

# Física I (4302111)

## Turma T2 - noturno

Profa. Luciana V. Rizzo

Referenciais inerciais  
Leis de Newton

# Dinâmica

- Perguntas:
  - Por que os objetos começam a se mover?
  - Por que houve alteração na velocidade ou orientação do movimento de um objeto?

Referencial inercial

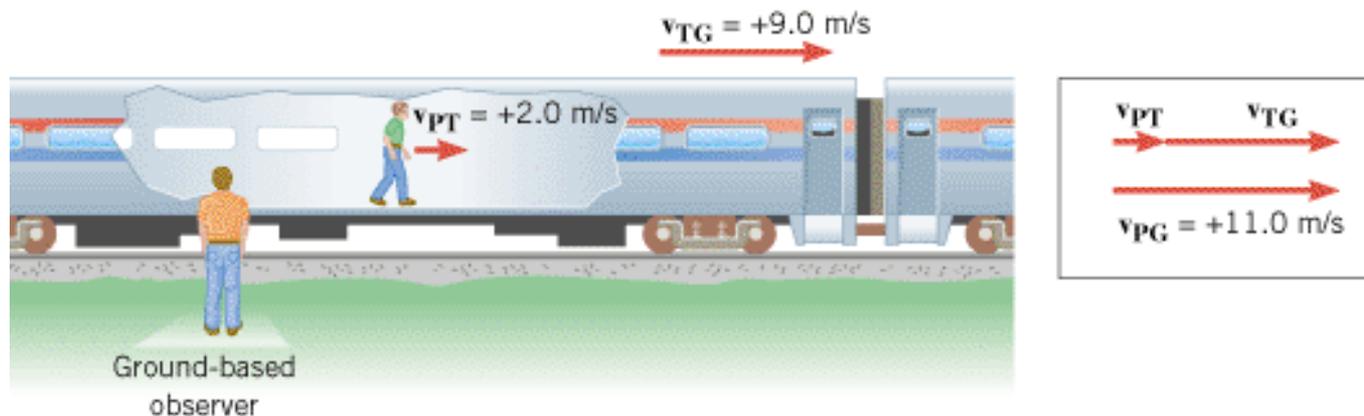
# A velocidade depende do referencial

Para determinar a velocidade de um objeto, é preciso especificar o referencial.

Exemplo em uma dimensão:

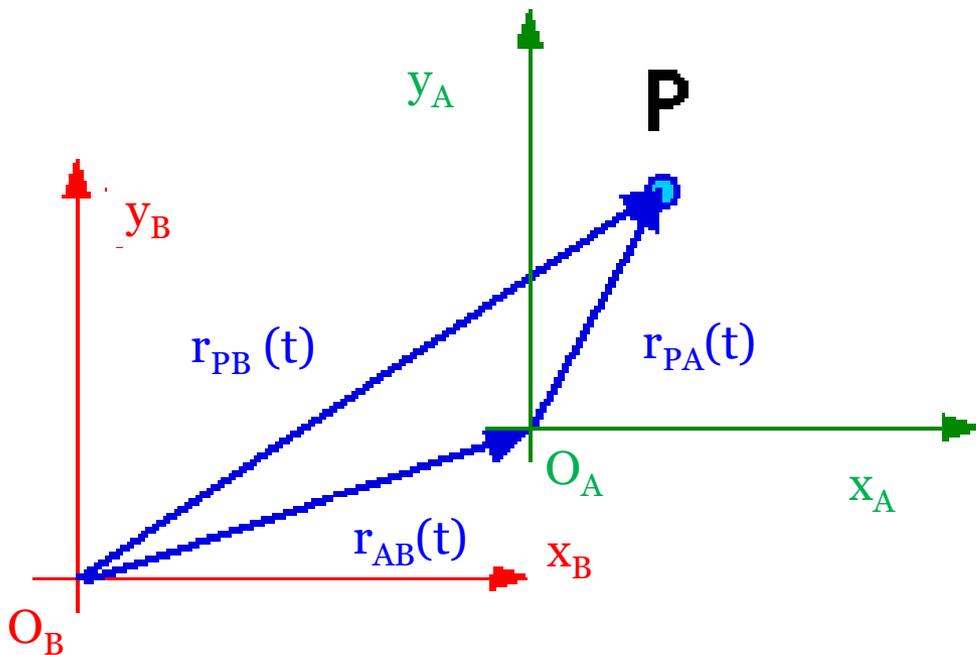
A velocidade da pessoa em relação ao trem é de 2 m/s

A velocidade da pessoa em relação a um observador parado fora do trem é de 11 m/s



# Como fazer uma mudança de referencial?

Seja um ponto P observado por dois observadores diferentes,  $O_A$  e  $O_B$ . Como os vetores posição nesses dois sistemas de coordenadas se relacionam?



