

Força e movimento \equiv causa e efeito



Conceitos Básicos:

- Quantidade de movimento (momento, p): $\vec{p} = m\vec{v}$

m = massa, v = velocidade

- **1º Lei de Newton:**

Para mudar o estado de movimento (**momento**) de um **corpo** é necessário aplicar a ele uma **força externa**:

$$\vec{F}_{ext} \implies m\Delta\vec{v} = \Delta\vec{p}$$

- se $F_{ext} = 0$, o corpo mantém seu estado de movimento inalterado:

$$\Delta\vec{v} = 0 \implies \vec{v} = \text{constante}$$

- Essa afirmação é válida para os **referenciais inerciais**

Conceitos Básicos:

- Quantidade de movimento (momento, p): $\vec{p} = m\vec{v}$

- **1º Lei de Newton:**

Para mudar o estado de movimento (**momento**) de um **corpo** é necessário aplicar a ele uma **força externa**:

$$\vec{F}_{ext} \implies m\Delta\vec{v} = \Delta\vec{p}$$



causa



efeito

Conceitos Básicos:

- Como quantificar a mudança no estado de movimento?

- **2º Lei de Newton:**

Equações de movimento:

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

$$\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

Unidades no SI

$$[F] = \frac{kg \ m}{s^2} = N(\text{Newton})$$

Sistema	Força	Massa	Aceleração
SI	newton (N)	quilograma	$\frac{m}{s^2}$
CGS	dina	grama (g)	$\frac{cm}{s^2}$

Conceitos Básicos:

- **2º Lei de Newton:**

Equações de movimento: $\vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$

(I) $\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

(II) $\vec{F}_{ext} = 0 \implies (\vec{a} = 0 \implies \vec{v} = \text{constante})$

- Se (I) e (II) são verdadeiros, estamos num referencial inercial
- Referencial inercial se move em MRU
- Se o referencia estiver acelerado, ou seu movimento não for retilíneo, a Equação (I) precisa ser modificada para incluir a aceleração do referencial.
- Por exemplo: aceleração centrífuga, carro acelerando ou freiando.

Conceitos Básicos:

- Como quantificar a mudança no estado de movimento?

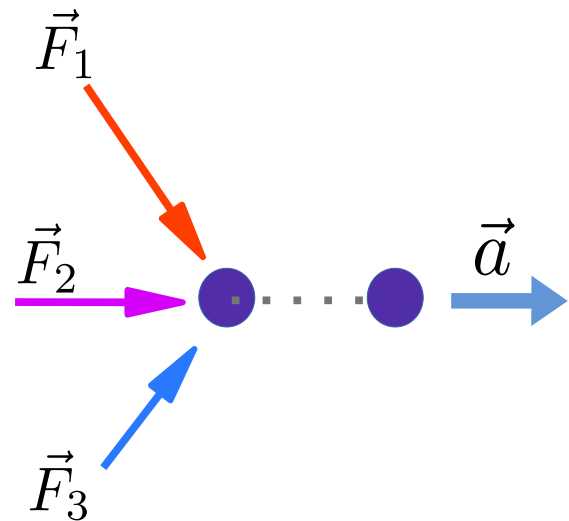
- **2º Lei de Newton:**

Equações de movimento:

$$\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

\vec{a} é consequência da **força resultante** \vec{F}_R

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$



$$\vec{F}_{ext} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_R$$

Conceitos Básicos:

- Como quantificar a mudança no estado de movimento?

