

# Mehanika

## Predavanja 7

D. Radomirović, M. Zuković  
Novi Sad, 2022.

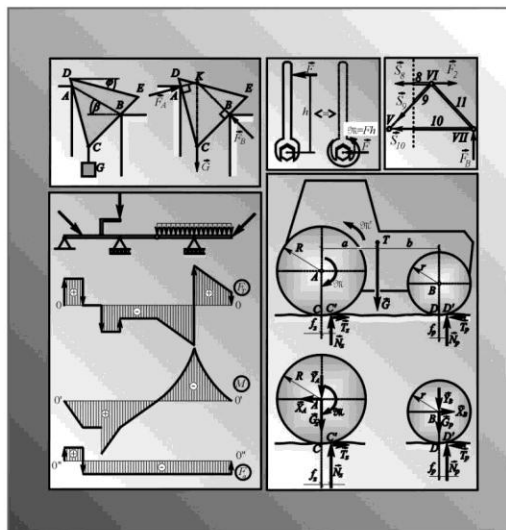
# Literatura

UNIVERZITET U NOVOM SADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Dragi Radomirović

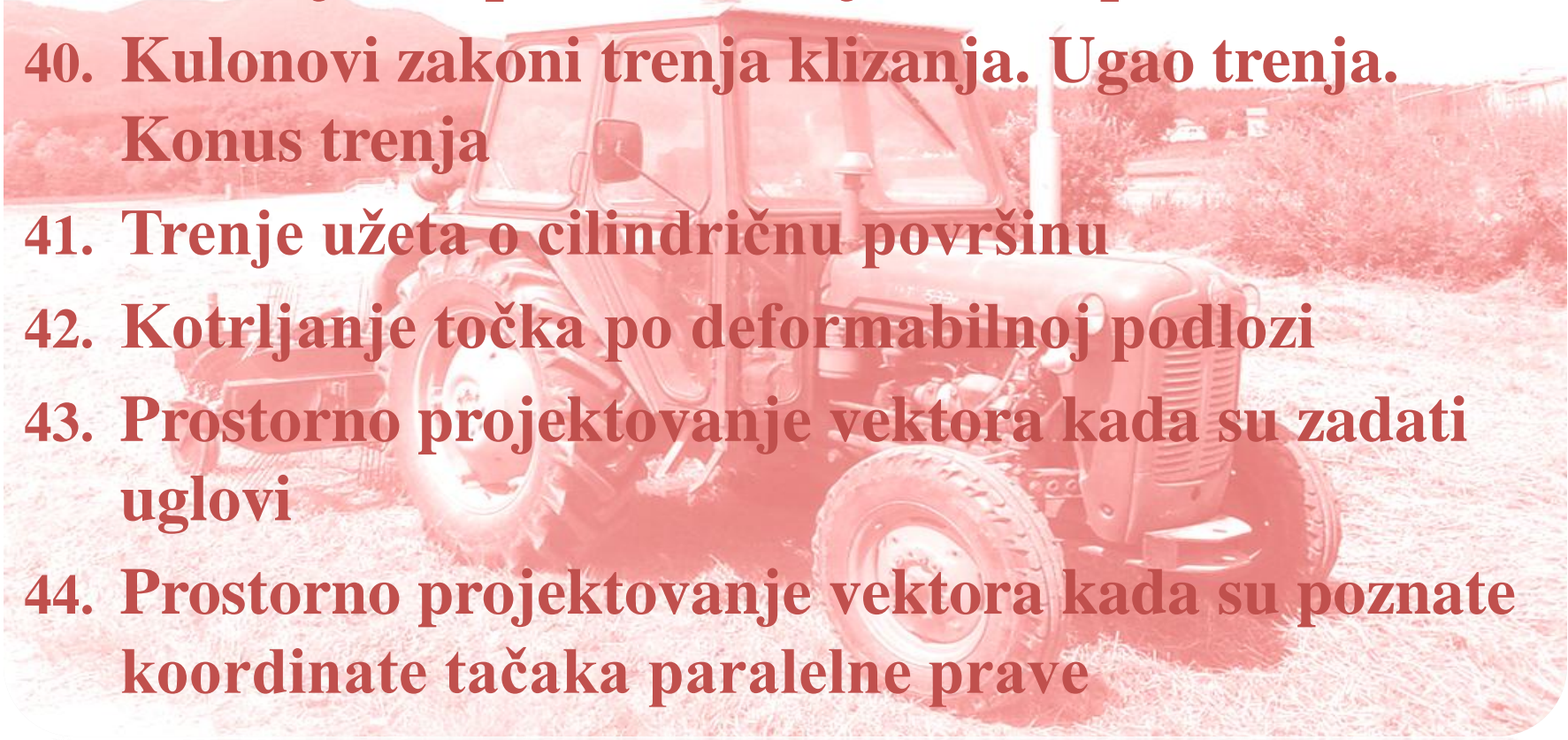
## MEHANIKA

-prvi deo-

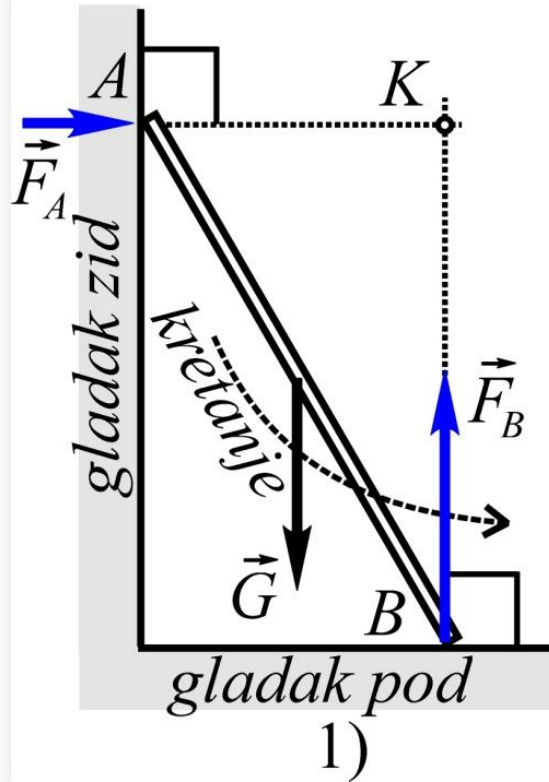


Novi Sad, 2001

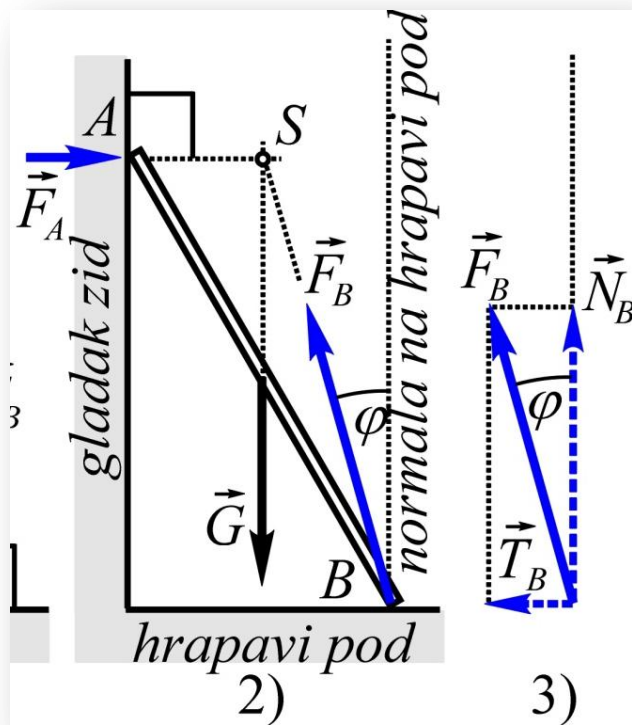
# Šta ćemo naučiti?

- 
39. Reakcija hrapave veze i njene komponente.
  40. Kulonovi zakoni trenja klizanja. Ugao trenja.  
Konus trenja
  41. Trenje užeta o cilindričnu površinu
  42. Kotrljanje točka po deformabilnoj podlozi
  43. Prostorno projektovanje vektora kada su zadati uglovi
  44. Prostorno projektovanje vektora kada su poznate koordinate tačaka paralelne prave

# 39. Reakcija hrapave veze i njene komponente



$$\sum M_{Ki} = M_K^{\vec{G}} \neq 0$$



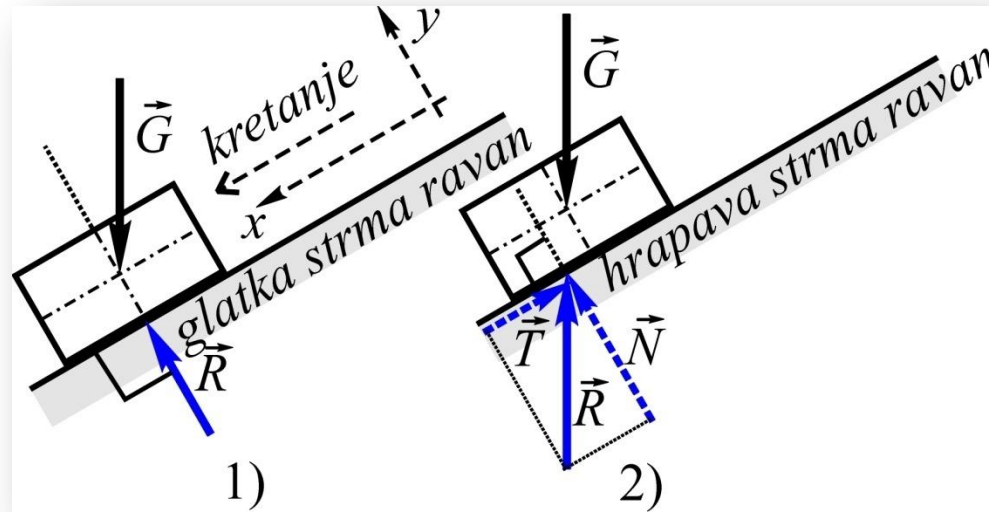
Reakcija hrapave veze  $\vec{F}_B$  u opštem slučaju nema pravac normale već odstupa od nje.

Reakcija hrapave veze najčešće se zamenjuje svojim međusobno upravnim komponentama. Jedna od njih  $\vec{N}_B$ , koja nosi naziv normalna reakcija, ima pravac normale na hrapavu površinu a smer isti kao što bi imala reakcija da je veza glatka.

Druga  $\vec{T}_B$ , koja je upravna na normalnu reakciju, naziva se silom trenja klizanja na tom mestu. Kaže se da tačka  $B$  štapa u odnosu na hrapav pod teži da se kreće u desnu stranu iz razloga što bi se u slučaju glatke veze baš i kretala u tu stranu.

Sila trenja, kojom uklonjena hrapava površina deluje na tačku  $B$  štapa je suprotnog smera od težnje tačke  $B$  za kretanjem u odnosu na hrapavu površinu (usmerena je u levu stranu) pošto baš ona sprečava kretanje tački  $B$ .

$$\sum X_i = X_G \neq 0$$



Pri kontaktu površina dva tela jedan od neophodnih uslova za postojanje sile trenja između njih je hrapavost obeju dodirnih površina.

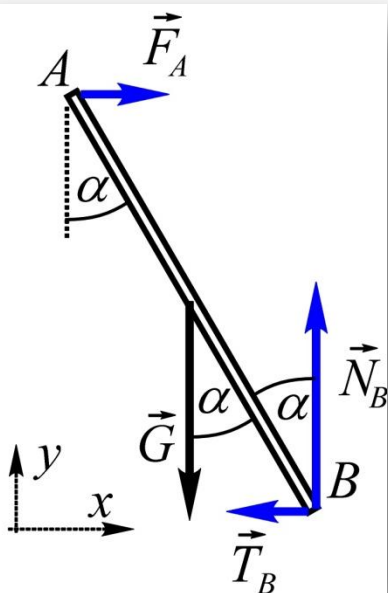
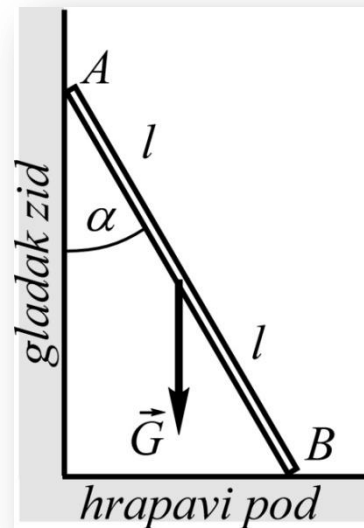
Uvek kada se iz uslova ravnoteže mogu odrediti sve reakcije, uključujući i sile trenja, onda se one i moraju tako odrediti.