$\vec{r}_{PA}$ : posição do ponto P em relação ao referencial A  
 $\vec{r}_{PB}$ : posição do ponto P em relação ao referencial B  
 $\vec{r}_{AB}$ : posição do referencial A em relação ao referencial B

Soma de vetores:

$$\vec{r}_{PB}(t) = \vec{r}_{PA}(t) + \vec{r}_{AB}(t)$$

Velocidade:

$$\vec{v}_{PB}(t) = \frac{d\vec{r}_{PB}(t)}{dt} = \frac{d\vec{r}_{PA}(t)}{dt} + \frac{d\vec{r}_{AB}(t)}{dt}$$

$$\vec{v}_{PB}(t) = \vec{v}_{PA}(t) + \vec{v}_{AB}(t)$$

Aceleração:

$$\vec{a}_{PB}(t) = \vec{a}_{PA}(t) + \vec{a}_{AB}(t)$$

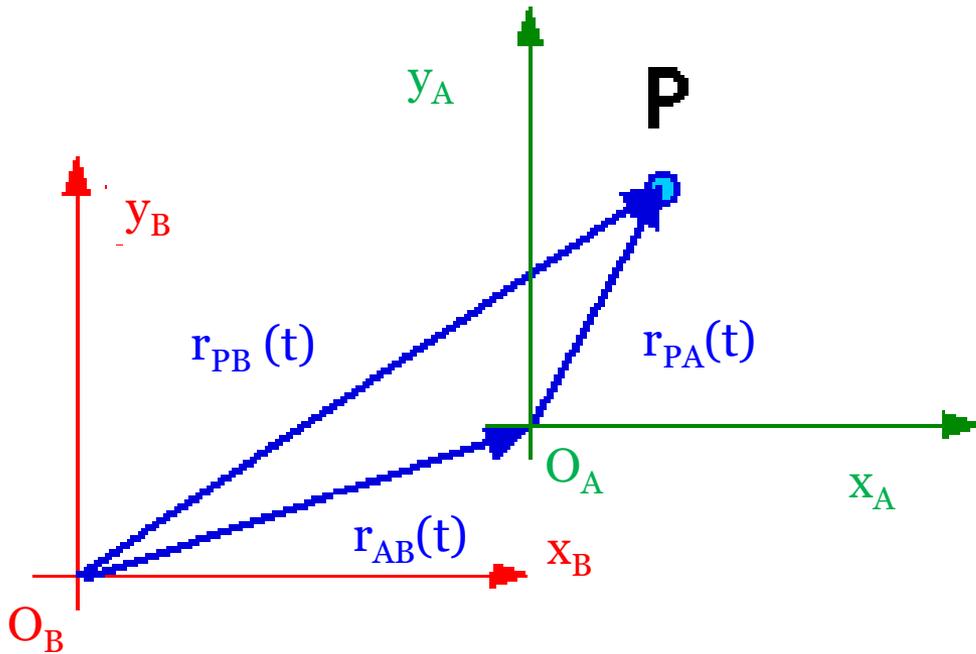
# Referencial inercial

- É um sistema de referência não-acelerado. Um corpo em um referencial inercial não tem o seu movimento alterado, a não ser que uma força atue sobre ele.
- As Leis de Newton são válidas em referenciais inerciais.
- Referenciais inerciais compartilham as mesmas leis da física (causas do movimento)

Aceleração devido à rotação da Terra  $\sim 0,03 \text{ m/s}^2$

Um ponto na Terra é um boa aproximação para referencial inercial

# Referencial inercial



Posição:

$$\vec{r}_{PB}(t) = \vec{r}_{PA}(t) + \vec{r}_{AB}(t)$$

Velocidade:

$$\vec{v}_{PB}(t) = \vec{v}_{PA}(t) + \vec{v}_{AB}(t)$$

Aceleração:

$$\vec{a}_{PB}(t) = \vec{a}_{PA}(t) + \vec{a}_{AB}(t)$$

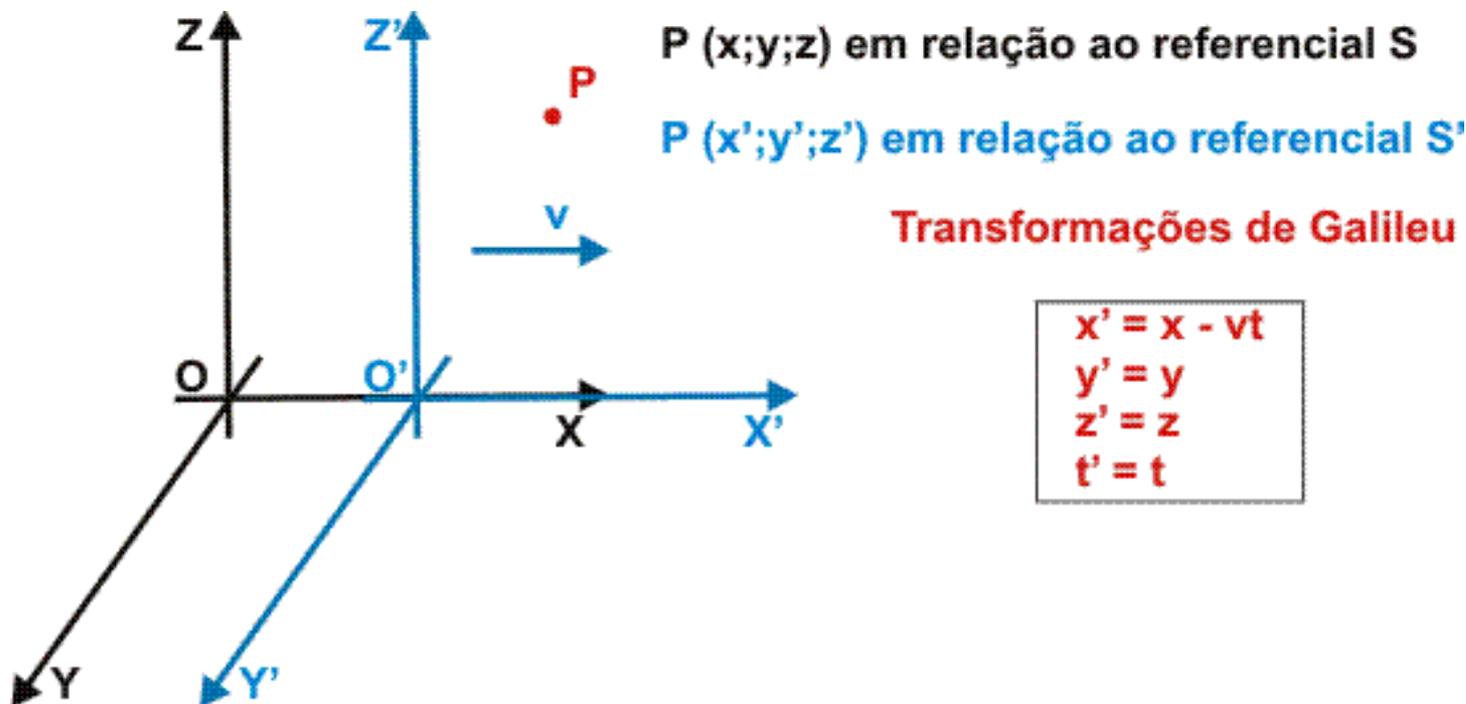
Se A e B são referenciais inerciais, então  $\vec{v}_{AB}$  é constante e  $\vec{a}_{AB} = 0$ . Logo,  $\vec{a}_{PB}(t) = \vec{a}_{PA}(t)$ . Ou seja, a aceleração do ponto P é igual nos referenciais A e B. Portanto, a força que atua sobre é igual nos referenciais A e B.

Obs: se o referencial A não for inercial, então  $\vec{a}_{AB} \neq 0$ . Nesse caso, um observador em A perceberá a ação de uma força fictícia  $\vec{F}_{AB}$ .

