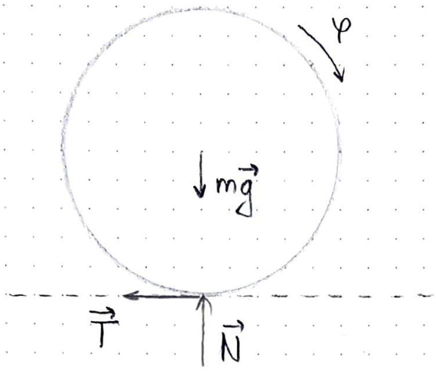
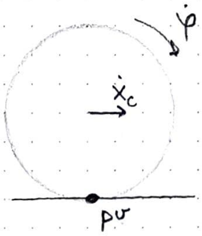
КОТРЉАЊЕ БЕЗ КЛИЗАЊА



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

* СМЕР ⇒ ПРЕТПОСТАВЉАНО
* $T < \mu N$



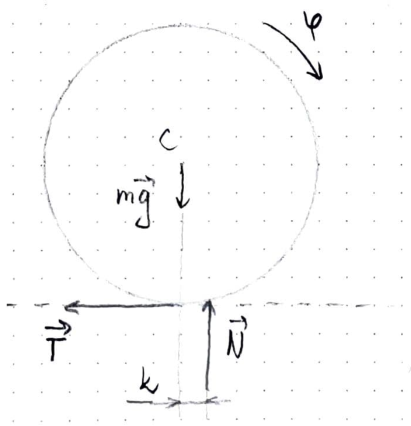
! ЈЕДАН СТЕПЕН СЛОБОДЕ !

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

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

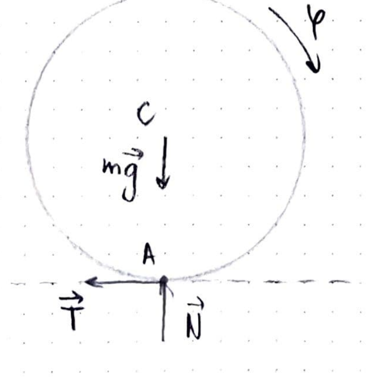
ДОК ЗБОГ ПОСТОЈАЊА ТРЕНУТНОГ ПОЛА БРЗИНА МОЖЕМО ОДРЕДИТИ КРЕТАЊЕ СВАКЕ ТАЧКЕ У ФУНКЦИЈИ УГЛА φ, ЧИМЕ СЕ УКИДА ЈОШ ЈЕДАН СТЕПЕН СЛОБОДЕ

* КАДА ПОСТОЈИ ОТПОР КОТРЉАЊУ СА КРАКОМ k



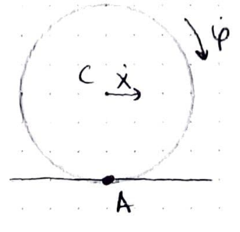
* СИЛА РЕАКЦИЈЕ ПОДЛОГЕ СА ТЕЖИНОМ $m\vec{g}$ ФОРМИРА СПРЕГ УСЛЕД КОГА НАСТАЈЕ ОТПОР
* СМЕР МОМЕНТА ЈЕ СУПРОТАН ОД СМЕРА ПОРАСТА УГЛА φ ⇒ ТИМЕ СЕ СТВАРА ОТПОР КОТРЉАЊУ

КОТРЉАЊЕ СА КЛИЗАЊЕМ (ПРОКЛИЗАВАЊЕМ)



$\vec{T}$ ⇒ СИЛА ТРЕЊА КЛИЗАЊА

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



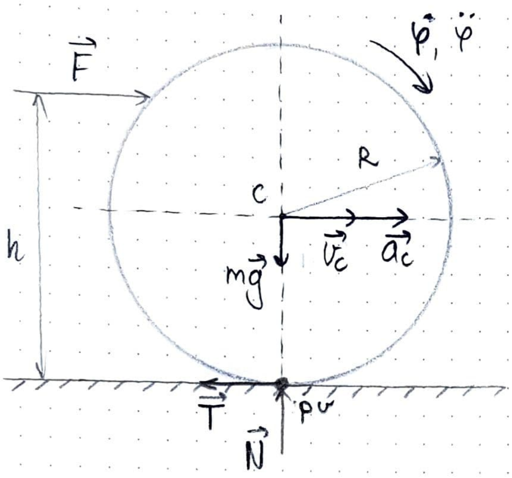
! ДВА СТЕПЕНА СЛОБОДЕ !

