Física [na pandemia]
Aula 03

...

Prof. Dr. José Rafael Bordin
Departamento de Física
UFPel

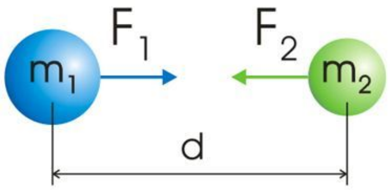
Sumário

→ Exemplos de Forças

→ Aplicações

A Força Peso

→ Gravitação Universal:



$$F_1 = F_2 = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

→ A força Peso é um caso particular onde um corpo de massa pequena *m* está na superfície (ou próximo à superfície) de um corpo com massa *M* e raio muito maiores

→ No caso da Terra, considerando sua massa *M* = 5,972 x 10^{24} kg e seu raio r = 6,371 x 10^{6} m e a constante G = 6,674 x 10^{-11} Nm^2/kg^2 obtemos

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

$$g = \frac{6,674.10^{-11}.5,972.10^{24}}{(6,371.10^{6})^{2}} \rightarrow g \approx 9,82\ m/s^2$$

ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE!

Força Peso

→ Assim, um corpo *m* próximo à superfície da Terra está sujeito a uma aceleração constante g = 10 m/s^{2*} que o puxa para o centro da Terra

$$\boxed{P_g = m \cdot g \qquad (N)} \quad \downarrow g$$

→ Se um corpo de massa 10 kg é solto de uma janela, ele irá cair devido à ação de uma força P = mg = 10kg x 10 m/s^2 = 100 N

→ Ao subirmos numa balança, ela mede a força com que tu empurra o chão (seu Peso), divide por g e obtêm sua massa (peso no sentido coloquial). Exemplo, eu subo na balança, ela mede 1000 N e informa que minha massa é m = P/g = 1000/10 = 100 kg

*(se for construir uma ponte use 9,8 m/s^2, mas pra essa disciplina vamos arredondar)

Diagrama de Corpo Livre

→ Quando várias forças atuam sobre um corpo, devemos construir o Diagrama de Corpo Livre

→ Basicamente é isolar o corpo do resto do sistema e representar as forças que atuam sobre ele usando o centro deste como referencial

→ Exemplo: um corpo sujeito a 4 forças

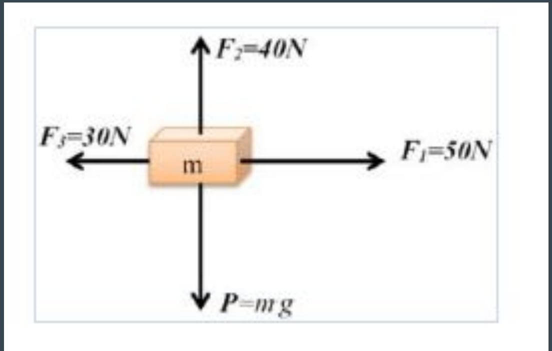
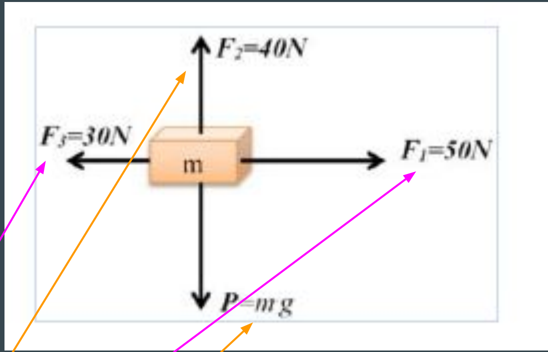


Diagrama de Corpo Livre

→ Para achar a aceleração do corpo, devemos calcular primeiro a aceleração em cada direção



(direção-x): $\overset{+}{\rightarrow}\sum F_{ext(x)} = F_{R(x)} = m\cdot a_x \Rightarrow -\overset{\leftarrow}{30N} + \overset{\rightarrow}{50N} = 5kg\cdot a_x \Rightarrow 20N = 5kg\cdot a_x \Rightarrow a_x = \frac{20N}{5kg} = \boxed{4m/s^2}$

