



# Física [na pandemia]

## Aula 02

...

Prof. Dr. José Rafael Bordin  
Departamento de Física  
UFPel



# Sumário

→ Uma rápida Introdução à Cinemática

→ Leis de Newton





# Sistema de Coordenadas e Referencial

"Em um mundo em constante mudança, é um único ponto de consistência. Se minha vida fosse expressa como uma função em um sistema de coordenadas cartesianas quadridimensionais, esse ponto, no momento em que me sentei pela primeira vez, seria (0,0,0,0)."

## **That is my spot.**

**In an ever-changing world  
it is a simple point of  
consistency. If my life were  
expressed as a function in a  
four-dimensional Cartesian  
coordinate system, that spot,  
at the moment I first sat on  
it, would be [0,0,0,0].**

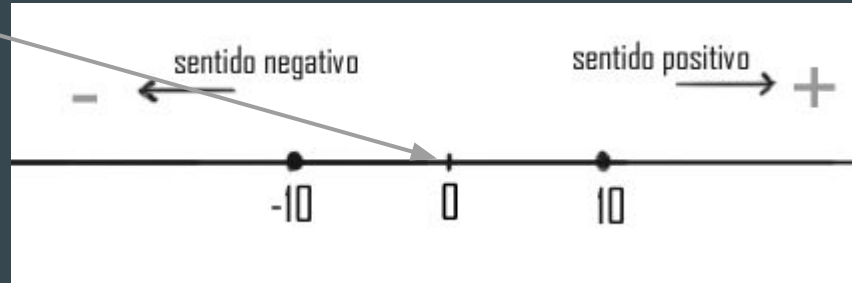
**Dr. Sheldon Cooper**

Dr. Sheldon Cooper - The Big Bang Theory



# Sistemas de Coordenadas e Referencial

→ O zero do nosso mundo é a origem do sistema de coordenadas



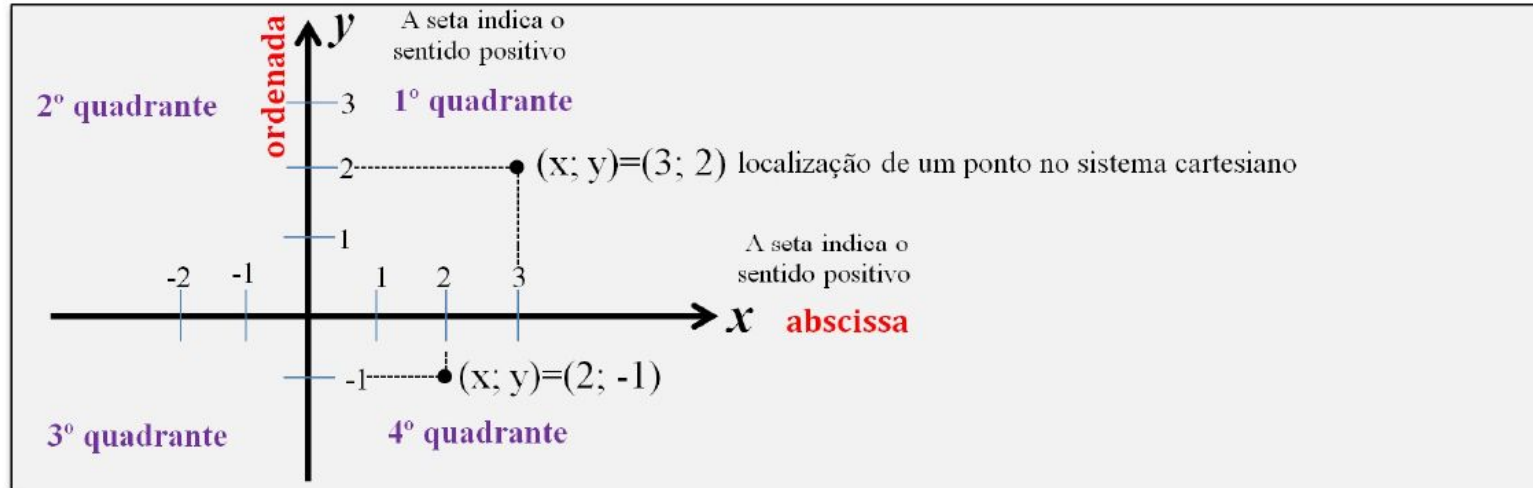
→ Tudo que está pra direita é positivo, o que está pra esquerda é negativo