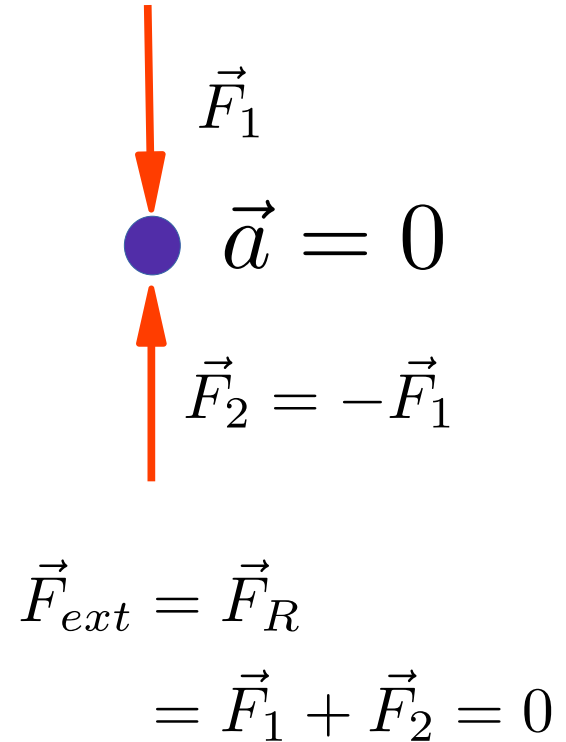
- **2º Lei de Newton:**

Equações de movimento: $\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

\vec{a} é consequência da **força resultante** \vec{F}_R

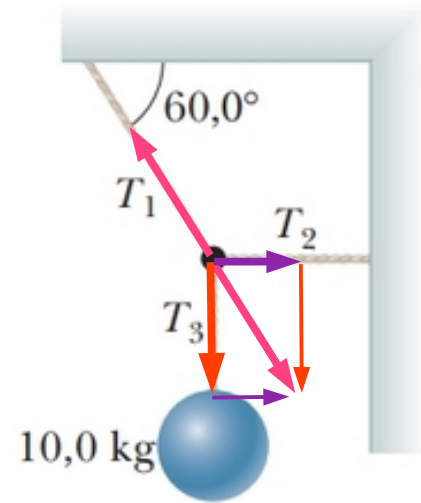
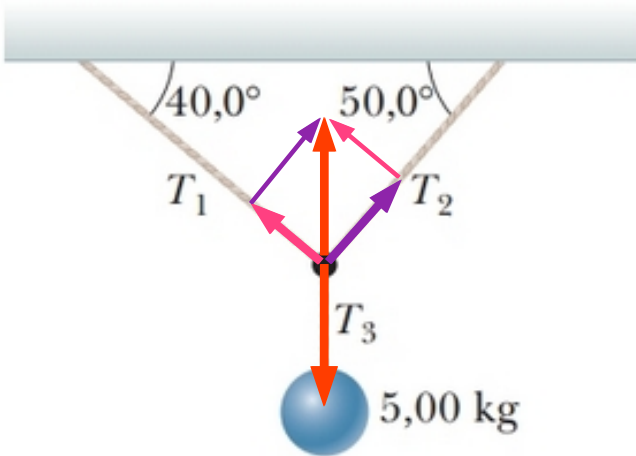
$$\vec{F}_R = m\vec{a} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}$$

se $\vec{F}_R = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \text{constante}$



Conceitos Básicos:

- Estabilidade: $\vec{F}_R = \sum_i \vec{F}_i = 0 \implies \vec{a} = 0$



Conceitos Básicos:

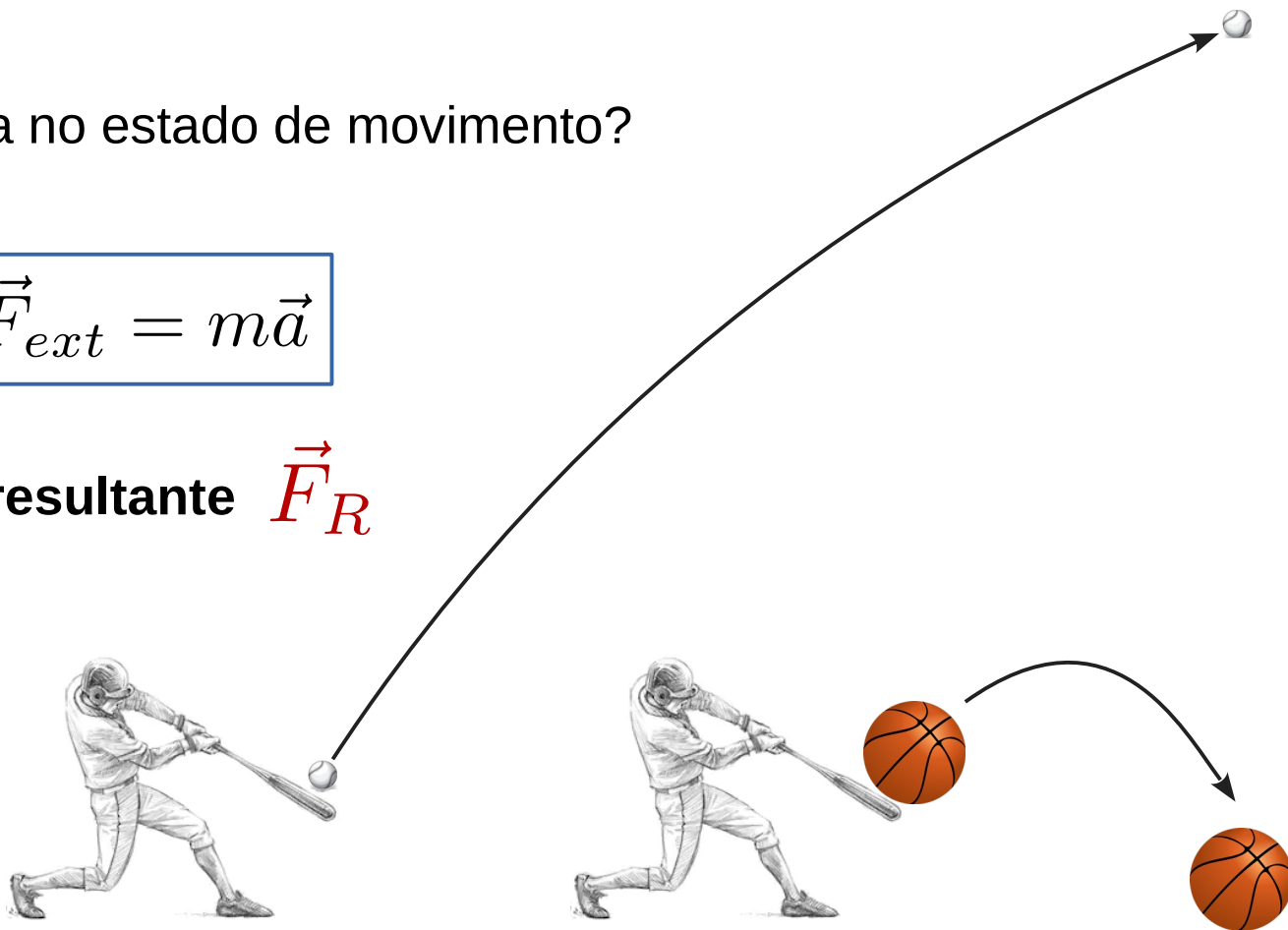
- Como quantificar a mudança no estado de movimento?

- **2º Lei de Newton:**

Equações de movimento: $\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

\vec{a} é consequência da **força resultante** \vec{F}_R

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}$$



Conceitos Básicos:

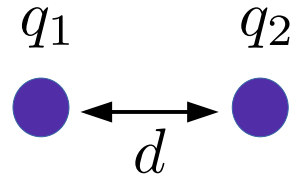
• **2º Lei de Newton:**

Equações de movimento:

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

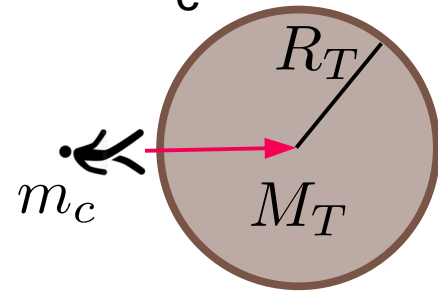
Tipos de forças e sua natureza física. Exemplos.