Sila trenja kojom telo 2 dejstvuje na neku tačku tela 1 suprotnog je smera od težnje za kretanjem te tačke tela 1 u odnosu na telo 2.

## Primer 9.1

Poznate veličine:  $G$ ,  $l$ ,  $\alpha$

Odrediti sve reakcije veza?



$$\sum M_{Bi} = G \cdot l \sin \alpha - F_A \cdot 2l \cos \alpha = 0 \Rightarrow F_A = \frac{G}{2} \tan \alpha$$

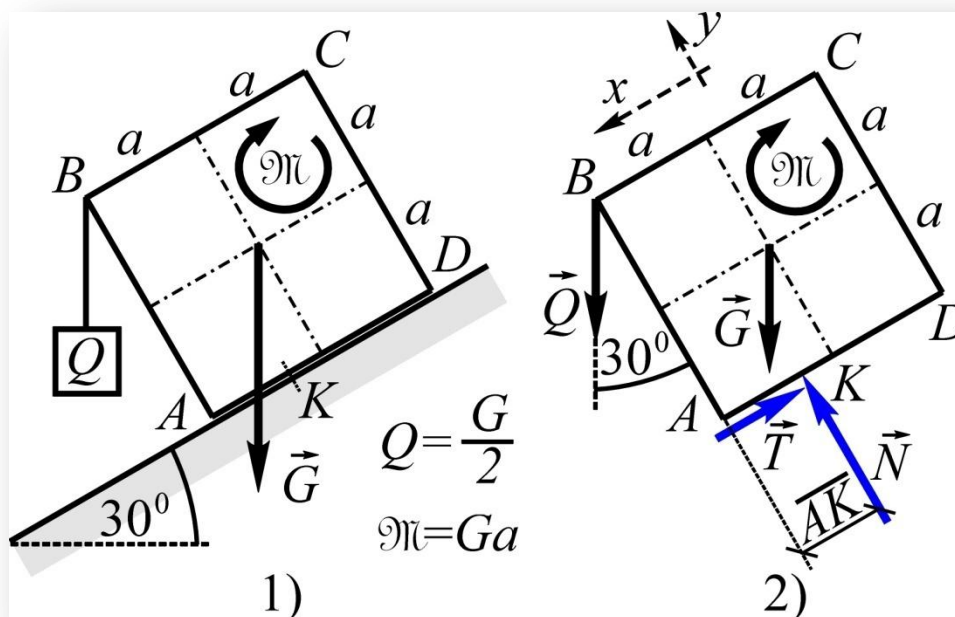
$$\sum X_i = F_A - T_B = 0 \Rightarrow T_B = \frac{G}{2} \tan \alpha$$

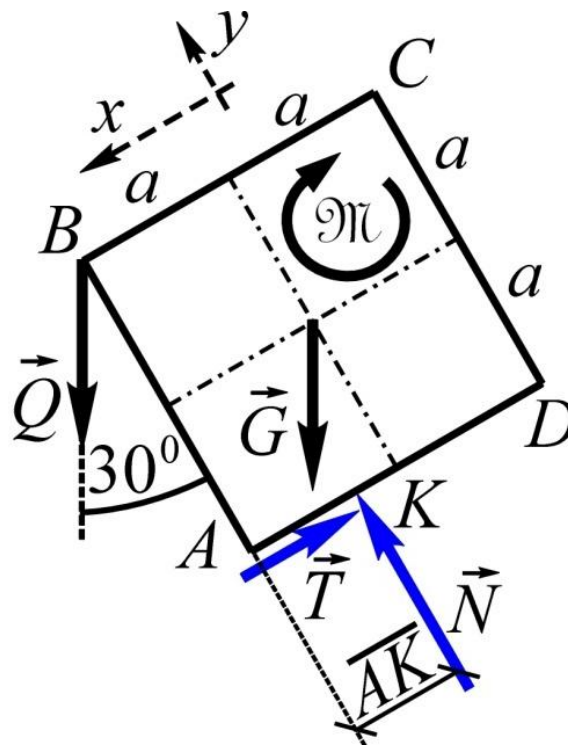
$$\sum Y_i = -G + N_B = 0 \Rightarrow N_B = G$$



## Primer 9.2

Homogena kvadratna ploča  $ABCD$  težine  $G$ , stranice  $2a$ , nalazi se na hrapavoj strmoj ravni koja sa horizontalom gradi ugao od  $30^\circ$ . Za teme  $B$  ploče, posredstvom užeta, okačen je teret težine  $Q=G/2$ . Na ploču dejstvuje i spreg momenta  $\mathfrak{M} = Ga$ , smera datog na slici. Za prikazan ravnotežni položaj, u zavisnosti od poznatih veličina  $G$  i  $a$ , odrediti komponente reakcije podloge, koja dejstvuje u tački  $K$ , kao i mesto te reakcije (rastojanje  $\overline{AK}$ ).





$$\sum X_i = -T + G \sin 30^\circ + Q \sin 30^\circ = 0 \Rightarrow T = \frac{3}{4}G$$

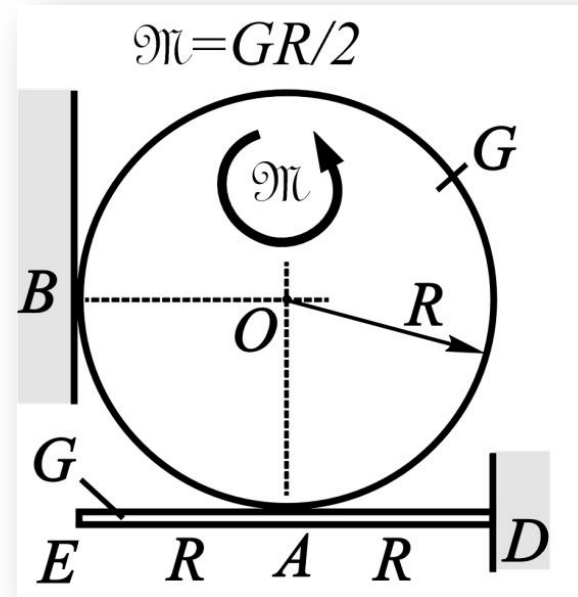
$$\sum Y_i = N - G \cos 30^\circ - Q \cos 30^\circ = 0 \Rightarrow N = \frac{3\sqrt{3}}{4}G$$

$$\sum M_{A_i} = -G \cdot (a \cos 30^\circ - a \sin 30^\circ) + N \cdot \overline{AK} + Q \cdot 2a \sin 30^\circ - M = 0 \Rightarrow \overline{AK} = \frac{2}{3}a$$

## Primer 9.3

Poznate veličine su:  $G, R$   
Odrediti sve reakcije veza?

Vertikalni zid je gladak. Veza u tački A je neidealna (hrapavi su i disk i štap).





# 40. Kulonovi zakoni trenja klizanja. Ugao trenja. Konus trenja

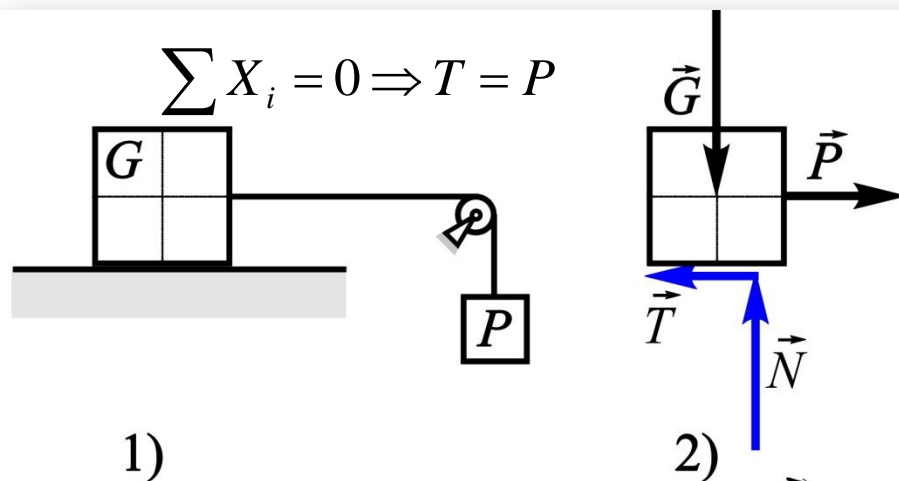
1. Sila trenja klizanja, kojom uklonjeno telo dejstvuje na posmatrano i koja je suprotnog smera od težnje za kretanjem tačke na koju ona dejstvuje u odnosu na uklonjeno telo, može imati sve vrednosti od nule do njene maksimalne (granične) vrednosti, tj

$$0 \leq T \leq T_{gr}$$

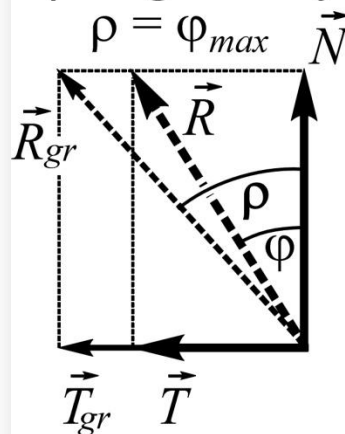
2. Granična vrednost sile trenja jednaka je proizvodu statičkog koeficijenta trenja  $\mu$  i intenziteta odgovarajuće normalne reakcije

$$T_{gr} = \mu \cdot N$$

3. Veličina granične sile trenja u dovoljno širokoj oblasti ne zavisi od veličine dodirnih površina pri trenju.



$\rho$  - ugao trenja



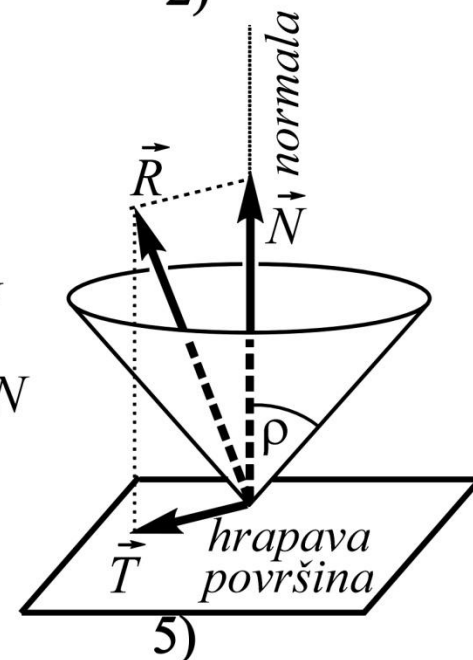
$$T_{gr} = \mu N$$

$R_{gr}$   $N$   $\rho$

$$\tan \rho = \mu$$

3)

4)



*Granična sila trenja, ugao trenja i konus trenja*

Kada je sila trenja  $\vec{T}$  jednaka graničnoj sili  $\vec{T}_{gr}$  onda odgovarajuća reakcija  $\vec{R} = \vec{R}_{gr}$  hrapave veze najviše odstupa od normale. Taj maksimalni ugao odstupanja reakcije hrapave veze od normale, koji će biti označavan sa  $\rho$ , nosi naziv ugao trenja (Sl.3). Na osnovu pravouglog trougla sa slike 4, lako se dobija da je veza između koeficijenta trenja klizanja i ugla trenja sledeća:

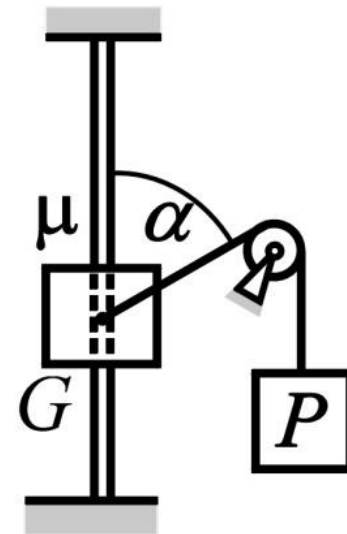
$$\tan \rho = \mu \quad \Rightarrow \quad \rho = \arctan \mu$$

Kada se tačka jednog tela nalazi na hrapavoj površini drugog tela koje dejstvuje na tu tačku reakcijom hrapave veze  $\vec{R}$  i kada je moguća težnja za kretanjem tačke u svim pravcima hrapave površine onda se reakcija hrapave veze mora nalaziti unutar konusa prikazanog na slici 5 koji se naziva konusom trenja. Ovde je ugao pri vrhu konusa  $2\rho$ ; osa konusa je u pravcu normale na hrapavu površinu a pretpostavljeno je da je koeficijent trenja klizanja isti u svim pravcima hrapave površine.

