

✦ Sistema de Partículas ✎

✦  e-Aula (22-04) ✎

✦  e-aula (23-04) ✎

✦  e-Aula (23-04) ✎

✦  Video da aula 23-04 ✎

✦  e-aula (29-04) ✎

✦  e-aula (29-04) ✎

✦  e-aula (29-04) - lousa ✎

✦  video-aula (29-04) ✎

✦  e-aula (30-04) ✎

Momento Linear

E-aula (30-04)

Conservação do Momento

$$\overrightarrow{F}_{Res} = \frac{d\overrightarrow{P}}{dt}$$

Conservação do Momento

$$\overrightarrow{F}_{Res} = \frac{d\overrightarrow{P}}{dt}$$

Se, $F=0$:

$$\frac{d\overrightarrow{P}}{dt} = \mathbf{0} \rightarrow$$

Conservação do Momento

$$\overrightarrow{F}_{Res} = \frac{d\overrightarrow{P}}{dt}$$

Se, $F=0$:

$$\frac{d\overrightarrow{P}}{dt} = \mathbf{0} \rightarrow P = \textit{constante}$$

Conservação do Momento

$$\overrightarrow{F}_{Res} = \frac{d\overrightarrow{P}}{dt}$$

Se, $F=0$:

$$\frac{d\overrightarrow{P}}{dt} = \mathbf{0} \rightarrow P = \textit{constante}$$

Lei da conservação do momento

Conservação do Momento

$$\overrightarrow{F}_{Res} = \frac{d\overrightarrow{P}}{dt}$$

Se, $F=0$:

$$\frac{d\overrightarrow{P}}{dt} = \mathbf{0} \rightarrow P = \textit{constante}$$

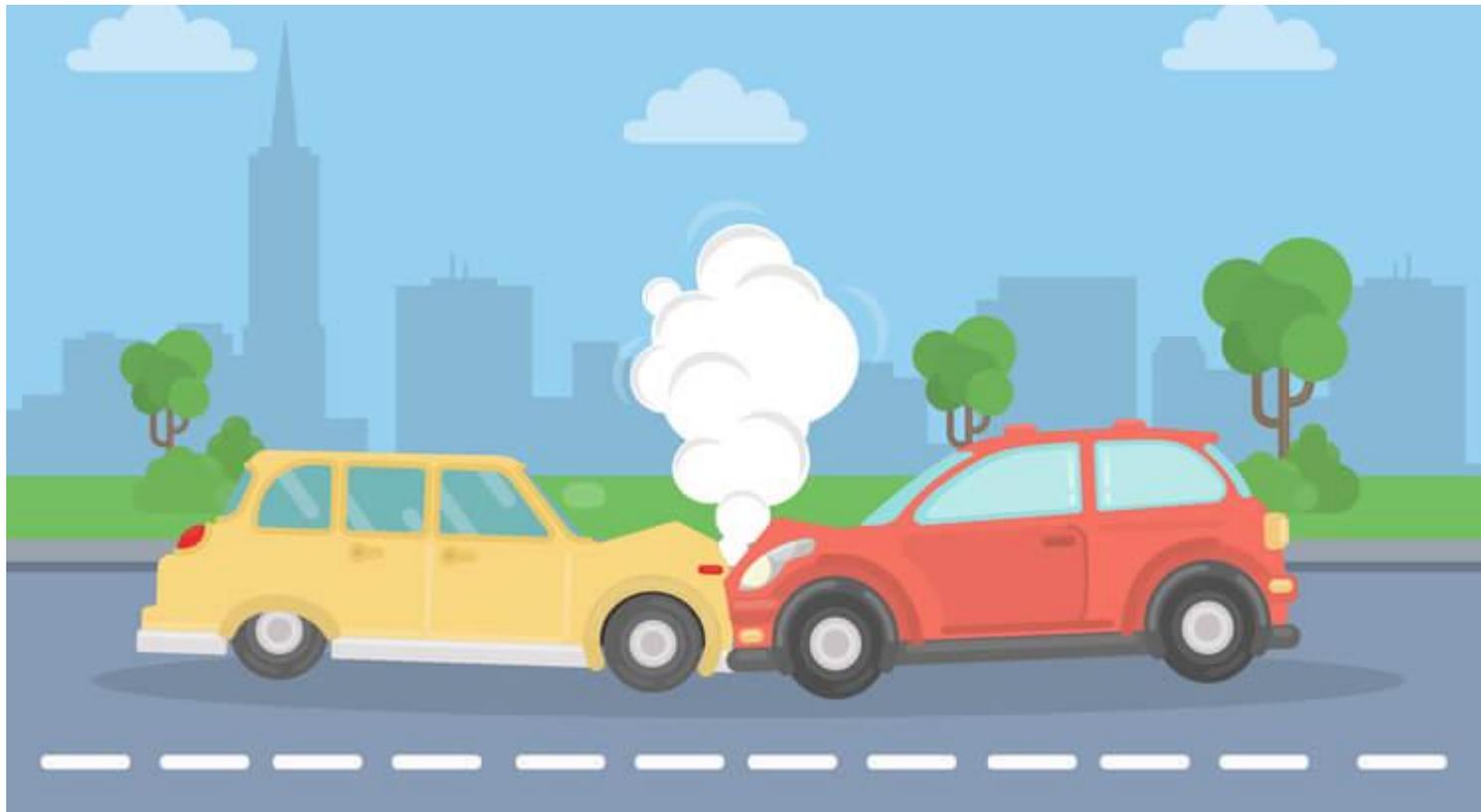
Lei da conservação do momento: *Se a Resultante das forças externas de um sistema for nula, o momento é constante!*

