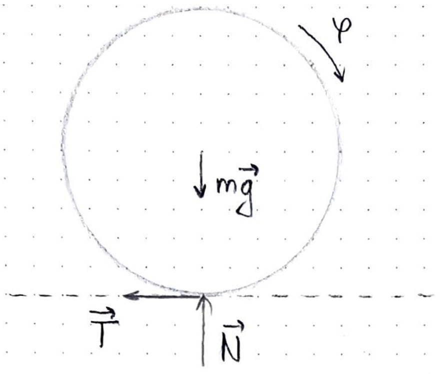
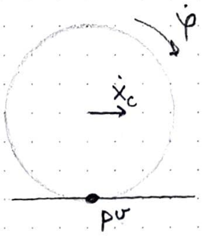
КОТРЉАЊЕ БЕЗ КЛИЗАЊА



$\vec{T}$ ⇒ СИЛА ТРЕЊА ПРИ КОТРЉАЊУ БЕЗ КЛИЗАЊА

* СМЕР ⇒ ПРЕТПОСТАВЉАНО
* $T < \mu N$



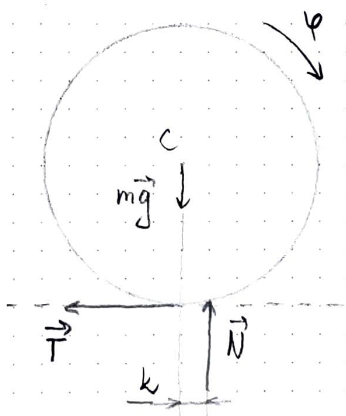
! ЈЕДАН СТЕПЕН СЛОБОДЕ !

ОД 3 МОГУЋА СТЕПЕНА СЛОБОДЕ ПРИ КРЕТАЊУ У РАВНИ, ЕЛИМИНИШЕ СЕ ВЕРТИКАЛНО ПОМЕРАЊЕ ТЕ.

$$\dot{y}_c = \ddot{y}_c = 0$$

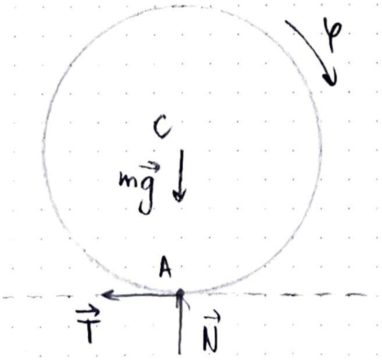
ДОК ЗБОГ ПОСТОЈАЊА ТРЕНУТНОГ ПОЛА БРЗИНА МОЖЕМО ОДРЕДИТИ КРЕТАЊЕ СВАКЕ ТАЧКЕ У ФУНКЦИЈИ УГЛА φ, ЧИМЕ СЕ УКИДА ЈОШ ЈЕДАН СТЕПЕН СЛОБОДЕ

* КАДА ПОСТОЈИ ОТПОР КОТРЉАЊУ СА КРАКОМ k



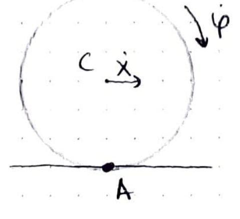
* СИЛА РЕАКЦИЈЕ ПОДЛОГЕ СА ТЕЖИНОМ $m\vec{g}$ ФОРМИРА СПРЕГ УСЛЕД КОГА НАСТАЈЕ ОТПОР
* СМЕР МОМЕНТА ЈЕ СУПРОТАН ОД СМЕРА ПОРАСТА УГЛА φ ⇒ ТИМЕ СЕ СТВАРА ОТПОР КОТРЉАЊУ

КОТРЉАЊЕ СА КЛИЗАЊЕМ (ПРОКЛИЗАВАЊЕМ)