Ravanski zadaci sa trenjem mogu se rešavati uz pomoć konusa trenja i teoreme o tri neparalelne sile. U takvim zadacima aktivno opterećenje se zamenjuje sa njegovom rezultantom što je jedna od tri sile čija je napadna linija važna za proučavanje ravnoteže. Druge dve sile koje dejstvuju na telo su reakcije veza. Na mestima hrapavih veza se konstruišu odgovarajući konusi trenja gde se ima u vidu da reakcije hrapavih veza moraju biti unutar svojih konusa trenja.

## Primer 9.4

Klizač težine  $G$  može da klizi po vertikalnom hrapavom štapu gde je koeficijent trenja klizanja  $\mu$ . Za klizač je vezano i uže koje je prebačeno preko idealnog kotura na čijem je drugom kraju okačen teret težine  $P$ . Uže gradi sa vertikalom ugao  $\alpha$ . U zavisnosti od poznatih veličina  $G$ ,  $\mu$  i  $\alpha$  odrediti dijapazon u okviru kojeg se može kretati vrednost tereta  $P$  za prikazan ravnotežni položaj.





$$P_{\min} \leq P \leq P_{\max}$$

*Granični slučaj, Sl.3, kada je:*

$$P \cos \alpha < G$$

$$P = P_{\min}, \quad T = T_{gr} = \mu \cdot N$$

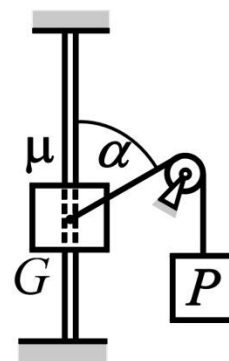
$$\sum X_i = -N + P_{\min} \sin \alpha = 0 \Rightarrow N = P_{\min} \sin \alpha$$

$$\sum Y_i = T + P_{\min} \cos \alpha - G = 0$$

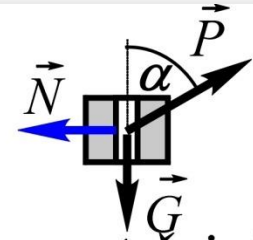
$$\Rightarrow \mu P_{\min} \sin \alpha + P_{\min} \cos \alpha - G = 0$$

$$\Rightarrow P_{\min} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = G$$

$$\Rightarrow P_{\min} = \frac{G}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$



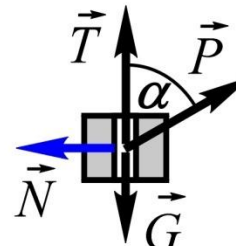
1)



*nema težnje klizača  
za kretanjem ( $T=0$ )*

$$P \cos \alpha = G$$

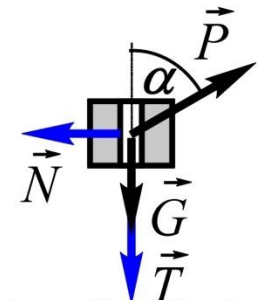
2)



*klizač teži da  
se kreće naniže*

$$P \cos \alpha < G$$

3)



*klizač teži da  
se kreće naviše*

$$P \cos \alpha > G$$

4)

*Granični slučaj, Sl.4, kada je:*

$$P \cos \alpha > G$$

$$P = P_{\max}, \quad T = T_{gr} = \mu \cdot N$$

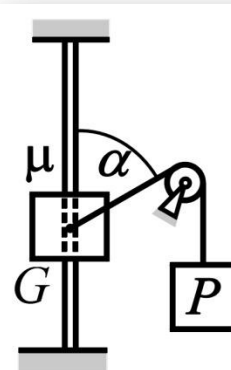
$$\sum X_i = -N + P_{\max} \sin \alpha = 0 \Rightarrow N = P_{\max} \sin \alpha$$

$$\sum Y_i = -T + P_{\max} \cos \alpha - G = 0$$

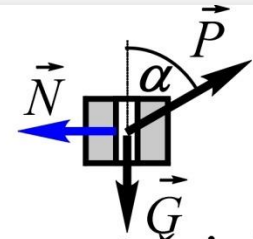
$$\Rightarrow -\mu P_{\max} \sin \alpha + P_{\max} \cos \alpha - G = 0$$

$$\Rightarrow P_{\max} (\cos \alpha - \mu \sin \alpha) = G$$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{G}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$$



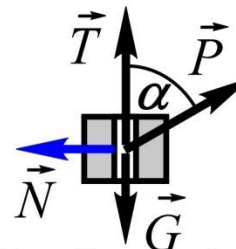
1)



*nema težnje klizača  
za kretanjem ( $T=0$ )*

$$P \cos \alpha = G$$

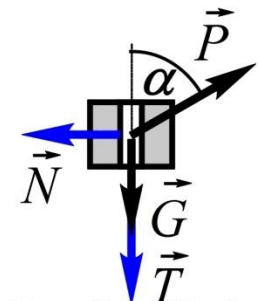
2)



*klizač teži da  
se kreće naniže*

$$P \cos \alpha < G$$

3)



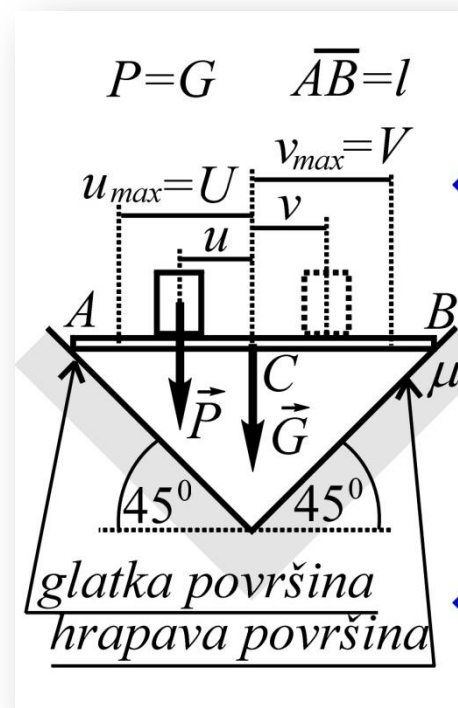
*klizač teži da  
se kreće naviše*

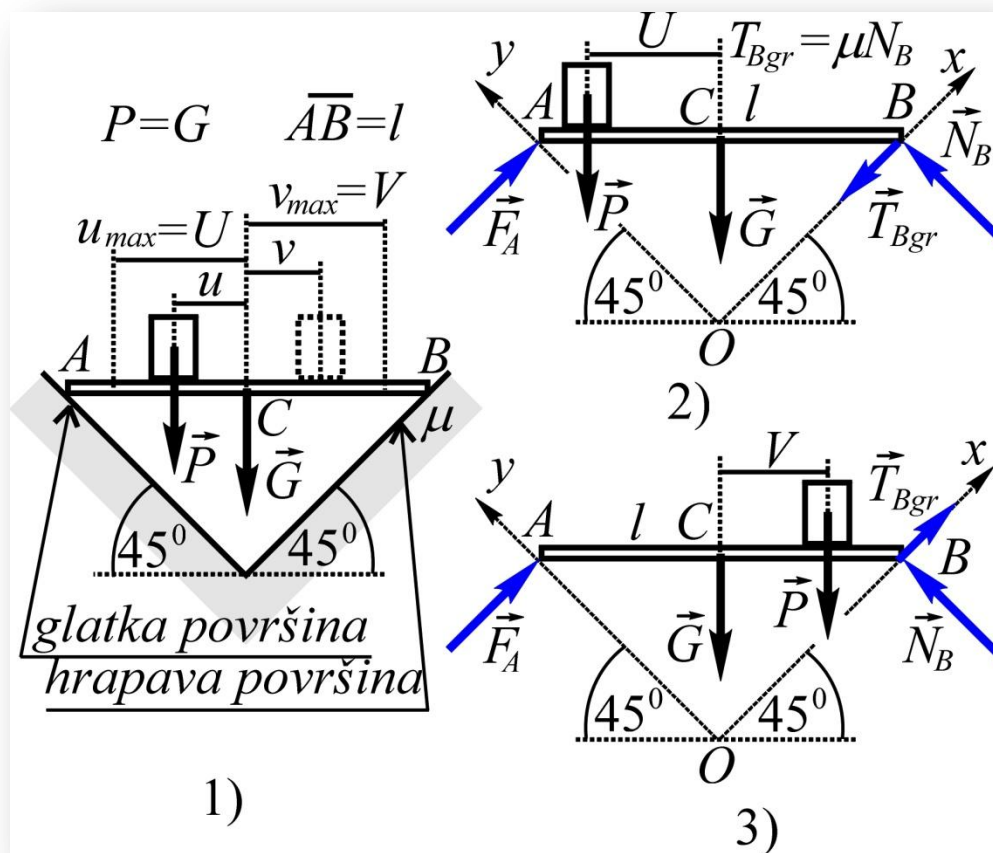
$$P \cos \alpha > G$$

4)

## Primer 9.5

Horizontalni homogeni štap  $AB$  težine  $G$ , dužine  $l$ , naslanja se u tački  $A$  na glatku strmu ravan a u tački  $B$  na hrapavu strmu ravan. Obe strme ravni grade sa horizontalom ugao od  $45^\circ$ . Koeficijent trenja na mestu  $B$  iznosi  $\mu = 1/4$ . Na štapu se nalazi i teret težine  $P=G$ . Odrediti sve moguće pozicije tereta  $P$  (odnosno, granice za  $u$  i  $v$ ) za prikazan ravnotežni položaj. Veličinu  $l$  smatrati poznatom.