Exemplo B

Durante um reparo no telescópio espacial Hubble, um astronauta substituiu dois painéis solares cujas molduras estão deformadas. Ao lançar o painel defeituoso no espaço, o astronauta é impelido na direção oposta. Imaginemos que a massa do astronauta seja de 60 kg e a do painel 80 kg. Em relação à nave espacial, o astronauta está em repouso no instante em que arremessa o painel. A velocidade deste, em relação à nave, é de 0,3 m/s. Qual a velocidade do astronauta em relação à nave, depois do arremesso do painel? (Nessa operação, o astronauta está ligado por um cabo à nave. Vamos supor que esse cabo não sofra esforços durante o processo)



Colisão e Impulso



Colisão e Impulso



Colisão e Impulso

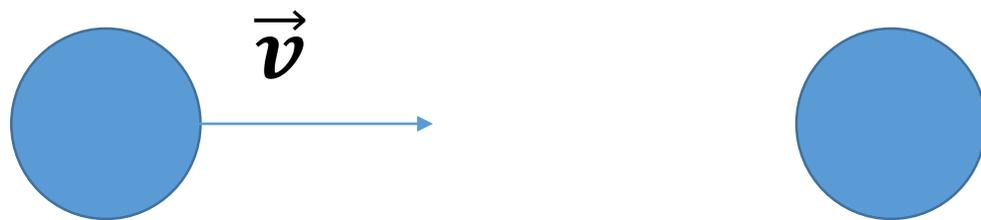


Colisão de Theia e a Terra →
O asteroide que extinguiu os dinossauros
tinha 150 km de diâmetro. Theia tinha
6.600 km de diâmetro.

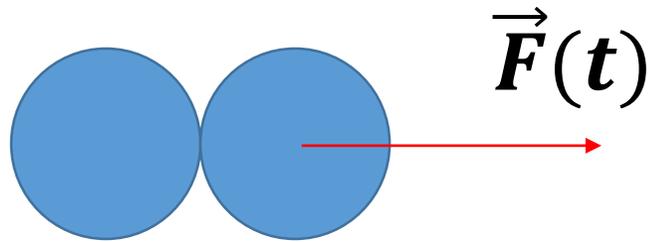
Dessa colisão, surgiu, por exemplo, a Lua!