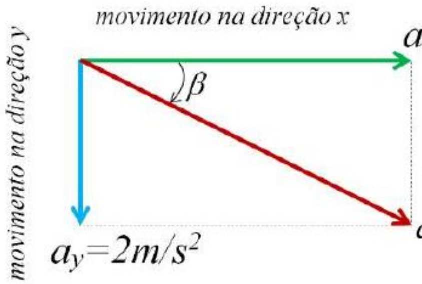
(direção-y): $+\uparrow\sum F_{ext(y)} = F_{R(y)} = m\cdot a_y \Rightarrow +\overset{\uparrow}{40N} - \underbrace{\overset{\downarrow}{50N}}_{m\cdot g} = 5kg\cdot a_y \Rightarrow -10N = 5kg\cdot a_y \Rightarrow a_y = \frac{-10N}{5kg} = \boxed{-2m/s^2}.$

Pra direita

Pra baixo

Diagrama de Corpo Livre

→ O módulo da aceleração e sua direção em relação ao eixo-x são



$$a_R = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

Movimento resultante da combinação do movimento na direção x com a direção y.

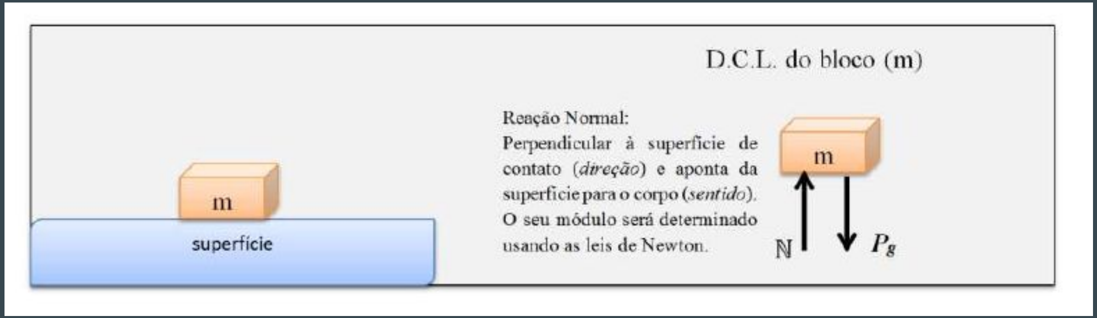
$$= \sqrt{(4m/s^2)^2 + (2m/s^2)^2} = \boxed{4.47 m/s^2}$$

$$tg(\beta) = \frac{a_y}{a_x} = \frac{2m/s^2}{4m/s^2} = 0,5 \quad \Rightarrow \beta = tg^{-1}(0,5) = 26,6^\circ$$

Reação Normal

→ É a reação de uma superfície quando uma força atua sobre ela

→ Recebe o nome Normal porque é normal à superfície: sua direção faz um ângulo de 90º com a superfície e o sentido é saindo da superfície



$$\sum F_{ext(y)} = F_{R(y)} = 0 \text{ (equilíbrio estático)}$$

$$\overset{\uparrow}{\mathbb{N}} - \overset{\downarrow}{P_g} = 0 \Rightarrow \mathbb{N} = P_g$$

$$\boxed{\mathbb{N} = 10kg \cdot 10m/s^2 = 100N}.$$

Reação Normal

→ Uma bola de 10 kg é empurrada por uma força de 50 N em direção a uma parede rente ao chão. Quais os valores das reações na parede e no chão?

Reação Normal

→ Uma bola de 10 kg é empurrada por uma força de 50 N em direção a uma parede rente ao chão. Quais os valores das reações na parede e no chão?

$$\text{(direção x):} \overset{+}{\rightarrow} \sum F_{ext(x)} = F_{R(x)} = 0 \text{ (equilíbrio estático)} \Rightarrow \overset{\rightarrow}{\mathbb{N}}_2 - \overset{\leftarrow}{F} = 0 \Rightarrow \mathbb{N}_2 = F \Rightarrow \boxed{\mathbb{N}_2 = 50N},$$

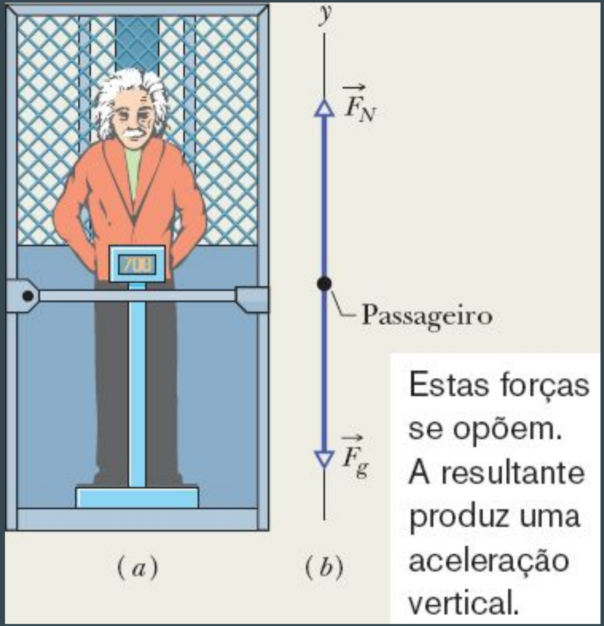
$$\text{(direção y):} + \uparrow \sum F_{ext(y)} = F_{R(y)} = 0 \text{ (equilíbrio estático)} \Rightarrow \overset{\uparrow}{\mathbb{N}}_1 - \overset{\downarrow}{P}_g = 0 \Rightarrow \mathbb{N}_1 = P_g \Rightarrow \boxed{\mathbb{N}_1 = 10kg \cdot 10m/s^2 = 100N}.$$

