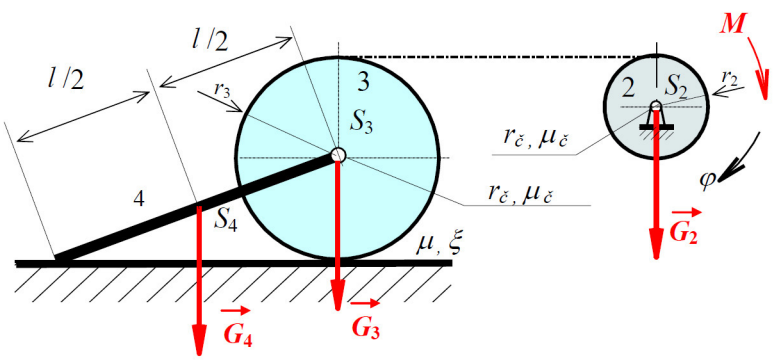
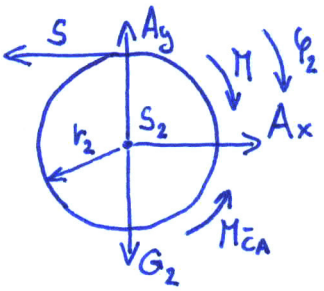
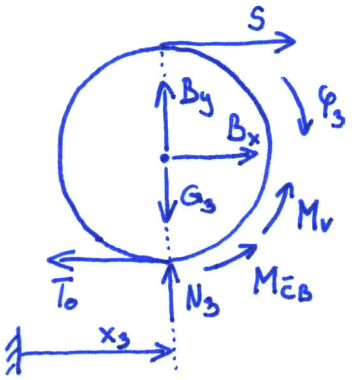


Dáno:
m_2, I_{2S_2}, m_3, I_{3S_3}, m_4,
r_2, r_3, l, M,
μ, ξ, $\mu_č$, $r_č$;
$m_2 \approx$ malé.

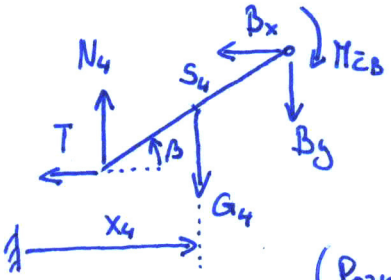
U soustavy těles dle obrázku proveďte jejich uvolnění. Sestavte rovnice umožňující řešit průběh pohybu jednotlivých těles. Uvažujte pasivní odpory; předpokládejte, že těleso **3** se odvaluje. Proveďte linearizaci momentu čepového tření a upravte pohybové rovnice do maticového tvaru. Vliv poddajnosti a hmotnosti vlákna zanedbejte.



$$0 = A_x - S$$
$$0 = A_y - G_2$$
$$I_{2S_2}\ddot{\varphi}_2 = M - M_{čA} - S\cdot r_2$$



$$m_3\ddot{x}_3 = B_x - T_0 + S$$
$$0 = N_3 + B_y - G_3$$
$$I_{3S_3}\ddot{\varphi}_3 = -M_v - M_{čB} + S\cdot r_3 + T_0\cdot r_3$$



$$m_4\ddot{x}_4 = -B_x - T$$
$$0 = N_4 - B_y - G_4$$
$$0 = -M_{čB} - (B_y + N_4)\cdot \tfrac{l}{2}\cos\beta - T\cdot\tfrac{l}{2}\cdot\sin\beta + B_x\cdot\tfrac{l}{2}\cdot\sin\beta$$

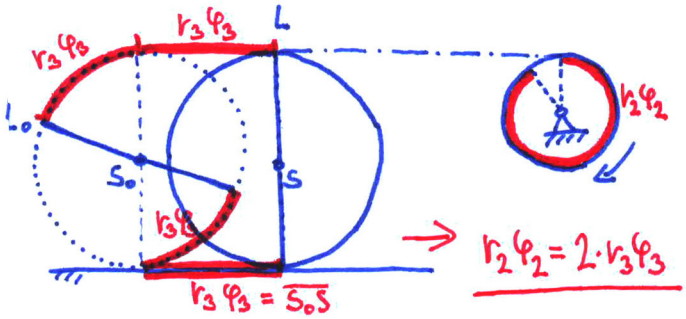
(Pozn. Newtonova metoda – rovnice vždy k středisku hm., pokud chci sestavovat rovnice k jinému bodu, musím uvažovat setrvačné účinky – viz strana 3)

platí: $l\cdot\sin\beta = r_3 \Rightarrow \beta = \operatorname{asin}\left(\frac{r_3}{l}\right)$

$$M_v = N_3\cdot\xi$$
$$T = N_4\cdot\mu$$
$$M_{čA} = r_č\cdot\mu_č\cdot\sqrt{A_x^2 + A_y^2} \doteq r_č\cdot\mu_č\cdot\left[0{,}96\cdot|A_x| + 0{,}4\cdot|A_y|\right]$$
$$M_{čB} = r_č\cdot\mu_č\cdot\sqrt{B_x^2 + B_y^2} \doteq r_č\cdot\mu_č\cdot\left[0{,}96\cdot|B_y| + 0{,}4\cdot|B_x|\right]$$

