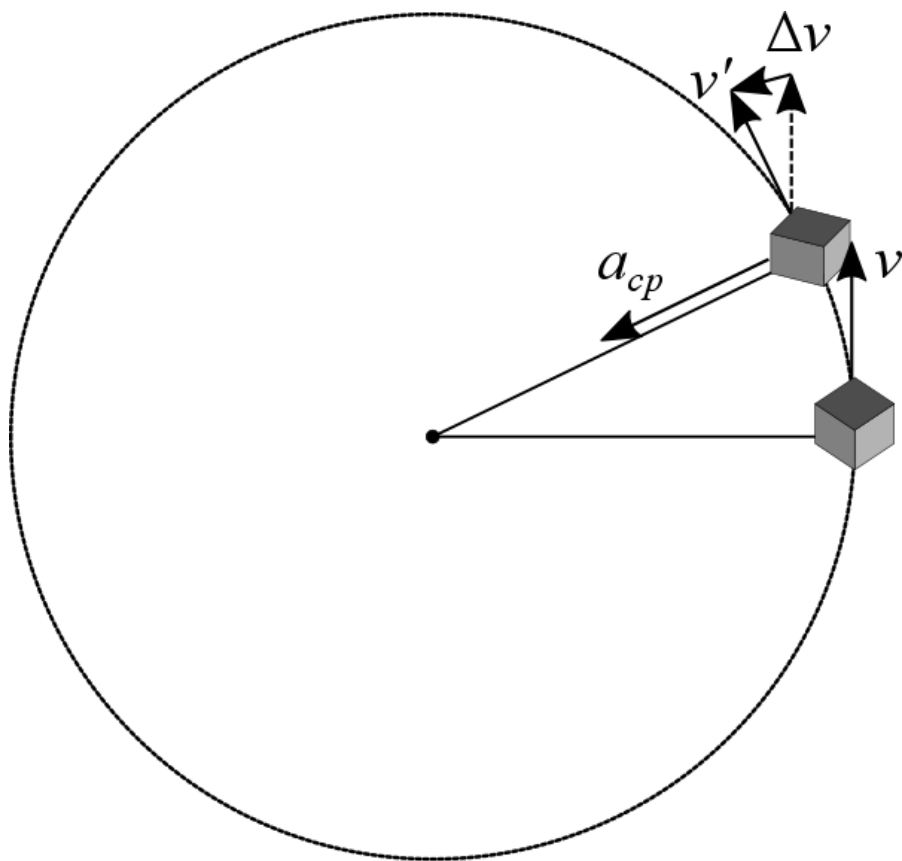
$$0 = \vec{F}_g + \vec{T} + \vec{F}_i$$

$$0 = T \sin \alpha - m a_i$$

$$0 = T \cos \alpha - m g$$

Jednoliko kružno gibanje

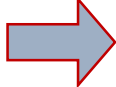
- Iznos brzine je stalan, smjer se mijenja