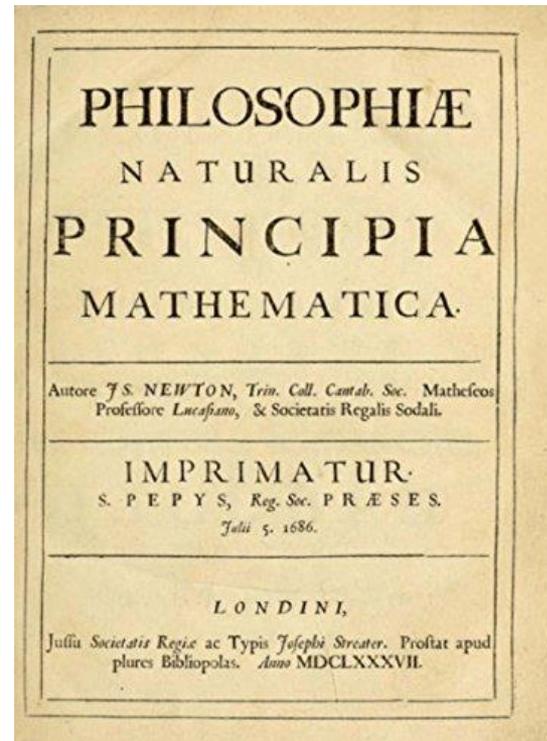
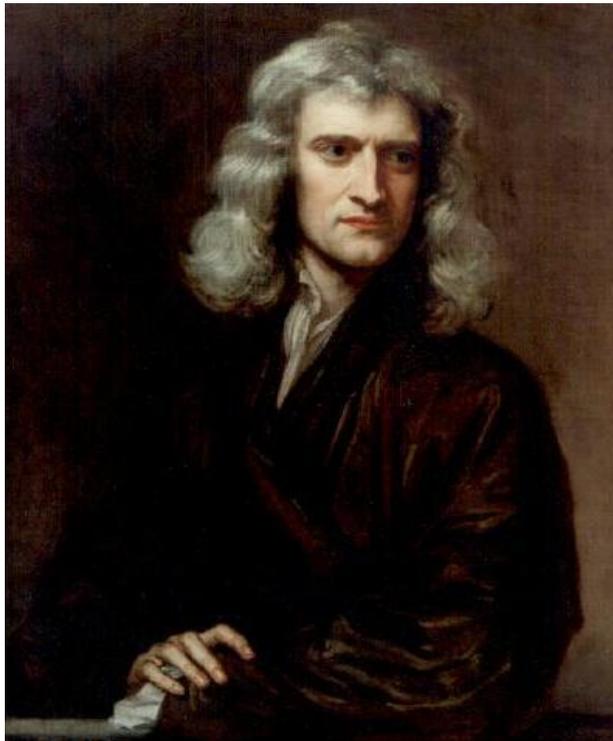
$$\vec{F}_B = \vec{F}_A + \vec{F}_{AB}$$

# Transformação de Galileu (referencial inercial)

Seja um observador  $O'$  que se desloca com velocidade constante  $v$  na direção  $x$  em relação ao observador  $O$ .



# Leis de Newton



***Princípios Matemáticos da Filosofia Natural,  
publicado em 1687***

*“Todo corpo persiste em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele.”*

# 1ª Lei de Newton: inércia

---

**Um corpo em repouso permanece em repouso**, a não ser que uma força externa atue sobre ele.

Um corpo com velocidade constante (em módulo, direção e sentido) continua o movimento, a não ser que uma força externa atue sobre ele.

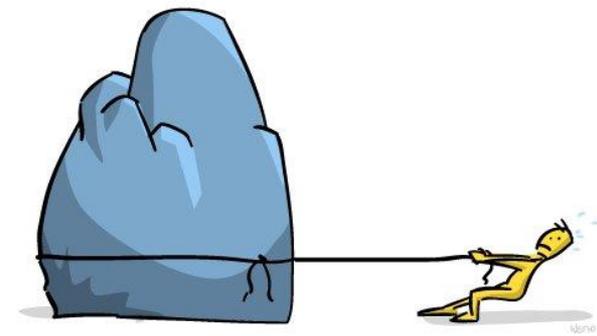
Se a **força resultante** sobre um corpo é **zero**, então sua **velocidade não varia**.

