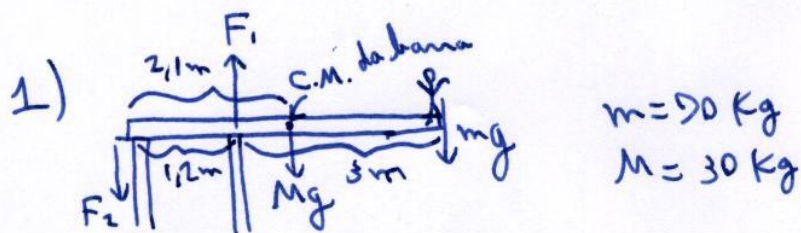


# FEP111 - LISTA 5 - RESOLUÇÃO

1



Com a orientação acima, temos  $F_1 = F_2 + Mg + mg$ , pois a força resultante total é nula.

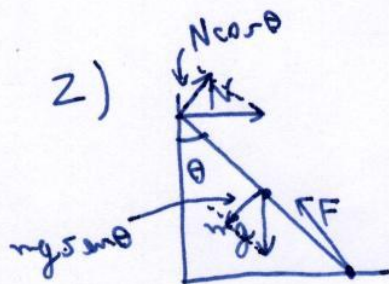
O torque total deve ser nulo também, em relação a qualquer ponto. Calculando  $\tau$  em rel. ao ponto onde  $F_1$  atua, temos:

$$Mg \cdot 0,9 + mg \cdot 3 - F_2 \cdot 1,2 = 0$$

$$\Rightarrow (g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \quad 300 \times 0,9 + 500 \times 3 = 1,2 \times F_2$$

$$\Rightarrow \boxed{F_2 = 1975 \text{ N}}, \text{ e é uma } \underline{\text{tração}}.$$

$$F_1 \text{ é dado por } F_1 = F_2 + mg + Mg = \underline{2975 \text{ N}}, \text{ e é uma } \underline{\text{compressão}}.$$



No parede sem atrito, a força de reação  $N$  não tem componente perpendicular. No chão,  $\vec{F}$  tem duas componentes,  $F_x$  e  $F_y$ .

A força resultante nas duas direções  $x$  e  $y$

tem que ser zero:  $F_x = -N \Rightarrow |F_x| = N$

$$F_y = -mg \Rightarrow |F_y| = mg$$

Além disso, a torque deve ser zero. Calculando o torque em relação ao ponto em contato com o chão:

$$l N \cos \theta - \frac{l}{2} mg \sin \theta = 0 \quad (l = \text{comprimento da escada})$$

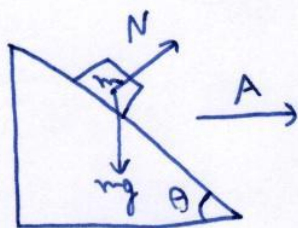
$$\Rightarrow N = \frac{1}{2} mg \tan \theta = |F_x|.$$

Mas  $F_x$  é resultado do atrito da escada com o chão, e não pode ser maior que  $\mu |F_y| = \mu mg$ . Assim, o ângulo máximo é:

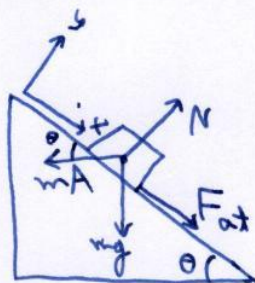
$$\frac{1}{2} mg \tan \theta_{\max} = \mu mg \Rightarrow \boxed{\tan \theta_{\max} = 2\mu}$$



3)



Ref. inercial



Ref. acelerado

Na ~~ref~~ referencial acelerado (ver figura acima), aparece uma "força inercial" de magnitude  $mA$ , na direção horizontal. Para que o bloco comece a deslizar p/ cima, a componente da força resultante paralela ao plano deve ser em módulo  $> \mu_s N$ , e deve apontar p/ cima no plano. As componentes da força resultante são

$$y: N - mg \cos \theta - mA \sin \theta = 0 \Rightarrow N = mg \cos \theta + mA \sin \theta$$

$$x: -mA \cos \theta + mg \sin \theta + F_{at} = 0 \Rightarrow F_{at} = mA \cos \theta - mg \sin \theta$$