$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}' - \vec{v}}{\Delta t}$$

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$

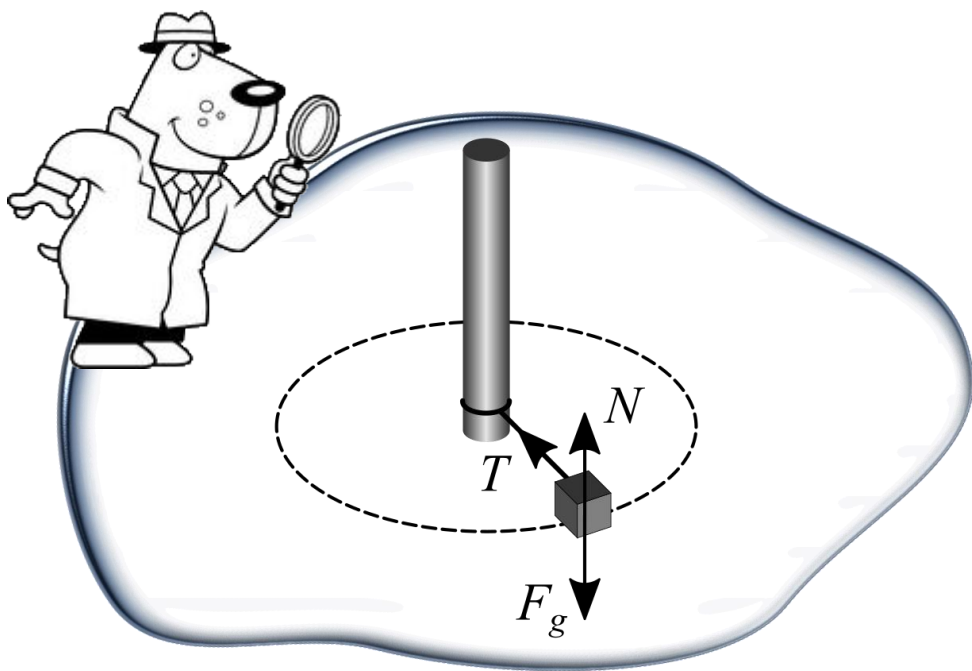
Dinamika kružnog gibanja

- Tijelo se **ne** giba jednoliko po pravcu
 ukupna sila na tijelo $\neq 0$; usmjerena je prema središtu vrtnje
- Ukupna sila na tijelo naziva se *centripetalna sila*

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

Centripetalna sila

- Tijelo se giba jednoliko po kružnici → ukupna sila na tijelo je centripetalna sila

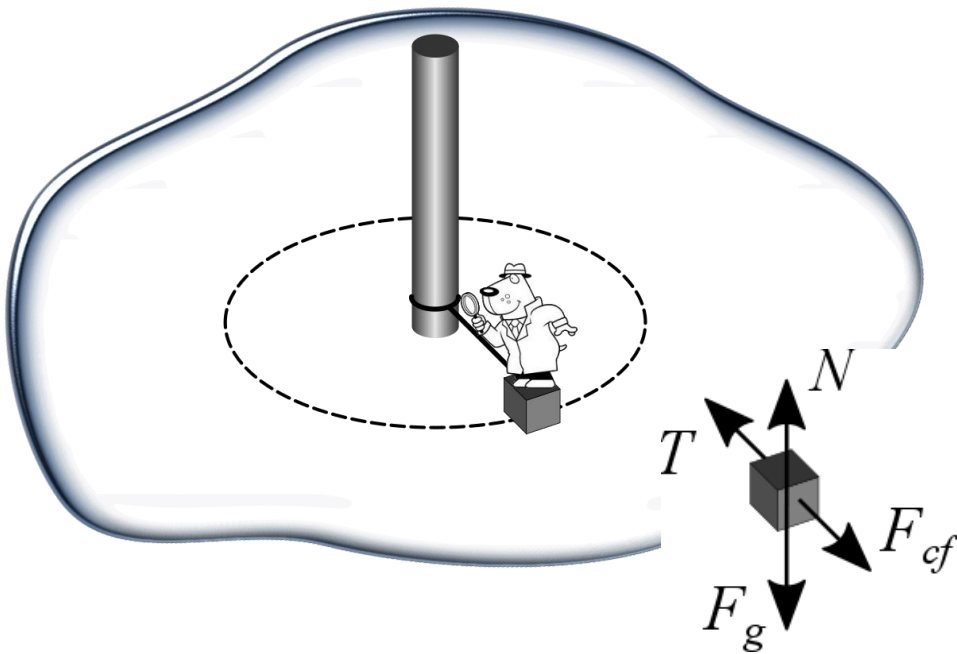


$$0 = N - mg$$

$$F_{cp} = ma_{cp} = m \frac{v^2}{r} = T$$

Centrifugalna sila

- Promatrač se nalazi u sustavu koji rotira (*neinercijalni sustav*)



