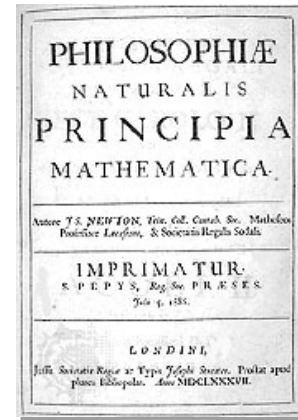
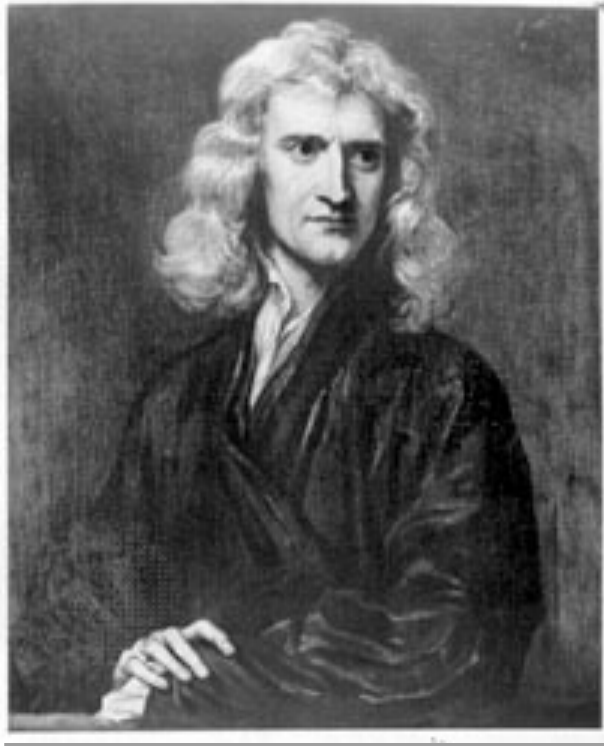


Mecânica Newtoniana



Cap. 3- Dinâmica de uma partícula

Sumário:

Leis de Newton.

Forças de ligação (reação normal e tensão).

Forças de atrito (estático, cinético e viscoso).

Forças dissipativas.

Bibliografia:

- Caps. 5 e 6, Serway

1ª lei de Newton

1ª Lei: um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, a menos que seja forçado a mudar o seu estado por forças a ele aplicadas

 Partícula livre
 Lei da inércia

2ª lei de Newton

2ª Lei: se \vec{F} é a força externa aplicada a uma massa pontual m , que se move com velocidade \vec{v} , então

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

onde $\vec{P} = m\vec{v}$ é o momento linear.

princípio fundamental da dinâmica

Nota: 1ª e 2ª leis \rightarrow definição de força

2ª lei de Newton

Caso particular:

Massa independente do tempo:

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

exemplo

Massa dependente do tempo:



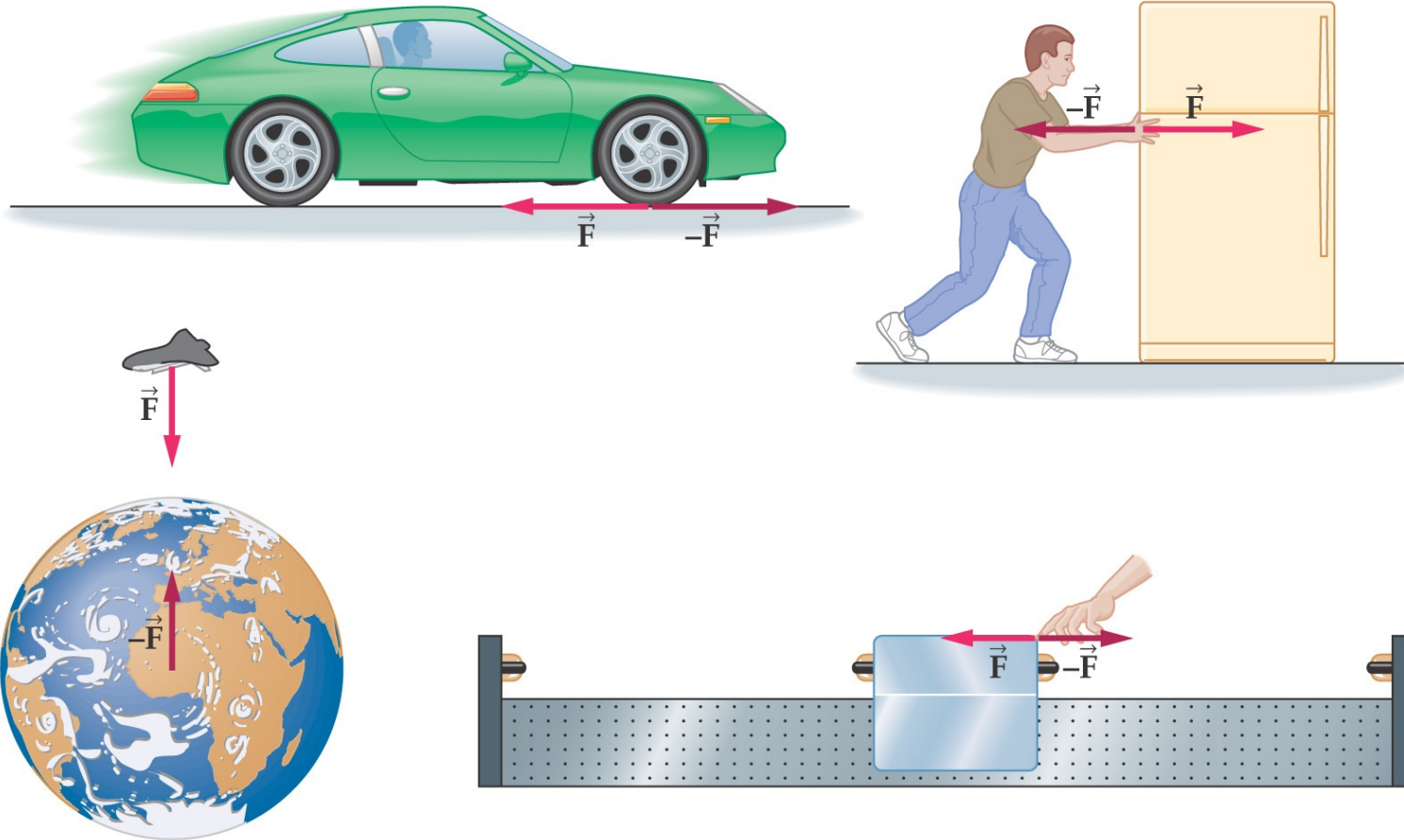
3ª Lei de Newton

3ª Lei: sempre que uma partícula 1 exerce uma força \mathbf{F}_{12} sobre uma partícula 2, a partícula 2 também exerce uma força \mathbf{F}_{21} sobre a partícula 1 e as forças têm a mesma magnitude, a mesma direcção e sentidos opostos:

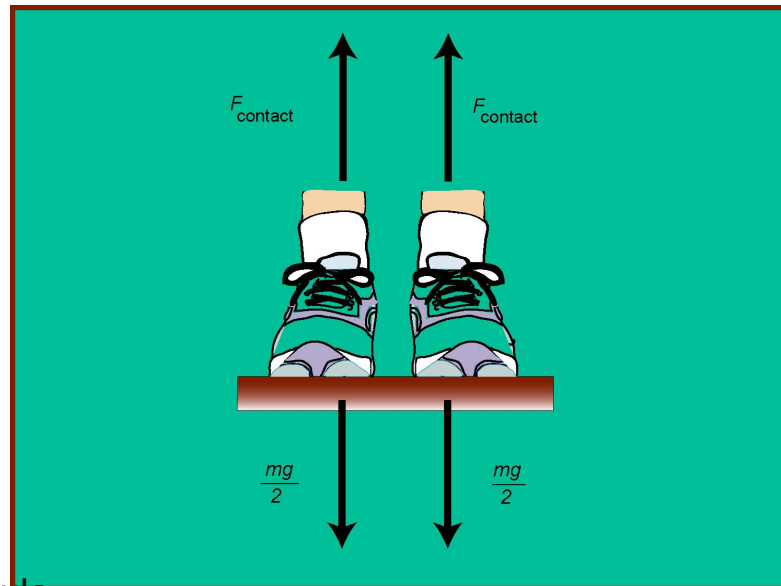
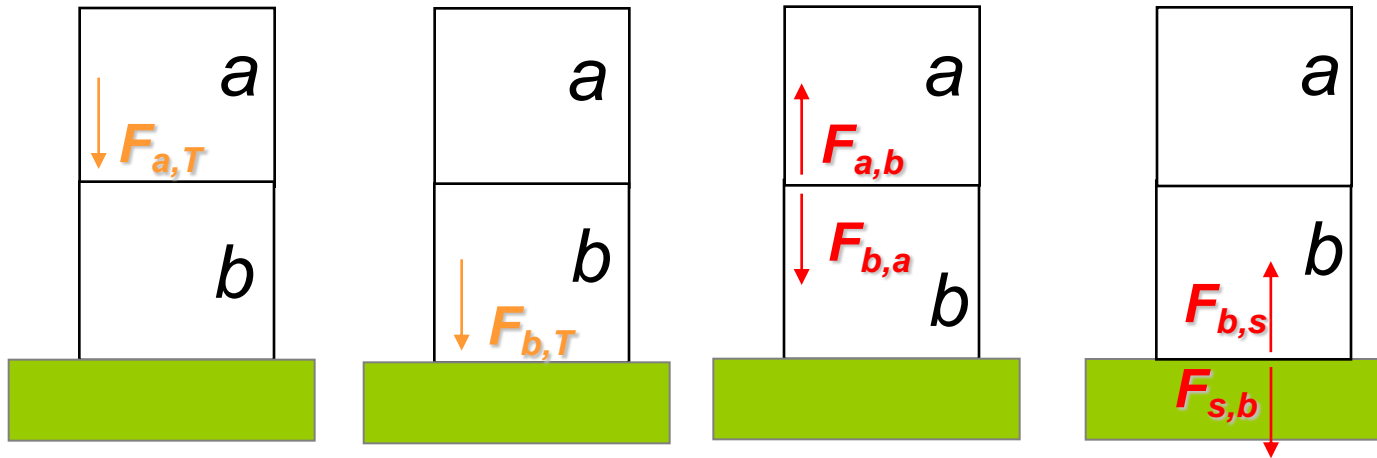
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Princípio da acção-reacção!

Pares acção-reacção



Pares acção-reacção



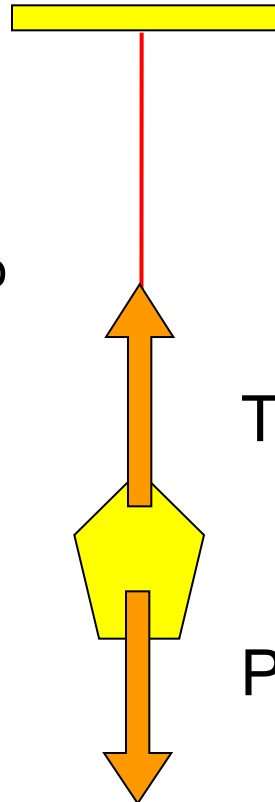
Tensões

Um candeeiro está suspenso do tecto por um cabo.