→ Nosso mundo possui 4 dimensões (3 espaciais, 1 temporal) [até onde sabemos]



# Sistemas de Coordenadas e Referencial

→ Nos limitaremos a casos uni (1D) e bidimensionais(2D)

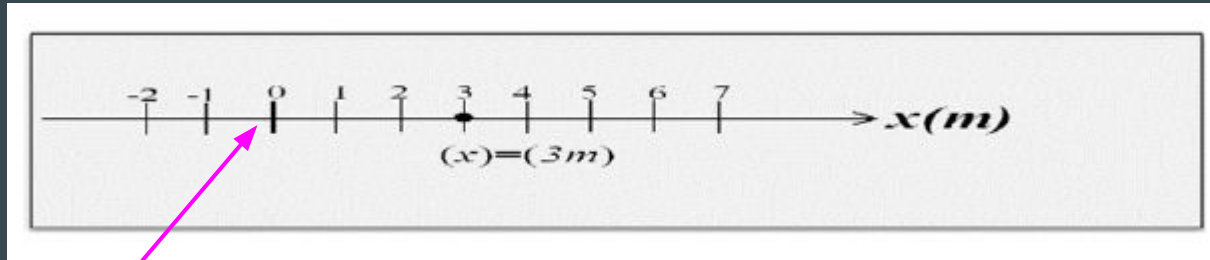




# Posição

→ A **POSIÇÃO** ( $x$ ) é representada pelo ponto no espaço ocupado pela partícula num dado instante de tempo e é medida em relação a um referencial. Sua unidade é de comprimento (m, km, cm, milha, polegada, etc)

Em 1D, a posição  $x = 3\text{m}$  é:



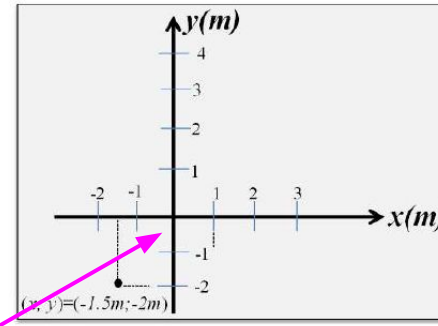
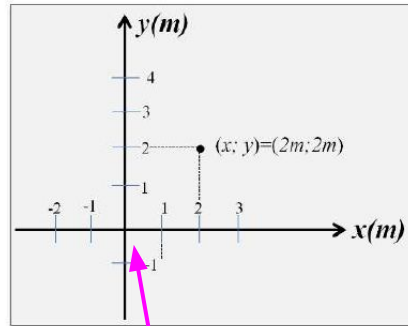
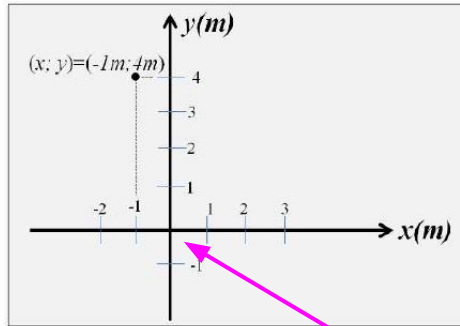
0 do universo



# Posição

→ A **POSIÇÃO** ( $x$ ) é representada pelo ponto no espaço ocupado pela partícula num dado instante de tempo e é medida em relação a um referencial.