Pošto traženi odgovor mora biti u obliku

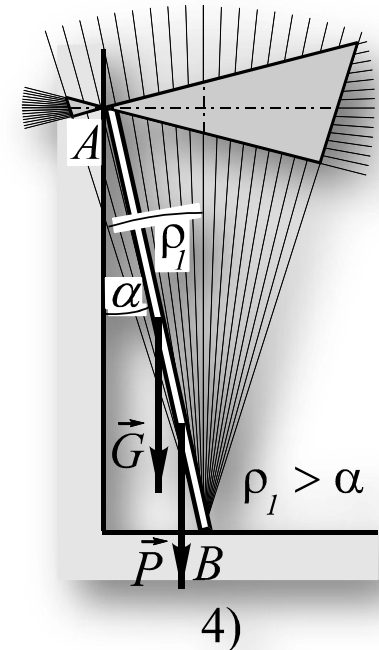
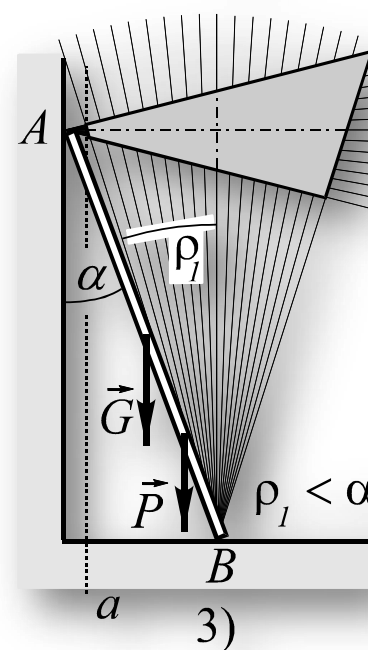
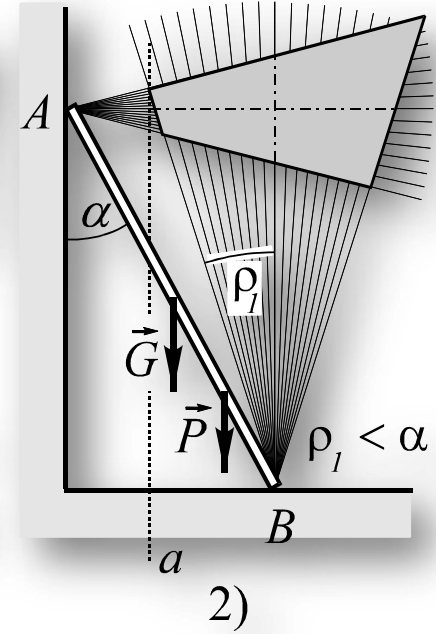
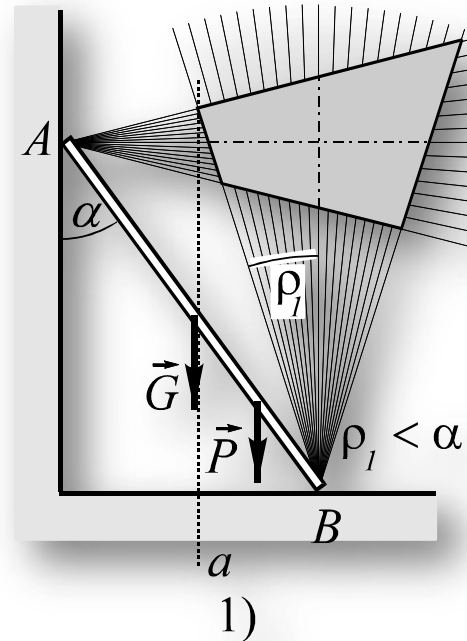
$$0 \leq u \leq u_{\max} = U, \quad 0 \leq v \leq v_{\max} = V$$

dovoljno je da se iz dva granična slučaja ravnoteže odrede ograničenja  $U$  i  $V$ .

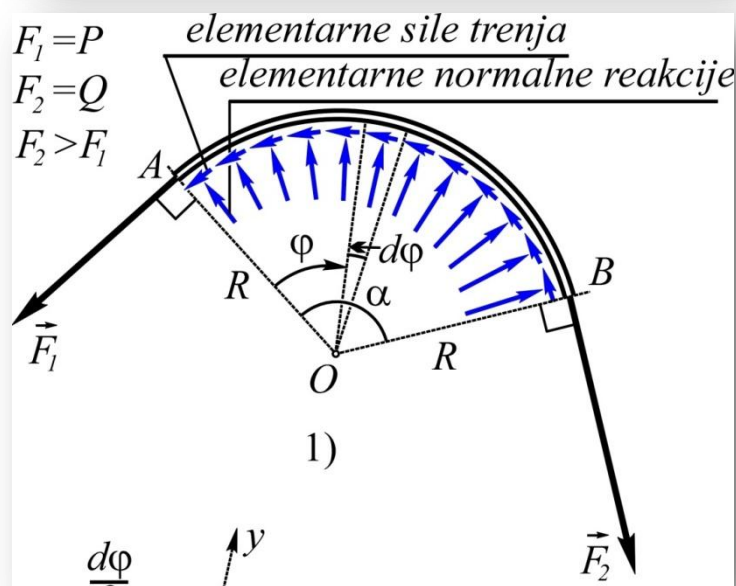
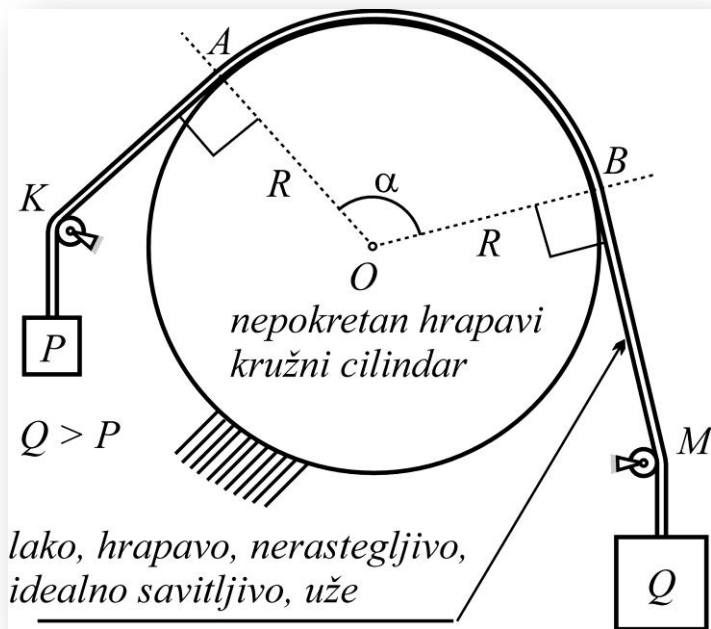
## Primer 9.6

Koristeći konuse trenja i teorem o tri neparalelne sile komentarisati ravnotežu teških merdevina težine  $G$  koje su opterećene i dodatnom težinom  $P$ .

Povučene vertikalne linije  $a$  na ovim slikama služe da se na osnovu pozicije napadne linije rezultante aktivnog opterećenja zaključi kada je ravnoteža merdevina moguća a kada ne. Zapravo, s obzirom na teorem o tri neparalelne sile, ako bi se napadna linija te rezultante nalazila desno od linije  $a$ , merdevine bi se nalazile u ravnoteži a ako bi se ta napadna linija nalazila levo ravnoteža bi bila nemoguća.



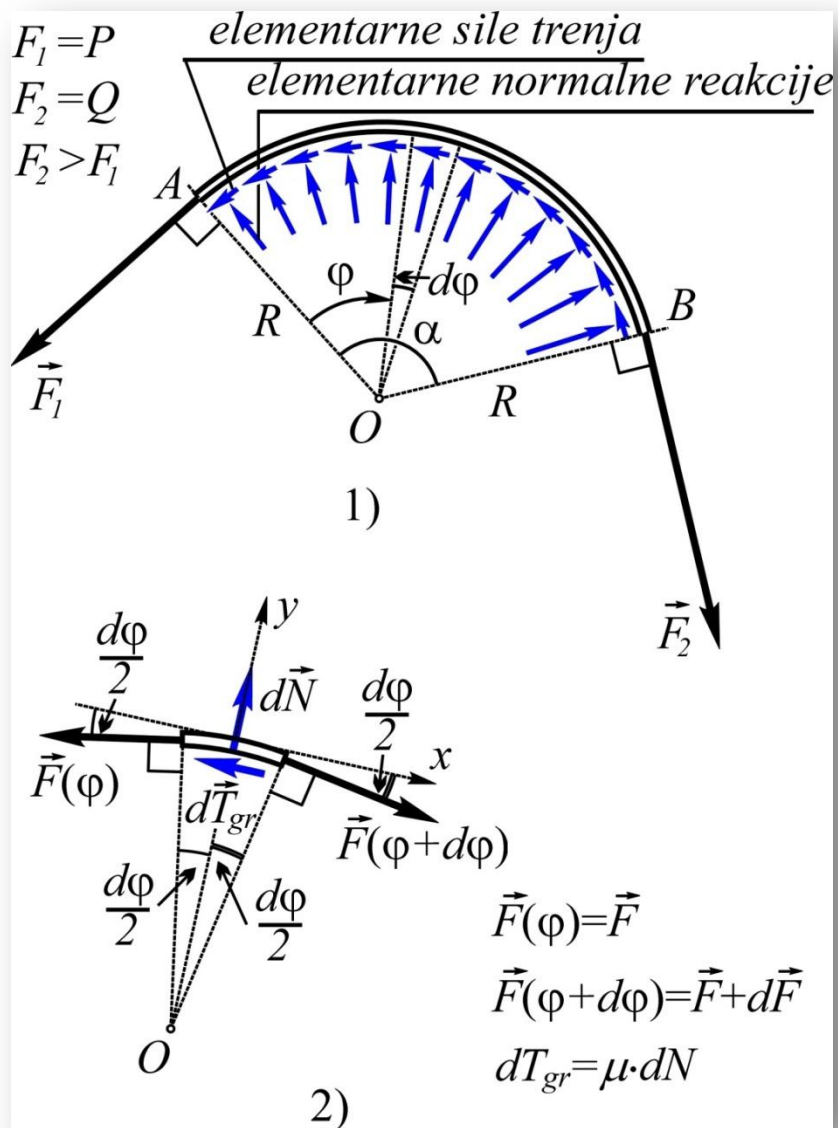
# 41. Trenje užeta o cilindričnu površinu



Sila u užetu na desnom kraju je intenziteta  $F_2=Q$ , a na levom  $F_1=P$ , gde je  $Q>P$ , (odnosno  $F_2> F_1$ ). Neka koeficijent trenja klizanja između užeta i cilindra iznosi  $\mu$  i neka obuhvatni ugao (ugao  $AOB$ ) iznosi  $\alpha$ .

Problem će biti rešen ako se, na primer, za zadato  $F_1$  odredi  $F_{2max}$ .

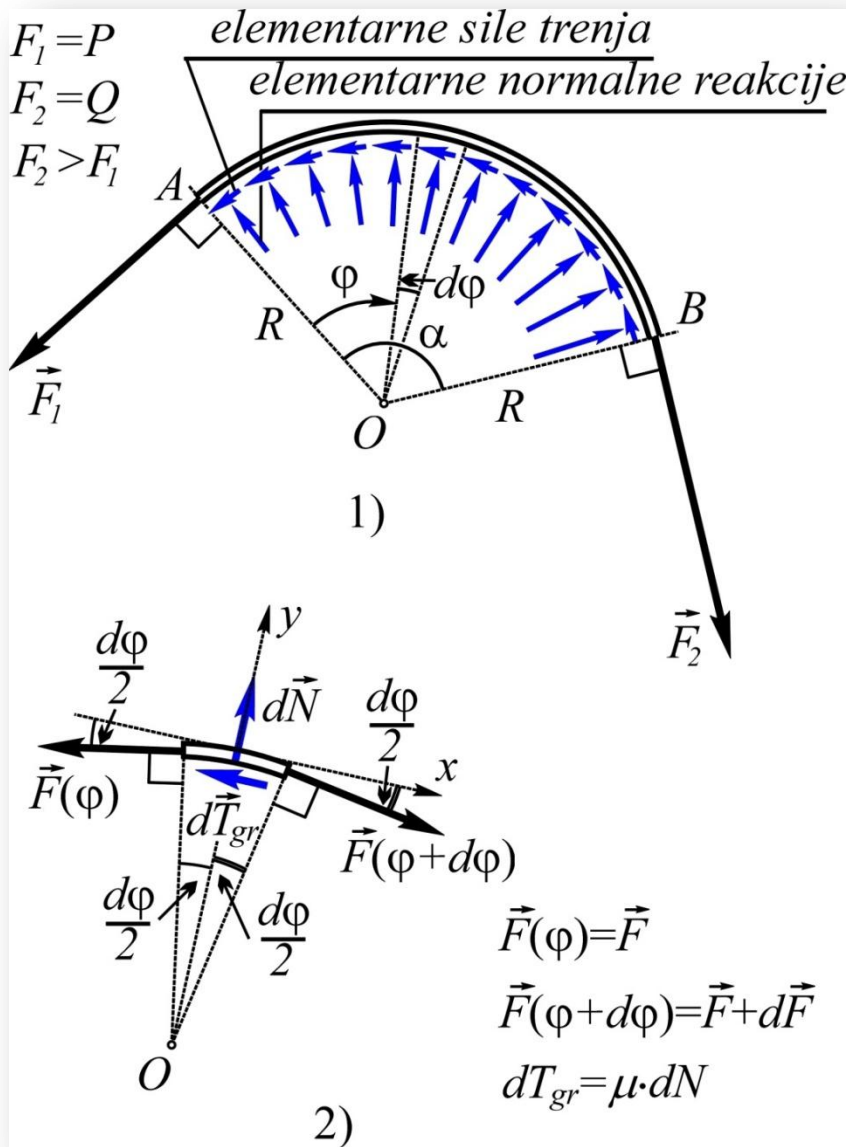
Posmatračće se ravnoteža užeta u graničnom slučaju.



