

Aula 8.2019-03-11

Forma geral da 2ª lei de Newton:

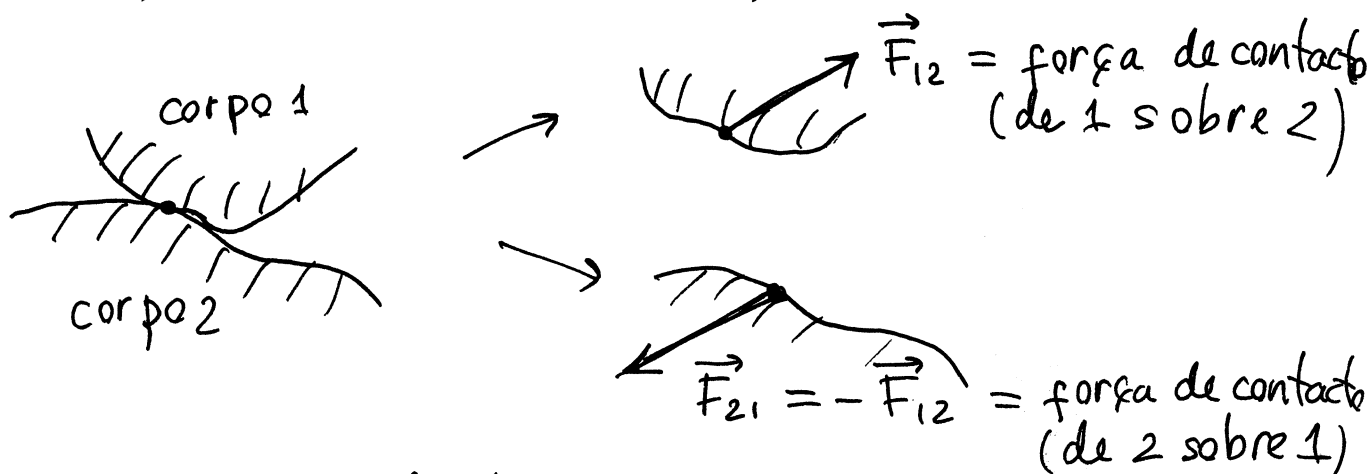
$$\boxed{\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}}$$

\vec{F} = soma resultante = soma vetorial de todas as forças externas

No caso em que m permanece constante,

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

REAÇÃO NORMAL E FORÇAS DE ATRITO

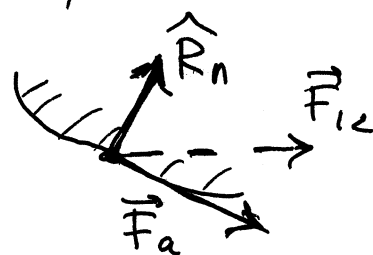


A força de contacto entre duas superfícies costuma separar-se em duas:

① Reação normal. Componente perpendicular às superfícies em contacto

② Força de atrito, \vec{F}_a .

Componente tangente às superfícies.



A força de atrito pode ser de dois tipos:

Atrito estático. Os corpos não deslizam. Ou seja, a velocidade relativa entre as duas superfícies em contacto é nula.

Nesse caso, a força de atrito estático, \vec{F}_e , pode apon-

tar em qualquer direção, tangente às superfícies, e o seu módulo, F_e , pode ter qualquer valor no intervalo:

$$0 \leq F_e \leq \mu_e R_n$$

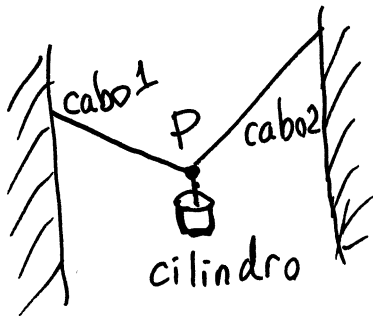
onde R_n é o módulo da reação normal e μ_e é um número, próprio do tipo de superfícies em contacto, chamado **coeficiente de atrito estático**.

Atrito cinético. Se o corpo 1 desliza, com velocidade \vec{v} relativa ao corpo 2, a força de atrito cinético, \vec{F}_c , é na mesma direção de \vec{v} , mas no sentido oposto, e com módulo exatamente igual a:



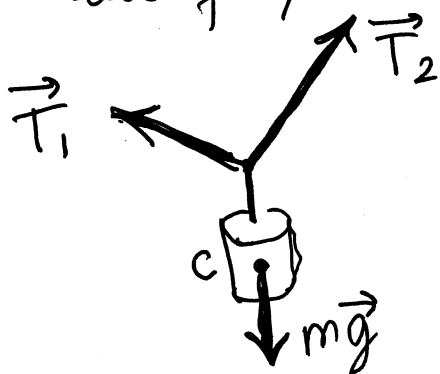
$$\boxed{F_c = \mu_c R_n} \quad \mu_c = \text{coeficiente de atrito cinético}$$

TENSÃO NAS CORDAS/CABOS



Num ponto dum objeto, ligado a um cabo, atua uma força de tensão, \vec{T} , na direção do cabo e no sentido que se opõe a que o cabo seja esticado.