Em 2D, precisamos de 2 medidas para a posição:  $x$  e  $y$



0 do universo



# Deslocamento

→ Mede o quanto a posição de uma partícula variou

→ É a variação entre a posição inicial  $x_i$  no instante  $t_i$  e a posição final  $x_f$  no instante  $t_f$

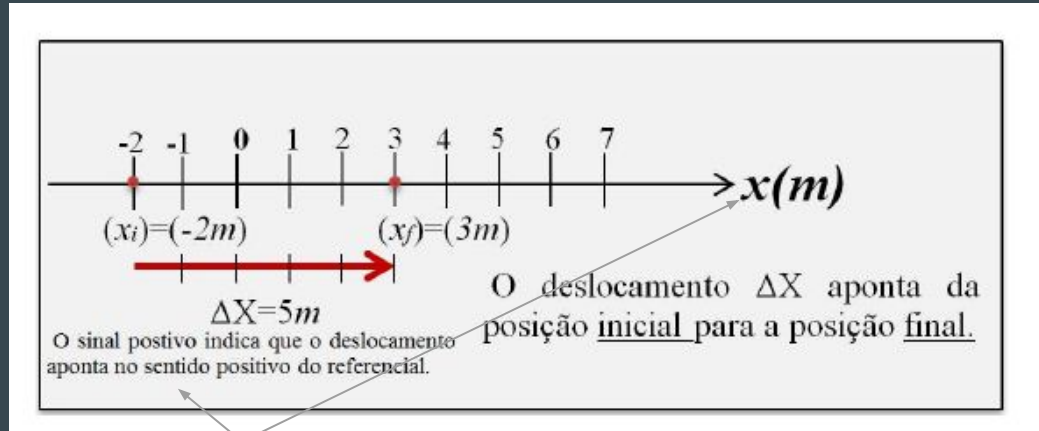
$$\Delta x = x_f - x_i$$



# Deslocamento - 1D

Dado que em um instante de tempo inicial a partícula localizava na posição  $-2\text{m}$  e no instante seguinte a sua posição passou a ser  $3\text{m}$ , qual foi o deslocamento sofrido pela partícula?