- **Força elétrica** entre 2 cargas elétricas (q_1, q_2) $\implies F_{el} = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$ separadas por uma distância d :



- **Força gravitacional** (força **Peso**) entre um corpo de massa m_c e a Terra (M_T)

$$F_g = G \frac{m_c M_T}{R_T^2} = m_c \cdot \left(G \frac{M_T}{R_T^2} \right) = m_c g$$

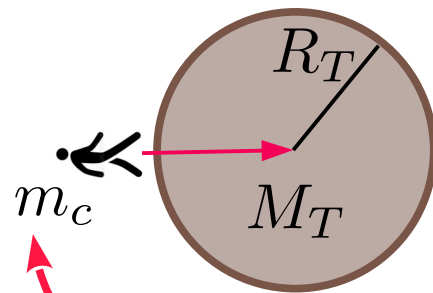


Conceitos Básicos:

Equações de movimento: $\vec{F}_R = m\vec{a}$ → Massa Inercial

- **Força gravitacional** (força **Peso**) entre um corpo de massa m_c e a Terra (M_T)

$$F_g = G \frac{m_c M_T}{R_T^2} = m_c \cdot \left(G \frac{M_T}{R_T^2} \right) = m_c g$$



→ Massa Gravitacional

- **Princípio da Equivalência**

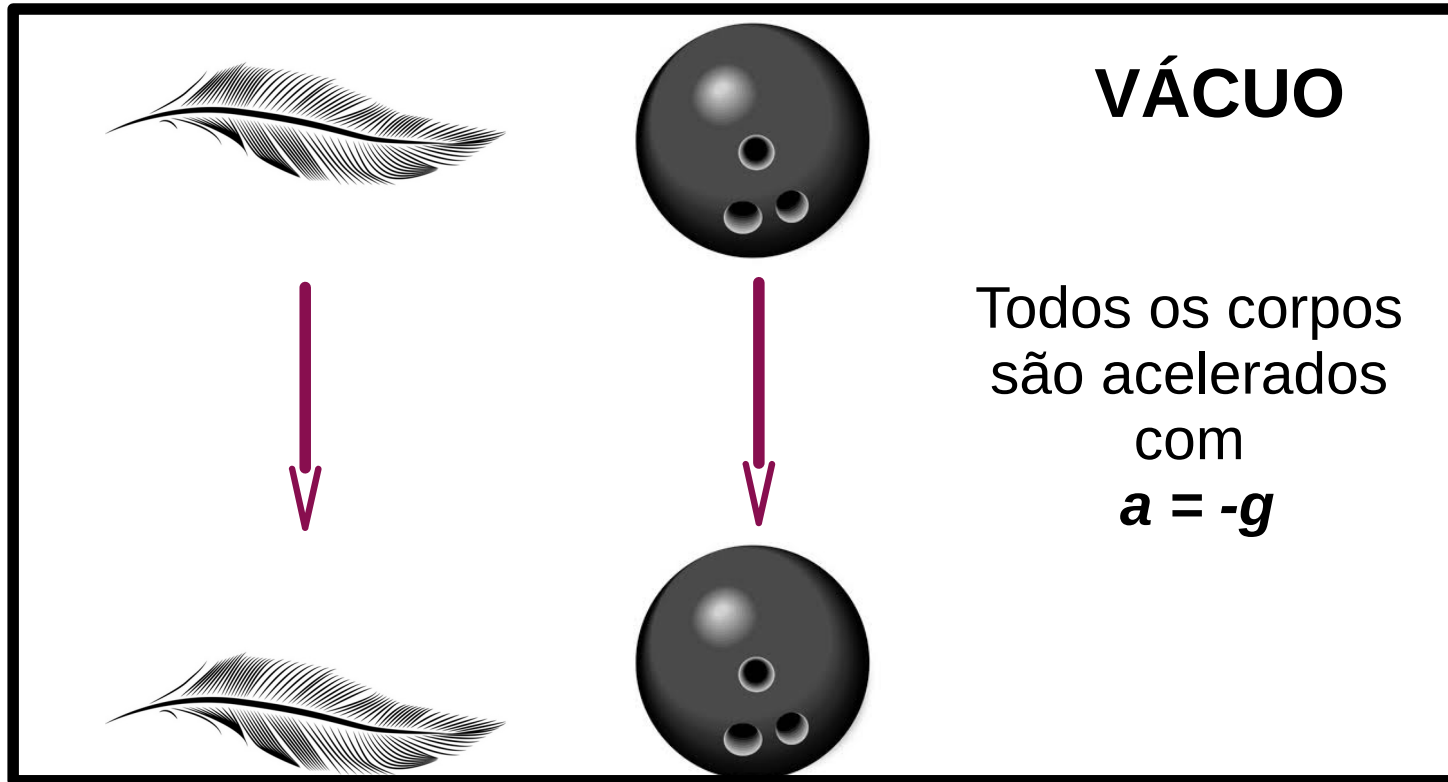
$$m = m_c$$

$$\therefore a = g$$

Massa inercial = massa gravitacional (são indistinguíveis),