$$0 = N - mg$$

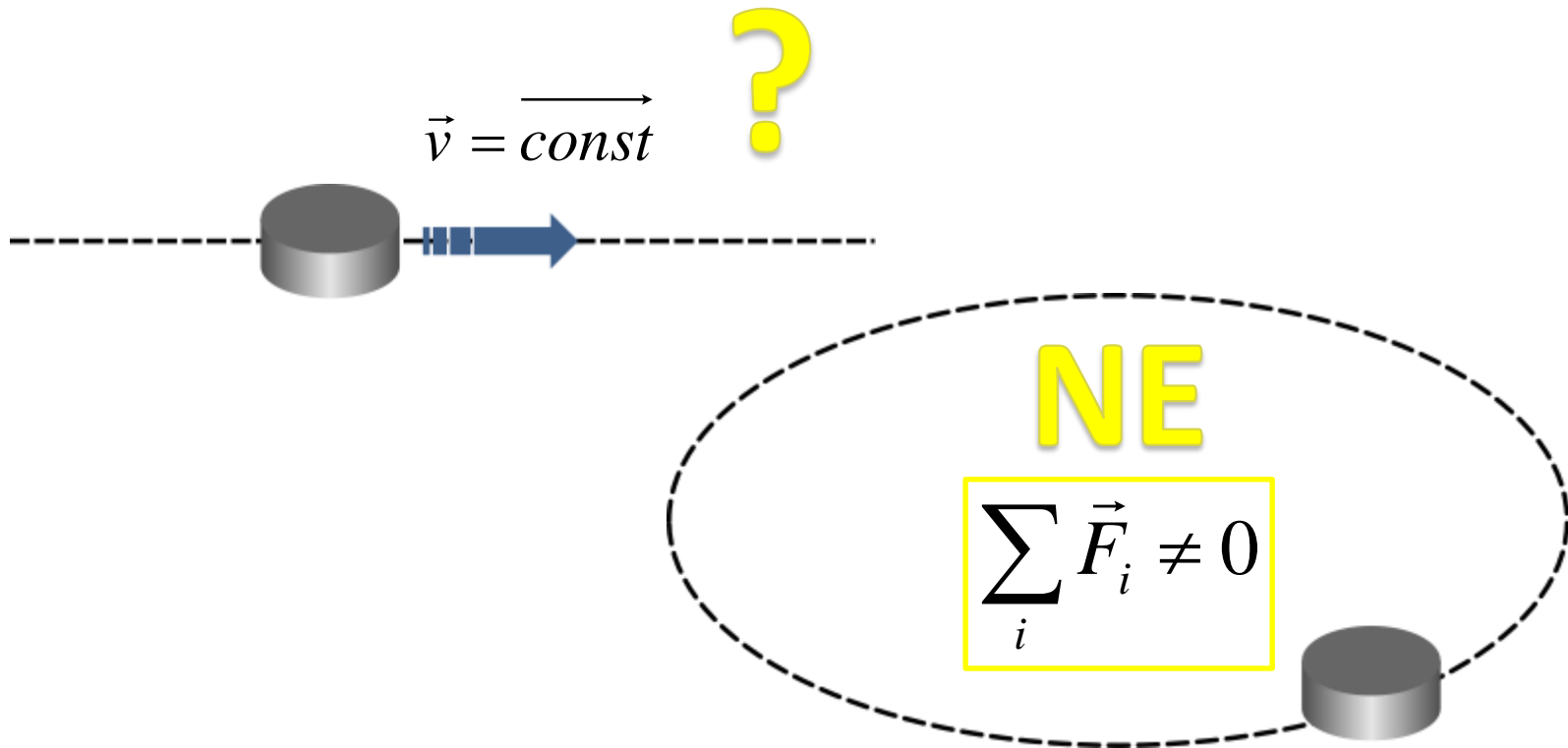
$$0 = T - F_{cf}$$

$$a_{cf} = a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$

Pogreške kod kružnog gibanja

#1 Tijelo se giba stalnom brzinom \rightarrow sila na tijelo je nula ✗

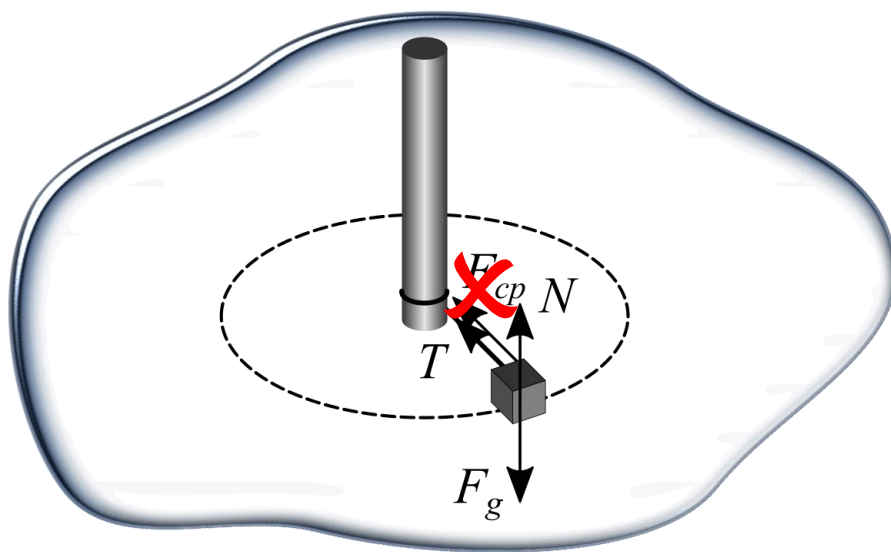
Iznos brzine je stalan, smjer se mijenja \rightarrow sila na tijelo je $\neq 0$ ✓