Forças em um Elevador

→ Suponha que você se pesasse em um elevador em movimento (os outros passageiros, certamente, iriam ficar assustados). Você pesaria mais, menos ou a mesma coisa que em um elevador parado?

→ Na figura, um passageiro, de massa *m* = 72,2 kg, está de pé em uma balança de banheiro no interior de um elevador. Estamos interessados na leitura da balança quando o elevador está parado e quando está se movendo para cima e para baixo.

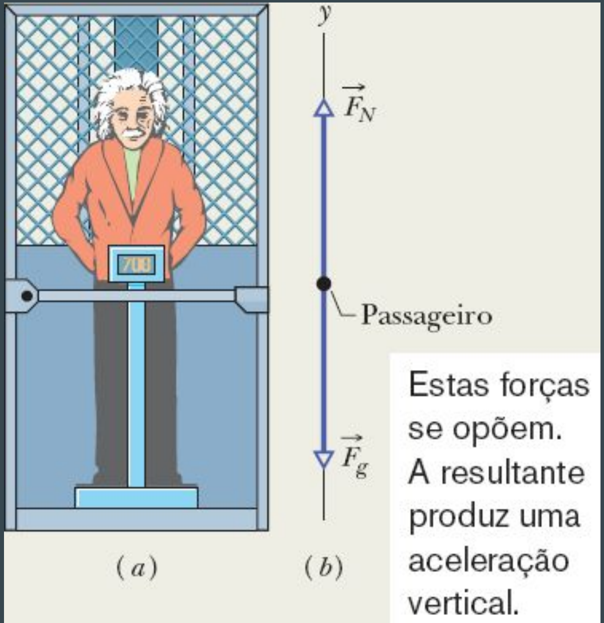
(a) Escreva uma equação que expresse a leitura da balança em função da aceleração vertical do elevador.



Forças em um Elevador

→ A leitura é igual ao módulo da força normal F_N que a balança exerce sobre o passageiro. Como mostra o diagrama de corpo livr, a única outra força que age sobre o passageiro é a força gravitacional F_g. Podemos relacionar as forças que agem sobre o passageiro à aceleração usando a segunda lei de Newton (F_{res} = *ma*). Lembre-se, porém, de que essa lei só se aplica aos referenciais **inerciais**. Um elevador *acelerado não é um referencial inercial*. Assim, escolhemos o solo como referencial e analisamos todos os movimentos em relação a esse referencial.

$$F_N - F_g = ma$$
$$F_N = F_g + ma.$$
$$F_N = m(g + a)$$



Estas forças se opõem. A resultante produz uma aceleração vertical.

Forças em um Elevador

(b) Qual é a leitura da balança se o elevador está parado ou está se movendo para cima com uma velocidade constante de 0,50 m/s?

$$F_N = m(g + a)$$

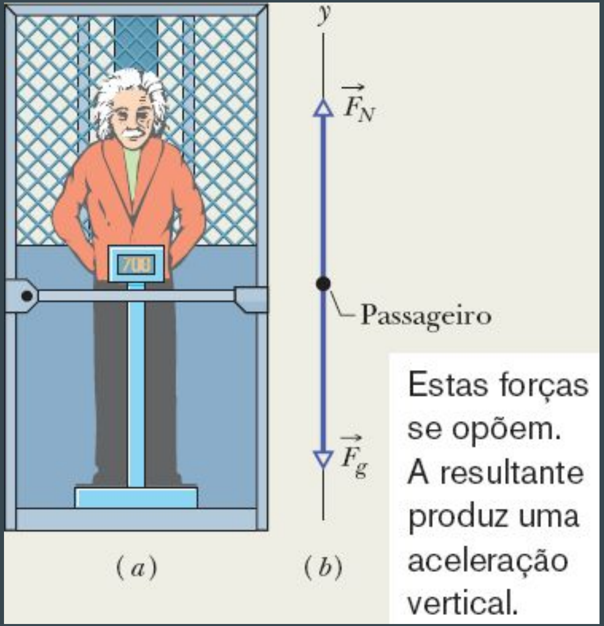
Para qualquer velocidade constante (zero ou diferente de zero), a aceleração do passageiro é zero.