$$\Delta x = x_f - x_i = 3\text{m} - (-2\text{m}) = 5\text{m}$$

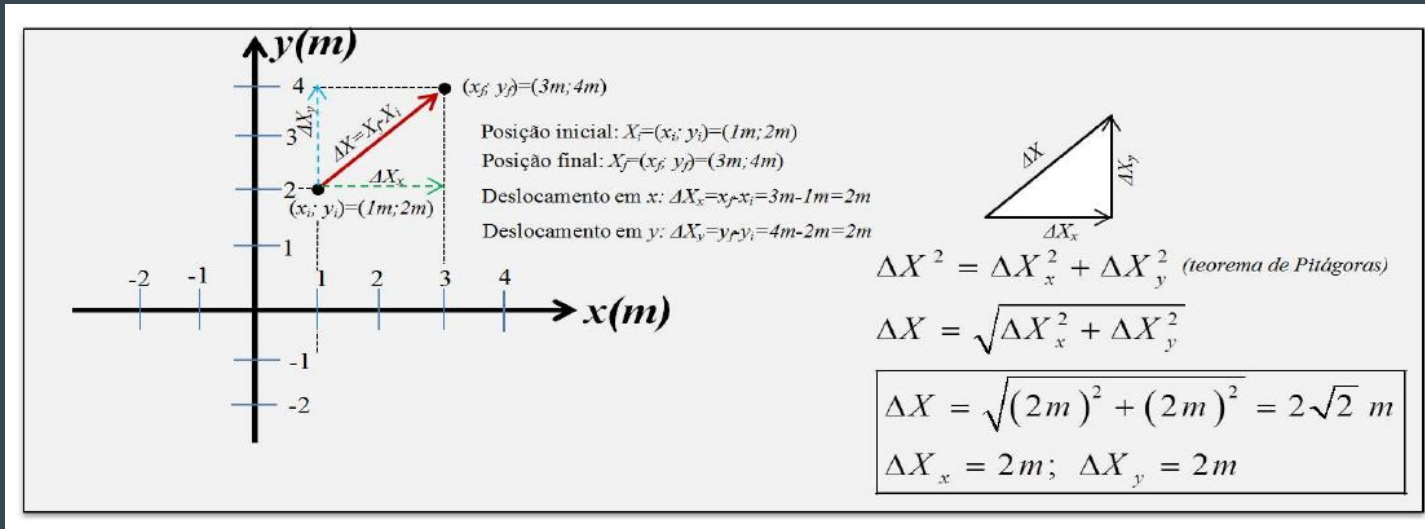


Vetor: módulo, direção e sentido!



# Deslocamento - 2D

Calcular o módulo dos deslocamentos na direção- $x$   $\Delta X_x$ , na direção- $y$   $\Delta X_y$  e o deslocamento total  $\Delta x$ , de uma partícula que sai da posição inicial  $(1m; 2m)$  até a posição final  $(3m; 4m)$ .





# Velocidade Média ( $v$ )

→ O mesmo deslocamento pode ocorrer com tempos diferentes (basta comparar uma viagem de ônibus com uma de carro)

→ A grandeza que informa o quão rápido foi um deslocamento é a **velocidade**  $v$

→ Se no instante de tempo inicial  $t_i$  a posição inicial da partícula era  $x_i$  e ela se deslocou até posição  $x_f$  no instante  $t_f$  a velocidade média indica a variação da posição  $\Delta x$  em função de um intervalo de tempo  $\Delta t$

$$v = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} = \frac{x(t_f) - x(t_i)}{t_f - t_i}, \quad (m/s)$$

Outras unidades:

km/h

mi/h

cm/s



# Aceleração Média ( $a$ )

→ O aumento/diminuição da velocidade pode ocorrer com tempos diferentes (basta comparar os tempos de 0 a 100 km/h de diferentes carros)

→ A grandeza que informa o quão rápido foi a variação da velocidade é a aceleração ***aceleração  $a$***

→ Se no instante de tempo inicial  $t_i$  a velocidade inicial da partícula era  $v_i$  e passa a ter uma velocidade  $v_f$  no instante  $t_f$ , a aceleração média indica a variação da velocidade  $\Delta v$  em função de um intervalo de tempo  $\Delta t$

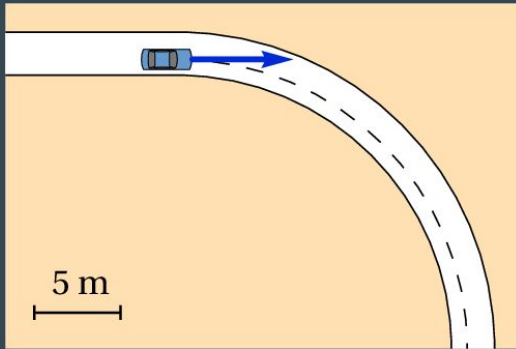
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{v(t_f) - v(t_i)}{t_f - t_i}, \quad \left( m / s^2 \right)$$

Outras unidades:  
km/h<sup>2</sup>  
mi/h<sup>2</sup>  
cm/s<sup>2</sup>



# Efeitos da aceleração

→ Variar o módulo, direção e sentido da velocidade



**Se a direção da velocidade (vetor azul) não mudar o carro vai sair pela tangente da curva!**

→ Um corpo sem aceleração **OU** está parado (repouso,  $v = 0$ ) **OU** está se movendo em linha reta com velocidade constante.

ps:  $v = 0$  é um caso de velocidade constante



# 1º Lei de Newton: Inércia

**“Todo corpo permanece no seu estado de velocidade constante a menos que uma força resultante externa não-nula seja aplicada sobre ele”**



# 1º Lei de Newton: Inércia

“Todo corpo permanece no seu estado de velocidade constante a menos que uma força resultante externa não-nula seja aplicada sobre ele”

→ Mas o que é força?