$\vec{T}$ ⇒ СИЛА ТРЕЊА КЛИЗАЊА

* СМЕР ⇒ СУПРОТАН ОД СМЕРА БРЗИНЕ ТАЧКЕ ДОДИРА (ТАЧКЕ А)
* $T = \mu N$



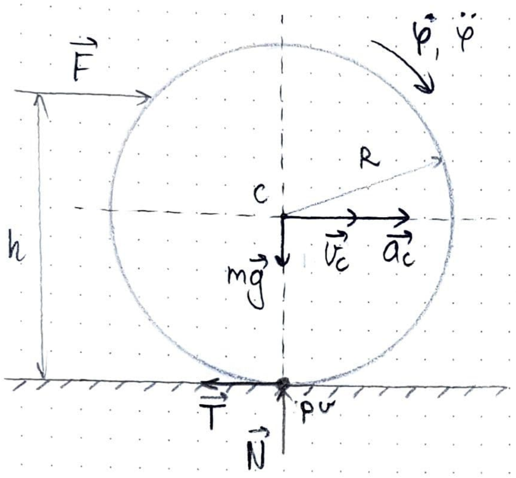
! ДВА СТЕПЕНА СЛОБОДЕ !

ТАЧКА А НИЈЕ ТРЕНУТНИ ПОЛ БРЗИНА ⇒ $\vec{v}_A \neq 0$

⇓

НЕ УКИДА СЕ ДРУГИ СТЕПЕН СЛОБОДЕ

10.18. На кон растојању h од хоризонталне равни треба деловати силом F, константног интензитета и хоризонталног правца, на хомогени диск масе m и полупречника R да би се диск котрљао без клизања по хоризонталној равни.



$$m\vec{a}_c = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{F} \;/\cdot\vec{i}\;/\cdot\vec{j}$$

x: $m\ddot{x}_c = F - T$ (1)

y: $0 = N - mg$ (2) $\Rightarrow N = mg$

$$\frac{d\vec{\alpha}_{pv}}{dt} + \overset{0}{\cancel{\vec{v}_{pv}\times m\vec{v}_c}} = \vec{M}^s_{pv} \;/\cdot\vec{k}$$

$$\frac{d\alpha_{pv_z}}{dt} = M^s_{pv_z} = Fh$$

$$\alpha_{pv_z} = J_{pv_z}\dot{\varphi} = \left(\frac{1}{2}mR^2 + mR^2\right)\dot{\varphi} = \frac{3}{2}mR^2\dot{\varphi}$$

$$\frac{d\alpha_{pv_z}}{dt} = \frac{3}{2}mR^2\ddot{\varphi}$$

$$\frac{3}{2}mR^2\ddot{\varphi} = Fh \quad (3)$$

$$\dot{x}_c = R\dot{\varphi} \;/\frac{d}{dt} \Rightarrow \ddot{x}_c = R\ddot{\varphi} \to (1)$$

$$mR\ddot{\varphi} = F - T \;/\cdot R$$

$$mR^2\ddot{\varphi} = FR - TR \to (3) \Rightarrow \frac{3}{2}R(F-T) = Fh \Rightarrow T = \frac{2}{3}\frac{F}{R}\left(\frac{3}{2}R - h\right)$$

$T < \mu N \Rightarrow$ КОТРЉАЊЕ БЕЗ КЛИЗАЊА

$$F\left(\frac{3}{2}R - h\right) < \mu N, \quad N = mg$$

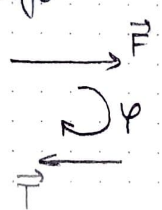
$$\underline{h > \frac{3}{2}\frac{R}{F}(F - \mu mg)}$$

* НАПОМЕНА 1 ⇒ Задатак је могао да се реши и тако што би се за покретни пол одабрао центар масе диска, што је и уобичајено:

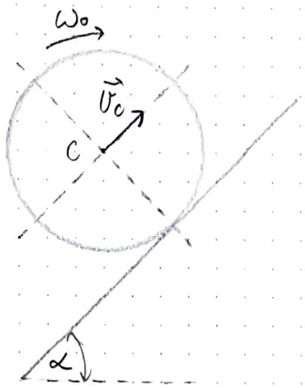
$$\frac{d\vec{\alpha}_c}{dt} + \overset{0}{\vec{v}_c\times m\vec{v}_c} = \vec{M}^s_c \;/\cdot\vec{k} \Rightarrow \frac{d\alpha_{cz}}{dt} = M^s_c \Rightarrow \frac{1}{2}mR^2\ddot{\varphi} = F(h-R) + TR$$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{1}{2}mR^2\ddot{\varphi} = F(h-R) + TR \\ (1) \Rightarrow mR\ddot{\varphi} = F - T \\ T < \mu N \end{array}\right\} h > \frac{3}{2}\frac{R}{F}(F - \mu mg)$$

