

$$v = \dot{s} = ds/dt; a = \dot{v} = dv/dt = \ddot{s} = d^2s/dt^2. v_t = \dot{s} = \rho\dot{\beta}; v_n = 0; a_t = \dot{v} = \rho\ddot{\beta} + \dot{\rho}\dot{\beta}; a_n = \frac{v^2}{\rho} = \rho\dot{\beta}^2.$$

$$v_r = \dot{r}; v_\theta = r\dot{\theta}; v_z = \dot{z}; a_r = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2; a_\theta = r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}; a_z = \ddot{z}; v_R = \dot{R}; v_\theta = R\dot{\theta}\cos\phi; v_\phi = R\dot{\phi}; \omega = \dot{\theta}; \alpha = \dot{\omega}; \omega d\omega = \alpha d\theta$$

$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}; \mathbf{a}_n = \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}); \mathbf{a}_t = \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r} \quad \mathbf{v}_A = \mathbf{v}_B + \mathbf{v}_{A|B} = \mathbf{v}_B + (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}) + \mathbf{v}_{rel}; \mathbf{a}_A = \mathbf{a}_B + \mathbf{a}_{A|B} = \dot{\boldsymbol{\omega}} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}) + 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}_{rel} + \mathbf{a}_{rel};$$

$$\mathbf{G} = \sum m_i \mathbf{v}_i; \sum \mathbf{F} = \dot{\mathbf{G}}; \mathbf{H}_O = \sum \mathbf{r}_i \times m_i \mathbf{v}_i; \sum \mathbf{M}_O = \dot{\mathbf{H}}_O; \mathbf{H}_G = \sum \boldsymbol{\rho}_i \times m_i \dot{\boldsymbol{\rho}}_i; \sum \mathbf{M}_G = \dot{\mathbf{H}}_G;$$

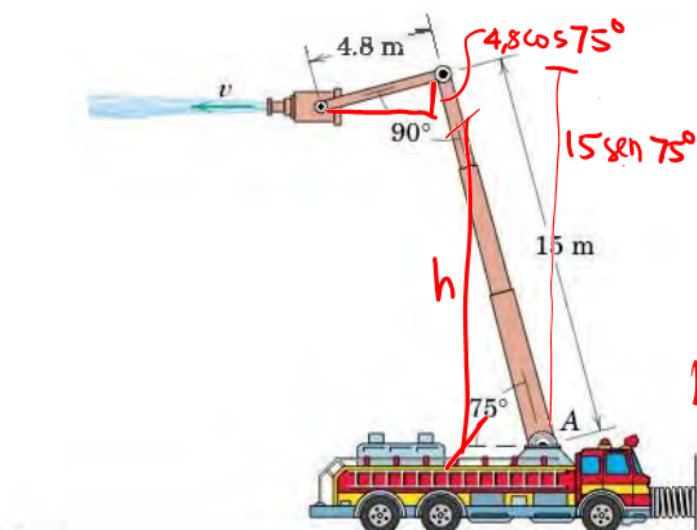
$$T_1 + U_{1-2} = T_2; T_1 + V_1 + U'_{1-2} = T_2 + V_2; T = \sum \frac{1}{2} m_i \|\mathbf{v}_i\|^2; U_{1-2} = \int_1^2 \mathbf{v} \cdot d\mathbf{s}; V = \frac{1}{2} kx^2; V = mgh$$

$$\sum \mathbf{F} = \dot{m} \Delta \mathbf{v}, \quad \sum F = m\dot{v} + \dot{m}u$$

1 [30] Em teste de esforço, ao soltar água pela mangueira como mostra a figura, um caminhão bombeiro em ponto morto com as rodas soltas (sem freio) comprime 150 mm de uma mola com coeficiente elástico de 15 kN/m. Sabendo que o bico de saída da água na mangueira tem diâmetro 30 mm, calcule:

(a) [15] a velocidade da água na saída;

(b) [15] o momento que a junta A precisa resistir para não girar enquanto o caminhão está parado pressionando a mola.



Handwritten calculations for part (a):

$$F = kx = 15000 \times 0.15 = 2250 \text{ N}$$

$$\rho VA = \rho \pi \frac{D^2}{4} v$$

$$kx = m \Delta v = \rho \pi \frac{D^2}{4} v (v)$$

$$\Rightarrow (15000)(0.15) = 0.707 v^2$$

Handwritten calculation for part (a) result:

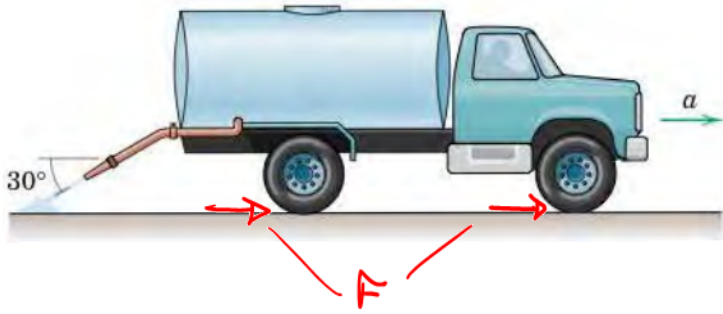
$$v = 56.4 \text{ m/s}$$

Handwritten calculation for part (b):

$$M_A = m' v h = (15)(150)(15 \sin 75^\circ - 4.8 \cos 75^\circ)$$

$$= 29800 \text{ N}\cdot\text{m}$$

2 [30] Um caminhão tanque “lava-rua” tem 10.000 kg quando cheio de água. Com a saída de água aberta, são liberados 40 kg de água por segundo a uma velocidade de 20 m/s (em relação ao caminhão) e ângulo de 30° . Se a válvula de água é repentinamente aberta enquanto o caminhão acelera em $0,6 \text{ m/s}^2$, determine a força entre o piso e as rodas caminhão.



$$\Sigma F_x = m\dot{v} + \dot{m}U$$

vel relativa da água na direção x

$$m = 10000 \text{ kg}$$

$$U = -(20)(\cos 30) = -17,3 \text{ m/s}$$

$$\dot{v} = 0,6 \text{ m/s}^2$$

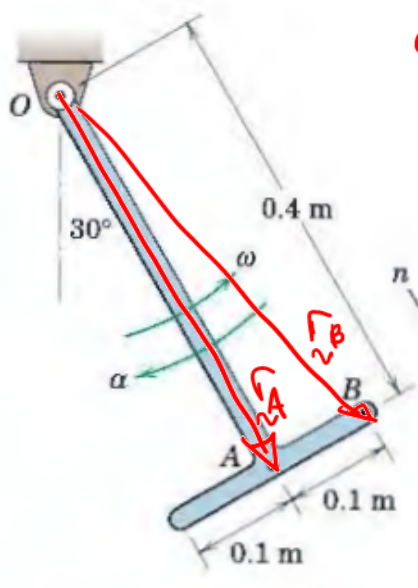
$$\dot{m} = 40 \text{ kg/s}$$

$$F = (10000)(0,6) + (40)(-17,3) = 5308 \text{ N}.$$

3 [30] O corpo em T da figura gira em torno de O com velocidade angular de 3 rad/s e aceleração angular de 14 rad/s² nas orientações mostradas na figura. calcule:

(a) [15] a velocidade e a aceleração do ponto A;

(b) [15] a velocidade e a aceleração do ponto B.



$$a) \vec{v}_A = \vec{\omega} \times \vec{r}_A = 3 \hat{k} \times (-0,4 \hat{e}_n) = 1,2 \hat{e}_t$$

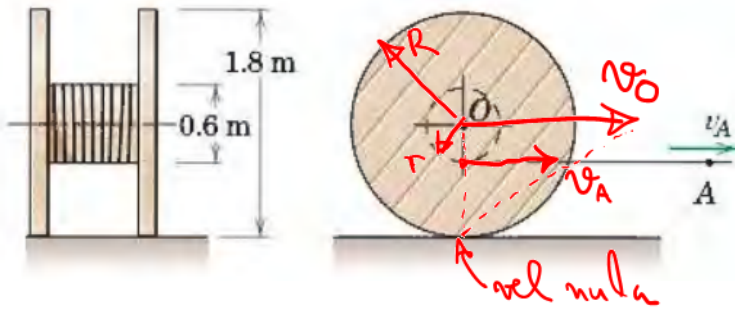
$$\begin{aligned} \vec{a}_A &= \underbrace{\vec{\alpha} \times \vec{r}_A}_{\vec{a}_t} - \underbrace{\vec{\omega} \times \vec{\omega} \times \vec{r}_A}_{\vec{a}_n} = -14 \hat{k} \times (-0,4 \hat{e}_n) \\ &\quad - (3 \hat{k} \times [3 \hat{k} \times (-0,4 \hat{e}_n)]) \\ &= -5,6 \hat{e}_t + 3,6 \hat{e}_n \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b) \vec{v}_B &= \vec{\omega} \times \vec{r}_B = 3 \hat{k} \times (-0,4 \hat{e}_n + 0,1 \hat{e}_t) \\ &= 1,2 \hat{e}_t + 0,3 \hat{e}_n \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{a}_B &= \vec{\alpha} \times \vec{r}_B - \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}_B) \\ &= -14 \hat{k} \times (-0,4 \hat{e}_n + 0,1 \hat{e}_t) - 3 \hat{k} \times (3 \hat{k} \times [-0,4 \hat{e}_n + 0,1 \hat{e}_t]) \\ &= -6,5 \hat{e}_t + 2,12 \hat{e}_n \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

4 [30] O carretel de fio da figura rola sem escorregar para a direita. Se o ponto A no fio tem velocidade 0,8 m/s, calcule:

- (a) [15] a velocidade do centro do carretel;
 (b) [15] a velocidade angular do carretel.



a) $v_A = 0.8 \text{ m/s}$ b) $\omega = \frac{v_O}{R} = \frac{1.2}{0.9} = 1.33 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

$v_O = \frac{v_A}{R-r} = \frac{(0.8)(0.9)}{0.6} = 1.2 \text{ m/s}$