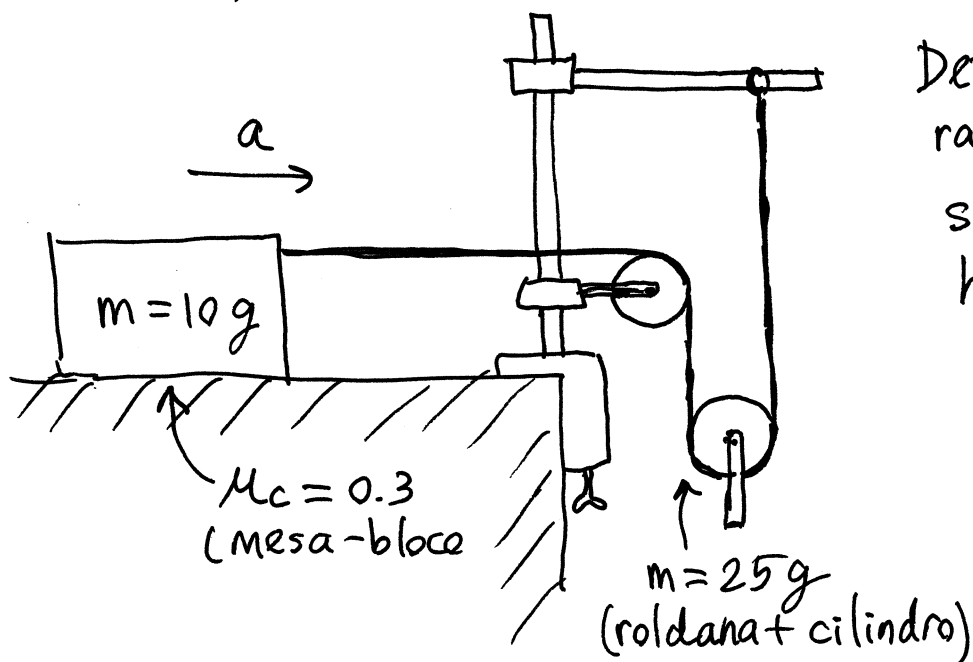
Diagrama de corpo livre do cilindro: representação das forças externas.



O peso, $m\vec{g}$, atua no centro de gravidade, C.

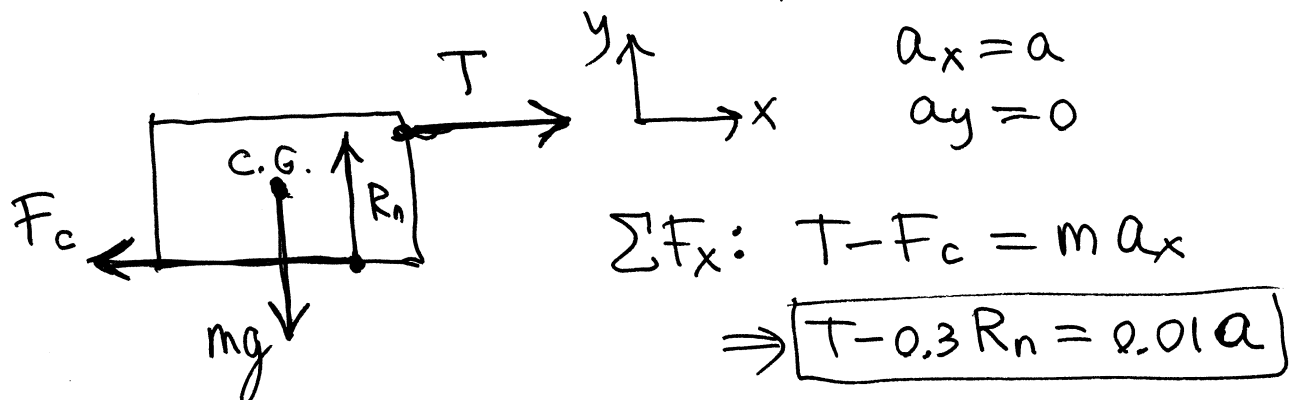
Se o cilindro está em repouso,
 $\vec{p} = 0, \frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{F} = m\vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = 0$

Exemplo 1.