* НАПОМЕНА 2 ⇒ Сила трења при котрљању без клизања формира погонски спрег са силом $\vec{F}$, чиме је котрљање без клизања и омогућено, тј. тај спрег сила доводи до таквог кретања. Због тога је одабран приказани смер силе $\vec{T}$



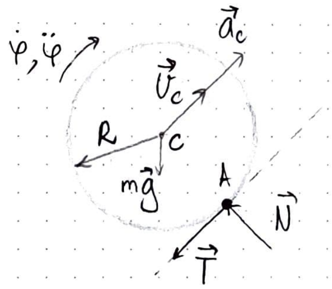
10.47. Хомогени танки цилиндар, полупречника R и масе m, почиње кретање уз стрму раван нагиба $\alpha = 45^\circ$ угаоном брзином $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{R}}$ и брзином средишта $v_c = 2R\omega_0$. Ако је коефицијент трења између цилиндра и равни $\mu = \frac{1}{3}$ (статички и динамички), одредити висину пењања цилиндра.



$v_A \neq 0$ у почетном тренутку јер $v_C \neq R\omega_0$!

* Цилиндар проклизава у почетку кретања и због тога тачка додира између цилиндра и подлоге није тренутни пол брзина ($v_A \neq 0$ тј. $v_A > 0$). У току кретања брзина тачке додира се смањује и постаје $v_A = 0$ након чега се цилиндар котрља без клизања!

I <u>ЦИЛИНДАР ПРОКЛИЗАВА</u> $\Rightarrow$ тачка A није тренутни пол брзина $v_A > 0$!



$T = \mu N = \frac{1}{3} N$

$$m\vec{a}_c = m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} \ / \cdot \vec{i} \ / \cdot \vec{j}$$

$$x: \quad m\ddot{x}_c = -mg\frac{\sqrt{2}}{2} - T \quad (1) \qquad , T = \mu N$$

$$y: \quad 0 = N - mg\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (2) \quad \Rightarrow \quad N = mg\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\Bigg\} \ T = \mu mg\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{6}mg$$

$$m\ddot{x}_c = -mg\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{6}mg \ / : m \Rightarrow \ddot{x}_c = -\frac{2\sqrt{2}}{3}g \quad (3)$$

$$\frac{d\vec{\mathcal{L}}_c}{dt} + \cancel{\vec{v}_c \times m\vec{v}_c}^{\,0} = \vec{M}_c^s \ / \cdot \vec{k}$$

$$\circlearrowleft + \ \frac{d\mathcal{L}_{cz}}{dt} = M_{cz}^s = TR = \frac{\sqrt{2}}{6}mgR$$

$$\mathcal{L}_{cz} = J_{cz}\dot{\varphi} = mR^2\dot{\varphi} \Rightarrow \frac{d\mathcal{L}_{cz}}{dt} = mR^2\ddot{\varphi}$$

ШУПЉИ ЦИЛИНДАР

$$\Bigg\} \ \cancel{m}R^{\cancel{2}}\ddot{\varphi} = \frac{\sqrt{2}}{6}\cancel{m}g\cancel{R}$$

$$\ddot{\varphi} = \frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R} \quad (4)$$

$$(3) / \cdot dt \Rightarrow \int_{v_{c_0}}^{\dot{x}_c} d\dot{x}_c = -\frac{2\sqrt{2}}{3}g\int_0^t dt \Rightarrow \dot{x}_c - v_{c_0} = -\frac{2\sqrt{2}}{3}gt$$