*Forças sobre o
candeeiro:*

P: Peso do candeeiro

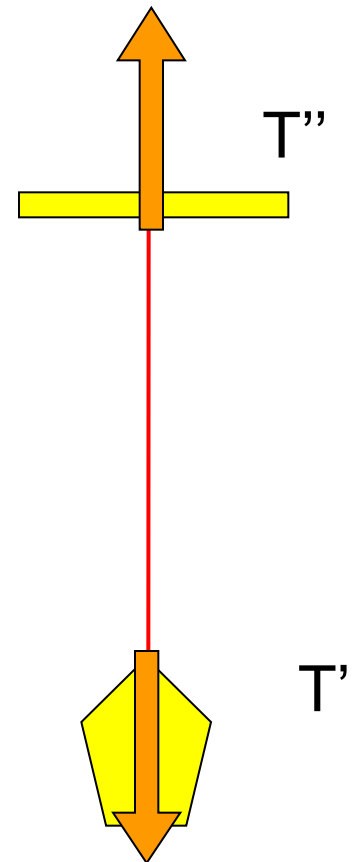
T: Tensão exercida
pelo cabo



*Forças sobre o
cabo:*

T'': Tensão
exercida pelo
tecto,
“sustentando” o
cabo

T': tensão
exercida pelo
candeeiro,
“puxando” o
cabo para baixo



Questões

A carroça exerce uma força igual e oposta sobre os cavalos.
Porque razão o conjunto se move?



Uma arma de fogo recua quando é disparada.

A aceleração da arma é:

1. maior que a da bala?
2. menor que a da bala?
3. igual a da bala?



Os foguetões são incapazes de acelerar no espaço
porque:

1. Não há ar?
2. Não há gravidade?
3. Absurdo! Os foguetes aceleram no espaço.



Acelerando a campânula, em que direcção se move
a bola de esferovite imersa em água?

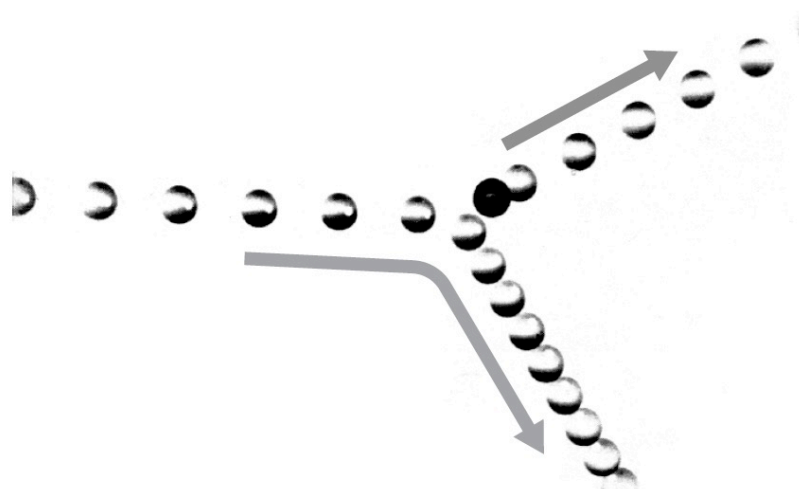


princípio da conservação do momento linear

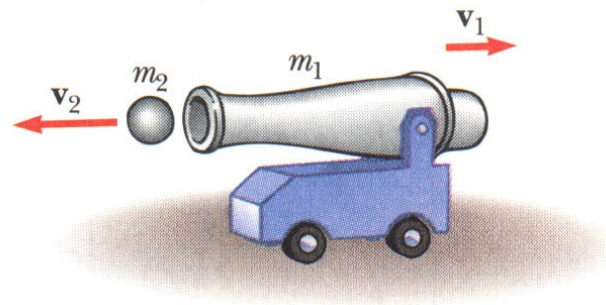
2 partículas:

$$\begin{aligned}\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} &\Rightarrow \frac{d\vec{P}_1}{dt} = -\frac{d\vec{P}_2}{dt} \\ &\Rightarrow \frac{d}{dt}(\vec{P}_1 + \vec{P}_2) = \vec{0} \\ &\Rightarrow \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \text{const}\end{aligned}$$

Exemplos



Exemplos



Definição de massa

Se 2 corpos constituem um sistema isolado ideal, então as acelerações dos corpos são em sentidos opostos e a razão das magnitudes das acelerações é constante. Esta razão é igual à razão inversa das massas dos corpos

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = -\frac{a_1}{a_2}$$

(massas constantes)

massa

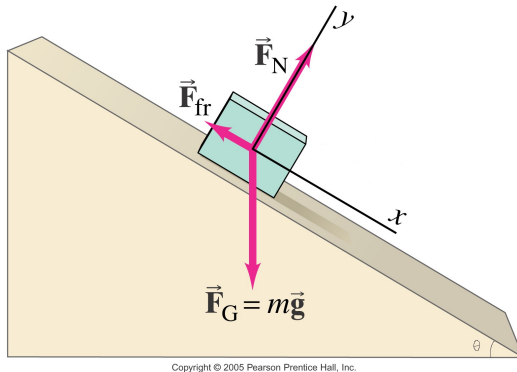
massa inercial: massa que determina a aceleração de um corpo submetido a uma dada força.

massa gravitacional: massa que determina as forças gravitacionais entre o corpo e outros corpos

princípio da equivalência!

Forças resistivas

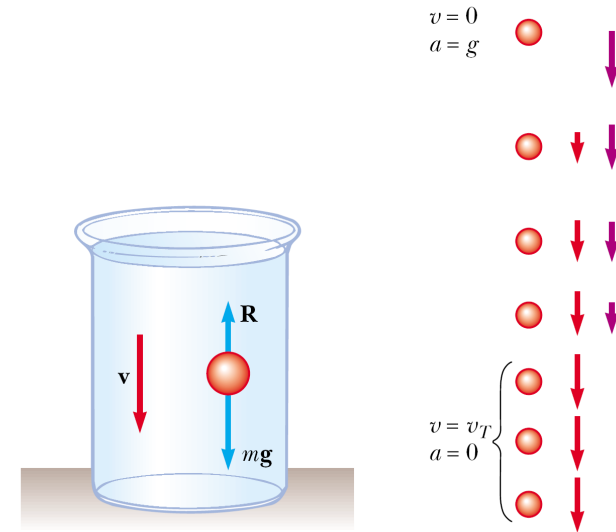
atrito:



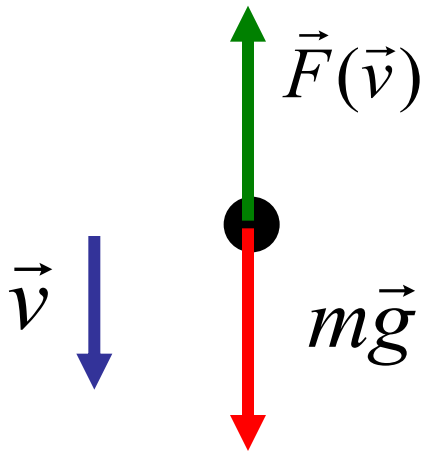
resistência do ar:



viscosidade:



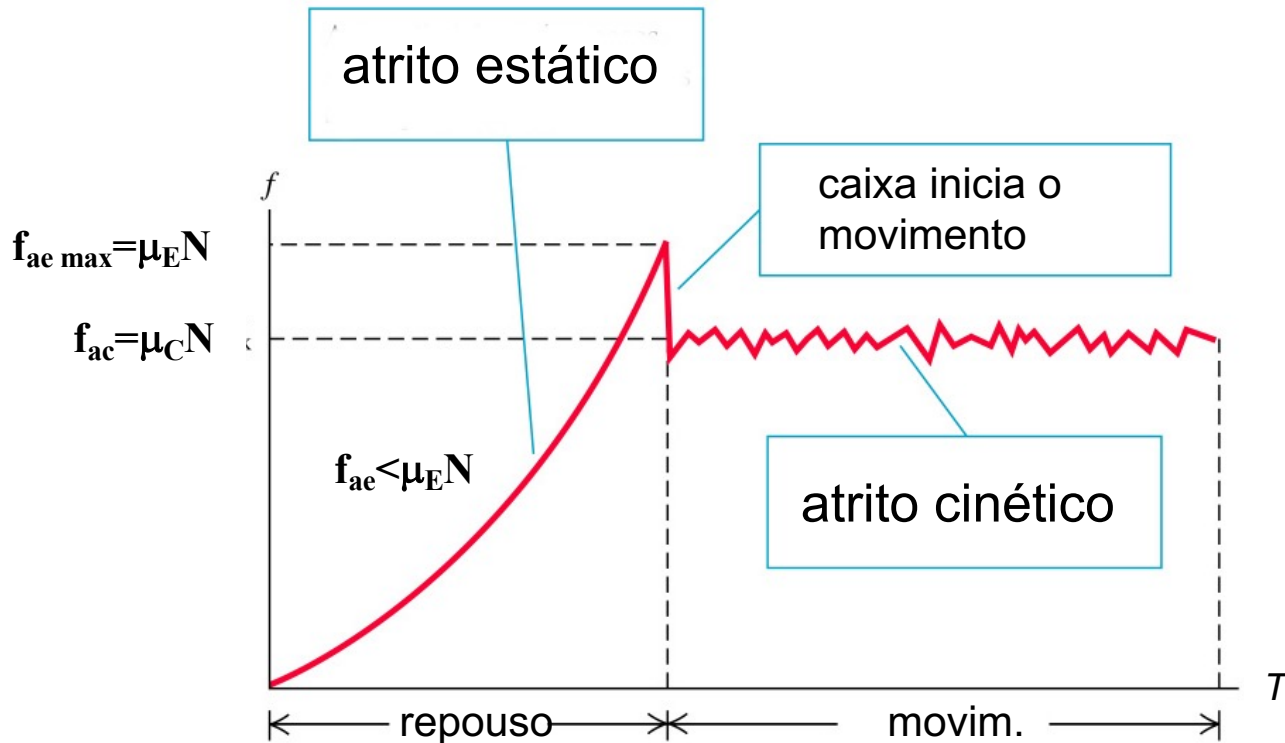
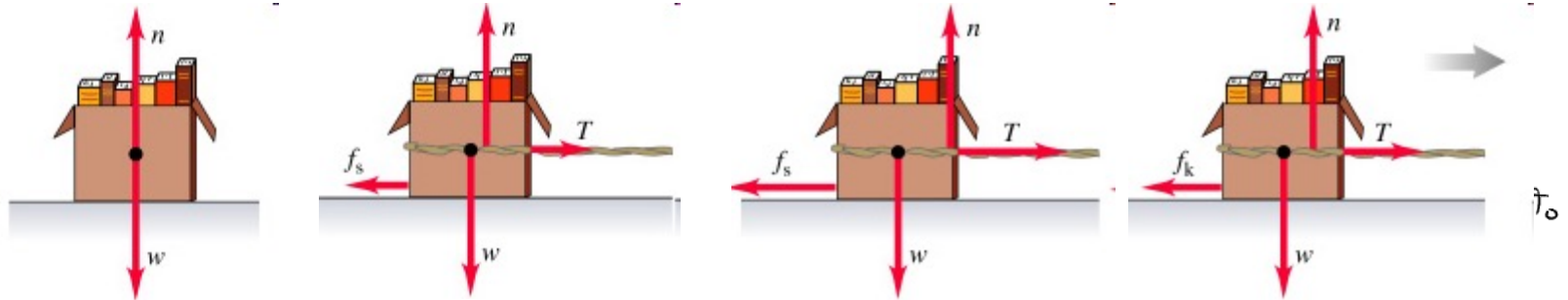
Forças resistivas



aproximação de lei de potência

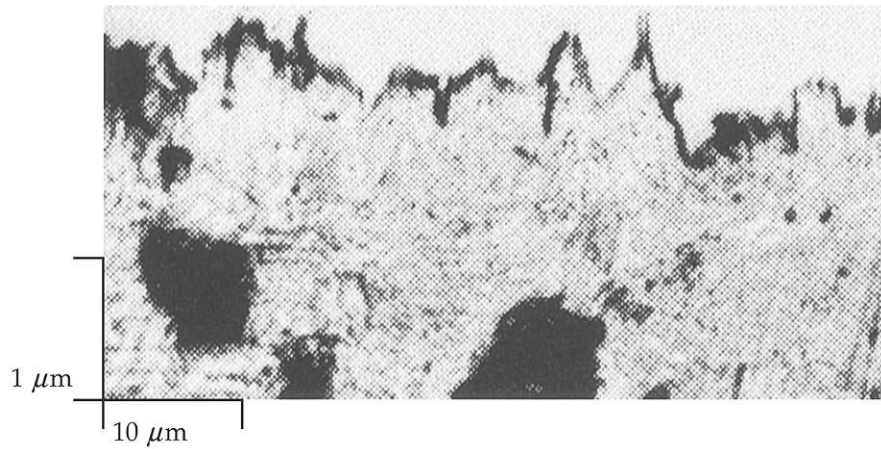
$$\vec{F}(\vec{v}) = -mkv^n \frac{\vec{v}}{v}$$