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.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$T < \mu N \Rightarrow \text{КОТРЉАЊЕ БЕЗ КЛИЗАЊА}$$

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

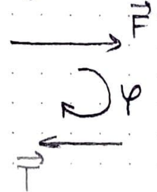
$$h > \frac{3}{2}\frac{R}{F}(F - \mu mg)$$

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

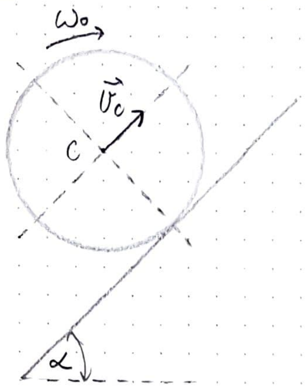
$$\frac{d\vec{\alpha}_c}{dt} + \vec{v}_c \times m\vec{v}_c^{\,0} = \vec{M}^s_c \;/\cdot\vec{k} \Rightarrow \frac{d\alpha_{c_z}}{dt} = M^s_c \Rightarrow \frac{1}{2}mR^2\ddot{\varphi} = F(h - R) + TR$$

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

* НАПОМЕНА 2 ⇒ Сила трења при котрљању без клизања формира потонски 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 $\vec{T}$



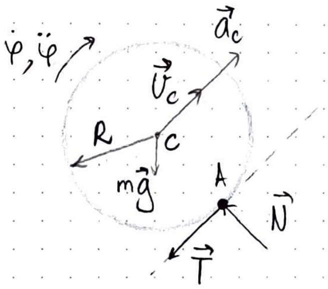
10.47. Хомогени танки цилиндар, полупречника R и масе m, почиње кретање уз стрму раван нагиба $\alpha=45°$ угаоном брзином $\omega_0=\sqrt{\frac{g}{R}}$ и брзином средишта $v_c = 2R\omega_0$. Ако је коефицијент трења између цилиндра и равни $\mu=\frac{1}{3}$ (статички и динамички), одредити висину пењања 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 ЦИЛИНДАР ПРОКЛИЗАВА ⇒ 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: $m\ddot x_c = -mg\frac{\sqrt2}{2} - T$ (1) , $T=\mu N$

y: $0 = N - mg\frac{\sqrt2}{2}$ (2) $\Rightarrow N = mg\frac{\sqrt2}{2}$ $\Big\}$ $T=\mu mg\frac{\sqrt2}{2} = \frac{\sqrt2}{6}mg$

$$m\ddot x_c = -mg\frac{\sqrt2}{2} - \frac{\sqrt2}{6}mg \;/: m \Rightarrow \ddot x_c = -\frac{2\sqrt2}{3}g \quad (3)$$

$$\frac{d\vec{\mathcal{L}}_c}{dt} + \cancelto{0}{\vec v_c\times m\vec v_c} = \vec M_c^s \;/\cdot\vec k$$

$\circlearrowleft +$ $\frac{d\mathcal{L}_{cz}}{dt} = M_{cz}^s = TR = \frac{\sqrt2}{6}mgR$

$\mathcal{L}_{cz} = J_{cz}\dot\varphi = mR^2\dot\varphi \Rightarrow \frac{d\mathcal{L}_{cz}}{dt} = mR^2\ddot\varphi$ $\Big\}$ $\cancel{m}R^{\cancel{2}}\ddot\varphi = \frac{\sqrt2}{6}\cancel{m}g\cancel{R}$

шупљи цилиндар

$$\ddot\varphi = \frac{\sqrt2}{6}\frac{g}{R} \quad (4)$$

(3)$/\cdot dt \Rightarrow \int_{v_{c0}}^{\dot x_c} d\dot x_c = -\frac{2\sqrt2}{3}g\int_0^t dt \Rightarrow \dot x_c - v_{c0} = -\frac{2\sqrt2}{3}gt$

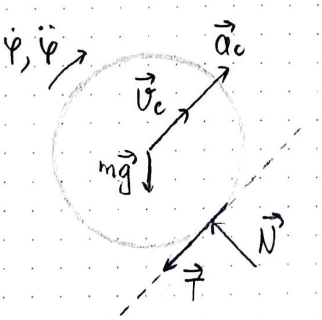
$\dot x_c = 2R\omega_0 - \frac{2\sqrt2}{3}gt$ (5) ⇒ БРЗИНА СЕ СМАЊУЈЕ У ТОКУ КРЕТАЊА

$\dot x_c \neq f(\dot\varphi)$ ⇒ 2 СТЕПЕНА СЛОБОДЕ!