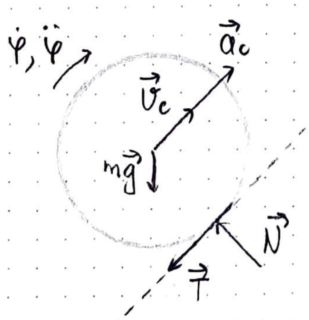
$$\dot{x}_c = 2R\omega_0 - \frac{2\sqrt{2}}{3}gt \quad (5) \Rightarrow$$ БРЗИНА СЕ СМАЊУЈЕ У ТОКУ КРЕТАЊА

$$(4) / \cdot dt \Rightarrow \int_{\omega_0}^{\dot{\varphi}} d\dot{\varphi} = \frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R}\int_0^t dt \Rightarrow \dot{\varphi} - \omega_0 = \frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R}t$$

$\dot{x}_c \neq f(\dot{\varphi}) \Rightarrow$ <u>2 СТЕПЕНА СЛОБОДЕ</u> !

$$\dot{\varphi} = \omega_0 + \frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R}t \quad (6) \Rightarrow$$ УГАОНА БРЗИНА СЕ ПОВЕЋАВА

II <u>ЦИЛИНДАР ПРЕСТАЈЕ ДА ПРОКЛИЗАВА У НЕКОМ ТРЕНУТКУ t_1</u> $\Rightarrow v_A = 0 \Rightarrow A \equiv P^v$



$$(7) \quad \dot{x}_c = R\dot{\varphi} \Rightarrow \dot{x}_c = f(\dot{\varphi}) \Rightarrow$$ <u>1 СТЕПЕН СЛОБОДЕ</u> !

$$(7) \to (5), (6) \Rightarrow 2R\omega_0 - \frac{2\sqrt{2}}{3}gt_1 = R\left(\omega_0 + \frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R}t_1\right)$$

$$t_1 = \frac{3\sqrt{2}}{5}\frac{R\omega_0}{g} \Rightarrow$$ ТРЕНУТАК КАДА ПРЕСТАЈЕ ПРОКЛИЗАВАЊЕ

$$\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}(t_1) = \omega_0 + \frac{\sqrt{2}}{\cancel{6}_{2}}\frac{\cancel{g}}{\cancel{R}}\frac{3\sqrt{2}}{5}\frac{\cancel{R}\omega_0}{\cancel{g}}$$

$$\left.\begin{aligned} \dot{\varphi}_1 &= \frac{6}{5}\omega_0 \\ \dot{x}_{c_1} &= \frac{6}{5}R\omega_0 \end{aligned}\right\}$$ ПОЧЕТНИ УСЛОВИ У II ДЕЛУ КРЕТАЊА (t_1 ЈЕ ПОЧ. ТРЕНУТАК)

$|T| < \mu N = \frac{1}{3}N$

СМЕР СЕ ПРЕТПОСТАВЉА!

II $\quad m\vec{a}_c = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} \;/\cdot\vec{i}\,/\cdot\vec{j}$

x: $\quad m\ddot{x}_c = -mg\frac{\sqrt{2}}{2} - T \quad (8)$

y: $\quad 0 = N - mg\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow N = mg\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (9)$

$$\left.\begin{aligned} &\circlearrowleft + \; \frac{dL_{Cz}}{dt} = M^{s}_{Cz} = TR \\ &\frac{dL_{Cz}}{dt} = mR^2\ddot{\varphi} \end{aligned}\right\} \; mR^2\ddot{\varphi} = TR \quad (10)$$

$$(7)\,/\frac{d}{dt} \Rightarrow \ddot{x}_c = R\ddot{\varphi} \longrightarrow (8) \Rightarrow \quad mR\ddot{\varphi} = -mg\frac{\sqrt{2}}{2} - T \quad (11)$$

(10), (11) ⇒ ДВЕ ЈЕДНАЧИНЕ СА ДВЕ НЕПОЗНАТЕ ($\ddot{\varphi}$, T)

$$\left.\begin{aligned} &(11)/\cdot R \Rightarrow \; mR^2\ddot{\varphi} = -mgR\frac{\sqrt{2}}{2} - TR \\ &(10) \Rightarrow \; mR^2\ddot{\varphi} = TR \end{aligned}\right\} \; -mgR\frac{\sqrt{2}}{2} - TR = TR$$