$$F_N = (72{,}2\ \text{kg})(9{,}8\ \text{m/s}^2 + 0) = 708\ \text{N}.$$

(c) Qual é a leitura da balança se o elevador sofre uma aceleração, para cima, de 3,20 m/s^2? Qual é a leitura se o elevador sofre uma aceleração, para baixo, de 3,20 m/s^2?

$$F_N = (72{,}2\ \text{kg})(9{,}8\ \text{m/s}^2 + 3{,}20\ \text{m/s}^2) = 939\ \text{N},$$

$$F_N = (72{,}2\ \text{kg})(9{,}8\ \text{m/s}^2 - 3{,}20\ \text{m/s}^2) = 477\ \text{N}.$$

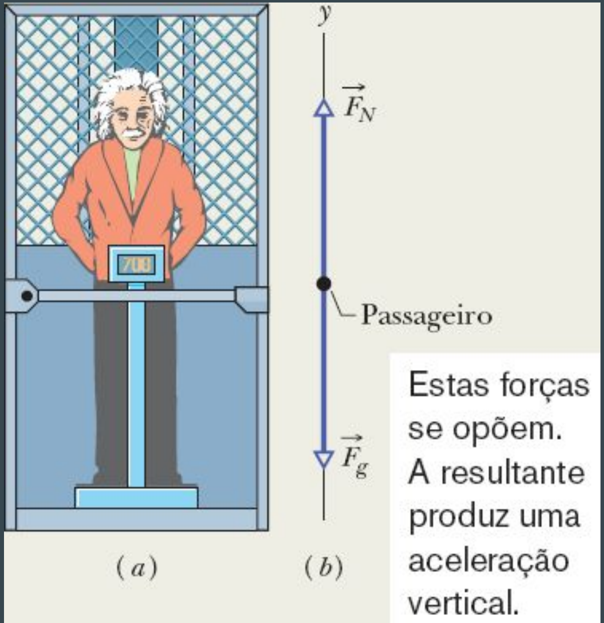


Forças em um Elevador

Se a aceleração é para cima (ou seja, se a velocidade de subida do elevador está aumentando ou se a velocidade de descida está diminuindo), a leitura da balança é maior que o peso do passageiro. Essa leitura é uma medida do peso aparente, pois é realizada em um referencial não inercial. Se a aceleração é para baixo (ou seja, se a velocidade de subida do elevador está diminuindo ou a velocidade de descida está aumentando), a leitura da balança é menor que o peso do passageiro. A força resultante sobre o passageiro durante a aceleração para cima é:

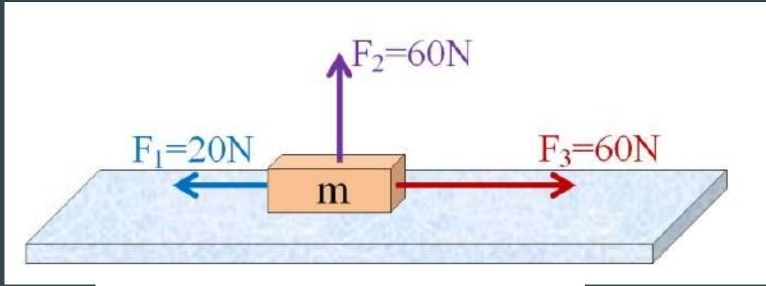
$$F_{res} = F_N - F_g = 939 \text{ N} - 708 \text{ N} = 231 \text{ N},$$

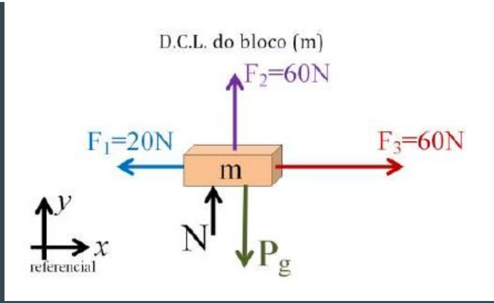
Entretanto, a aceleração do passageiro em relação ao elevador, $a_{p,el}$, é zero. Assim, no referencial não inercial do elevador acelerado, F_{res} não é igual a $ma_{p,el}$, e a segunda lei de Newton **não é obedecida**.