Determine a aceleração, a , do bloco sobre a mesa horizontal.

Resolução. Diagrama de corpo livre do bloco:



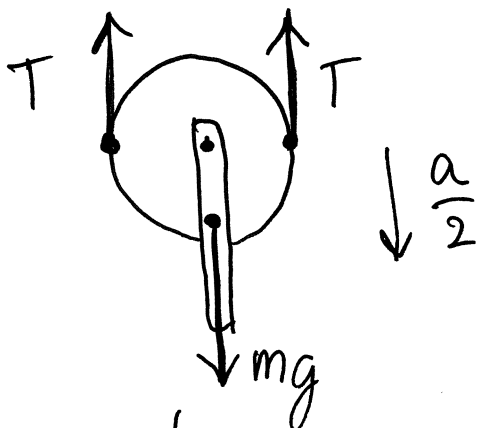
$$\Sigma F_y: R_n - mg = 0 \Rightarrow R_n = 0.01 \cdot 9.8$$

$$\Rightarrow \boxed{T = 0.3 \cdot 0.01 \cdot 9.8 + 0.01a}$$

Falta outra equação que será a equação de movimento do cilindro.

Desprezando as massas das rodas das roldanas, a tensão será igual em qualquer parte da corda (a demonstração será feita no capítulo seguinte). E, como foi explicado no capítulo 2, a aceleração do cilindro será igual a metade da aceleração do bloco.

Diagrama de corpo livre do cilindro+roldana:



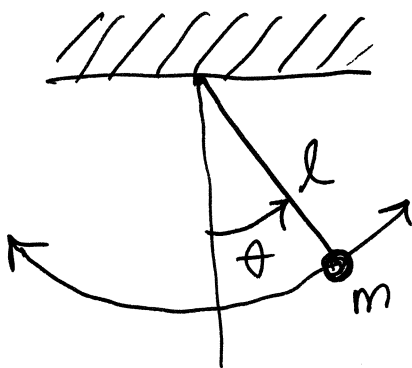
$$-T - T + mg = m\left(\frac{a}{2}\right)$$

$$\Rightarrow 2T = 0.025 \cdot 9.8 - \left(\frac{0.025}{2}\right)a$$

Resolvem-se as equações do cilindro e do bloco, para encontrar as duas variáveis T e a . O resultado é:

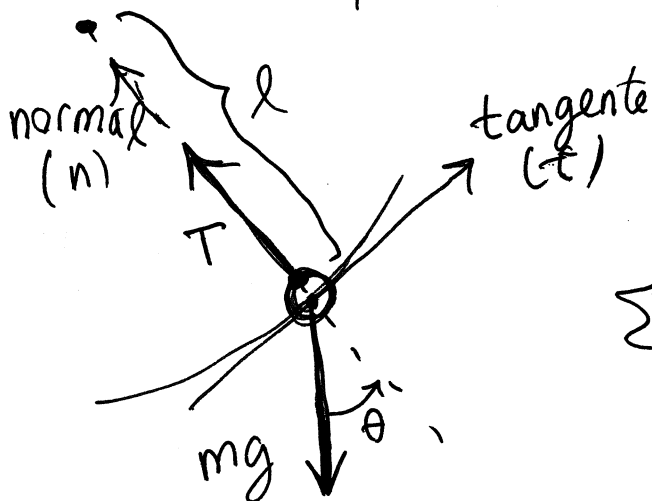
$$a = 5.729 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Exemplo 2. Pêndulo simples. Pequeno objeto de massa m , pendurado dum fio de comprimento l .



Sistema com um único grau de liberdade, $\theta(t)$. A equação de movimento, $\ddot{\theta}$ = expressão, permitirá obter $\theta(t)$ e $\dot{\theta}(t)$.

Para encontrar a eq. de movimento, usa-se a 2ª lei de Newton.



$$\Sigma F_t = m a_t = m l \ddot{\theta}$$

$$\Sigma F_n = m a_n = m l \dot{\theta}^2$$

$$\Sigma F_t: -mg \sin \theta = m l \ddot{\theta}$$

$$\Rightarrow \boxed{\ddot{\theta} = -\frac{g}{l} \sin \theta} \text{ equação de movimento}$$

$$\Sigma F_n: T - mg \cos \theta = m l \dot{\theta}^2 \Rightarrow T = m(g \cos \theta + l \dot{\theta}^2)$$