Caso particular: força de atrito

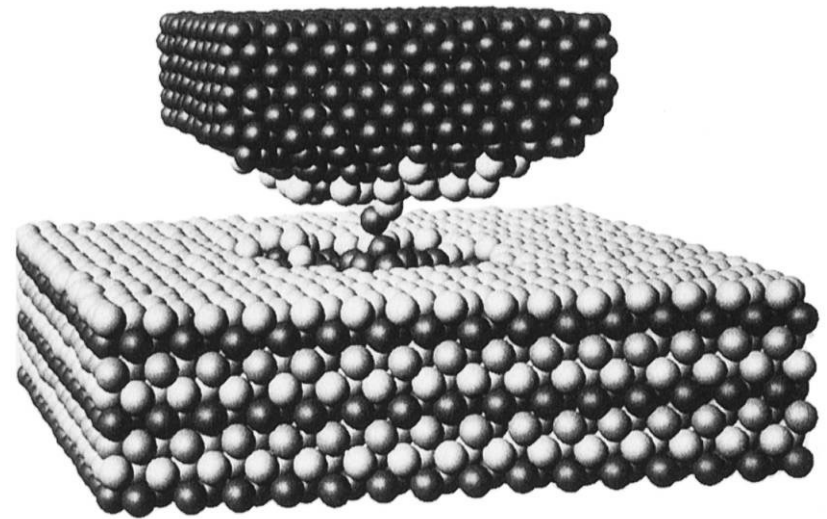


visão microscópica do atrito

superfície “rugosa”



“aderência”
(ligações químicas)



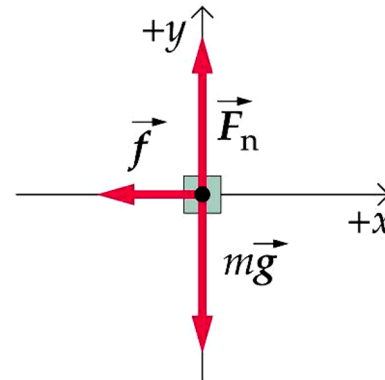
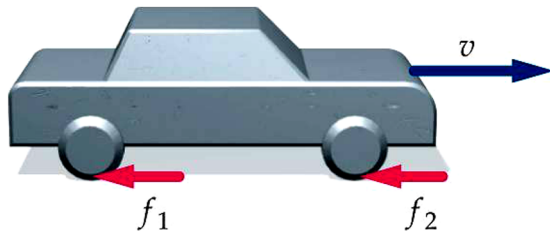
alguns valores

	μ_E	μ_C
Aço sobre aço	0,74	0,57
Cobre sobre aço	0,53	0,36
Borracha sobre cimento	1,0	0,8
Madeira sobre madeira	0,25-0,5	0,2
Gelo sobre aço	0,1	0,03
Teflon sobre teflon	0,04	0,04

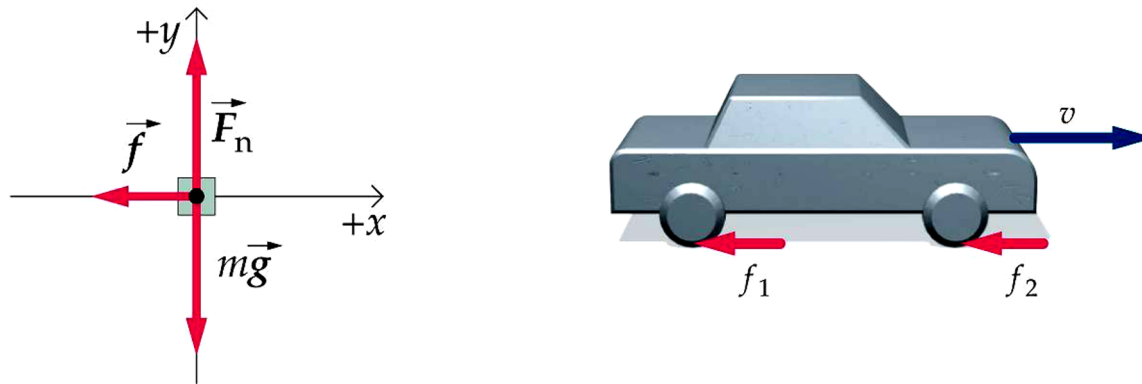
exercício: travões abs (sistema antibloqueio)

Um carro viaja à velocidade de 30 m/s numa estrada horizontal. Os coeficientes de atrito são $\mu_E=0.50$ and $\mu_C=0.40$.