Reação Normal em movimento

→ Qual aceleração e a reação no bloco de massa 8 kg sujeito à ação 3 forças aplicadas?



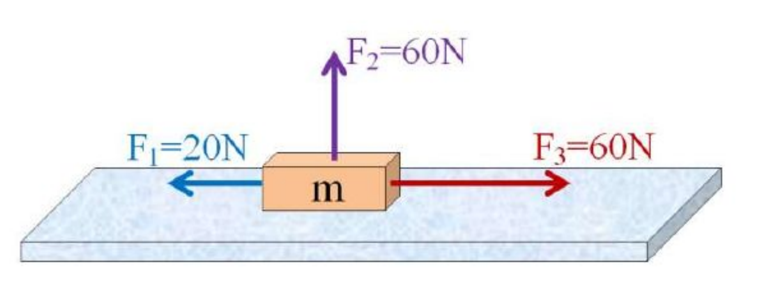


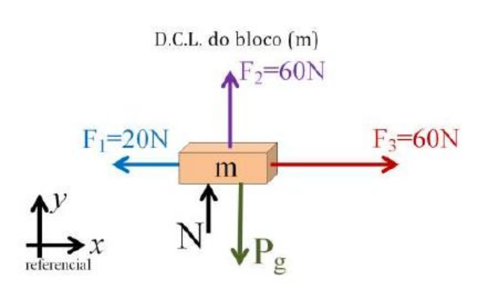
- aceleração somente em x, já que o corpo não vai sair voando

$$\overset{+}{\rightarrow}\sum F_{ext(x)} = m\cdot a_x \Rightarrow -\overset{\leftarrow}{20}N+\overset{\rightarrow}{60}N = 8kg\cdot a_x \Rightarrow 40N = 8kg\cdot a_x \Rightarrow a_x = \frac{40N}{8kg} = \boxed{+5m/s^2}$$

Reação Normal em movimento

→ Qual aceleração e a reação no bloco de massa 8 kg sujeito à ação 3 forças aplicadas?





- N é dada pela resultante em y

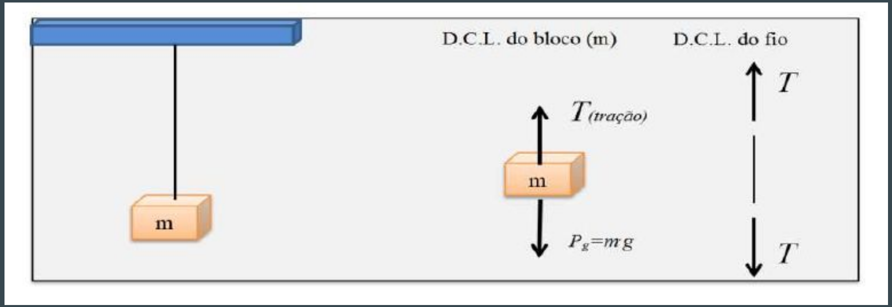
$$+\uparrow \sum F_{ext(y)} = 0\text{(equilíbrio nessa direção)} \Rightarrow +\overset{\uparrow}{60}N - \underbrace{\overset{\downarrow}{80}N}_{m\cdot g} + \overset{\uparrow}{\mathbb{N}} = 0 \Rightarrow \boxed{\mathbb{N} = +20N}.\uparrow$$

Tração

→ Surge quando uma corda/fio/cabo é tracionada(o)

→ A direção é a do fio, e o sentido saindo do corpo

→ Para um corpo de 10 kg pendurado no teto por um fio:

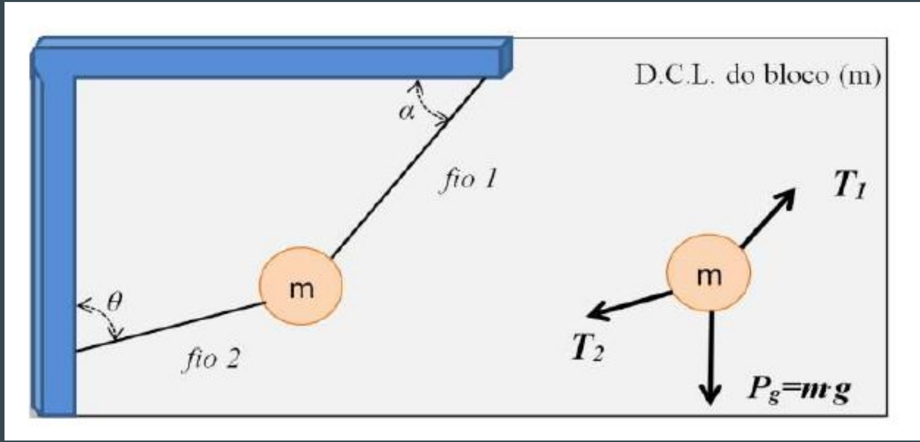


$$+\uparrow \sum F_{ext(y)} = \overset{\uparrow}{T} - \overset{\downarrow}{P_g} = 0 \text{ (equilíbrio estático)}$$

$$T = P_g = 10kg \cdot 10m/s^2 = \boxed{100N}.$$

Tração

→ No caso de um corpo de 10 kg pendurado por duas cordas, uma fazendo um ângulo α = 60°com a direção horizontal e um ângulo θ = 75° com a vertical, podemos calcular as trações em cada corda:



Tração

eq.I) $\overset{+}{\rightarrow}\sum F_{ext(x)} = \overset{\rightarrow}{T_1}\cdot\cos(\alpha) - \overset{\leftarrow}{T_2}\cdot sen(\theta) = 0$ (equilíbrio estático na direção x),

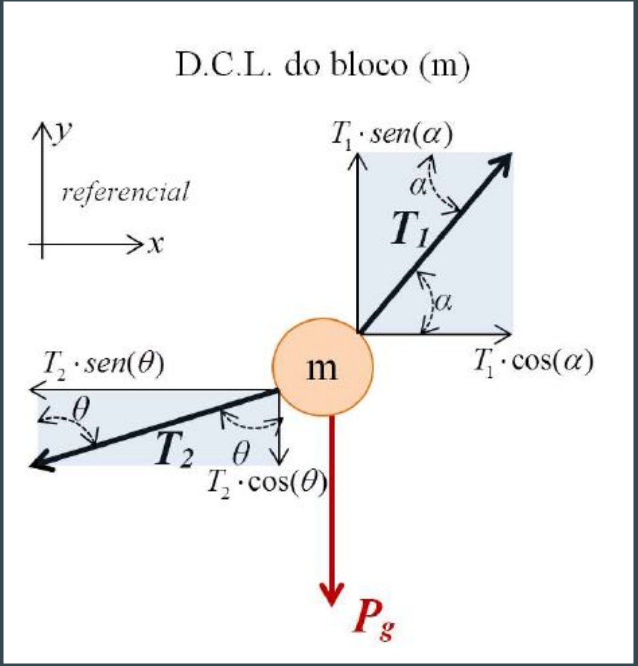
eq.II) $+\uparrow\sum F_{ext(y)} = \overset{\uparrow}{T_1}\cdot sen(\alpha) - \overset{\downarrow}{P_g} - \overset{\downarrow}{T_2}\cdot\cos(\theta) = 0$ (equilíbrio estático direção y),

Da eq.I) $T_1 = \dfrac{T_2\cdot sen(\theta)}{\cos(\alpha)}$, Agora substituir na eq.II) Obs: $sen(\theta)/\cos(\theta) = tg(\theta)$

$$\left(\frac{T_2\cdot sen(\theta)}{\cos(\alpha)}\right)\cdot sen(\alpha) - P_g - T_2\cdot\cos(\theta) = 0 \Rightarrow T_2\cdot\left(sen(\theta)\cdot tg(\alpha) - \cos(\theta)\right) = P_g,$$

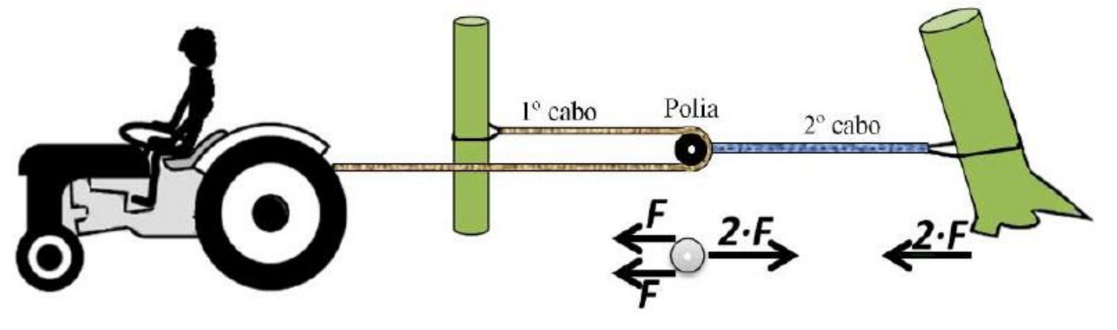
$$T_2 = \frac{P_g}{\left(sen(\theta)\cdot tg(\alpha) - \cos(\theta)\right)} \Rightarrow T_2 = \frac{100N}{\left(sen(75^o)\cdot tg(60^o) - \cos(75^o)\right)} = \boxed{70,71N},$$

