

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?

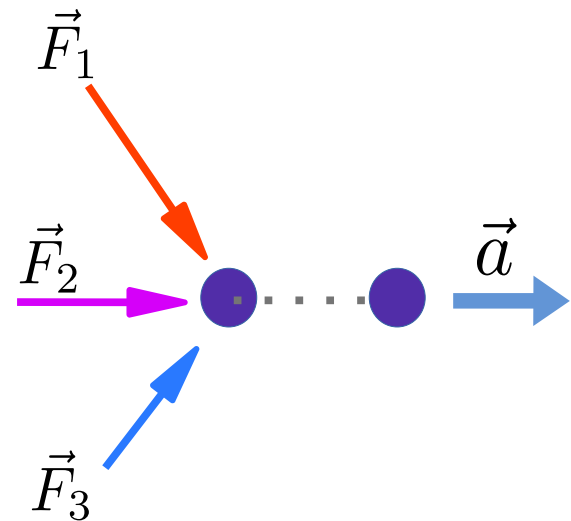
- **2º Lei de Newton:**

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?

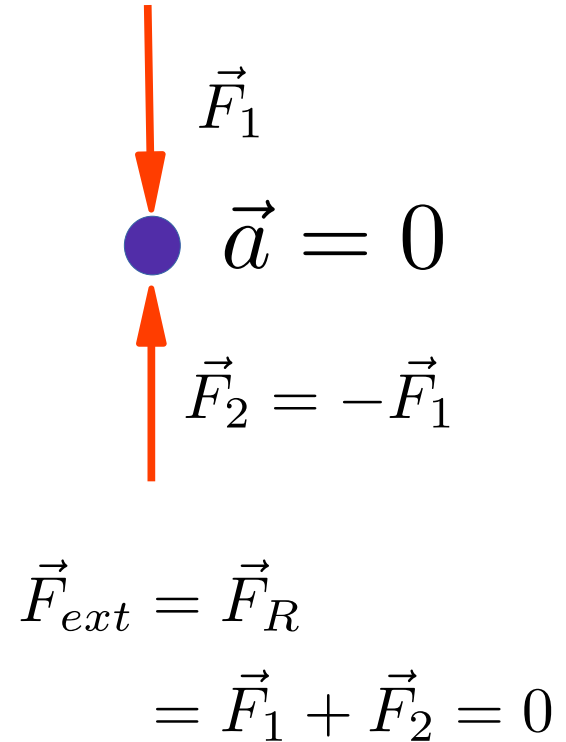
- **2º Lei de Newton:**

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

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

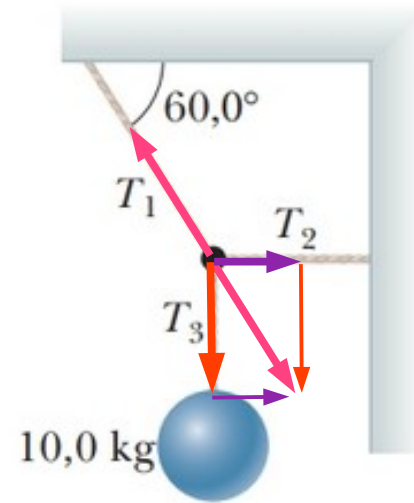
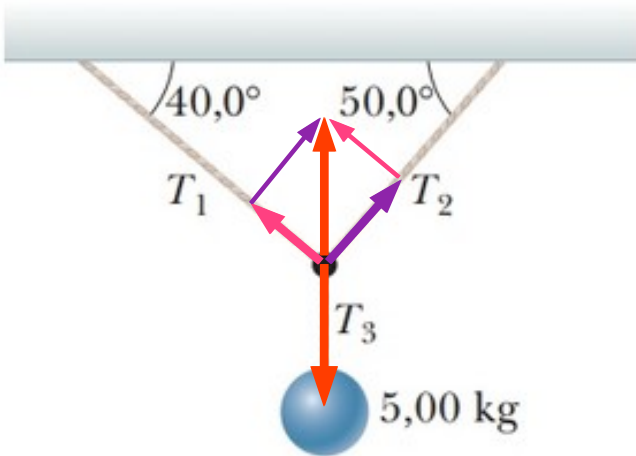
$$\vec{F}_R = m\vec{a} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}$$

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:

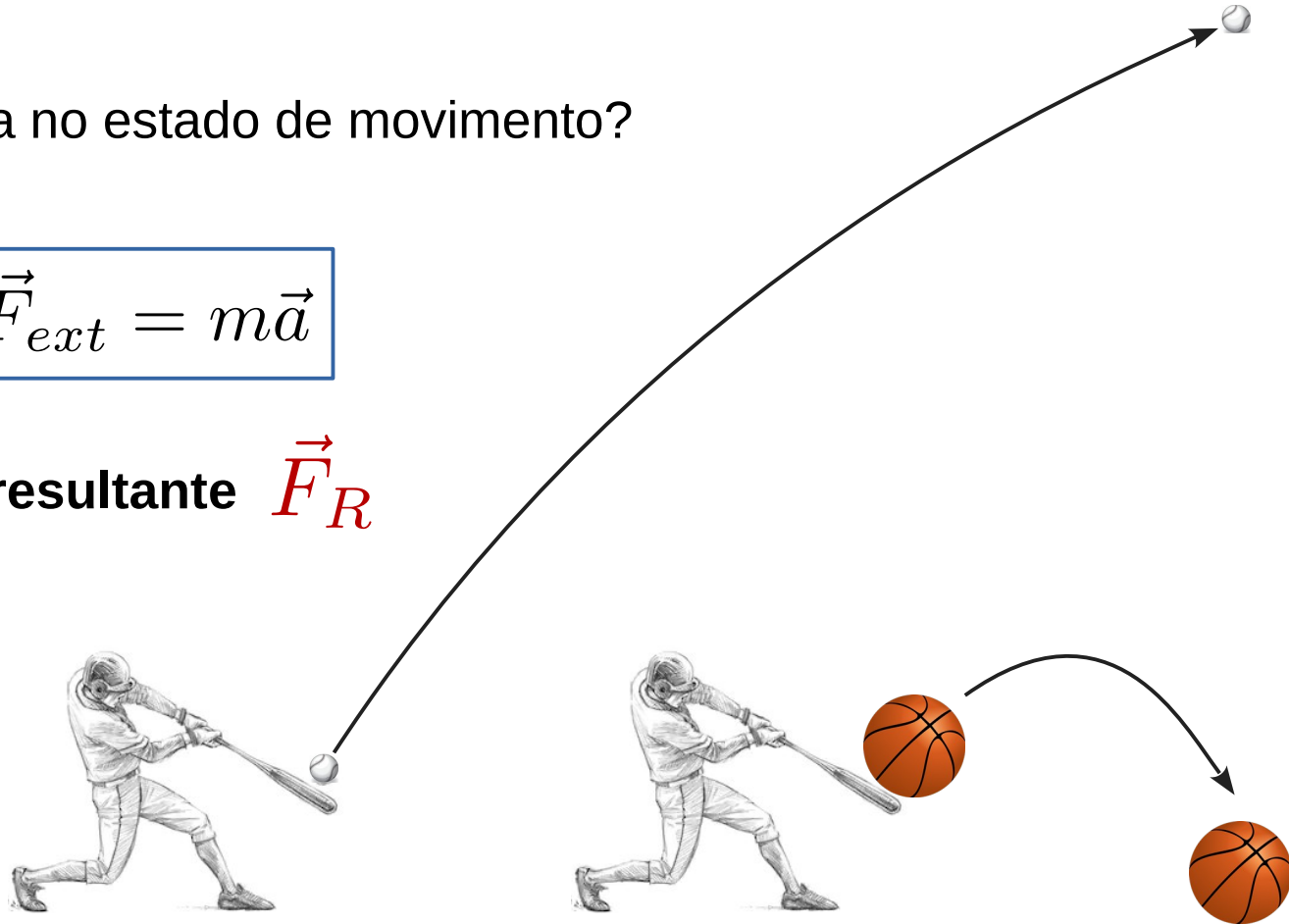
- Como quantificar a mudança no estado de movimento?

- **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:

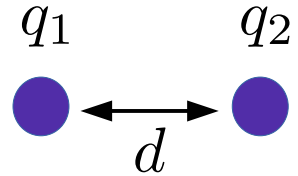
• **2º Lei de Newton:**

Equações de movimento:

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

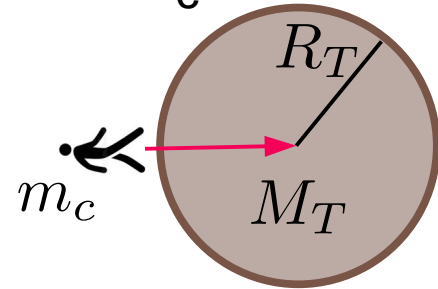
Tipos de forças e sua natureza física. Exemplos.