Na slici 1 prikazan je uravnotežen sistem sila koji djeluje na lučni deo užeta, koji obuhvata cilindričnu površinu. Proizvoljni presek tog dela užeta definisan je ugaonom koordinatom  $\varphi$ .

Na slici 2 prikazan je, u graničnom slučaju, uravnotežen sistem sila koji djeluje na elementarni deo užeta, koji se proteže od preseka definisanog koordinatom  $\varphi$  do preseka definisanog koordinatom  $\varphi + d\varphi$ .





Sila u užetu je funkcija koordinate  $\varphi$ :

$$F = F(\varphi), F(0) = F_1, F(\alpha) = F_{2\max}$$

Uklonjena hrapava površina na taj lučni deo užeta dejstvuje elementarnim normalnim reakcijama, koje imaju pravac normala, i elementarnim silama trenja koje imaju pravac tangenti.

### SI.2

$$\sum Y_i = dN - F \sin \frac{d\varphi}{2} - (F + dF) \sin \frac{d\varphi}{2} = 0,$$

$$\sin \frac{d\varphi}{2} \approx \frac{d\varphi}{2}, dF \cdot d\varphi \approx 0 \Rightarrow dN = F d\varphi$$

$$\sum X_i = (F + dF) \cos \frac{d\varphi}{2} - F \cos \frac{d\varphi}{2} - \mu dN = 0,$$

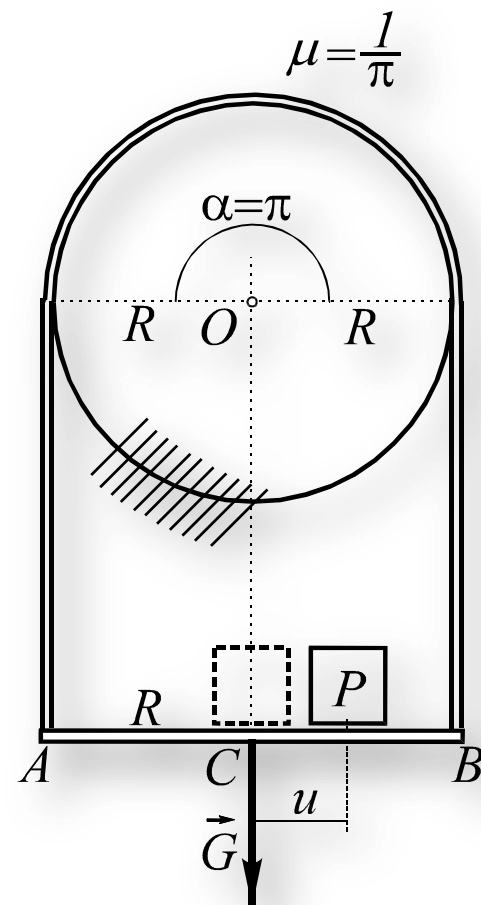
$$\cos \frac{d\varphi}{2} \approx 1 \Rightarrow \frac{dF}{F} = \mu d\varphi, \ln F = \mu\varphi + C$$

$$C = \ln F_1, F(\varphi) = F_1 e^{\mu\varphi}$$

$$F_{2\max} = F_1 e^{\mu\alpha}$$

## Primer 9.7

Za krajeve užeta prebačenog preko cilindrične površine, gde je  $\mu=1/\pi$  a  $\alpha=\pi$ , vezan je horizontalni homogeni štap AB težine  $G$ , dužine  $2R$  kao što je to na slici 1 prikazano. Štap je opterećen i dodatnim teretom težine  $P$  koji se nalazi desno od sredine štapa na nepoznatom rastojanju  $u$ . Odrediti dijapazon za  $u$  u prikazanom ravnotežnom položaju?



$$F_{2\max} = F_1 \cdot e^{\mu\alpha} \Rightarrow F_{2\max} = F_1 \cdot e$$

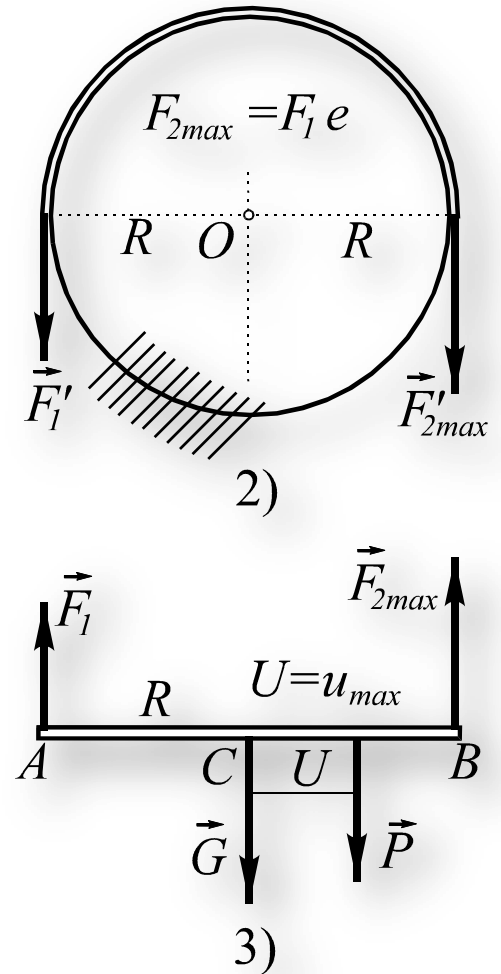
$$\sum Y_i = F_1 + F_{2\max} - G - P = 0$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{G + P}{e + 1}, F_{2\max} = \frac{e}{e + 1}(G + P)$$

Momentni uslov ravnoteže sistema sila sa slike 3, izborom sredine štapa za momentnu tačku, daje jednačinu:

$$\sum M_{Ci} = -F_1 \cdot R + F_{2\max} \cdot R - P \cdot U = 0$$

$$\Rightarrow u_{\max} = U = \frac{e - 1}{e + 1} \cdot \frac{G + P}{P} \cdot R$$



# 42. Kotrljanje točka po deformabilnoj podlozi

Iako se pri kotrljanju točka deformišu i sam točak i podloga, smatrajmo ovde da je samo podloga deformabilna.

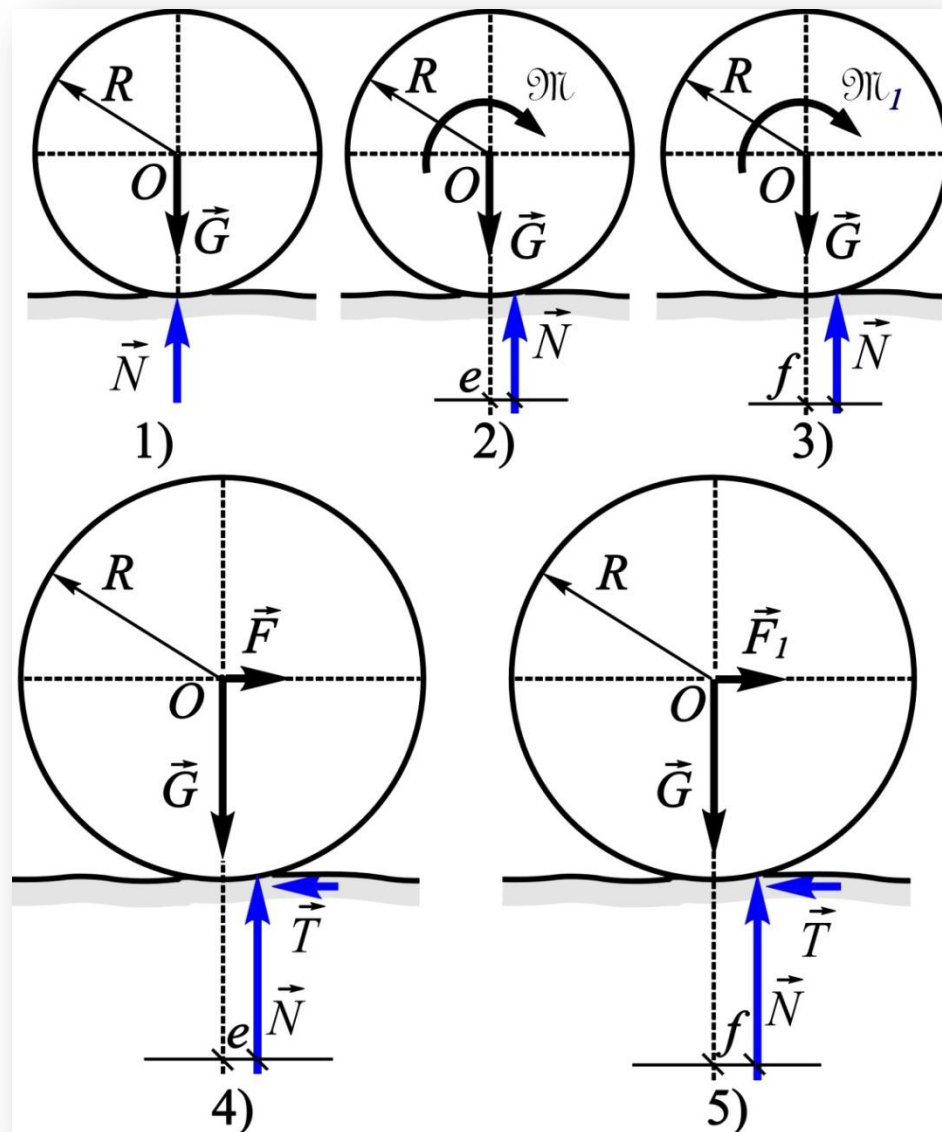
Istaknimo još jednu veoma važnu činjenicu. Radi se o tome da se, u opštem slučaju, pri kotrljanju točka bez klizanja javlja i sila trenja klizanja, što znači da i točak i podloga moraju da budu hrapavi.