Mas  $F_{at}^{\max} = \mu_s N = \mu_s (mg \cos \theta + mA \sin \theta) = \mu_s (A \cos \theta - g \sin \theta)$ , onde  $A_c$  é o valor de  $A$  acima do qual o bloco desliza p/ cima:

$$\rightarrow A_c (\mu_s \sin \theta - \cos \theta) = -g (\mu_s \cos \theta + \sin \theta)$$

$$\Rightarrow A_c = \frac{\mu_s \cos \theta + \sin \theta}{\cos \theta - \mu_s \sin \theta} g = \frac{\mu_s + \tan \theta}{1 - \mu_s \tan \theta} g$$



4)



Ref. inercial



Ref. girante

No referencial girante, os passageiros sentem uma "força centrífuga"  $F_{cf} = m\omega^2 R$ , que os "empurra" contra as paredes do cilindro. Esta "força" age como se fosse uma "gravidade artificial", com uma aceleração  $g$  dada por:

$$mg = m\omega^2 R \Rightarrow \underline{g = \omega^2 R} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \Rightarrow \left(\frac{2\pi}{T}\right) = \sqrt{\frac{g}{R}} \Rightarrow$$

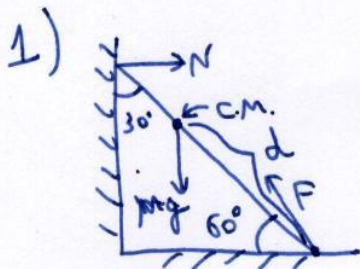
$$\Rightarrow \boxed{T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}}, \text{ onde } R = 10 \text{ km (o raio do cilindro)}.$$

Para que a "gravidade artificial" seja igual à da Terra, devemos ter  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , e assim encontramos  $T \approx 199 \text{ s} \approx 3 \text{ min } 18 \text{ s}$ .

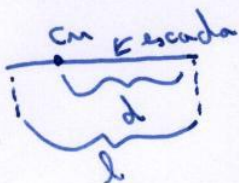
Para uma leitura interessante sobre esta ideia, veja "Rendezvous with Rama", de Arthur C. Clarke ("Encontro com Rama", em português).



## PARTO II - CASA



Considerando a escada + pessoa um objeto só, o centro de massa deste objeto, medido a partir da extremidade da escada que toca o solo, é:



$$d = \frac{m \frac{l}{2} + 4m x}{5m} \Rightarrow d = \frac{l + 8x}{5}$$

onde  $x$  = posição da pessoa, medida da extremidade que toca o solo.

O resto do cálculo é análogo ao Ex. 2 p/ classe:

$$|F_x| = N, \quad |F_y| = Mg \quad (M = 5m = \text{massa do homem} + \text{escada}).$$

Calculando o torque em rel. ao ponto da escada que toca o solo:

$$\cancel{2N \cos 30^\circ} - \cancel{d Mg \sin 30^\circ} \quad 2N \cos 30^\circ - d Mg \sin 30^\circ = 0$$

$$\Rightarrow 2N \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2} d Mg \Rightarrow \sqrt{3} 2N = d Mg. \quad \text{Mas } d = \frac{m}{M} \left( \frac{l}{2} + 4x \right):$$

$$\sqrt{3} 2N = mg \left( \frac{l}{2} + 4x \right) \quad (m = \text{massa da escada}).$$

$$\Rightarrow N = \frac{mg}{\sqrt{3}} \left( \frac{l}{2} + 4 \frac{x}{l} \right) = |F_x| = F_{\text{at}}. \quad \text{A } F_{\text{at}} \text{ máx. é dada por:}$$