(4)$/\cdot dt \Rightarrow \int_{\omega_0}^{\dot\varphi} d\dot\varphi = \frac{\sqrt2}{6}\frac{g}{R}\int_0^t dt \Rightarrow \dot\varphi - \omega_0 = \frac{\sqrt2}{6}\frac{g}{R}t$

$\dot\varphi = \omega_0 + \frac{\sqrt2}{6}\frac{g}{R}t$ (6) ⇒ УГАОНА БРЗИНА СЕ ПОВЕЋАВА

II ЦИЛИНДАР ПРЕСТАЈЕ ДА ПРОКЛИЗАВА У НЕКОМ ТРЕНУТКУ t_1 ⇒ $v_A = 0$ ⇒ $A\equiv P^v$



(7) $\dot x_c = R\dot\varphi \Rightarrow \dot x_c = f(\dot\varphi)$ ⇒ 1 СТЕПЕН СЛОБОДЕ!

(7) → (5),(6) ⇒ $2R\omega_0 - \frac{2\sqrt2}{3}gt_1 = R\left(\omega_0 + \frac{\sqrt2}{6}\frac{g}{R}t_1\right)$

$t_1 = \frac{3\sqrt2}{5}\frac{R\omega_0}{g}$ ⇒ ТРЕНУТАК КАДА ПРЕСТАЈЕ ПРОКЛИЗАВАЊЕ

$\dot\varphi_1 = \dot\varphi(t_1) = \omega_0 + \frac{\sqrt2}{6}\frac{g}{R}\frac{3\sqrt2}{5}\frac{R\omega_0}{g}$

$\dot\varphi_1 = \frac{6}{5}\omega_0$

$\dot x_{c1} = \frac{6}{5}R\omega_0$ $\Big\}$ 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: $\quad 0 = N - mg\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow N = mg\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (9)$

$$\left.\begin{aligned} \circlearrowright + \ \frac{d\alpha_{Cz}}{dt} &= M^s_{Cz} = TR \\ \frac{d\alpha_{Cz}}{dt} &= mR^2\ddot{\varphi} \end{aligned}\right\} \ mR^2\ddot{\varphi} = TR \quad (10)$$

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

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

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

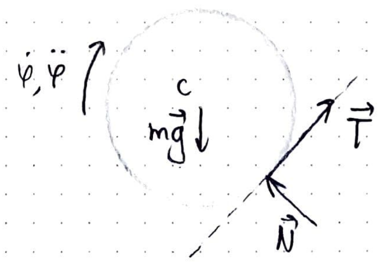
$$T = - \frac{\sqrt{2}}{4} mg$$

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 <u>УЗ</u> стрму раван:



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

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

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

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

$$\left.\begin{aligned} \circlearrowright + \ \frac{d\alpha_{Cz}}{dt} &= M^s_{Cz} = -TR \\ \frac{d\alpha_{Cz}}{dt} &= mR^2\ddot{\varphi} \end{aligned}\right\} \ mR^2\ddot{\varphi} = -TR$$

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

$$(14)/\cdot dt \Rightarrow \int_{\dot{x}_{c_1}}^{\dot{x}_c} d\dot{x}_c = -\frac{\sqrt{2}}{3} g \int_{t_1}^{t} dt$$

$$\dot{x}_c - \dot{x}_{c_1} = -\frac{\sqrt{2}}{3} g (t - t_1) \Rightarrow \dot{x}_c = \frac{6}{5} R\omega_0 - \frac{\sqrt{2}}{3} g (t - t_1) \quad (16)$$

$$(15)/\cdot dt \Rightarrow \int_{\dot{\varphi}_1}^{\dot{\varphi}} d\dot{\varphi} = -\frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R} \int_{t_1}^{t} dt$$

$$\dot{\varphi} - \dot{\varphi}_1 = -\frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R}(t - t_1) \Rightarrow \dot{\varphi} = \frac{6}{5}\omega_0 - \frac{\sqrt{2}}{6}\frac{g}{R}(t - t_1) \quad (17)$$