- a) Determine a distância para a travagem com travões ABS.
- b) Determine a distância para a travagem se os travões bloquearem.



exercício: travões abs (sistema antibloqueio)



$$\left. \begin{array}{l} v^2 = v_0^2 - 2a\Delta x \\ v = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta x = \frac{v_0^2}{2a}$$

exercício: travões abs (sistema antibloqueio)

a) travões com ABS:

$$a = \mu_E g$$

$$\Delta x = \frac{v_0^2}{2\mu_E g} = 91.7 \text{ m}$$

b) travões bloqueados:

$$a = \mu_C g$$

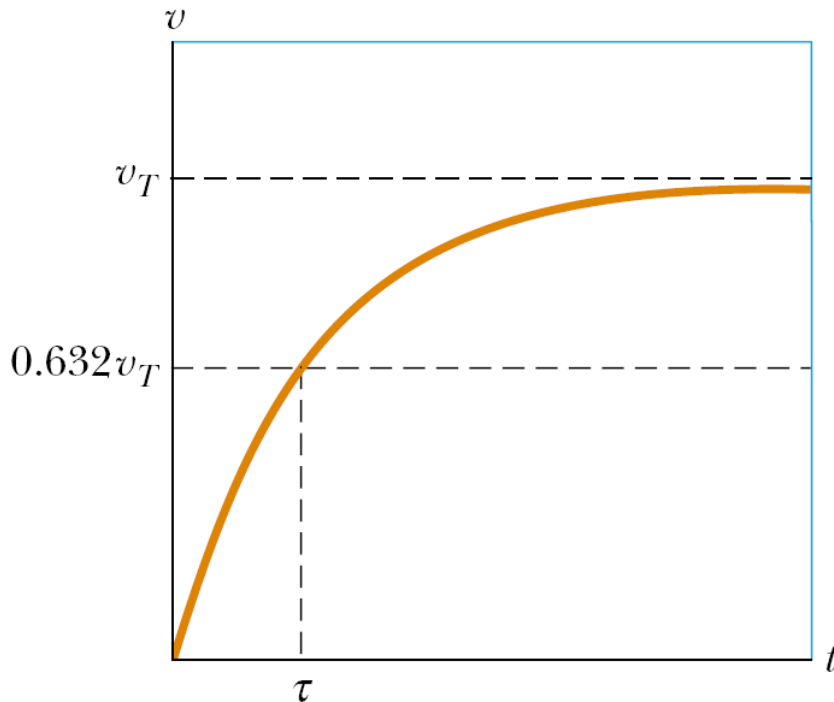
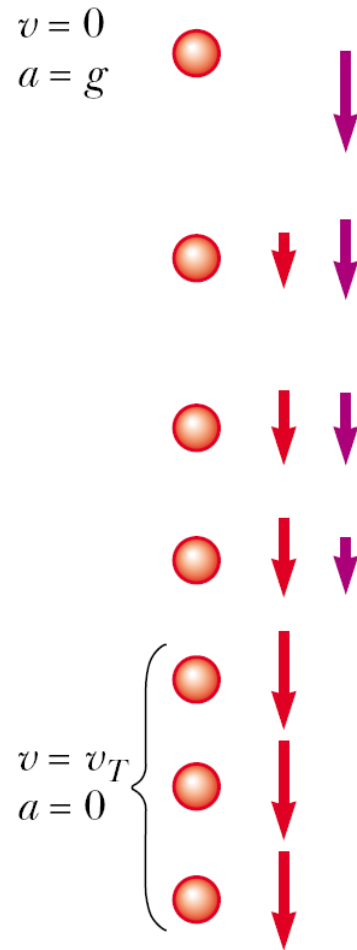
$$\Delta x = \frac{v_0^2}{2\mu_C g} = 114.7 \text{ m}$$

resistência do ar

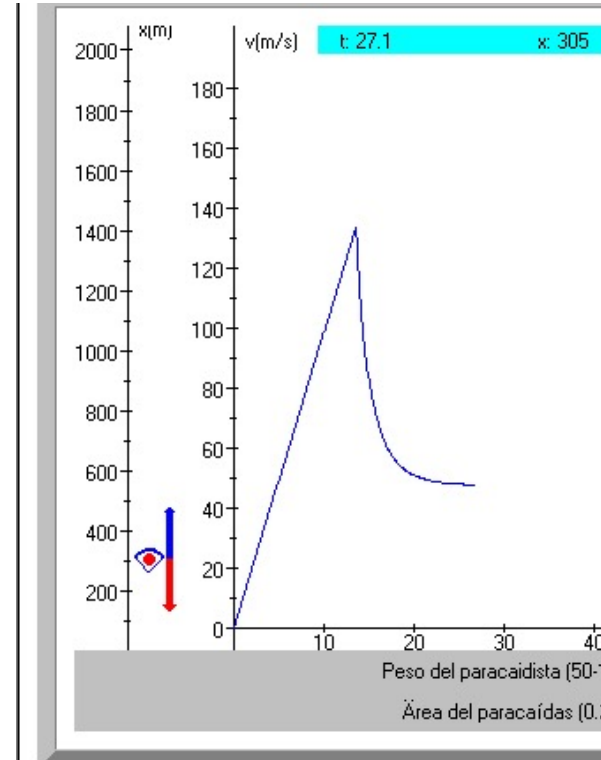
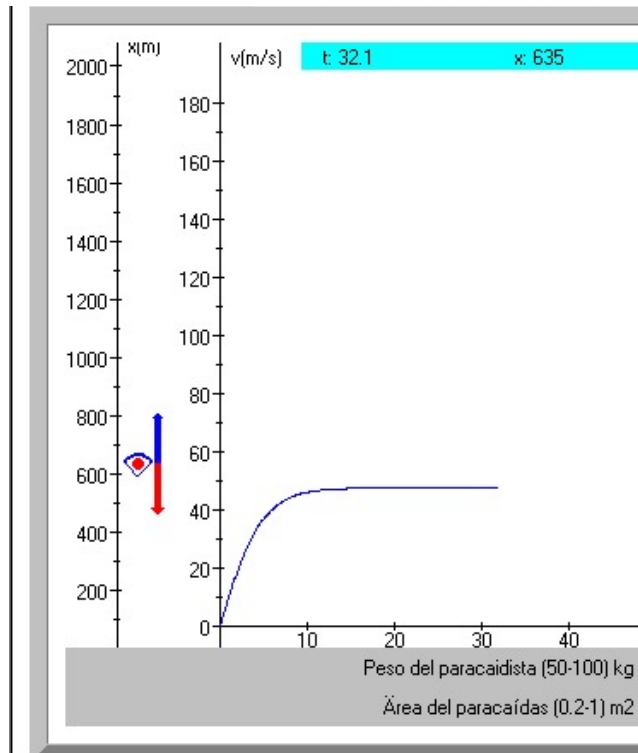


$$F_r = bv^n \quad \text{com} \begin{cases} n \approx 1, \text{ baixas velocidades} \\ n \approx 2, \text{ altas velocidades} \end{cases}$$

velocidade limite (terminal)