**Não há distinção entre um movimento retilíneo uniforme e o estado de repouso (velocidade zero)**



velocidade depende do referencial

Unidade no SI:  $N = kg \cdot \frac{m}{s^2}$



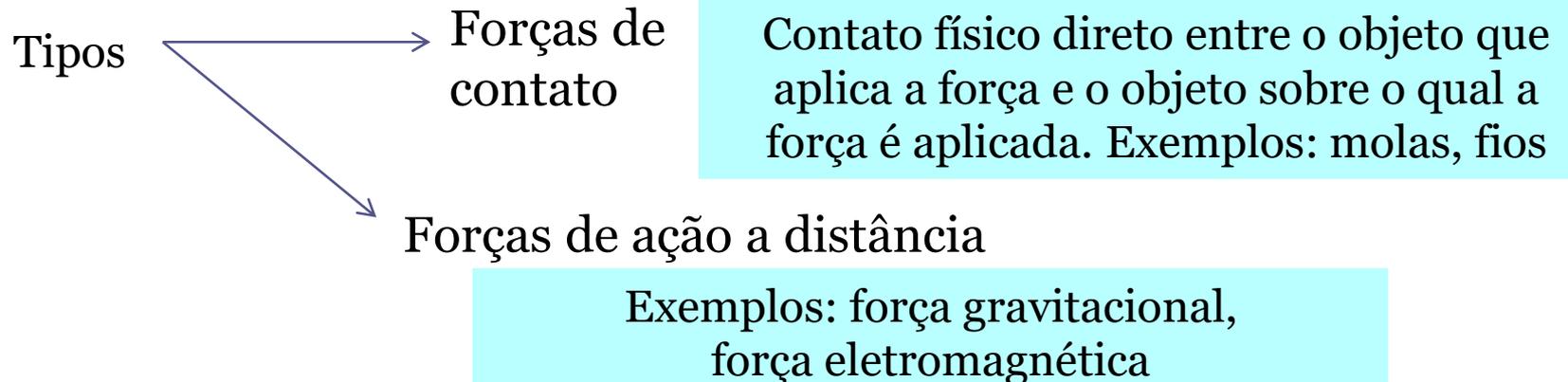
# Força

Força: ação de um agente externo sobre um corpo

Grandeza vetorial

A ação de uma força sobre um corpo:

- Provoca variação na velocidade do corpo
- Acelera o corpo em relação a um referencial inercial



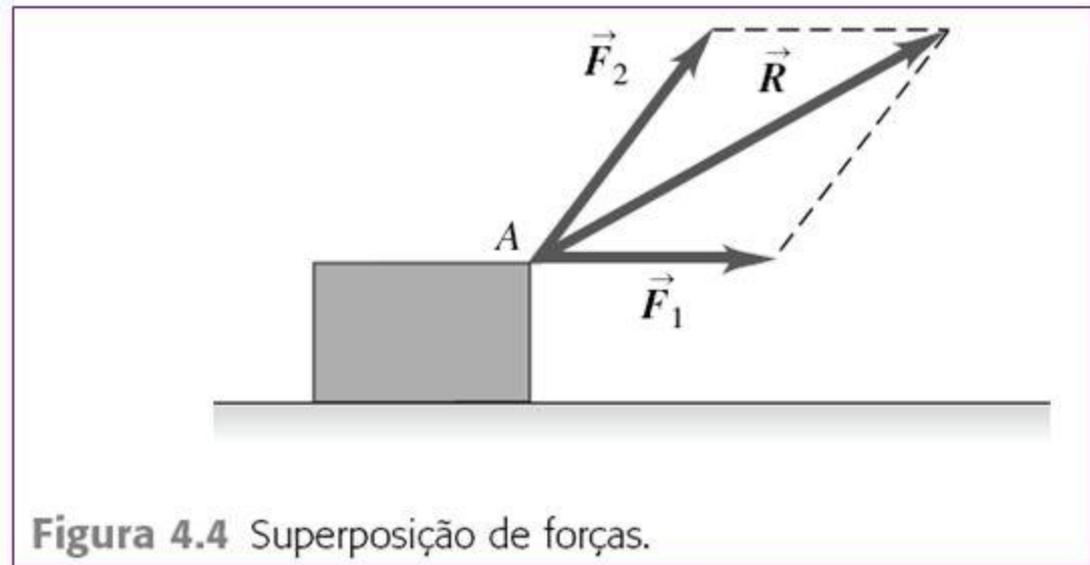
# Interações fundamentais da natureza

- Interação gravitacional
- Interação eletromagnética
- Interação fraca (bósons)
- Interação forte (hádrons)

# Princípio da superposição

- Força resultante: soma vetorial das forças que atuam sobre um corpo

$$\vec{F}_R = \sum_i \vec{F}_i$$



Exemplo:

$$|\vec{F}_1| = 4 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_2| = 1 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_3| = 2 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = ?$$

Escrevendo os vetores em termos das suas componentes  $i$  e  $j$ :