Colisão Simples

Colisão Simples

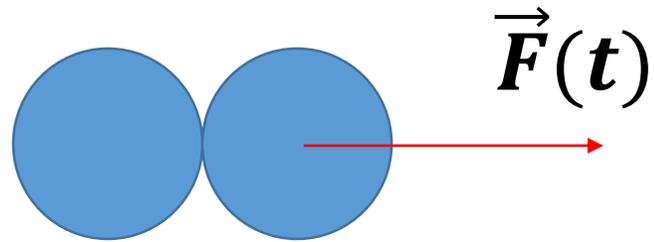


Colisão Simples



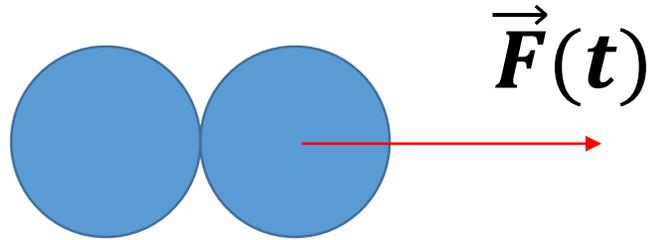
$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Colisão Simples



$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \rightarrow d\vec{p} = \vec{F}(t)dt$$

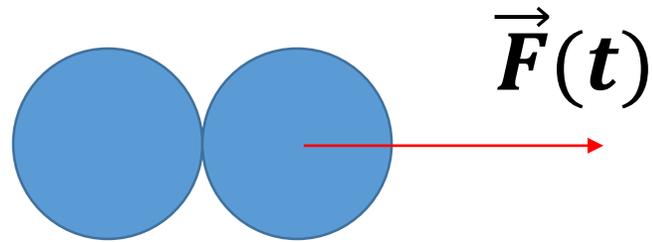
Colisão Simples



$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \rightarrow d\vec{p} = \vec{F}(t)dt$$

$$\int_{ti}^{tf} d\vec{p} = \int_{ti}^{tf} \vec{F}(t)dt$$

Colisão Simples



$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \rightarrow d\vec{p} = \vec{F}(t)dt$$

$$\int_{ti}^{tf} d\vec{p} = \int_{ti}^{tf} \vec{F}(t)dt \rightarrow \Delta\vec{p} = \int_{ti}^{tf} \vec{F}(t)dt = \vec{J}$$

Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$

Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$

$$\vec{J} = \Delta \vec{p}$$

Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$

$$\vec{J} = \Delta \vec{p}$$

Teorema do momento linear e do impulso

Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$

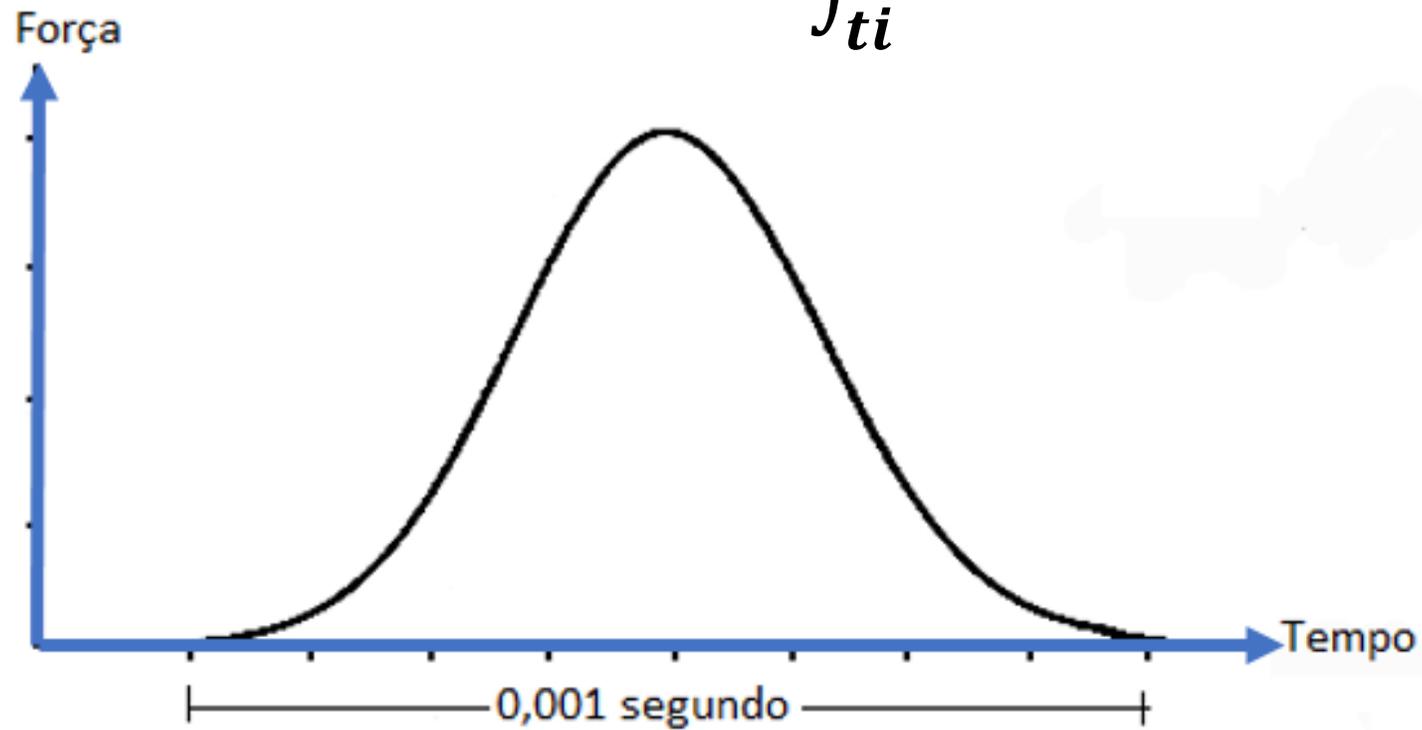
$$\vec{J} = \Delta \vec{p}$$

Teorema do momento linear e do impulso

Varição do momento → Grande impulso? Muita variação!

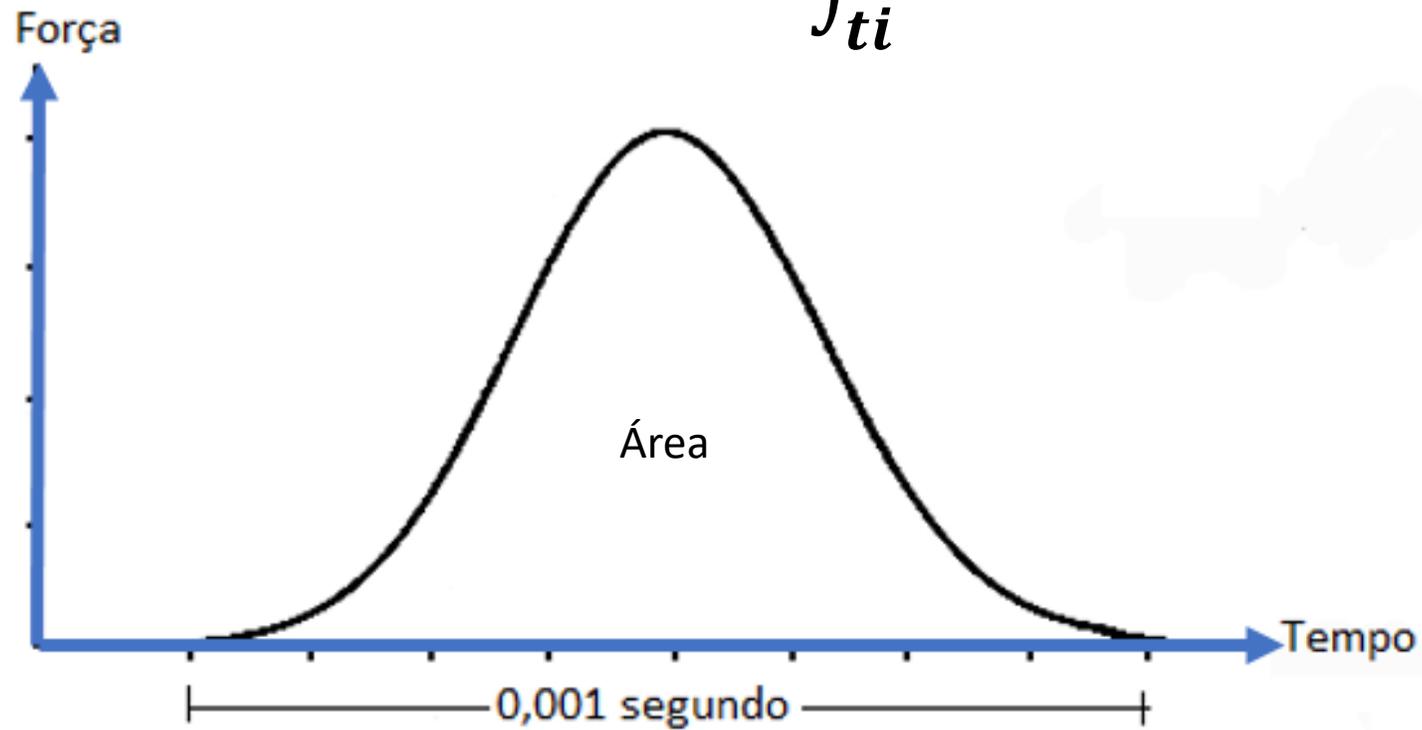
Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$