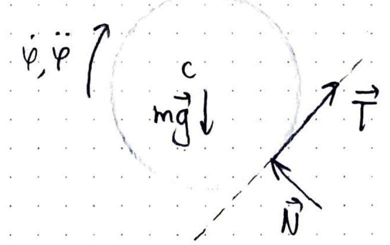
$$T = -\frac{\sqrt{2}}{4}mg$$

ПОГРЕШНО ПРЕТПОСТАВЉЕН СМЕР

$$|T| = \frac{\sqrt{2}}{4}mg > \mu N = \frac{1}{3}N = \frac{\sqrt{2}}{6}mg$$

! Да би се тело котрљало без клизања $|T| < \mu N$. Пошто након тренутка t_1 тај услов није задовољен, то значи да се тело никада не котрља без клизања и да је брзина тачке А била једнака нули само у тренутку t_1, док за $t > t_1$ важи $v_A \neq 0$

Међутим, након тренутка t_1, сила $\vec{T}$ има смер УЗ стрму раван:



$$m\vec{a}_c = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} \;/\cdot\vec{i}\,/\cdot\vec{j}$$

x: $\quad m\ddot{x}_c = -mg\frac{\sqrt{2}}{2} + T \quad (12) \qquad T = \mu N \Rightarrow$ СИЛА ТРЕЊА КЛИЗАЊА

y: $\quad 0 = N - mg\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (13) \Rightarrow N = mg\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow T = \frac{\sqrt{2}}{6}mg$

$$(12) \Rightarrow \ddot{x}_c = -\frac{\sqrt{2}}{3}g \quad (14)$$

$$\left.\begin{aligned} &\circlearrowleft + \; \frac{dL_{Cz}}{dt} = M^{s}_{Cz} = -TR \\ &\frac{dL_{Cz}}{dt} = mR^2\ddot{\varphi} \end{aligned}\right\} \; mR^2\ddot{\varphi} = -TR$$

$$\ddot{\varphi} = -\frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R} \quad (15)$$

(14)/·dt ⇒ $\int_{\dot x_{c1}}^{\dot x_c} d\dot x_c = -\frac{\sqrt2}{3} g \int_{t_1}^{t} dt$

$$\dot x_c - \dot x_{c1} = -\frac{\sqrt2}{3} g (t-t_1) \Rightarrow \dot x_c = \frac65 R\omega_0 - \frac{\sqrt2}{3}g(t-t_1) \quad (16)$$

(15)/·dt ⇒ $\int_{\dot\varphi_1}^{\dot\varphi} d\dot\varphi = -\frac{\sqrt2}{6}\frac gR \int_{t_1}^t dt$

$$\dot\varphi - \dot\varphi_1 = -\frac{\sqrt2}{6}\frac gR(t-t_1) \Rightarrow \dot\varphi = \frac65\omega_0 - \frac{\sqrt2}{6}\frac gR (t-t_1) \quad (17)$$

ПОШТО СЕ ТРАЖИ ВИСИНА ПЕЊАЊА ПОСТАВЉАМО УСЛОВ $\dot x_{c2}=0$ (ЗАУСТАВИ СЕ)

$$\dot x_{c2} = 0 = \frac65 R\omega_0 - \frac{\sqrt2}{3}g(t_2-t_1)$$

$$t_2-t_1 = \frac{9\sqrt2}{5}\frac{R\omega_0}{g}$$

$$t_2 = \frac{9\sqrt2}{5}\frac{R\omega_0}{g} + t_1 = \frac{12\sqrt2}{5}\frac{R\omega_0}{g}$$ ⇒ тренутак заустављања

(16)/·dt ⇒ $\int_{x_{c1}}^{x_{c2}} dx_c = \frac65 R\omega_0 \int_{t_1}^{t_2} dt - \frac{\sqrt2}{3} g\int_{t_1}^{t_2} t\,dt + \frac{\sqrt2}{3} g t_1 \int_{t_1}^{t_2} dt$