$$T_1 = \frac{T_2\cdot sen(\theta)}{\cos(\alpha)} \Rightarrow T_1 = \frac{(70.71N)\cdot sen(75^o)}{\cos(60^o)} = \boxed{136,6N}.$$



Tração e Polias

→ Máquina mais simples



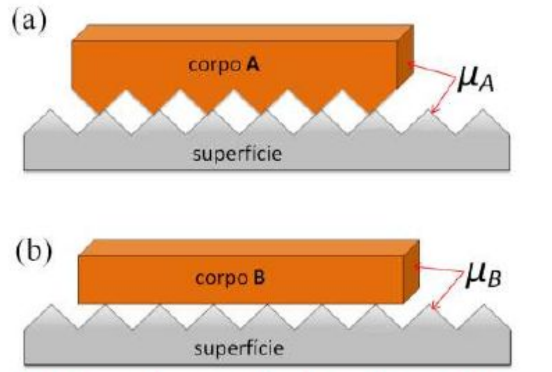
$$\overset{+}{\rightarrow} \sum F_{ext(x)} = -\overleftarrow{F} - \overleftarrow{F} + \overrightarrow{F}_{2^\circ cabo} = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{F_{2^\circ cabo} = 2 \cdot F}.$$

Força de Atrito

→ É uma força dissipativa paralela à superfície de contato que se opõe ao movimento

→ Depende do coeficiente de atrito entre as superfícies μ e da força exercida sobre a superfície de contato (que vai ser igual em módulo à reação Normal)



Visão microscópica do atrito.

$$f_{at} = \mu \cdot \mathbb{N}, \qquad (N)$$

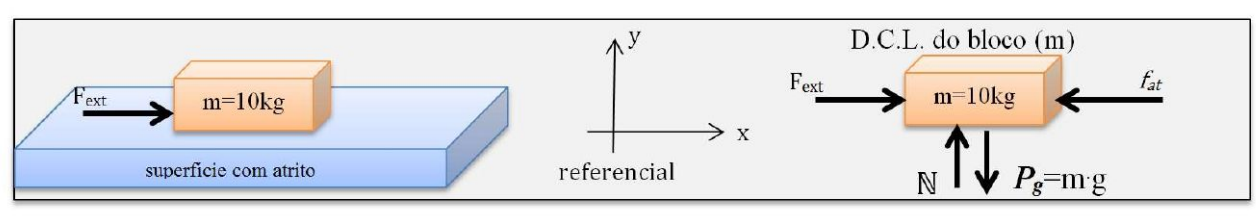
Força de Atrito Estático

→ Atua em corpos em repouso e com tendência de movimento

→ É variável, possuindo um valor máximo

$$\boxed{f_{at,(e)\max} = \mu_e \cdot \mathbb{N} \qquad (N)}.$$

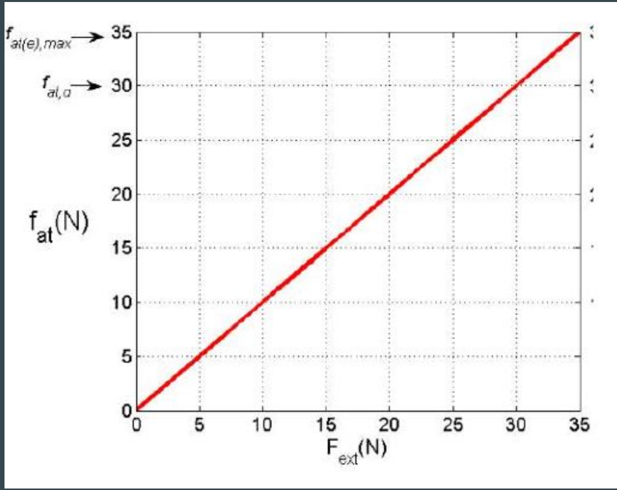
→ Exemplo: Qual a mínima força externa necessária para colocar em movimento um bloco de 10 kg sobre uma superfície com coeficiente de atrito estático μ_e parado



$$+\uparrow \sum F_y = \overset{\uparrow}{\mathbb{N}} - \overset{\downarrow}{P}_g = 0 \text{ (equilíbrio estático)} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\mathbb{N} = P_g = m \cdot g = 10kg \cdot 10m/s^2 = 100N},$$

$$\boxed{f_{at(e),\max} = \mu_e \cdot \mathbb{N}} \quad \Rightarrow \quad f_{at(e),\max} = 0.35 \cdot 100N = \boxed{35N}.$$