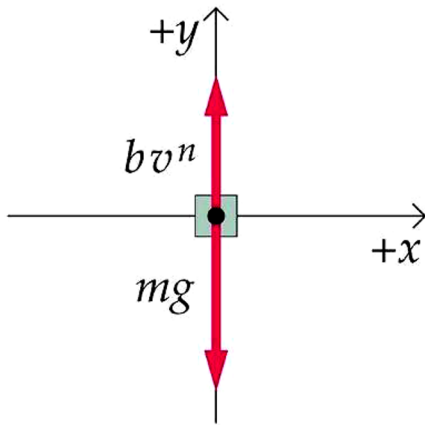


Queda dum pára-quedista:



<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/paracaidista/paracaidista.html>

velocidade limite (terminal)



$$mg - bv^n = ma_y$$

$$\text{se } a_y = 0, \text{ entao } mg = bv^n$$

$$v_T = \left(\frac{mg}{b} \right)^{\frac{1}{n}}$$

exercício: velocidade limite

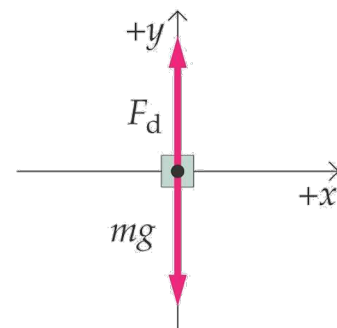
Um paraquedista com uma massa de 60 kg cai à velocidade limite de 180 km/h.

- a) Determine a magnitude da força da resistência do ar, F_d .
- b) Se a força da resistência do ar é dada por $F_d = bv^2$, qual é o valor de b ?

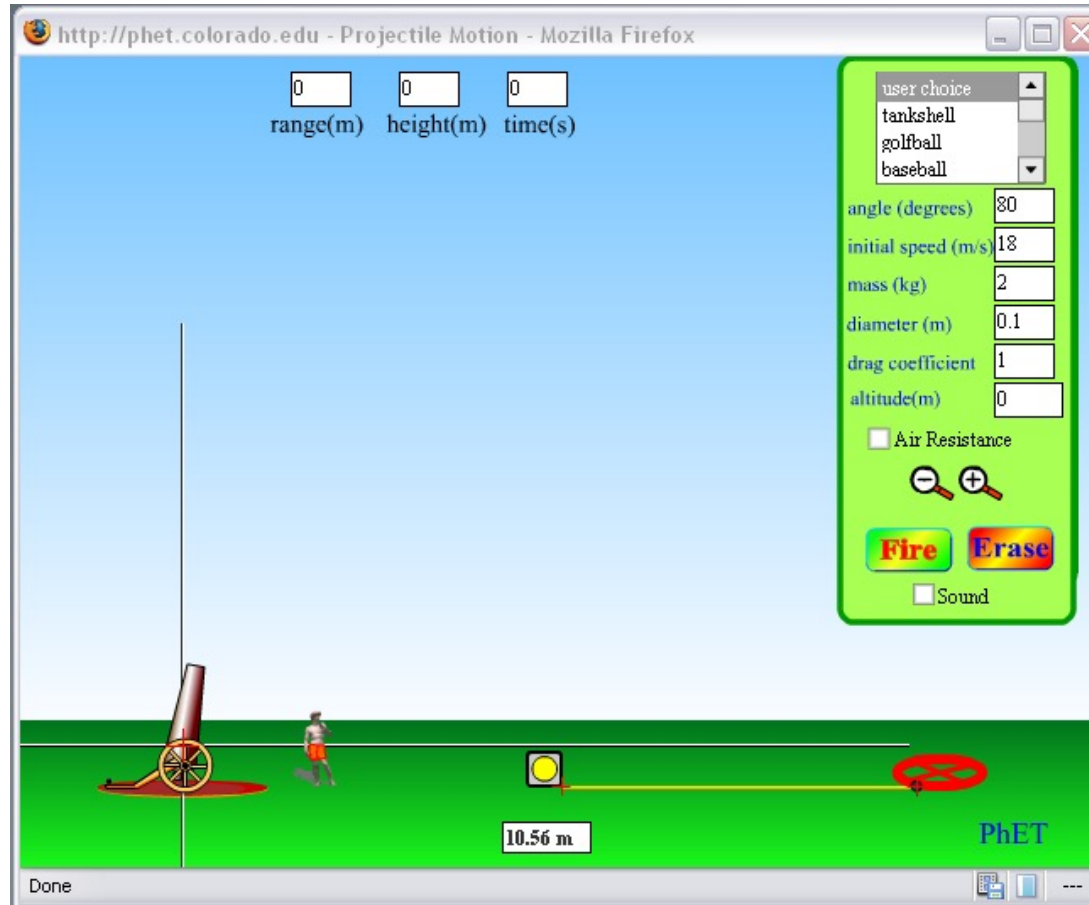
a) $F_d - mg = 0 \Rightarrow F_d = mg = (60 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 588.6 \text{ N}$

b) $v = (180 \text{ km/h}) \times (1,000 \text{ m/km}) / (3,600 \text{ s/h}) = 50.0 \text{ m/s}$

$$F_d = bv^2 \Rightarrow b = F_d / v^2 = (588.6 \text{ N}) / (50 \text{ m/s})^2 = 0.236 \text{ kg/m}$$