(ДРУГИ НАЧИН $= \frac65 R\omega_0\int_{t_1}^{t_2}dt - \frac{\sqrt2}{3}g\int_0^{t-t_1} z\,dz$, $z = t-t_1$)

$$x_{c2}-x_{c1} = \frac65 R\omega_0(t_2-t_1) - \frac{\sqrt2}{3}g\frac12(t_2^2-t_1^2) + \frac{\sqrt2}{3}g t_1(t_2-t_1) =$$

$$x_{c2} = x_{c1} + \frac65 R\omega_0\cdot\frac{9\sqrt2}{5}\frac{R\omega_0}{g} - \frac{\sqrt2}{6}g\left(\frac{2\cdot12^2}{5} - \frac{2\cdot3^2}{5}\right)\frac{R^2\omega_0^2}{g^2} + \frac{\sqrt2}{3}g\frac{3\sqrt2}{5}\cdot\frac{9\sqrt2}{5}\frac{R^2\omega_0^2}{g^2}$$

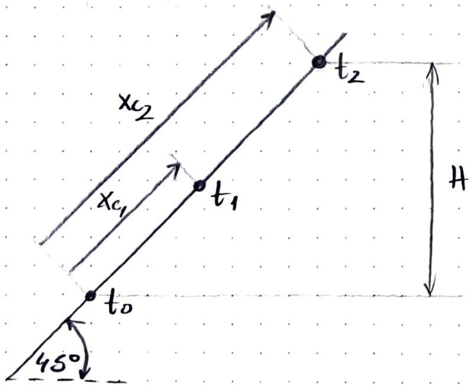
$$x_{c2} = x_{c1} + \frac{27\sqrt2}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$$

? (5)/·dt ⇒ $\int_0^{x_{c1}} dx_c = 2R\omega_0\int_0^{t_1}dt - \frac{2\sqrt2}{3}g\int_0^{t_1} t\,dt$

$$x_{c1} = 2R\omega_0\frac{3\sqrt2}{5}\frac{R\omega_0}{g} - \frac{2\sqrt2}{3}g\frac12\frac{3^2\cdot2}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$$

$$x_{c1} = \frac{24\sqrt2}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$$

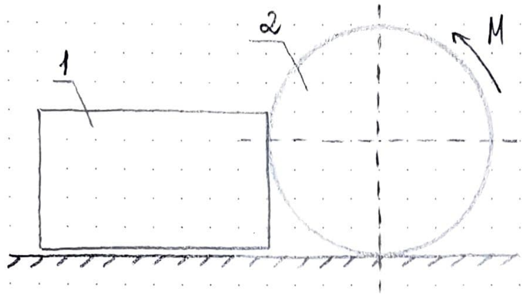
$$x_{c2} = \frac{51\sqrt2}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$$



$H = x_{c2}\frac{\sqrt2}{2}$ ⇒ $H = \frac{51}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$, $\omega_0 = \sqrt{\frac gR}$

$$H = \frac{51}{25}R$$

10.43. Систем приказан на слици састоји се од призме 1 масе m, која може да клизи без трења по хоризонталној равни, и диска 2, масе m и полупречника R, који се котрља без клизања по хоризонталној равни. Коефицијент трења клизања између призме и диска износи $\mu = 0,5$, а крак отпора котрљању између диска и хоризонталне равни је $k = 0,1R$. У почетном тренутку систем је мировао. Ако на диск делује спрег интензитета момента M, одредити убрзање призме и спољне реакције које делују на систем.

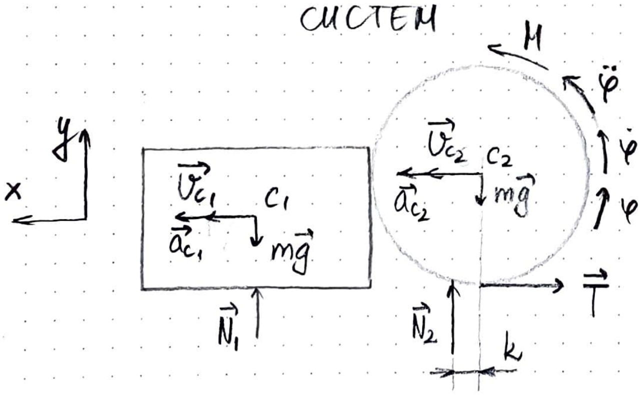


* ОТПОР КОТРЉАЊУ ⇒ СИЛА $\vec{N_2}$ ПРАВИ МОМЕНТ СА КРАКОМ k У ОДНОСУ НА ОСУ C_{2z}; ТАЈ МОМЕНТ ЈЕ СУПРОТНОГ СМЕРА У ОДНОСУ НА СМЕР КОТРЉАЊА, ТЕ СЕ ТИМЕ СУПРОТСТАВЉА КОТРЉАЊУ ТЈ. ПРУЖА ОТПОР КОТРЉАЊУ