Kinematika:

$$\left.\begin{aligned} \ddot{x}_3 &= \ddot{x}_4 \\ x_3 &= r_3\varphi_3 \\ 2r_3\varphi_3 &= r_2\varphi_2 \end{aligned}\right\} \qquad \begin{aligned} \ddot{\varphi}_3 &= \frac{r_2}{2r_3}\ddot{\varphi}_2 \\ \ddot{x}_3 &= \frac{r_2}{2}\ddot{\varphi}_2 \\ \ddot{x}_4 &= \frac{r_2}{2}\ddot{\varphi}_2 \end{aligned}$$



$\rightarrow \underline{r_2\varphi_2 = 2\cdot r_3\varphi_3}$

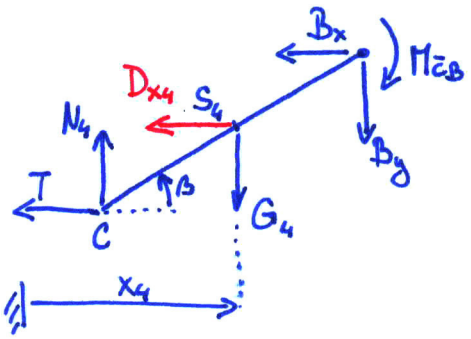
Neznámé: $A_x, A_y, B_x, B_y, S, T_0, N_3, N_4 + \{\underbrace{\ddot{\varphi}_2, \ddot{\varphi}_3, \ddot{x}_3, \ddot{x}_4}_{1\text{ neznámá}}\}$

$\Longrightarrow \underline{A}\cdot\underline{x} = \underline{F}$

$$\begin{array}{c}
\begin{array}{ccccccccc} A_x & A_y & S & B_x & B_y & T_0 & N_3 & N_4 & \ddot{\varphi}_2 \end{array} \\
\begin{bmatrix}
1 & & -1 & & & & & & \\
 & 1 & & & & & & & \\
0{,}96 r_2\mu_c & 0{,}4 r_2\mu_c & r_2 & & & & & & I_{2S_2} \\
 & & -1 & -1 & & 1 & & & m_3\frac{r_2}{2} \\
 & & & & 1 & & 1 & & \\
 & & -r_3 & 0{,}4 r_2\mu_c & 0{,}96 r_2\mu_c & -r_3 & \xi & & I_{3S_3}\frac{r_2}{2r_3} \\
 & & & 1 & & & & \mu & m_4\frac{r_2}{2} \\
 & & & & -1 & & & 1 & \\
 & & & 0{,}4 r_2\mu_c - \frac{l}{2}\sin\beta & 0{,}96 r_2\mu_c + \frac{l}{2}\cos\beta & & & \frac{l}{2}\cos\beta \mp \mu\frac{l}{2}\sin\beta &
\end{bmatrix}
\end{array}
\cdot
\begin{bmatrix} A_x \\ A_y \\ S \\ B_x \\ B_y \\ T_0 \\ N_3 \\ N_4 \\ \ddot{\varphi}_2 \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix} \emptyset \\ G_2 \\ M \\ \emptyset \\ G_3 \\ \emptyset \\ \emptyset \\ G_4 \\ \emptyset \end{bmatrix}$$

Kontrola: $|A_x| > |A_y|$; $|B_y| > |B_x|$; $|T_0| \leq N_3\cdot\mu_a$

Uvolnění tělesa 4 d'Alembert – posuvný pohyb v x → jediný setrv. účinek



$x: \emptyset = -B_x - T - D_{x4}$ $\qquad D_{x4} = m_4 \cdot \ddot{x}_4$

$y: \emptyset = N_4 - B_y - G_4$

$S_4: \emptyset = -M_{čB} - (B_y + N_4) \cdot \frac{l}{2}\cos\beta - T \cdot \frac{l}{2}\sin\beta + B_x \cdot \frac{l}{2}\sin\beta$

Uvažujeme-li setrvačné účinky (d'Alembert), lze psát momentovou rovnici i k jinému bodu než k střed. hmotnosti:

$C: \emptyset = D_{x4} \cdot \frac{l}{2}\sin\beta + B_x \cdot l\sin\beta - B_y \cdot l\cos\beta - G_4 \cdot \frac{l}{2}\cos\beta - M_{čB}$

ověření:

dosadíme z rovnic pro x, y $\quad D_{x4} = -B_x - T$ a $G_4 = N_4 - B_y$

$C: \emptyset = (-B_x - T) \cdot \frac{l}{2}\sin\beta + B_x \cdot l\sin\beta - B_y \cdot l\cos\beta - (N_4 - B_y) \cdot \frac{l}{2}\cos\beta - M_{čB}$

$\emptyset = B_x \cdot \frac{l}{2}\sin\beta - T \cdot \frac{l}{2}\sin\beta - B_y \cdot \frac{l}{2}\cos\beta - N_4 \cdot \frac{l}{2}\cos\beta - M_{čB}$

(porovnejte s rovnicí k bodu S_4)