**Sl.2**  $e = \frac{\mathcal{M}}{G}, \quad 0 \leq e \leq e_{\max} = f$

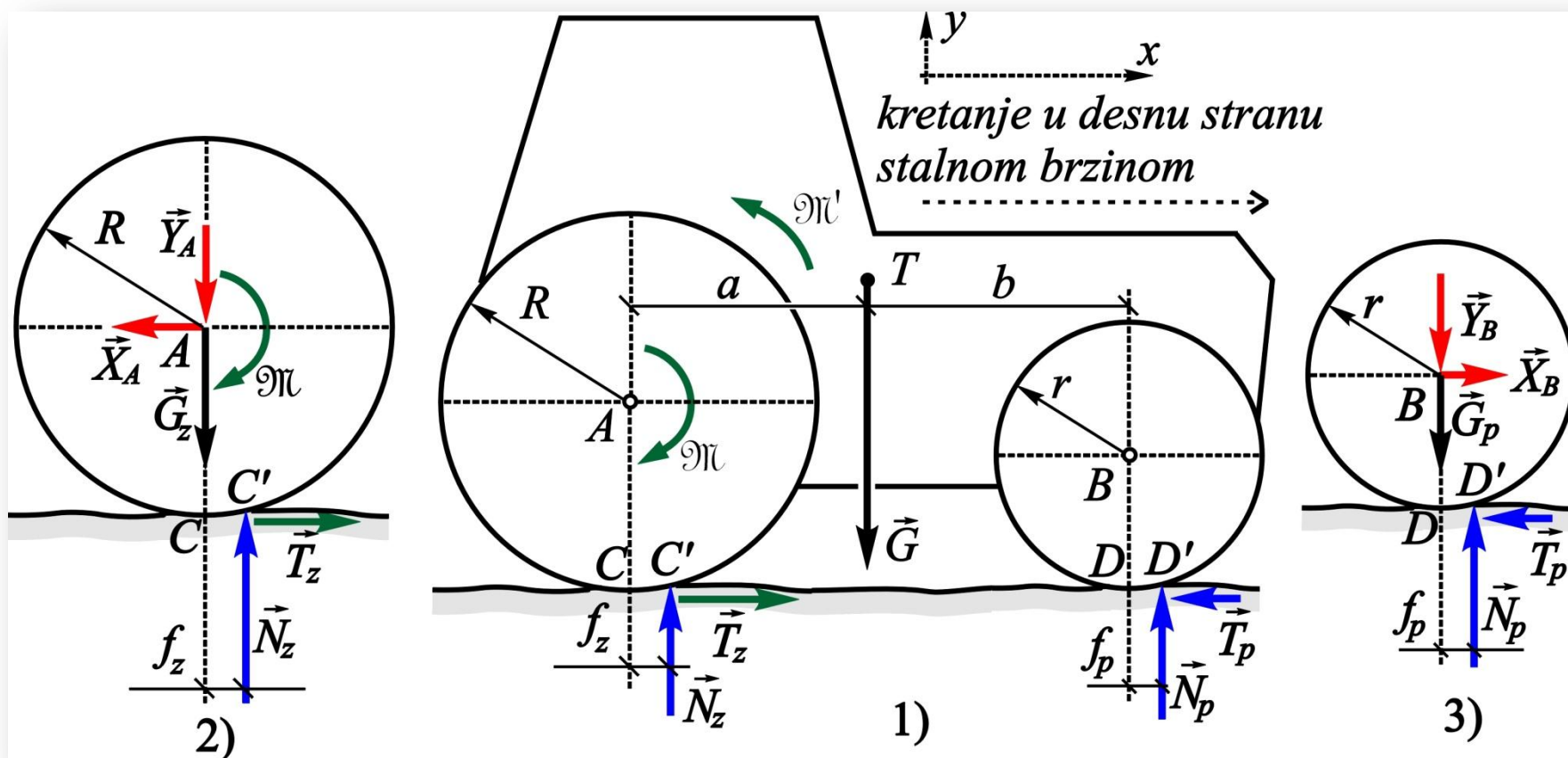
**Sl.4**  $e = \frac{FR}{G}, \quad 0 \leq e \leq e_{\max} = f$

Pošto se u većini praktičnih problema ne javlja klizanje, ove sile trenja najčešće zadovoljavaju uslov:

$$T < \mu \cdot N$$



**Primer 9.8** Uzimajući u obzir deformabilnost podloge a zanemarujući sve ostale otpore odrediti sve reakcije veza i pogonski moment  $\mathcal{M}$  za uprošćen model traktora sa pogonom na zadnje točkove koji se kreće stalnom brzinom. Smatrati da su poznate sledeće veličine: ukupna težina traktora  $G$  i težine njegovih točkova  $G_z$  i  $G_p$  kao i geometrijske mere  $a, b, R, r, f_z$  i  $f_p$ .



$$\text{Sl.1} \quad \sum M_{C'i} = -G(a - f_z) + N_p(a + b + f_p - f_z) = 0 \Rightarrow N_p = \frac{a - f_z}{a + b + f_p - f_z} G$$

$$\sum Y_i = N_z + N_p - G = 0 \Rightarrow N_z = \frac{b + f_p}{a + b + f_p - f_z} G$$

$$\text{Sl.3} \quad \sum M_{Di} = N_p \cdot f_p - X_B \cdot r = 0 \Rightarrow X_B = \frac{a - f_z}{a + b + f_p - f_z} \cdot \frac{f_p}{r} \cdot G$$

$$\sum X_i = X_B - T_p = 0 \Rightarrow T_p = \frac{a - f_z}{a + b + f_p - f_z} \cdot \frac{f_p}{r} \cdot G$$

$$\sum Y_i = -Y_B - G_p + N_p = 0 \Rightarrow Y_B = \frac{a - f_z}{a + b + f_p - f_z} G - G_p$$

$$\text{Sl.1} \quad \sum X_i = T_z - T_p = 0 \Rightarrow T_z = \frac{a - f_z}{a + b + f_p - f_z} \cdot \frac{f_p}{r} \cdot G$$

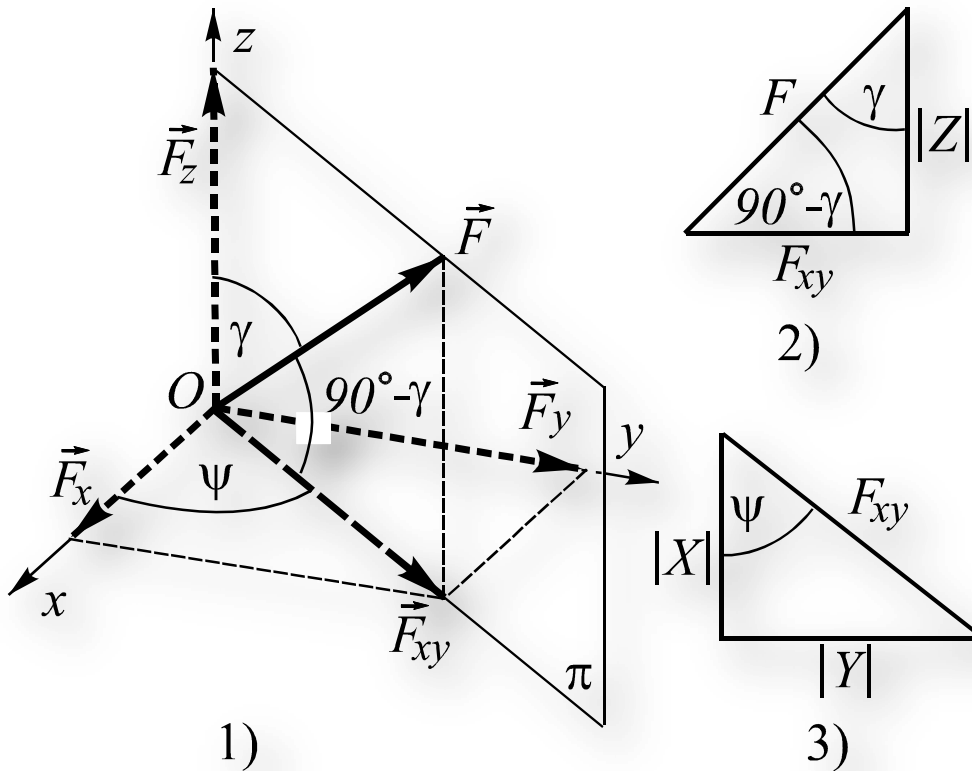
$$\text{Sl.2} \quad \sum M_{Ai} = T_z \cdot R + N_z \cdot f_z - \mathfrak{R} = 0 \Rightarrow \mathfrak{R} = \frac{(a - f_z)f_p R + (b + f_p)f_z r}{(a + b + f_p - f_z)r} G$$

$$\sum X_i = -X_A + T_z = 0 \Rightarrow X_A = \frac{a - f_z}{a + b + f_p - f_z} \cdot \frac{f_p}{r} \cdot G$$

$$\sum Y_i = -Y_A - G_z + N_z = 0 \Rightarrow Y_A = \frac{b + f_p}{a + b + f_p - f_z} G - G_z$$

# 43. Prostorno projektovanje vektora kada su zadati uglovi





*Varijanta prostornog projektovanja vektora  
sa dva zadata ugla*

Prvo se razlaže vektor  $\vec{F}$

$$\vec{F} = \vec{F}_z + \vec{F}_{xy}$$

$$Z = F \cos \gamma$$

$$F_{xy} = F \cos(90^\circ - \gamma) = F \sin \gamma$$

Zatim se razlaže komponenta  $\vec{F}_{xy}$

$$\vec{F}_{xy} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$$

$$X = F_{xy} \cos \psi = F \sin \gamma \cos \psi$$

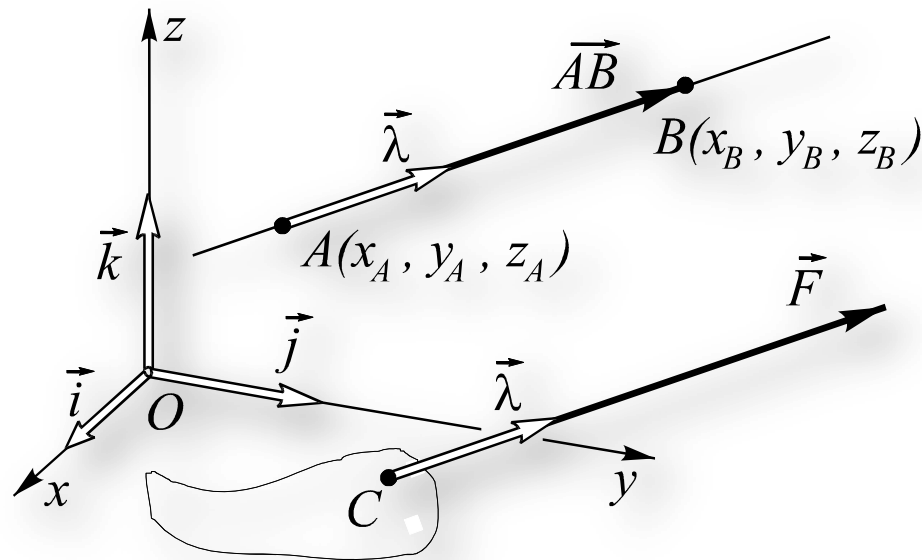
$$Y = F_{xy} \sin \psi = F \sin \gamma \sin \psi$$

# 44. Prostorno projektovanje vektora kada su poznate koordinate tačkaka paralelne prave

Treba odrediti projekcije  $X$ ,  $Y$  i  $Z$  vektora  $\vec{F}$ :

$$\vec{F} = X\vec{i} + Y\vec{j} + Z\vec{k}$$

Poznate su koordinate tačkaka  $A$  i  $B$  koje leže na pravoj paralelnoj vektoru  $\vec{F}$ .



$$\overrightarrow{AB} = \overline{AB} \vec{\lambda} \quad \vec{F} = F\vec{\lambda}$$

$$\frac{\vec{F}}{F} = \frac{\overrightarrow{AB}}{\overline{AB}} \Rightarrow \vec{F} = \frac{F}{\overline{AB}} \overrightarrow{AB}$$

$$\overrightarrow{OB} = \vec{r}_B = x_B \vec{i} + y_B \vec{j} + z_B \vec{k}, \quad \overrightarrow{OA} = \vec{r}_A = x_A \vec{i} + y_A \vec{j} + z_A \vec{k}$$

$$\overrightarrow{AB} = \vec{r}_B - \vec{r}_A = (x_B - x_A) \vec{i} + (y_B - y_A) \vec{j} + (z_B - z_A) \vec{k}$$

$$\overline{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$$

$$\vec{F} = \frac{F \left[ (x_B - x_A) \vec{i} + (y_B - y_A) \vec{j} + (z_B - z_A) \vec{k} \right]}{\overline{AB}} \Rightarrow$$

$$X = \frac{x_B - x_A}{\overline{AB}} F$$

$$Y = \frac{y_B - y_A}{\overline{AB}} F$$

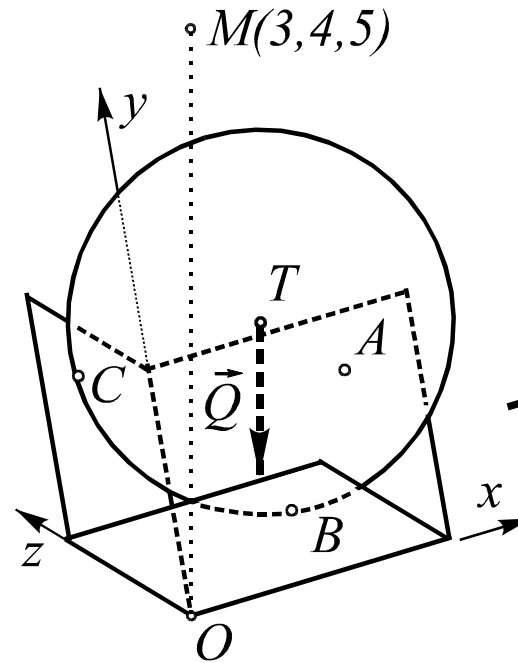
$$Z = \frac{z_B - z_A}{\overline{AB}} F$$