ПОШТО СЕ ТРАЖИ ВИСИНА ПЕЊАЊА ПОСТАВЉАМО УСЛОВ $\dot{x}_{c_2} = 0$ (ЗАУСТАВИ СЕ)

$$\dot{x}_{c_2} = 0 = \frac{6}{5} R\omega_0 - \frac{\sqrt{2}}{3} g (t_2 - t_1)$$

$$t_2 - t_1 = \frac{9\sqrt{2}}{5} \frac{R\omega_0}{g}$$

$$t_2 = \frac{9\sqrt{2}}{5}\frac{R\omega_0}{g} + t_1 = \frac{12\sqrt{2}}{5}\frac{R\omega_0}{g} \Rightarrow \text{тренутак заустављања}$$

$$(16)/\cdot dt \Rightarrow \int_{x_{c_1}}^{x_{c_2}} dx_c = \frac{6}{5} R\omega_0 \int_{t_1}^{t_2} dt - \frac{\sqrt{2}}{3} g \int_{t_1}^{t_2} t\,dt + \frac{\sqrt{2}}{3} g t_1 \int_{t_1}^{t_2} dt$$

$$\left(\text{ДРУГИ НАЧИН} = \frac{6}{5} R\omega_0 \int_{t_1}^{t_2} dt - \frac{\sqrt{2}}{3} g \int_{0}^{t-t_1} z\,dz \quad , \; z = t - t_1\right)$$

$$x_{c_2} - x_{c_1} = \frac{6}{5} R\omega_0 (t_2 - t_1) - \frac{\sqrt{2}}{3} g \frac{1}{2}(t_2^2 - t_1^2) + \frac{\sqrt{2}}{3} g t_1 (t_2 - t_1) =$$

$$x_{c_2} = x_{c_1} + \frac{6}{5} R\omega_0 \cdot \frac{9\sqrt{2}}{5}\frac{R\omega_0}{g} - \frac{\sqrt{2}}{6} g \left(\frac{2\cdot 12^2}{5} - \frac{2\cdot 3^2}{5}\right)\frac{R^2\omega_0^2}{g^2} + \frac{\sqrt{2}}{3} g \frac{3\sqrt{2}}{5}\cdot\frac{9\sqrt{2}}{5}\frac{R^2\omega_0^2}{g^2}$$

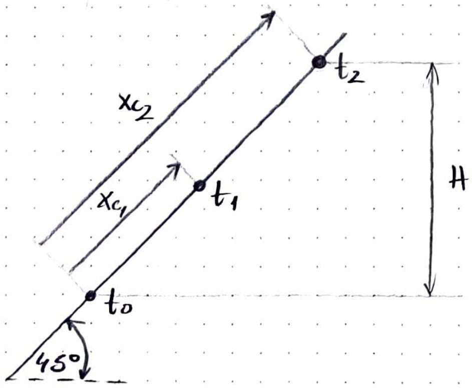
$$x_{c_2} = x_{c_1} + \frac{27\sqrt{2}}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$$

$$? \quad (5)/\cdot dt \Rightarrow \int_0^{x_{c_1}} dx_c = 2R\omega_0 \int_0^{t_1} dt - \frac{2\sqrt{2}}{3} g \int_0^{t_1} t\,dt$$

$$x_{c_1} = 2R\omega_0 \frac{3\sqrt{2}}{5}\frac{R\omega_0}{g} - \frac{2\sqrt{2}}{3} g \frac{1}{2}\frac{3^2\cdot 2}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$$

$$x_{c_1} = \frac{24\sqrt{2}}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$$

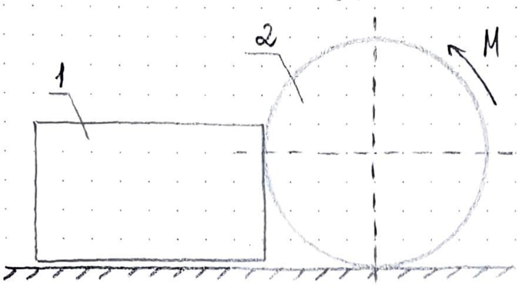
$$x_{c_2} = \frac{51\sqrt{2}}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g}$$



$$H = x_{c_2}\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow H = \frac{51}{25}\frac{R^2\omega_0^2}{g} \quad , \; \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{R}}$$

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

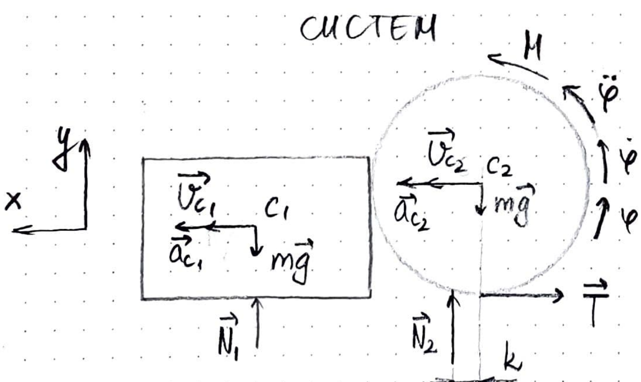
10.43. Систем приказан на слици састоји се од призме 1 масе m, која може да клизи без трења по хоризонталној равни, и диска 2, масе m и полупречника R, који се котрља без клизања по хоризонталној равни. Коефицијент трења клизања између призме и диска износи $\mu = 0,5$, а крак отпора котрљању између 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.