portanto qualquer corpo sofre a mesma atração gravitacional g

Conceitos Básicos:

Tipos de forças e sua natureza física.



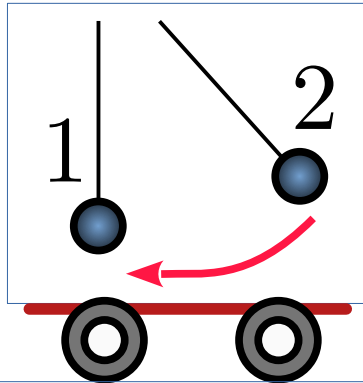
Experimento de Galileu: <https://www.youtube.com/watch?v=74MUjUj7bp8>

- Força (**interna**) de interação entre corpos que compõem o sistema.

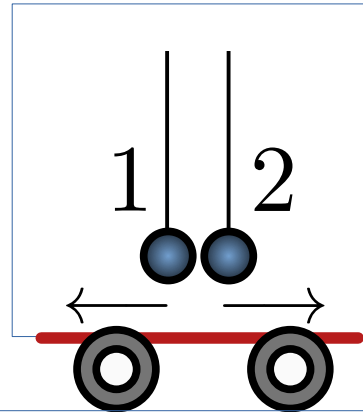
3º Lei de Newton:

Ação e Reação :

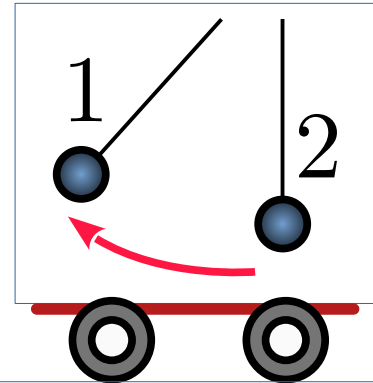
$$\vec{F}_{1 \leftarrow 2} = -\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$$



$$\vec{v}_0$$



$$\vec{v} = \vec{v}_0$$



$$\vec{v} = \vec{v}_0$$

$$\vec{F}_{ext} = 0$$

Conceitos Básicos:

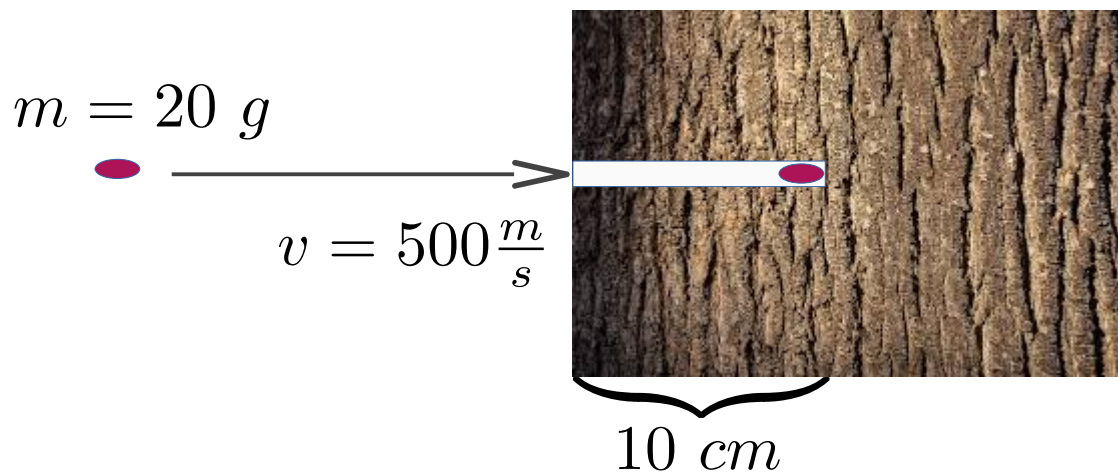
- Força (**interna**) de interação entre corpos que compõem o sistema.
- **3º Lei de Newton:**
Ação e Reação :