## Primer 4.8

Poznata veličina:  $Q$

Poznato je da se tačka  $M$ , čije su koordinate  $(3,4,5)$  u tom nagnutom koordinatnom sistemu, nalazi na vertikali koja prolazi kroz tačku koordinatnog početka  $O$

Odrediti:  $F_A, F_B, F_C$

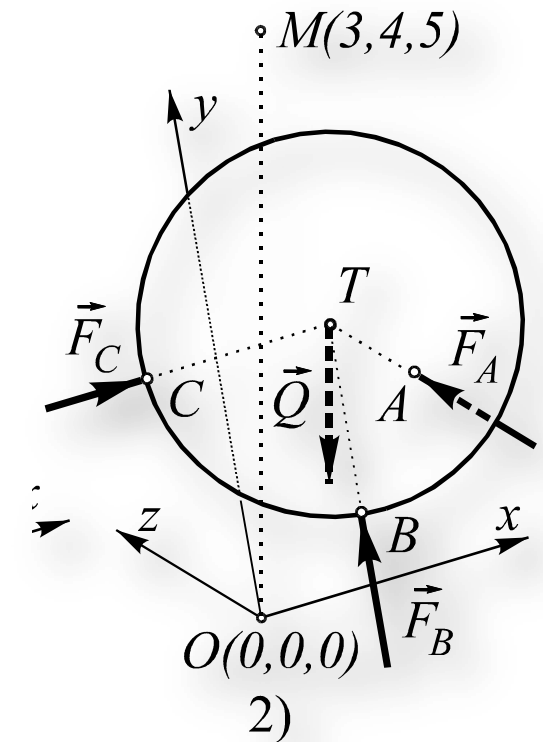


$$\vec{Q} = \frac{Q}{MO} \overrightarrow{MO}$$

$$\vec{Q} = X_Q \vec{i} + Y_Q \vec{j} + Z_Q \vec{k}, \quad \overrightarrow{MO} = -3\vec{i} - 4\vec{j} - 5\vec{k}$$

$$\vec{Q} = \frac{Q}{\sqrt{(-3)^2 + (-4)^2 + (-5)^2}} (-3\vec{i} - 4\vec{j} - 5\vec{k})$$

$$X_Q = -\frac{3}{5\sqrt{2}}Q, \quad Y_Q = -\frac{4}{5\sqrt{2}}Q, \quad Z_Q = -\frac{Q}{\sqrt{2}}$$



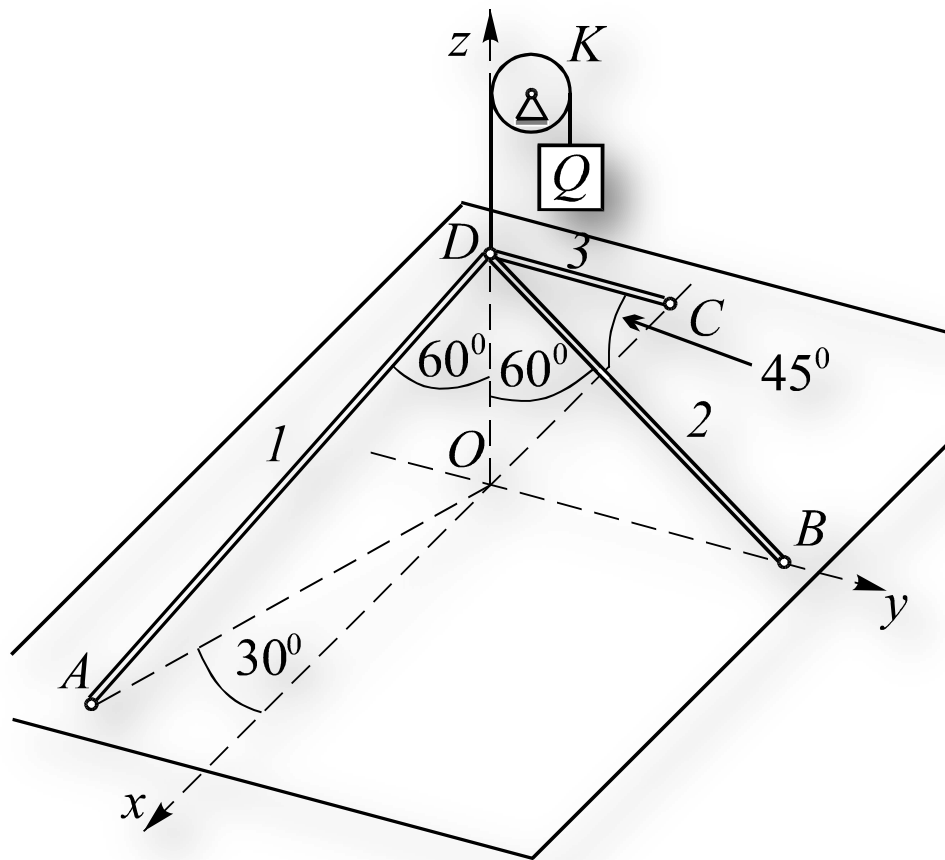
**Uslovi ravnoteže:**

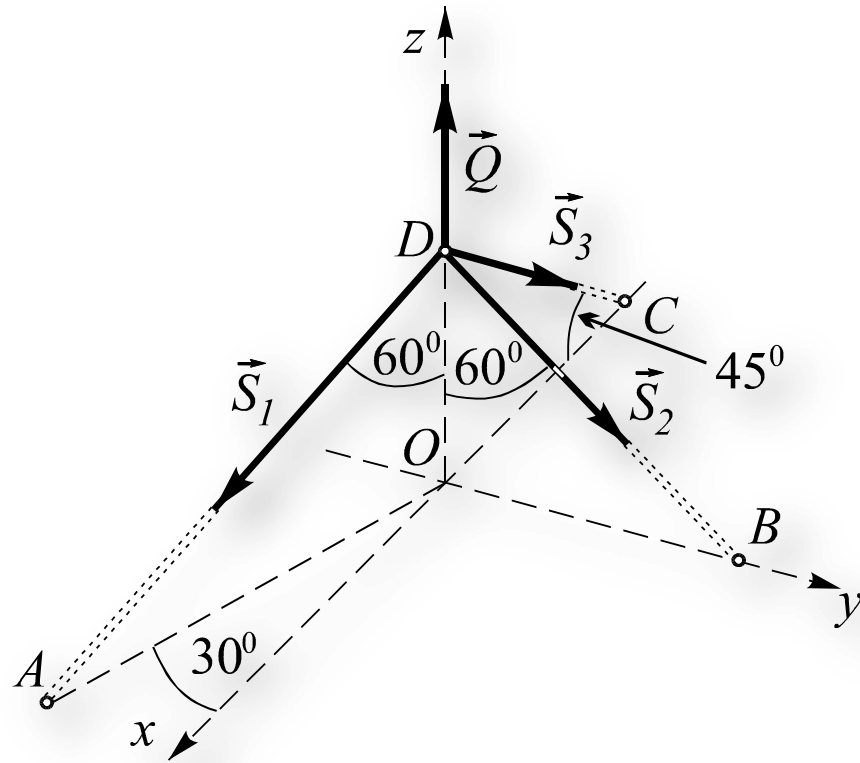
$$\sum X_i = F_C - \frac{3}{5\sqrt{2}}Q = 0$$

$$\sum Y_i = F_B - \frac{4}{5\sqrt{2}}Q = 0$$

$$\sum Z_i = F_A - \frac{Q}{\sqrt{2}} = 0 \quad \dots$$

## Primer 4.9





$$X_2 = 0, \quad Y_2 = S_2 \sin 60^\circ, \quad Z_2 = -S_2 \cos 60^\circ$$

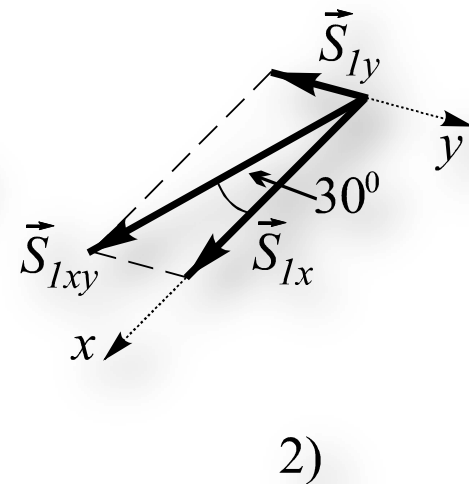
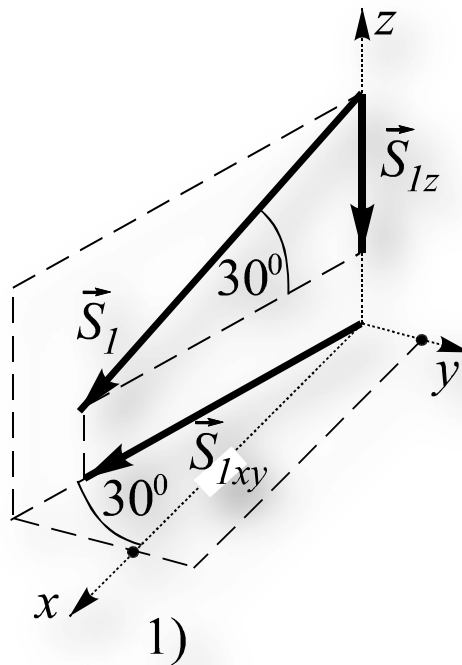
$$X_3 = -S_3 \cos 45^\circ, \quad Y_3 = 0, \quad Z_3 = -S_3 \sin 45^\circ$$

$$\vec{S}_i = X_i \vec{i} + Y_i \vec{j} + Z_i \vec{k}$$

$$S_{1z} = S_1 \sin 30^\circ, \quad S_{1xy} = S_1 \cos 30^\circ$$

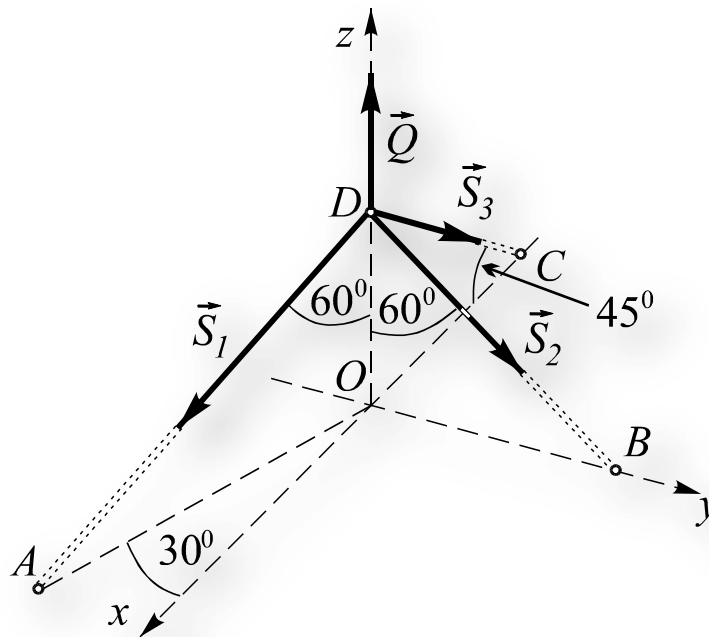
$$S_{1x} = S_{1xy} \cos 30^\circ = S_1 \cos 30^\circ \cos 30^\circ$$

$$S_{1y} = S_{1xy} \sin 30^\circ = S_1 \cos 30^\circ \sin 30^\circ$$



Razlaganje sile  $\vec{S}_1$  na komponente





$$\sum X_i = \frac{3}{4} S_1 - \frac{\sqrt{2}}{2} S_3 = 0$$

$$\sum Y_i = -\frac{\sqrt{3}}{4} S_1 + \frac{\sqrt{3}}{2} S_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad S_3 = \frac{3}{2\sqrt{2}} S_1, \quad S_2 = \frac{1}{2} S_1$$

$$\sum Z_i = -\frac{1}{2} S_1 - \frac{1}{2} S_2 - \frac{\sqrt{2}}{2} S_3 + Q = 0 \quad S_1 = \frac{2}{3} Q, \quad S_2 = \frac{1}{3} Q, \quad S_3 = \frac{\sqrt{2}}{2} Q$$