Pogreške kod kružnog gibanja

#2 Centripetalna sila je jedna od sila koje djeluju na tijelo **✗**

Zbroj svih sila, koje djeluju na tijelo, jest centripetalna sila **✓**

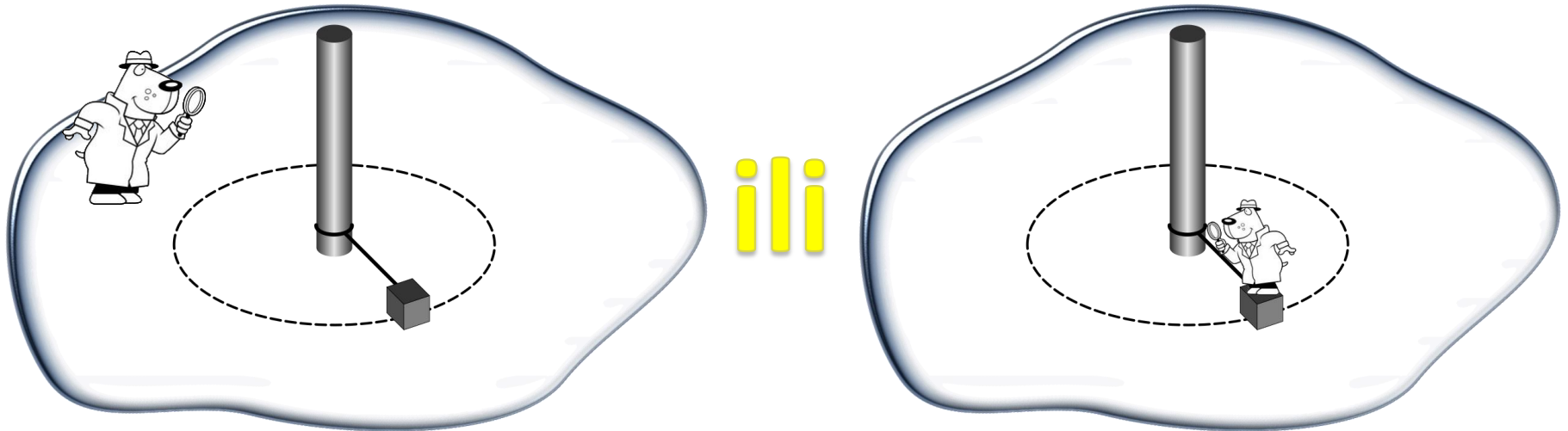


$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_{cp} \quad \text{✓}$$

Pogreške kod kružnog gibanja

#3 Na dijagramu sila pojavljuje se i centripetalna i centrifugalna sila **✗**

- Ako problem promatramo iz mirnog sustava: zbroj svih sila, koje djeluju na tijelo, jest centripetalna sila ✓
- Ako problem promatramo iz neinercijalnog sustava, javlja se centrifugalna sila ✓

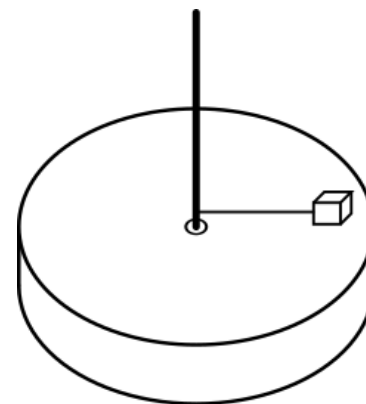


Županijsko natjecanje 2016

Kružna ploča rotira stalnom kutnom brzinom ω . Malo tijelo mase 2 kg nalazi se na udaljenosti 20 cm od središta kružne ploče te je pričvršćeno pomoću nerastezljivog užeta zanemarive mase za osovinu kao što je prikazano na slici. Koeficijent trenja između tijela i kružne ploče iznosi 0.1.