** ПРИ КОТРЉАЊУ БЕЗ КЛИЗАЊА ЈАВЉА СЕ И СИЛА ТРЕЊА ПРИ КОТРЉАЊУ БЕЗ КЛИЗАЊА; СМЕР ТЕ СИЛЕ СЕ ПРЕТПОСТАВЉА (НИЈЕ ПОЗНАТ!) ДОК ЈЕ ИНТЕНЗИТЕТ $T < \mu N$ (ИНТЕНЗИТЕТ СИЛЕ ТРЕЊА ПРИ КОТРЉАЊУ БЕЗ КЛИЗАЊА ЈЕ МАЊИ ОД ИНТЕНЗИТЕТА СИЛЕ ТРЕЊА КЛИЗАЊА

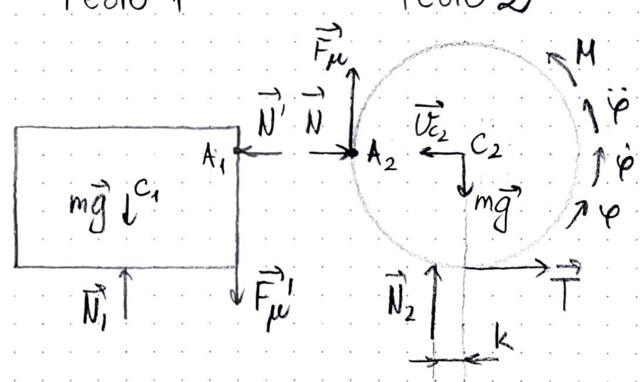
! ПОШТО СЕ СМЕР $\vec{T}$ ПРЕТПОСТАВЉА, НЕ ТРЕБА ДА СЕ ПРЕТПОСТАВИ И СМЕР $\vec{F_\mu}$ (ИЗБЕГАВА СЕ ВИШЕ ПРЕТПОСТАВКИ О СМЕРОВИМА СИЛА)

СИСТЕМ



ТЕЛО 1

ТЕЛО 2



– ТЕЛО 1 СЕ КРЕЋЕ ТРАНСЛАТОРНО

– ЦЕНТАР ДИСКА C_2 КРЕЋЕ СЕ ПРАВОЛИНИЈСКИ

↳ брзина транслације

$$\vec{v}_{C_1} = \vec{v}_{C_2}$$

$$v_{C_2} = R\dot{\varphi}$$

$$\dot{x}_{C_1} = \dot{x}_{C_2} = R\dot{\varphi} \;\Big/ \frac{d}{dt}$$

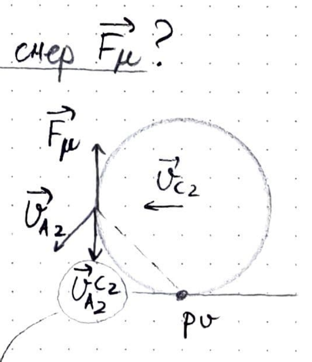
$$\ddot{x}_{C_1} = \ddot{x}_{C_2} = R\ddot{\varphi} \quad (1)$$

Како се одређује смер $\vec{F_\mu}$?

$$\vec{v}_{A_2} = \vec{v}_{C_2} + \vec{v}_{A_2}^{C_2}$$

$$\vec{v}_{A_1} = \vec{v}_{C_1} = \vec{v}_{C_2}$$

$$\vec{v}_{A_2} - \vec{v}_{A_1} = \vec{v}_{A_2}^{C_2}$$



БРЗИНА ПРОКЛИЗАВАЊА ТЕЛА 2 У ОДНОСУ НА ТЕЛО 1 ⇒ СИЛА ТРЕЊА КЛИЗАЊА ИМА ИСТИ ПРАВАЦ, А СУПРОТАН СМЕР У ОДНОСУ НА ТУ БРЗИНУ ТЈ. $\vec{v}_{A_2}^{C_2}$