→ A força de atrito estático cresce conforme a força externa aumenta. Quando a força externa supera a força de atrito estático máxima, a força resultante sobre o corpo deixa de ser nula e este entra em movimento - então, quem atua é o atrito dinâmico



Calculando o coeficiente de atrito

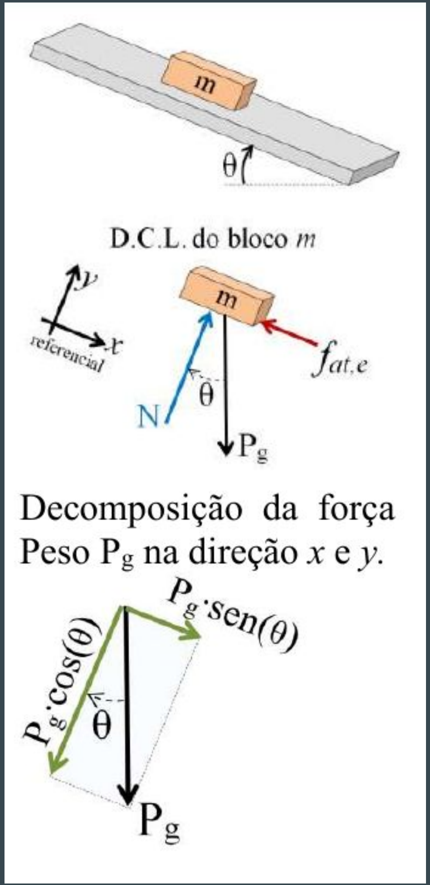
→ Considere um bloco de massa m sobre um plano inclinado

direção x) $\overset{+}{\rightarrow}\sum F_{ext(x)} = +\overset{\rightarrow}{P_g}\cdot sen(\theta) - \overset{\leftarrow}{f}_{at(e),\max} = 0$ (iminência de deslizar)

direção y) $+\uparrow\sum F_{ext(y)} = +\overset{\uparrow}{\mathbb{N}} - \overset{\downarrow}{P_g}\cdot \cos(\theta) = 0$ (equilíbrio estático)

$\mathbb{N} = P_g \cdot \cos(\theta)$ e substituir em: $P_g \cdot sen(\theta) = f_{at(e),\max}$; $(f_{at(e),\max} = \mathbb{N}\cdot \mu_e)$.

$\cancel{P_g}\cdot sen(\theta) = \underbrace{\cancel{P_g}\cdot \cos(\theta)}_{\mathbb{N}}\cdot \mu_e$. Isolando μ_e : $\boxed{\mu_e = \frac{sen(\theta)}{\cos(\theta)} = tg(\theta)}$.

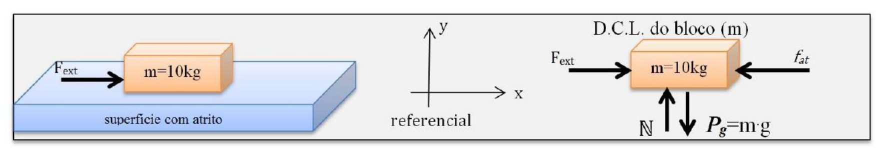


Força de Atrito Dinâmico

$$\boxed{f_{at,d} = \mu_d \cdot \mathbb{N}, \qquad (N)}$$

→ Atua sobre corpos em movimento

→ Possui coeficiente menor que o atrito estático



→ Considerando uma força externa de 50 N e $\mu_d = 0{,}30$, o corpo ao lado se moverá com uma aceleração:

$$\overset{+}{\rightarrow} \sum F_x = \vec{F}_{ext} - \overleftarrow{f}_{at,d} = m \cdot a_x$$

$$a_x = \frac{F_{ext} - f_{at,d}}{m} = \frac{50N - 0.3 \cdot 100N}{10kg} = \boxed{2m/s^2}.$$