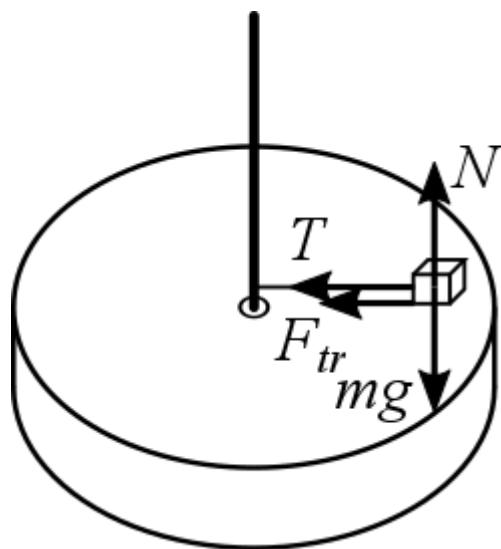
a) Nacrtajte sve sile koje djeluju na malo tijelo iz sustava promatrača koji miruje pored kružne ploče.

b) Izračunajte najveću moguću kutnu brzinu rotacije ploče, ako maksimalna napetost, koju može izdržati uže, iznosi 60 N.



Županijsko natjecanje 2016

a) Nacrtajte sve sile koje djeluju na malo tijelo iz sustava promatrača koji miruje pored kružne ploče.

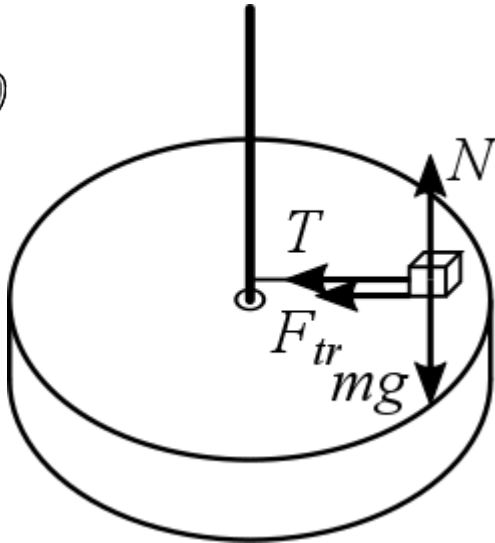


$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{F}_{cp} \quad \checkmark$$



Iznos brzine je
stalan – nema sile
u tangencijalnom
smjeru

Županijsko natjecanje 2016

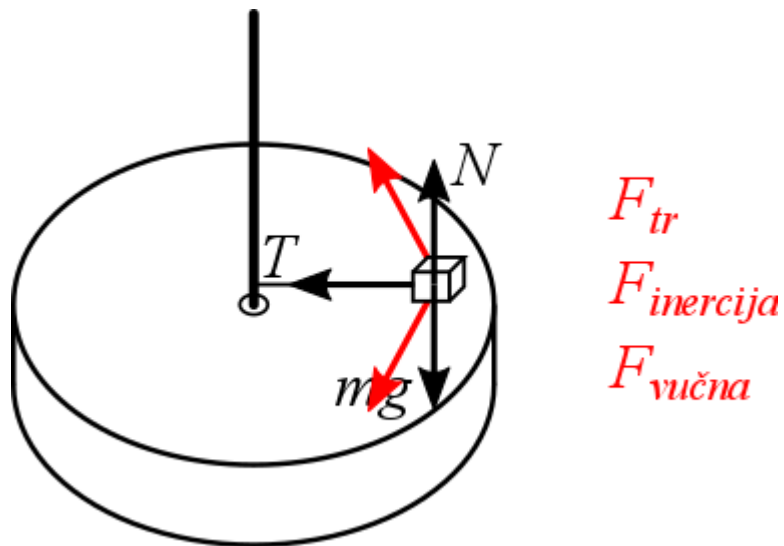


$$F_{cp} = T + F_{tr}$$

$$mr\omega^2 = T + \mu mg$$

$$\omega = \sqrt{\frac{T + \mu mg}{mr}}$$

Županijsko natjecanje 2016 – najčešće pogreške



Hvala na pažnji!