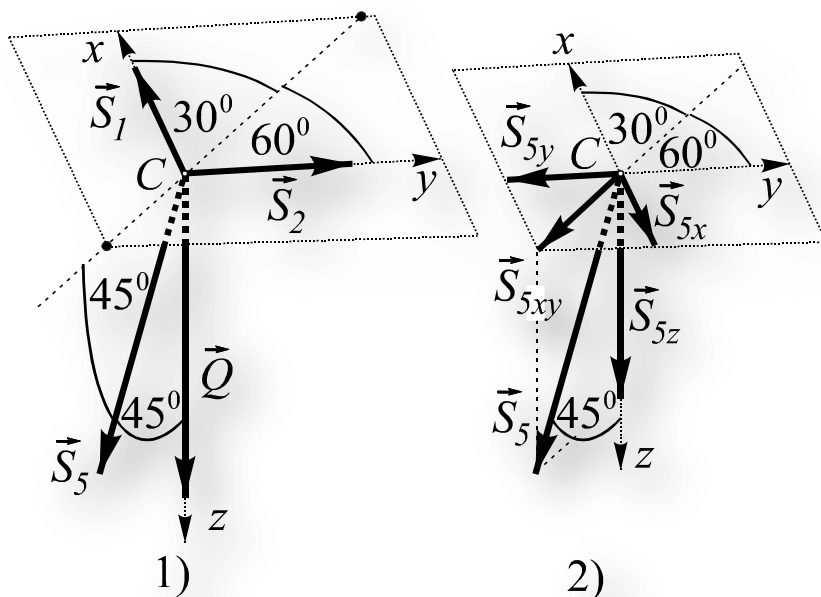
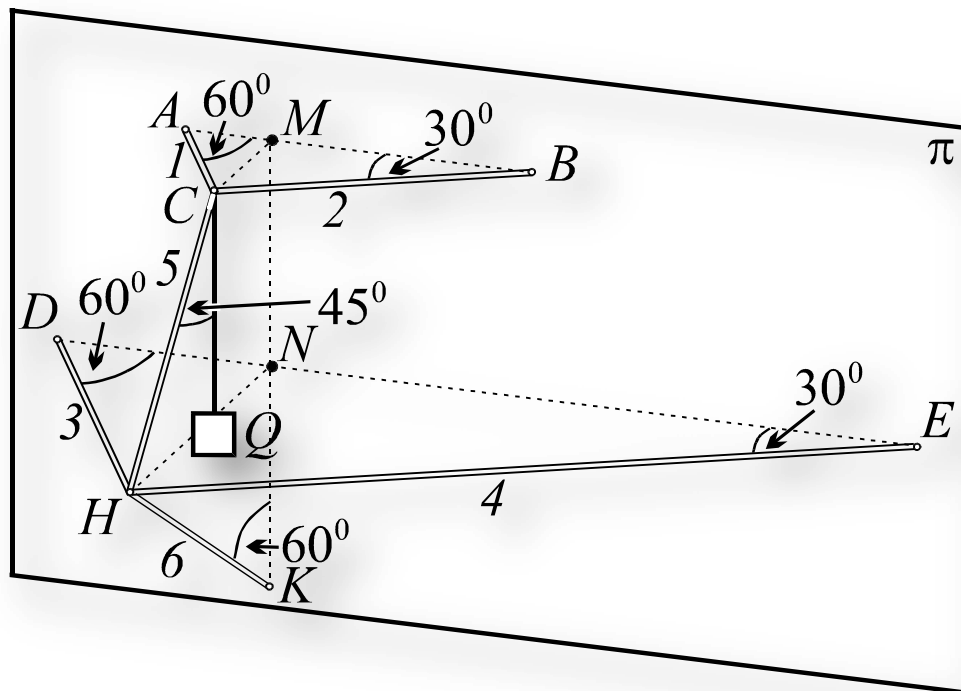
## Primer 4.10

Određivanje projekcija sile

$$X_5 = -S_5 \sin 45^\circ \cos 30^\circ$$

$$Y_5 = -S_5 \sin 45^\circ \cos 60^\circ$$

$$Z_5 = S_5 \cos 45^\circ$$



Uslovi ravnoteže tačke C

$$\sum X_i = S_1 - \frac{\sqrt{2}\sqrt{3}}{4} S_5 = 0$$

$$\sum Y_i = S_2 - \frac{\sqrt{2}}{4} S_5 = 0$$

$$\sum Z_i = \frac{\sqrt{2}}{2} S_5 + Q = 0$$

$$\Rightarrow S_5 = -\sqrt{2}Q, S_1 = -\frac{\sqrt{3}}{2}Q, S_2 = -\frac{1}{2}Q$$

**Uslovi ravnoteže tačke H**

$$\sum X_i = S_3 + \frac{3}{4}S_6 - \frac{\sqrt{3}}{2}Q = 0$$

$$\sum Y_i = S_4 + \frac{\sqrt{3}}{4}S_6 - \frac{1}{2}Q = 0$$

$$\sum Z_i = \frac{1}{2}S_6 + Q = 0$$

$\Rightarrow$

$$S_6 = -2Q, S_3 = \frac{Q}{2}(3 + \sqrt{3}), S_4 = \frac{Q}{2}(1 + \sqrt{3})$$

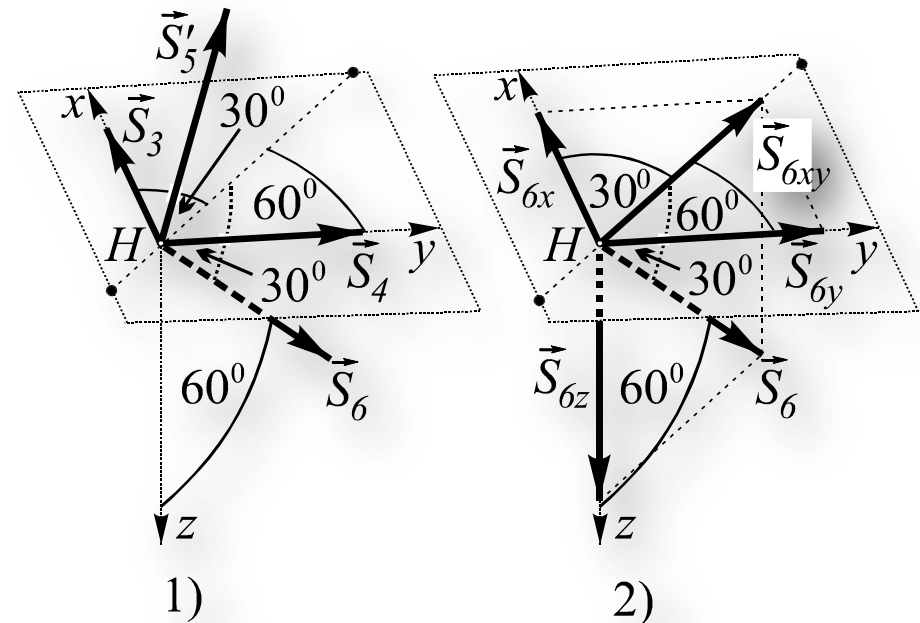
Predznaci u dobijenim rešenjima ukazuju na to da su štapovi 1, 2, 5 i 6 pritisnuti, a štapovi 3 i 4 zategnuti.

zbog  $\vec{S}'_5 = -\vec{S}_5 \Rightarrow$

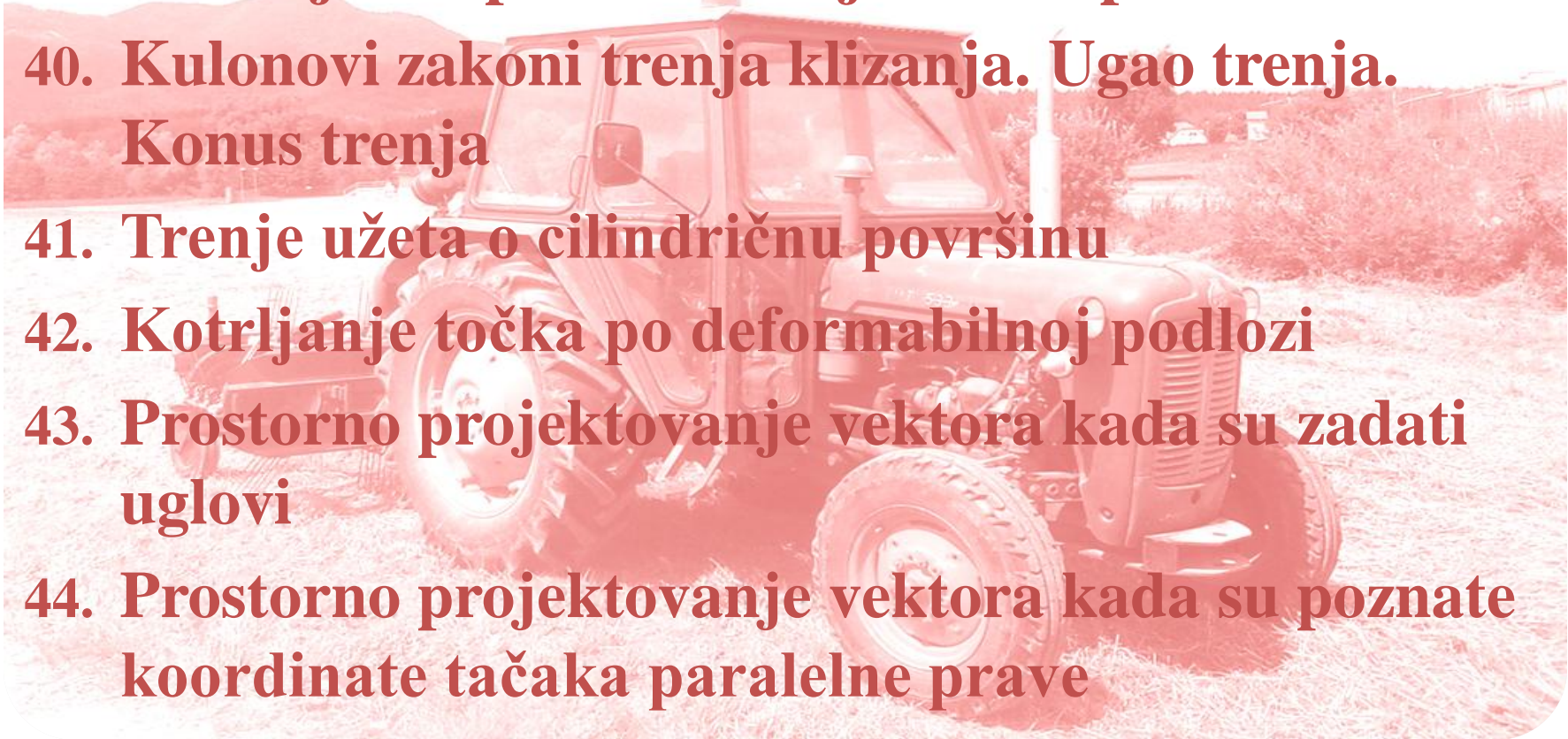
$$X'_5 = -X_5 = \frac{\sqrt{2}\sqrt{3}}{4}S_5 = -\frac{\sqrt{3}}{2}Q$$

$$Y'_5 = -Y_5 = \frac{\sqrt{2}}{4}S_5 = -\frac{1}{2}Q$$

$$Z'_5 = -Z_5 = -\frac{\sqrt{2}}{2}S_5 = Q$$



# Šta smo naučili?

- 
39. Reakcija hrapave veze i njene komponente
  40. Kulonovi zakoni trenja klizanja. Ugao trenja.  
Konus trenja
  41. Trenje užeta o cilindričnu površinu
  42. Kotrljanje točka po deformabilnoj podlozi
  43. Prostorno projektovanje vektora kada su zadati uglovi
  44. Prostorno projektovanje vektora kada su poznate koordinate tačaka paralelne prave

# Mehanika

## Predavanja 7

D. Radomirović, M. Zuković  
Novi Sad, 2022.