- **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 ( $M_T$ )

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

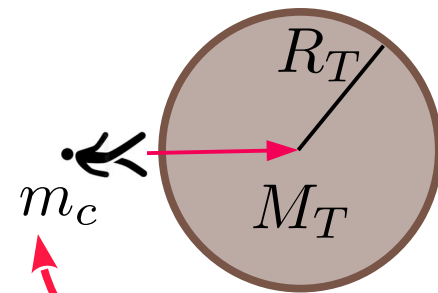


**Conceitos Básicos:**

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**

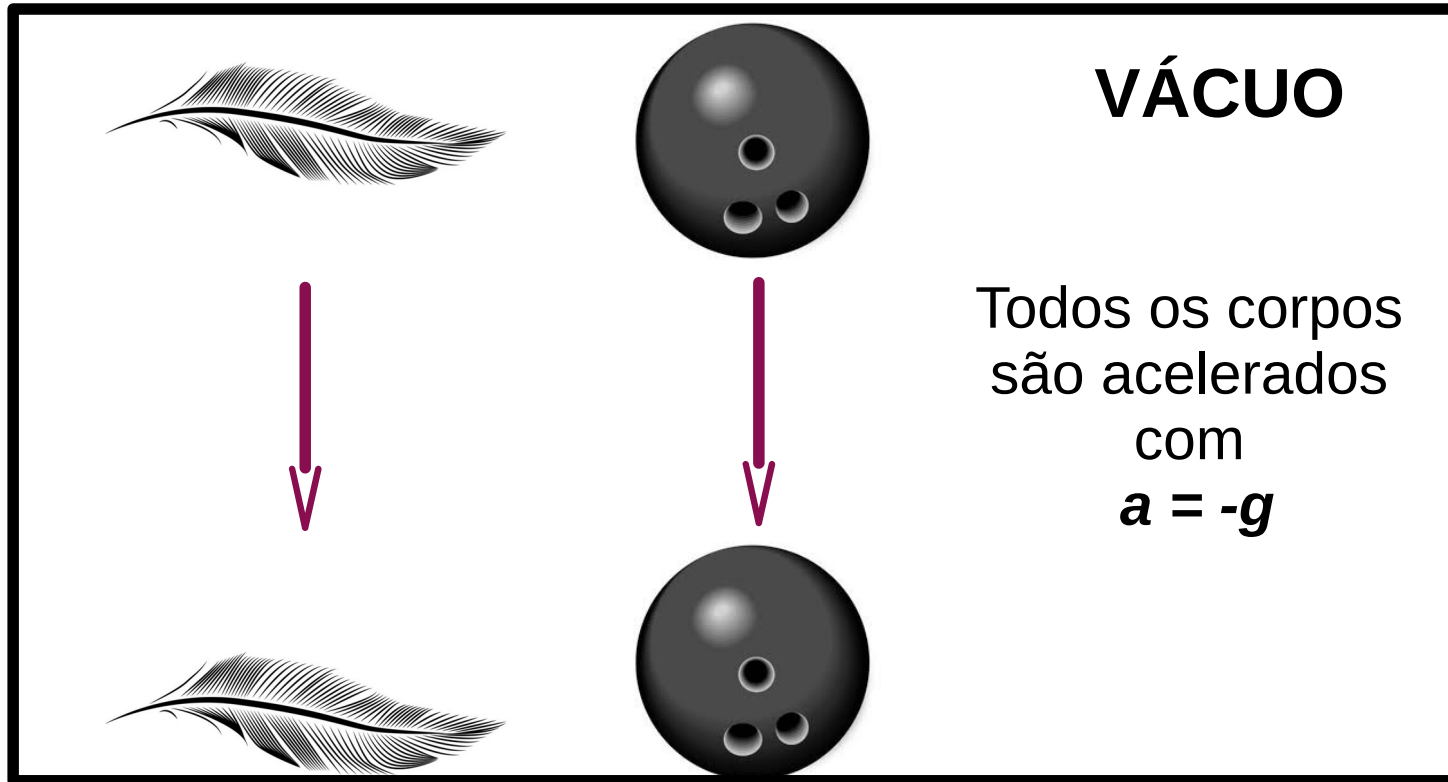
$$m = m_c$$

$$\therefore a = g$$

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

## Conceitos Básicos:

Tipos de forças e sua natureza física.