→ Fisicamente, forças são interações entre dois ou mais corpos

→ 4 interações regem TODO o Universo:

## 1. gravitacional

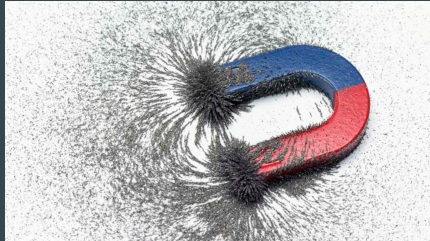


→ Fisicamente, forças são interações entre dois ou mais corpos

→ 4 interações regem TODO o Universo:

1. gravitacional

2. eletromagnética

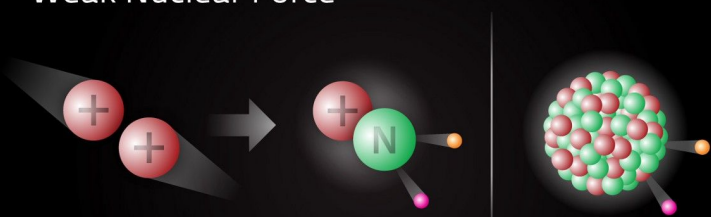


→ Fisicamente, forças são interações entre dois ou mais corpos

→ 4 interações regem TODO o Universo:

1. gravitacional
2. eletromagnética
3. nuclear fraca

### Weak Nuclear Force



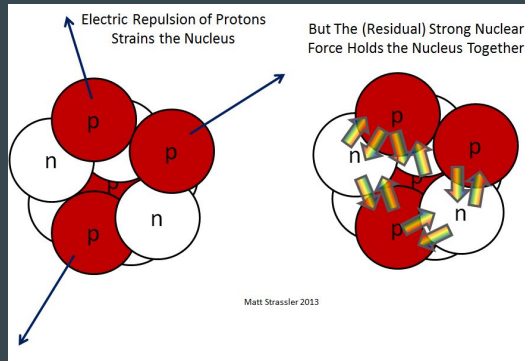
**Converting protons into neutrons**  
When two protons collide and fuse, a disruption in the weak nuclear force emits a positron and neutrino, which converts one of the positively charged proton to a neutrally charged Neutron. Without the weak nuclear force converting protons into neutrons, certain complex nuclei cannot form.

**Releasing radiation**  
Heavy atoms have an imbalance of protons and neutrons, so the weak nuclear force converts protons to neutrons releasing radiation.

→ Fisicamente, forças são interações entre dois ou mais corpos

→ 4 interações regem TODO o Universo:

1. gravitacional
2. eletromagnética
3. nuclear fraca
4. nuclear forte



→ Fisicamente, forças são interações entre dois ou mais corpos

→ 4 interações regem TODO o Universo:

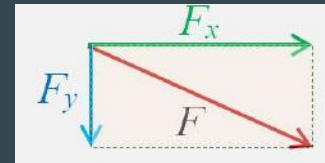
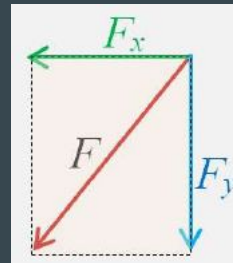
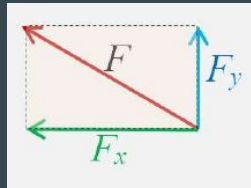
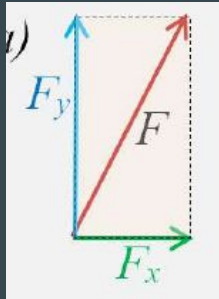
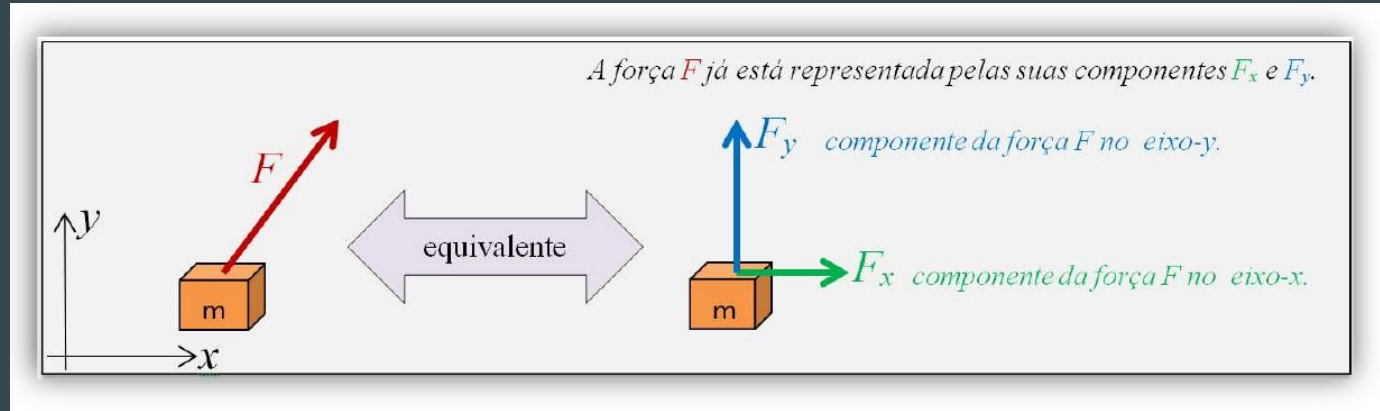
1. gravitacional
2. eletromagnética
3. nuclear fraca
4. nuclear forte



Unidade:  
Newton (N)



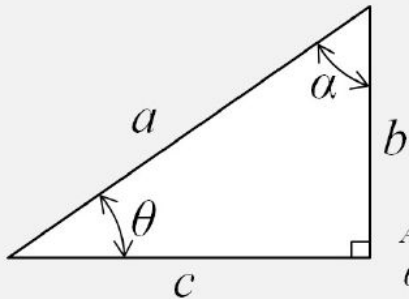
# Força no plano $xy$





# Componentes Ortogonais da Força

## Relações de Triângulo Retângulo



$$\begin{aligned} \text{sen}(\theta) &= \frac{\text{cateto oposto a } \theta}{\text{hipotenusa (maior lado)}} \\ \text{cos}(\theta) &= \frac{\text{cateto adjacente (que toca } \theta)}{\text{hipotenusa (maior lado)}} \end{aligned}$$

A soma dos ângulos internos de um triângulo é  $180^\circ$ :  $\theta + \alpha + 90^\circ = 180^\circ = \pi \text{ rad}$   
 $\theta + \alpha = 90^\circ = \pi/2 \text{ rad}$

$$\text{sen}^2(\theta) + \text{cos}^2(\theta) = 1 \quad (\text{identidade trigonométrica})$$