$$\vec{F}_1 = -4\hat{i}$$

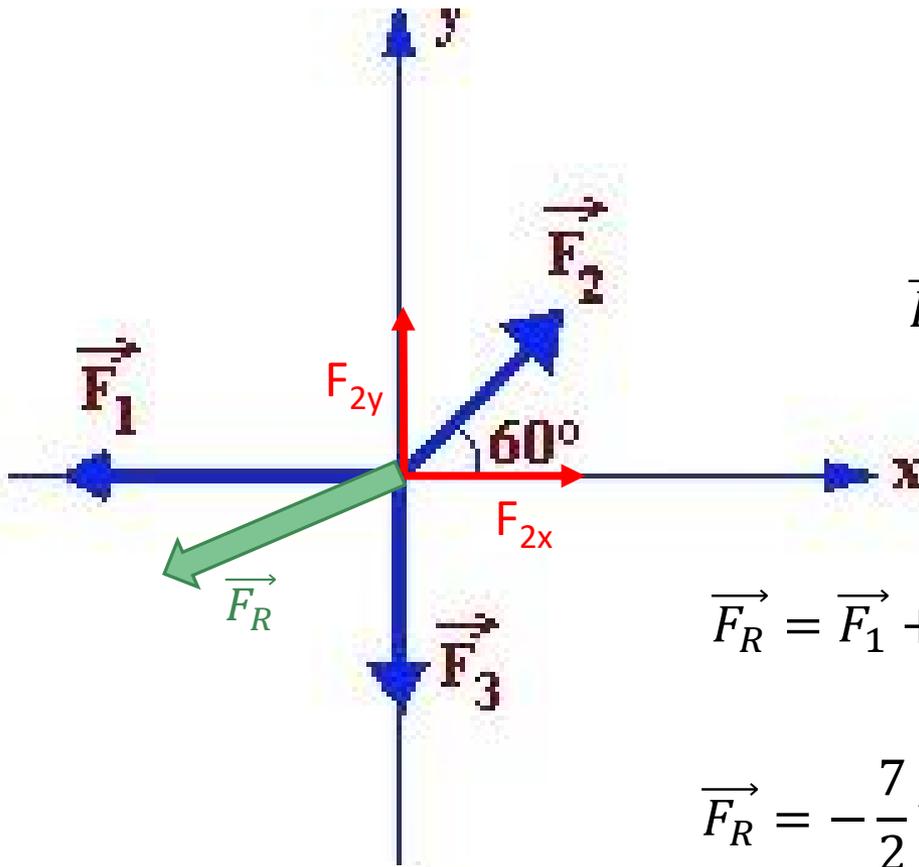
$$\vec{F}_2 = |\vec{F}_2| \cos 60 + |\vec{F}_2| \text{sen } 60 = \frac{1}{2}\hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{2}\hat{j}$$

$$\vec{F}_3 = -2\hat{j}$$

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (-4\hat{i}) + \left(\frac{1}{2}\hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{2}\hat{j}\right) + (-2\hat{j})$$

$$\vec{F}_R = -\frac{7}{2}\hat{i} + \frac{\sqrt{3} - 4}{2}\hat{j}$$

$$\vec{F}_R = -3,5\hat{i} - 1,13\hat{j}$$



# Massa

- Medida da inércia de um corpo
- Quanto maior a massa, mais ele resiste em ser acelerado
- Propriedade intrínseca (a massa de um corpo não depende da sua interação com outros corpos)

# 2ª Lei de Newton

A aceleração de um corpo é diretamente proporcional à força resultante que atua sobre ele. A constante de proporcionalidade é o inverso da massa do corpo.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}, \text{ onde } \vec{F}_R = \sum_i \vec{F}_i \quad \vec{F}_R = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

Outra maneira de formular a 2ª Lei, em termos do momento linear  $\vec{p} = m\vec{v}$ :

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

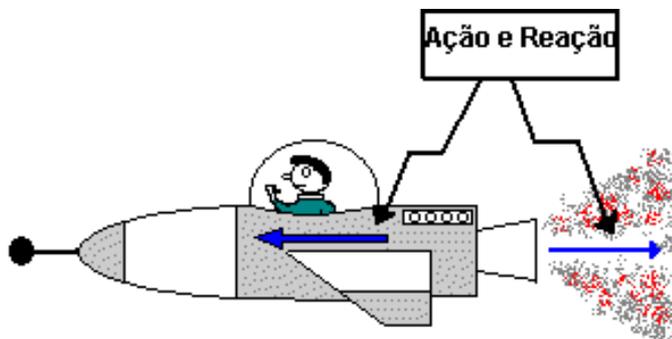
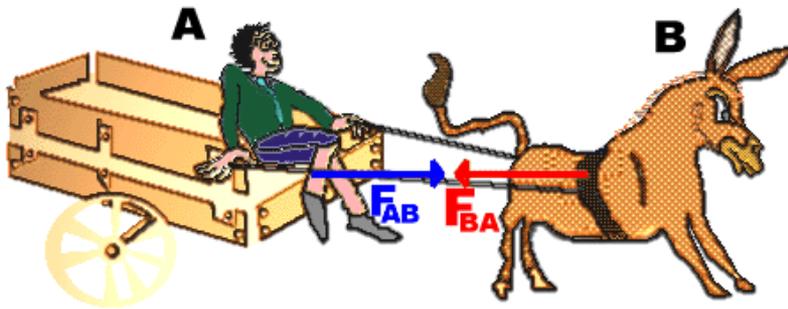
A ação de uma força promove a variação do momento linear de um corpo.