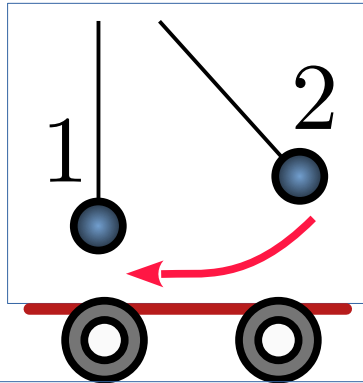
Experimento de Galileu: <https://www.youtube.com/watch?v=74MUjUj7bp8>

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

**3º Lei de Newton:**

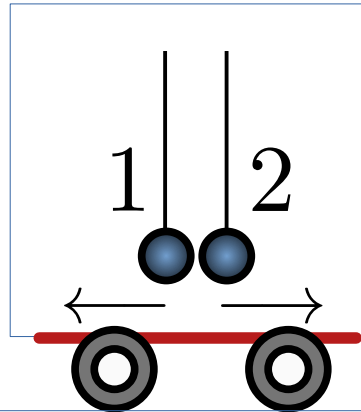
Ação e Reação :

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

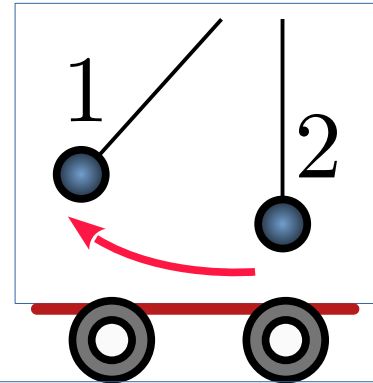


$$\vec{v}_0$$

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



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



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

## Conceitos Básicos:

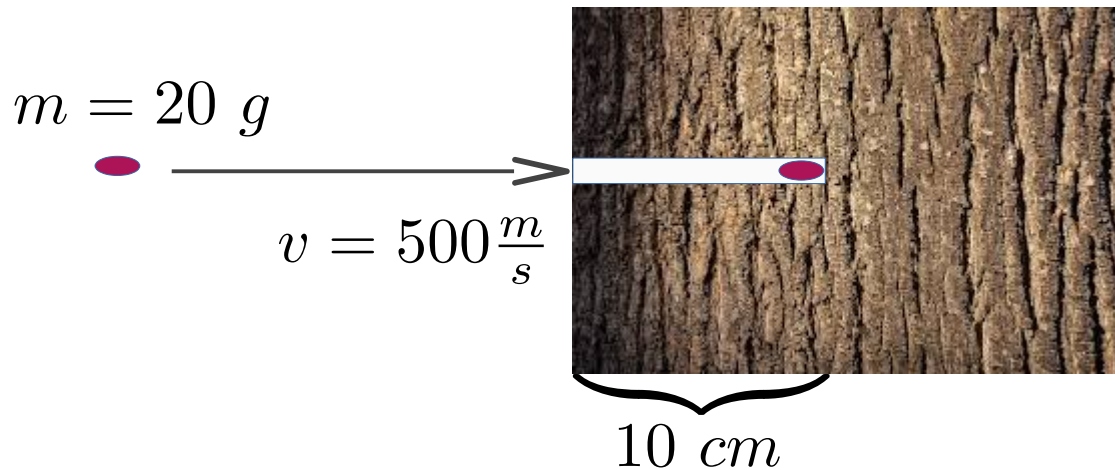
- Força (**interna**) de interação entre corpos que compõem o sistema.
- **3º Lei de Newton:**  
Ação e Reação :



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.



Supondo uma **desaceleração uniforme**, podemos aplicar fórmula de Torricelli

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

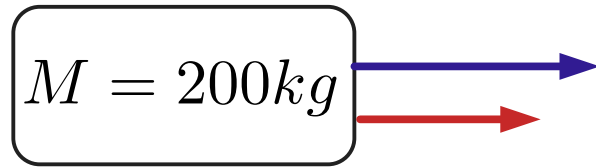
$$\bar{F} = m\bar{a}$$

$$= 20 \cdot 10^{-3} kg \times (-1.25 \cdot 10^6) \frac{m}{s^2}$$

$$= -2.5 \cdot 10^4 \text{ N}$$

## Exemplos:

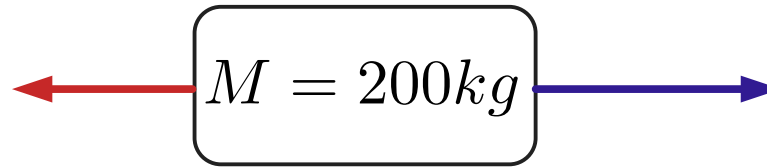
Duas pessoas puxam, com toda força que podem, cordas na horizontal amarradas a um barco que tem uma massa de 200 kg. Se elas puxam na mesma direção, o barco tem uma aceleração de  $1.52 \text{ m/s}^2$  para a direita. Se puxarem em direções opostas, o barco tem uma aceleração de  $0,518 \text{ m/s}^2$  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 65 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:

$$x_1 + x_2 = 10m$$

$$x_1 = 10m - x_2$$

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

$$x_2 = 6m$$