! МОЖЕ СЕ ЗАКЉУЧИТИ ДА МОМЕНТ СИЛЕ $\vec{F_\mu}$

ТЕЛО 1 $\quad m\vec{a}_{c_1} = m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}' + \vec{F}_\mu' \;/\cdot\vec{i}\,/\cdot\vec{j}$

x: $m\ddot{x}_{c_1} = N'$ (2)

y: $0 = N_1 - mg - F_\mu'$ (3), $F_\mu' = \mu N'$, $F_\mu' = F_\mu$, $N' = N$

ТЕЛО 2 $\quad m\vec{a}_{c_2} = m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_\mu + \cancel{\vec{F}} + \cancel{\vec{F}'} \;/\cdot\vec{i}\,/\cdot\vec{j}$

x: $m\ddot{x}_{c_2} = -N - T$ (4)

y: $0 = N_2 - mg + F_\mu$ (5)

→ СИЛЕ КОЈЕ ЧИНЕ СПРЕГ МОМЕНТА М

$\vec{F} = -\vec{F}'$

(1) → (2),(4) ∧ (3),(5) ⇒ 4 једначине са 5 непознатих ($\ddot\varphi, N, N_1, N_2, T$)

⇓

ПОТРЕБНА ЈЕ ЈОШ ЈЕДНА ЈЕДНАЧИНА

$$\frac{d\vec{\mathcal{L}}_{c_2}}{dt} = \vec{M}^s_{c_2} \;/\cdot\vec{k}$$

$$\circlearrowleft + \quad \frac{d\mathcal{L}_{c_{2z}}}{dt} = M^s_{c_{2z}} = M - N_2 k + TR - F_\mu R$$

$$\mathcal{L}_{c_{2z}} = J_{c_{2z}}\dot\varphi = \frac{1}{2} mR^2\dot\varphi \Rightarrow \frac{d\mathcal{L}_{c_{2z}}}{dt} = \frac{1}{2} mR^2\ddot\varphi$$

$$\frac{1}{2} mR^2\ddot\varphi = M - N_2 k + TR - \mu NR \quad (6)$$

(1)→(2) ⇒ $mR\ddot\varphi = N$ (2')

(3) ⇒ $N_1 = mg + \mu N$

(1)→(4) ⇒ $mR\ddot\varphi = -N - T$ (4')

(5) ⇒ $N_2 = mg - \mu N$

5 ј-чина са 5 непознатих

(4'),(5) → (6) ⇒ $\frac{1}{2} mR^2\ddot\varphi = M - mgk + \mu Nk - mR^2\ddot\varphi - NR - \mu NR$

$$\frac{3}{2} mR^2\ddot\varphi = M - mgk + N(\mu k - R - \mu R) \quad (7)$$

(2') → (7) ⇒ $\frac{3}{2} mR^2\ddot\varphi = M - mgk + mR\ddot\varphi(\mu k - R - \mu R)$

$$\left(\frac{3}{2} mR^2 + mR^2 - \mu mRk + \mu mR^2\right)\ddot\varphi = M - mgk$$

$$\ddot\varphi = \frac{M - mgk}{\frac{5}{2} mR^2 - \mu mR(k-R)} = \frac{M - \frac{mgR}{10}}{\frac{5}{2} mR^2 - \frac{1}{2} mR\left(\frac{R}{10} - R\right)} = \frac{2(10M - mgR)}{59mR^2}$$

$$\ddot{x}_{c_1} = R\ddot\varphi \Rightarrow \ddot{x}_{c_1} = \frac{2(10M - mgR)}{59mR}$$

$$N = mR\ddot\varphi \Rightarrow N = \frac{2(10M - mgR)}{59R}$$

$$N_1 = mg + \mu N \Rightarrow N_1 = \frac{10M + 58mgR}{59R}$$

$$N_2 = mg - \mu N \Rightarrow N_2 = \frac{10M + 60mgR}{59R}$$

$$T = -\underbrace{mR\ddot\varphi}_{>0} - \underbrace{N}_{>0} \Rightarrow T = -\frac{4(10M - mgR)}{59R}$$

→ ПОГРЕШАН СМЕР