**Equação vetorial. Pode ser dividida em componentes x, y, z.**

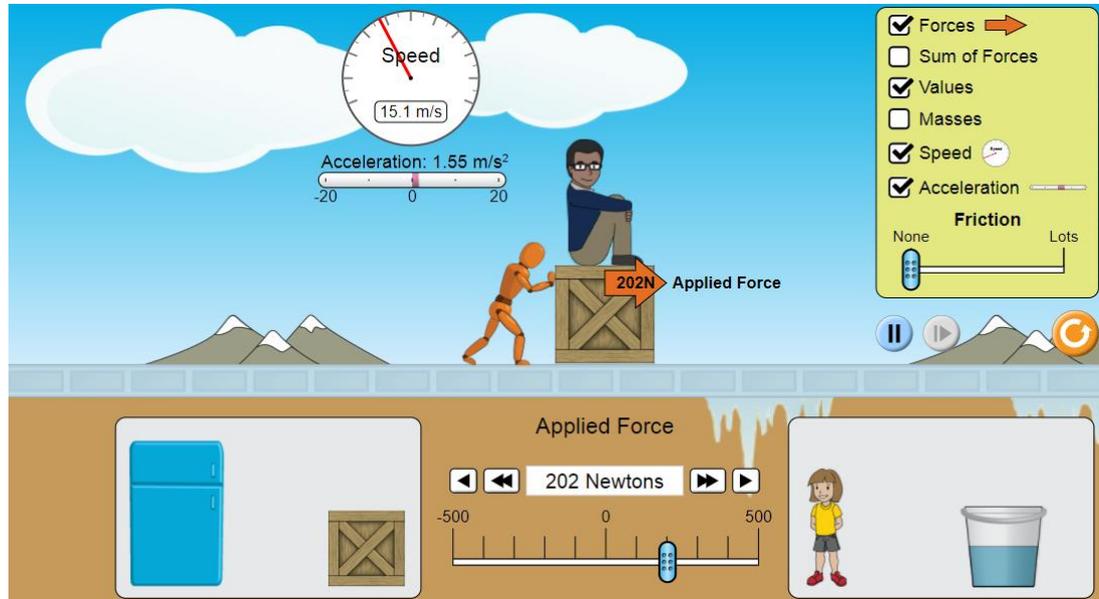
# 3ª Lei de Newton (ação e reação)

- Quando dois corpos interagem entre si, a força  $F_{BA}$  exercida pelo corpo B sobre o corpo A tem a mesma magnitude e sentido oposto ao da força  $F_{AB}$  exercida pelo corpo A sobre o corpo B:

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$



# Simulação



<https://phet.colorado.edu/en/simulation/forces-and-motion-basics>

- Mantenha o atrito “desligado”
- Empurre a caixa com uma força constante. Observe o que acontece com a velocidade e a aceleração.
- Interrompa a ação da força. Observe o que acontece com a velocidade e a aceleração.
- Aumente a massa da caixa empilhando coisas sobre ela. Observe que é necessário aplicar uma força maior do que antes para que a caixa atinja a mesma aceleração.

# Exemplo simples

---

Um bloco de massa  $m_1$  é empurrado sobre uma superfície sem atrito com uma força horizontal  $\vec{F}$ , adquirindo uma aceleração de  $12 \text{ m/s}^2$ . Empurrando um outro bloco, de massa  $m_2$ , com a mesma força horizontal, sua aceleração é de  $3,0 \text{ m/s}^2$ . Sabendo que  $m_1=0,5 \text{ kg}$ , determine:

a) A massa  $m_2$  **2 kg**

b) O módulo de  $\vec{F}$  **6 N**

c) A aceleração de um bloco com massa  $m_1+m_2$  sujeito à mesma força  $\vec{F}$ .

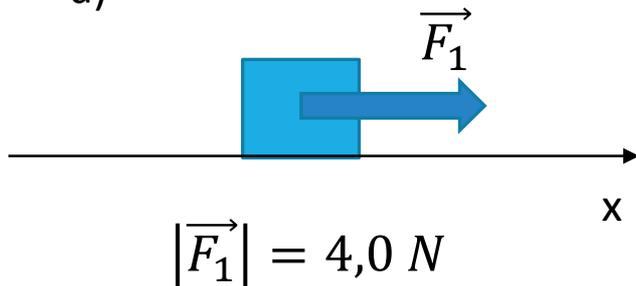
**2,4 m/s<sup>2</sup>**

A mesma força, aplicada em objetos de massas diferentes, resulta em acelerações diferentes.