Video: Pêndulo de Newton

Exemplos:

Uma bala de fuzil de massa igual a 20 g atinge uma árvore com uma velocidade de 500 m/s, penetrando nela a uma profundidade de 10 cm. Calcule a força média exercida sobre a bala durante a penetração.



$$\begin{aligned}\overline{F} &= m\overline{a} \\ &= 20 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \times (-1.25 \cdot 10^6) \frac{m}{s^2} \\ &= -2.5 \cdot 10^4 \text{ N}\end{aligned}$$

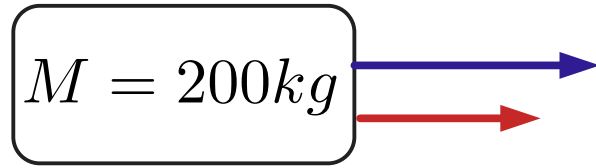
Supondo uma **desaceleração uniforme**, podemos aplicar

fórmula de Torricelli

$$v_f^2 - v_i^2 = 2\overline{a}\Delta x \implies \overline{a} = -\frac{v_i^2}{2\Delta x} = -1.25 \cdot 10^6 \frac{m}{s^2}$$

Exemplos:

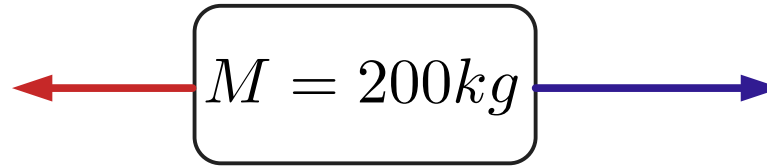
Duas pessoas puxam, com toda força que podem, cordas na horizontal amarradas a um barco que tem uma massa de 200 kg. Se elas puxam na mesma direção, o barco tem uma aceleração de 1.52 m/s^2 para a direita. Se puxarem em direções opostas, o barco tem uma aceleração de $0,518 \text{ m/s}^2$ para a esquerda. Qual é a intensidade da força que cada pessoa exerce no barco?



$$a = \frac{F_R}{M} = \frac{F_1 + F_2}{M}$$

$$F_1 + F_2 = 200 \text{ kg} \cdot 1.52 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_1 + F_2 = 304 \text{ N}$$



$$a = \frac{F_R}{M} = \frac{F_1 - F_2}{M}$$

$$F_1 - F_2 = 200 \text{ kg} \cdot (-0.518 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$F_1 - F_2 = -103.6 \text{ N}$$

$$F_1 = 100.2 \text{ N}$$

$$F_2 = 203.8 \text{ N}$$

Exemplos:

Duas patinadoras, uma de 60 kg e outra de 40 kg, estão em uma pista de gelo e seguram as extremidades de uma corda de 10 m de comprimento e massa desprezível. As patinadoras se puxam ao longo da corda até se encontrarem. Qual é a distância percorrida pela patinadora de 40 kg?



Por estarem conectadas pela corda, $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

$$x_1(t) = \frac{1}{2} \frac{F}{m_1} t^2, \quad x_2(t) = \frac{1}{2} \frac{F}{m_2} t^2$$

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

No momento do encontro:

$$x_1 + x_2 = 10m$$

$$x_1 = 10m - x_2$$

$$\frac{10m - x_2}{x_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{2}{3}$$

$$x_2 = 6m$$