$$a^2 = b^2 + c^2 \quad (\text{Teorema de Pitágoras})$$

$$b = \sqrt{a^2 - c^2}$$

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

Ângulo  $\theta$

$$\text{sen}(\theta) = \frac{b}{a}$$

$\Rightarrow$

$$b = a \cdot \text{sen}(\theta)$$

$$\text{cos}(\theta) = \frac{c}{a}$$

$\Rightarrow$

$$c = a \cdot \text{cos}(\theta)$$

Ângulo  $\alpha$

$$\text{sen}(\alpha) = \frac{c}{a}$$

$\Rightarrow$

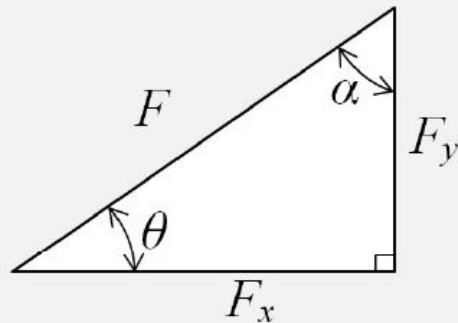
$$c = a \cdot \text{sen}(\alpha)$$

$$\text{cos}(\alpha) = \frac{b}{a}$$

$\Rightarrow$

$$b = a \cdot \text{cos}(\alpha)$$

## Relações de Triângulo Retângulo para Força



Ângulo  $\theta$

$$\begin{aligned} \sin(\theta) &= \frac{F_y}{F} \Rightarrow F_y = F \cdot \sin(\theta) \\ \cos(\theta) &= \frac{F_x}{F} \Rightarrow F_x = F \cdot \cos(\theta) \end{aligned}$$

Ângulo  $\alpha$

$$\begin{aligned} \sin(\alpha) &= \frac{F_x}{F} \Rightarrow F_x = F \cdot \sin(\alpha) \\ \cos(\alpha) &= \frac{F_y}{F} \Rightarrow F_y = F \cdot \cos(\alpha) \end{aligned}$$

$$\sin^2(\theta) + \cos^2(\theta) = 1 \quad (\text{identidade trigonométrica})$$

$$F^2 = F_x^2 + F_y^2 \quad (\text{Teorema de Pitágoras})$$

$$F_x = \sqrt{F^2 - F_y^2}$$

$$F_y = \sqrt{F^2 - F_x^2}$$

A soma dos ângulos internos de um triângulo é  $180^\circ$  e  $1 \cdot \pi \text{ rad} = 180^\circ$

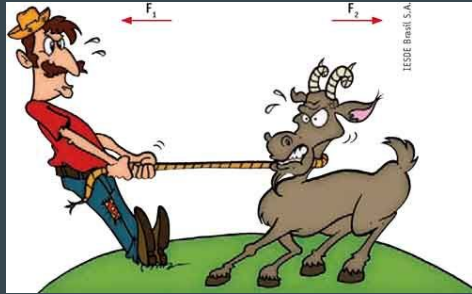
$$\theta + \alpha + 90^\circ = 180^\circ = \pi \text{ rad}$$

$$\theta + \alpha = 90^\circ = \pi/2 \text{ rad}$$

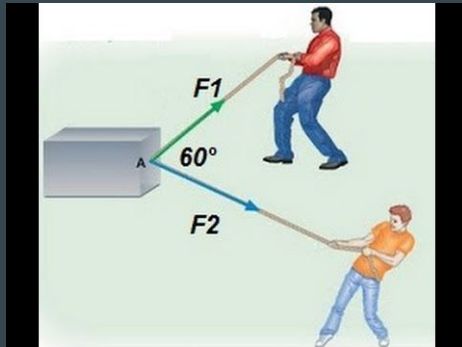


# Força Resultante

→ É a soma de todas as forças que atuam sobre um corpo



$$F_R = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = \sum_{i=1}^n F_i.$$



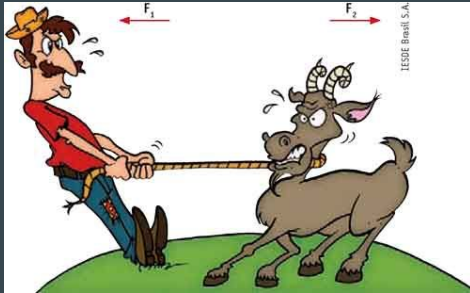
$$\text{direção x: } \rightarrow \sum_{i=1}^n F_{i(x)} = F_{R(x)},$$