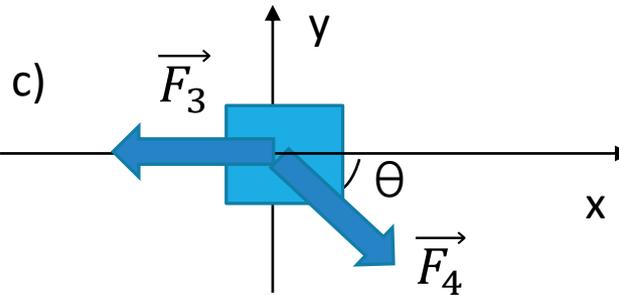
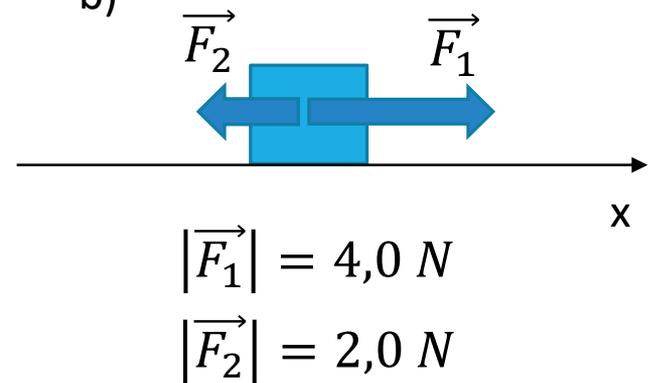
# Exemplo simples

Observe as situações a), b) e c), em que forças agem sobre um bloco de massa  $m=0,20$  kg. Qual é o vetor força resultante e a magnitude da aceleração do bloco em cada situação?

a)



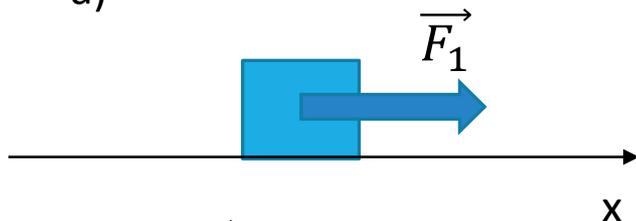
b)



# Exemplo - respostas

Observe as situações a), b) e c), em que forças agem sobre um bloco de massa  $m=0,20$  kg. Qual é o vetor força resultante e a magnitude da aceleração do bloco em cada situação?

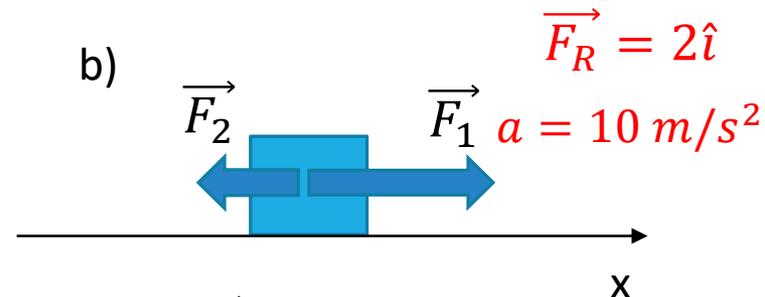
a)



$$|\vec{F}_1| = 4,0 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = 4,0\hat{i} \text{ (N)}$$
$$a = 20 \text{ m/s}^2$$

b)

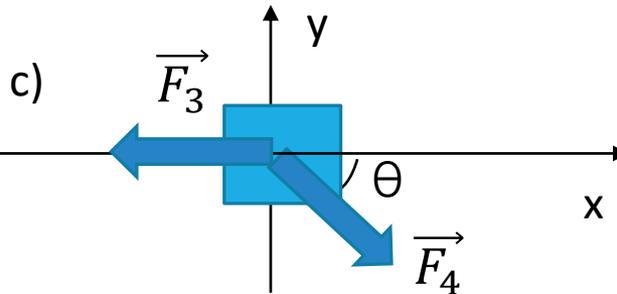


$$|\vec{F}_1| = 4,0 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_2| = 2,0 \text{ N}$$

$$\vec{F}_R = 2\hat{i}$$

$$a = 10 \text{ m/s}^2$$



$$|\vec{F}_3| = 3,0 \text{ N}$$

$$|\vec{F}_4| = 3,0 \text{ N}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$\vec{F}_R = -0,4\hat{i} - 1,5\hat{j}$$

$$a = 7,5 \text{ m/s}^2$$