Projétil com resistência do ar



<http://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion.swf>

Força de atrito em fluidos: viscosidade

Lei de Stokes

força de atrito viscoso:

$$\vec{F}_a = -b\vec{v}$$

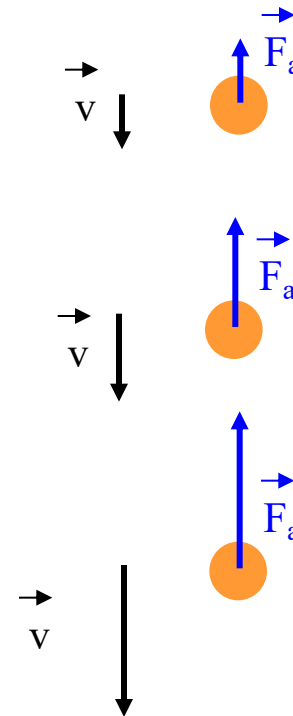
esfera de raio R:

$$b = 6\pi\eta R$$

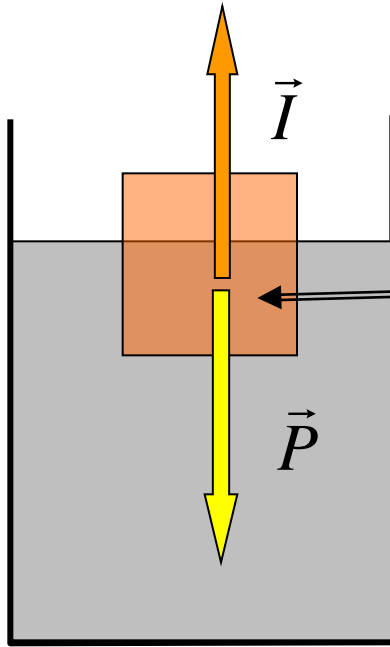


Coeficiente de
viscosidade

Unidades SI:
Pa.s (Pascal.segundo)



Forças em fluidos: Impulsão



Impulsão: $|\vec{I}| = \rho_{fl} V_i g$

volume
imerso V_i

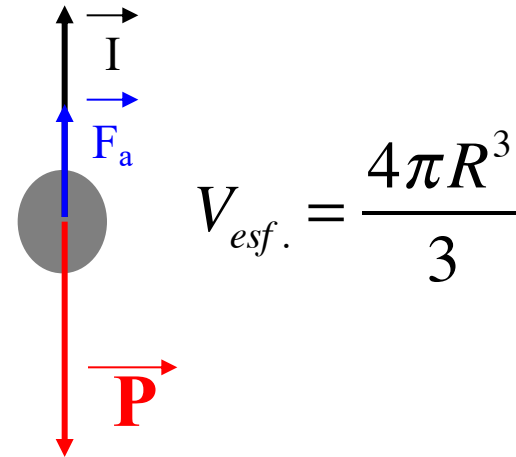
Equilíbrio: $\vec{I} + \vec{P} = \vec{0} \Rightarrow |\vec{I}| = |\vec{P}|$

$$\Rightarrow \rho_{fluido} V_{imerso} g = \rho_{corpo} V_{total} g$$

$$\Rightarrow \frac{V_{imerso}}{V_{total}} = \frac{\rho_{corpo}}{\rho_{fluido}}$$

Movimento de uma esfera num fluido

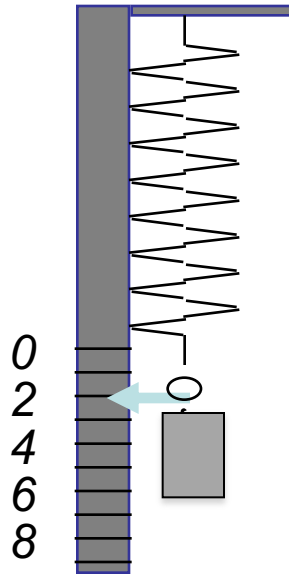
$$\vec{I} + \vec{P} + \vec{F}_a = m\vec{a}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} |\vec{P}| = \rho_{esf} V_{esf} g \\ |\vec{I}| = \rho_{fl} V_{esf} g \\ F_a = bv \end{array} \right.$$

Força elástica e alongamento

Lei de Hooke: $F_{el.} = -k(x - x_o)$

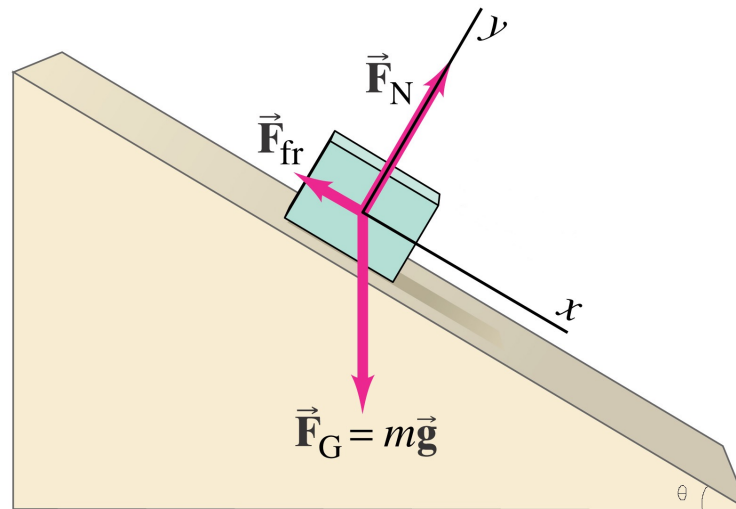


k – constante elástica da mola
 x_o – posição do extremo da mola quando esta está no seu tamanho natural

$$x_o = 0 \Rightarrow F_{el.} = -kx$$

exercícios

1. (Marion) Um bloco de massa m desliza por um plano inclinado de um ângulo θ . O bloco parte do repouso no topo do plano inclinado e o plano inclinado tem um coeficiente de atrito μ . Determine:
- (a) a aceleração.
 - (b) a velocidade.
 - (c) a distância percorrida após um tempo t .



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

exercícios

2. (Marion) Ache as expressões para o deslocamento e a velocidade de um corpo que se move horizontalmente num meio em que a força resistiva é proporcional à velocidade.
3. (Marion) Ache as expressões para o deslocamento e a velocidade de um corpo que se move verticalmente num meio em que a força resistiva é proporcional à velocidade.