$$\text{direção y: } \uparrow \sum_{i=1}^n F_{i(y)} = F_{R(y)}.$$

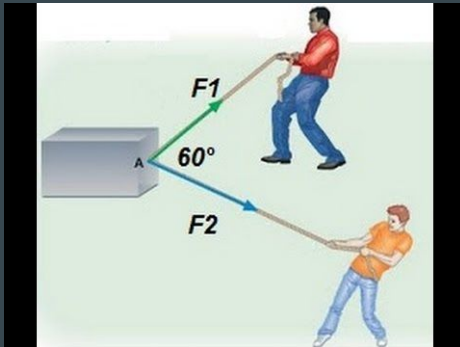


# Força Resultante

→ É a soma de todas as forças que atuam sobre um corpo



$$F_R = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = \sum_{i=1}^n F_i.$$



$$\text{direção x: } \rightarrow \sum_{i=1}^n F_{i(x)} = F_{R(x)},$$

$$\text{direção y: } \uparrow \sum_{i=1}^n F_{i(y)} = F_{R(y)}.$$



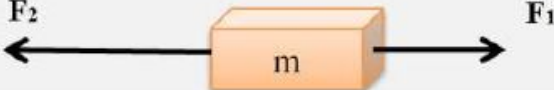
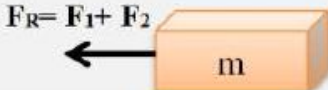
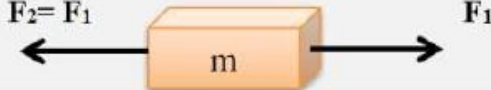
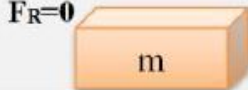
O sentido define o sinal:

Pra direita → +

Pra esquerda → -

Pra cima → +

Pra baixo → -

Forças Externas ( $F_i$ )	Força Resultante ( $F_R$ )
<p>(a)</p> 	
<p>(b)</p> 	
<p>(c)</p> 	



## 2º Lei de Newton: Massas

- A Lei da Inércia diz que para retirar o corpo do equilíbrio a força resultante sobre ele deve ser não nula
- Como efeito, a velocidade do corpo varia
- Se a velocidade varia, existe aceleração
- Quanto maior a massa de um corpo, mais difícil é variar a velocidade dele (maior a **Inércia**)
- Logo, força resultante não nula leva à aceleração, e quanto maior a massa menor a aceleração. Ou, colocando esse monte de informação de uma forma simples e elegante:



## 2º Lei de Newton: Massas

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n F_{ext(i)}}_{\text{somatória das } n \text{ forças externas}} = \underbrace{F_R}_{\text{força resultante}} = \underbrace{m}_{\text{massa=Inércia}} \cdot \underbrace{a_R}_{\text{aceleração resultante}} \quad (N).$$

Se o sistema é 2D:

$$\begin{aligned} \text{direção x: } & \rightarrow \sum_{i=1}^n F_{i(x)} = F_{R(x)} = m \cdot a_{R(x)} \\ \text{direção y: } & + \uparrow \sum_{i=1}^n F_{i(y)} = F_{R(y)} = m \cdot a_{R(y)} \end{aligned} ,$$



# 3º Lei de Newton: Ação e Reação

Sempre que um corpo exerce uma força sobre outro corpo, este exerce uma força igual (direção e módulo) e de sentido oposto sobre o primeiro corpo

→ Reação possui mesmo módulo e direção que a Ação, mas sentido oposto



Link: <https://www.youtube.com/watch?v=tG65CGR1adU>



# Resumindo:



**1ª Lei:** Se um corpo se encontra em equilíbrio estático (parado) ou dinâmico (se movendo em linha reta com velocidade constante) é porque  $F_R = 0$  (a força resultante é igual a zero). Força resultante é o somatório de todas as forças externas que atuam no corpo.

**2ª Lei:** Se  $F_R \neq 0$  então  $F_R = m \cdot a_R$  o corpo se encontra acelerado, com aceleração  $a_R = \frac{F_R}{m}$ .

**3ª Lei:** Princípio da ação e reação: Força sempre aparece aos pares: uma é a ação e a outra a reação. Ambas são iguais em módulo e direção, mas de sentidos opostos ( $\square \rightarrow$  (ação) e (reação)  $\leftarrow \diamond$ ).