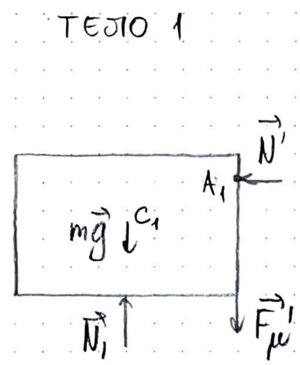


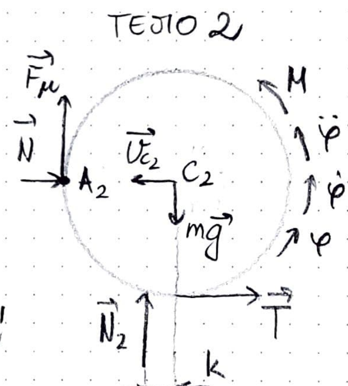
* ОТПОР КОТРЉАЊУ ⇒ СИЛА $\vec{N}_2$ ПРАВИ МОМЕНТ СА КРАКОМ k У ОДНОСУ НА ОСУ C_{2z}; ТАЈ МОМЕНТ ЈЕ СУПРОТНОГ СМЕРА У ОДНОСУ НА СМЕР КОТРЉАЊА, ТЕ СЕ ТИМЕ СУПРОТСТАВЉА КОТРЉАЊУ ТЈ. ПРУЖА ОТПОР КОТРЉАЊУ

** 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)







– ТЕЛО 1 СЕ КРЕЋЕ ТРАНСЛАТОРНО

– ЦЕНТАР ДИСКА C_2 КРЕЋЕ СЕ ПРАВОЛИНИЈСКИ

↳ брзина транслације

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

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

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

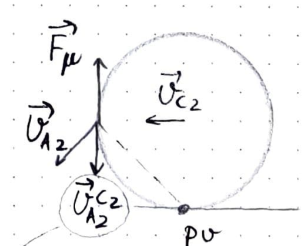
$$\ddot{x}_{C_1} = \ddot{x}_{C_2} = R\ddot{\varphi} \quad (1)$$

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

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

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

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

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

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

→ СИЛЕ КОЈЕ ЧИНЕ СПРЕГ МОМЕНТА M $\quad \vec{F} = -\vec{F}'$

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

⇓

ПОТРЕБНА ЈЕ ЈОШ ЈЕДНА ЈЕДНАЧИНА

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

$$\circlearrowleft + \quad \frac{d\mathcal{L}_{c_2z}}{dt} = M^s_{c_2z} = M - N_2 k + TR$$

$$\mathcal{L}_{c_2z} = J_{c_2z}\dot{\varphi} = \frac{1}{2}mR^2\dot{\varphi} \Rightarrow \frac{d\mathcal{L}_{c_2z}}{dt} = \frac{1}{2}mR^2\ddot{\varphi}$$

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{2}mR^2\ddot{\varphi} = M - N_2k + TR \quad (6)\\ &(1)\to(2) \Rightarrow mR\ddot{\varphi} = N \quad (2')\\ &(3) \Rightarrow N_1 = mg + \mu N\\ &(1)\to(4) \Rightarrow mR\ddot{\varphi} = -N - T \quad (4')\\ &(5) \Rightarrow N_2 = mg - \mu N \end{aligned}\right\} \text{5 ј-чина са 5 непознатих}$$

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

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

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

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

$$\ddot{\varphi} = \frac{M - mgk}{\frac{1}{2}mR^2 - \mu mRk} \Rightarrow \ddot{\varphi} = \frac{2(M - mgk)}{mR(R - 2\mu k)}$$

$$\ddot{x}_{c_1} = \frac{2(M - mgk)}{m(R - 2\mu k)} \Rightarrow \ddot{x}_{c_1} = \frac{20M - 2mgR}{9mR}$$

$$N = \frac{2(M - mgk)}{R - 2\mu k}$$

$$N_1 = mg + \frac{2\mu(M - mgk)}{R - 2\mu k} \Rightarrow N_1 = mg + \frac{10M - mgR}{9R}$$

$$N_2 = mg - \frac{2\mu(M - mgk)}{R - 2\mu k} \Rightarrow N_2 = mg - \frac{10M - mgR}{9R}$$