$$F_{\text{at}} = \mu_s |F_y| = \mu_s Mg = 5\mu_s mg = \frac{mg}{\sqrt{3}} \left( \frac{l}{2} + 4 \frac{x}{l} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{l}{2} + 4 \frac{x}{l} = 5\sqrt{3} \mu_s \Rightarrow \frac{x}{l} = \frac{1}{4} (5\sqrt{3} \mu_s - \frac{1}{2}) \Rightarrow \boxed{x = \frac{l}{4} \left( 5\sqrt{3} \mu_s - \frac{1}{2} \right)}$$



2) Passo 1:  $4P_1 = 3 \cdot 2 \Rightarrow P_1 = \frac{3}{2}N = 1.5N = P_1$

Passo 2:  $4 \cdot (2 + 1.5) = 2 \cdot P_2 \Rightarrow P_2 = 2 \cdot (3.5) = 7N = P_2$

Passo 3:  $6 \cdot P_3 = 2 \cdot (2 + 1.5 + 9) = 2 \cdot 10.5 = 21N = P_3 = 21 \Rightarrow P_3 = \frac{21}{6} = \frac{7}{2} = 3.5N = P_3$

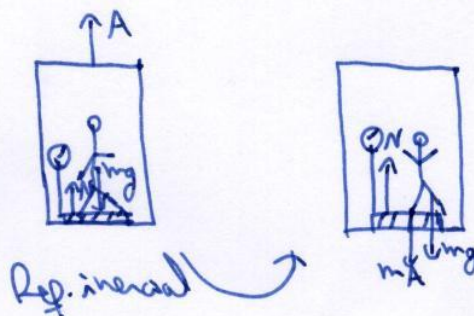
3) Na ref. do elevador, temos:

$N = mg + mA =$  força medida pela balança.

nos:  $m = 100\text{kg}$ ,  $g = 10\text{ m/s}^2$ ,

$N = 85 \times 10\text{ N}$ , logo:

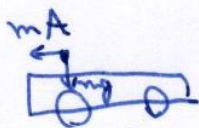
$850 = 100 \times (10 + A) \Rightarrow 8,5 = 10 + A \Rightarrow A = -1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ , o sinal negativo significa que o elevador está desacelerando.



4)



Ref. inercial



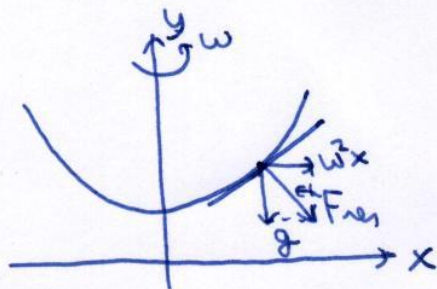
Ref. acelerado



A bola deve ser lançada ~~na direção~~ na mesma direção da força resultante vista na ref. acelerado. (em sentido oposto!) O ângulo  $\theta$  com a vertical deve ser  $\text{tg } \theta = \frac{mA}{mg} \Rightarrow \text{tg } \theta = \frac{A}{g} \cong 1,7^\circ$ , substituindo os valores.



5)



$y$  = eixo de rotação  
 $x$  = distância do eixo de rotação.

No ref. girante, temos a aceleração da gravidade  $g$ , e a aceleração centrífuga, que é  $\omega^2 x$ . A superfície do líquido é perpendicular à força resultante, e portanto, se  $y = y(x)$  é a forma da superfície, temos:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{F_x}{F_y}$$

$$F_x = \text{força na dir. } x = m\omega^2 x$$

$$F_y = \text{força na dir. } y = mg$$

( $m$  = massa de alguma partícula de fluido rotando a uma distância  $x$  do eixo de rotação)

$$\Rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{\omega^2 x}{g} \Rightarrow y = \frac{\omega^2}{2g} x^2 + C \quad (C = \text{constante}),$$

que é a eq. de uma parábola.