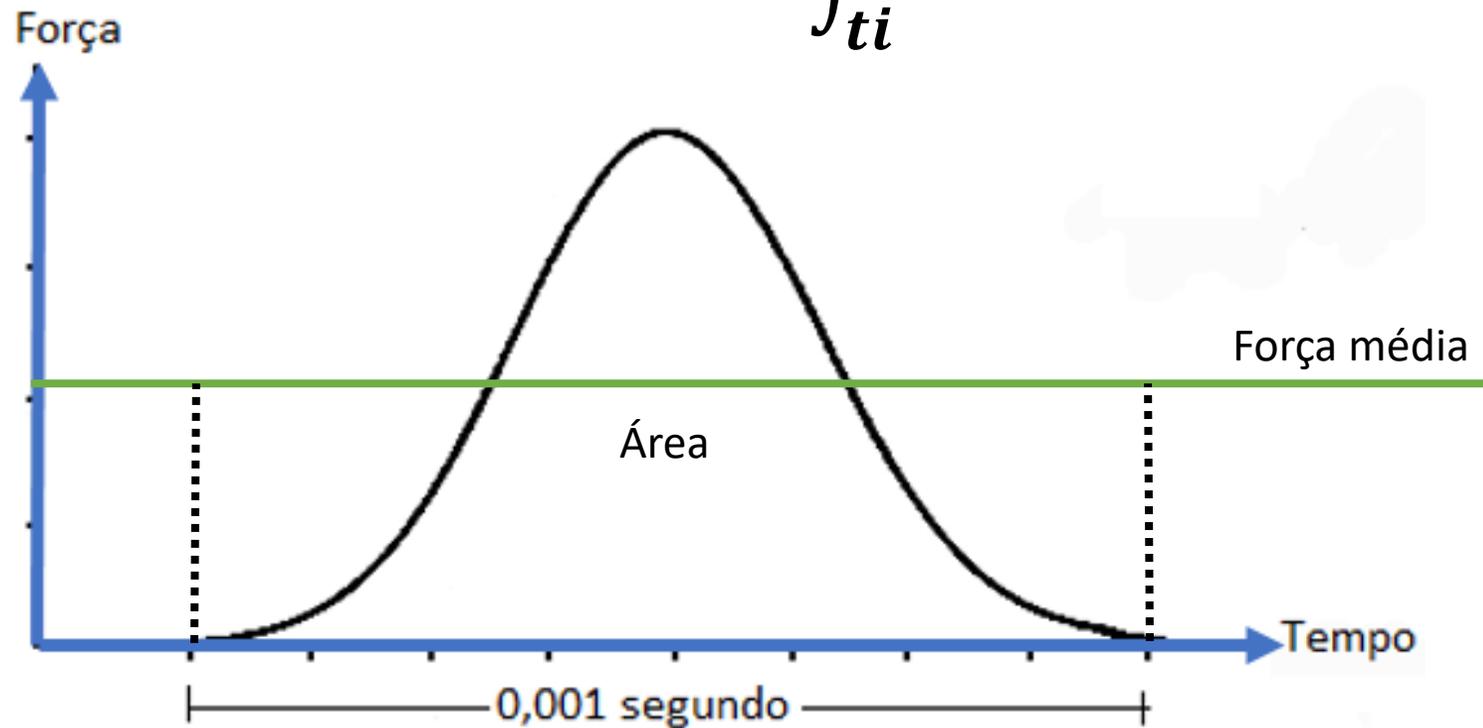
Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$



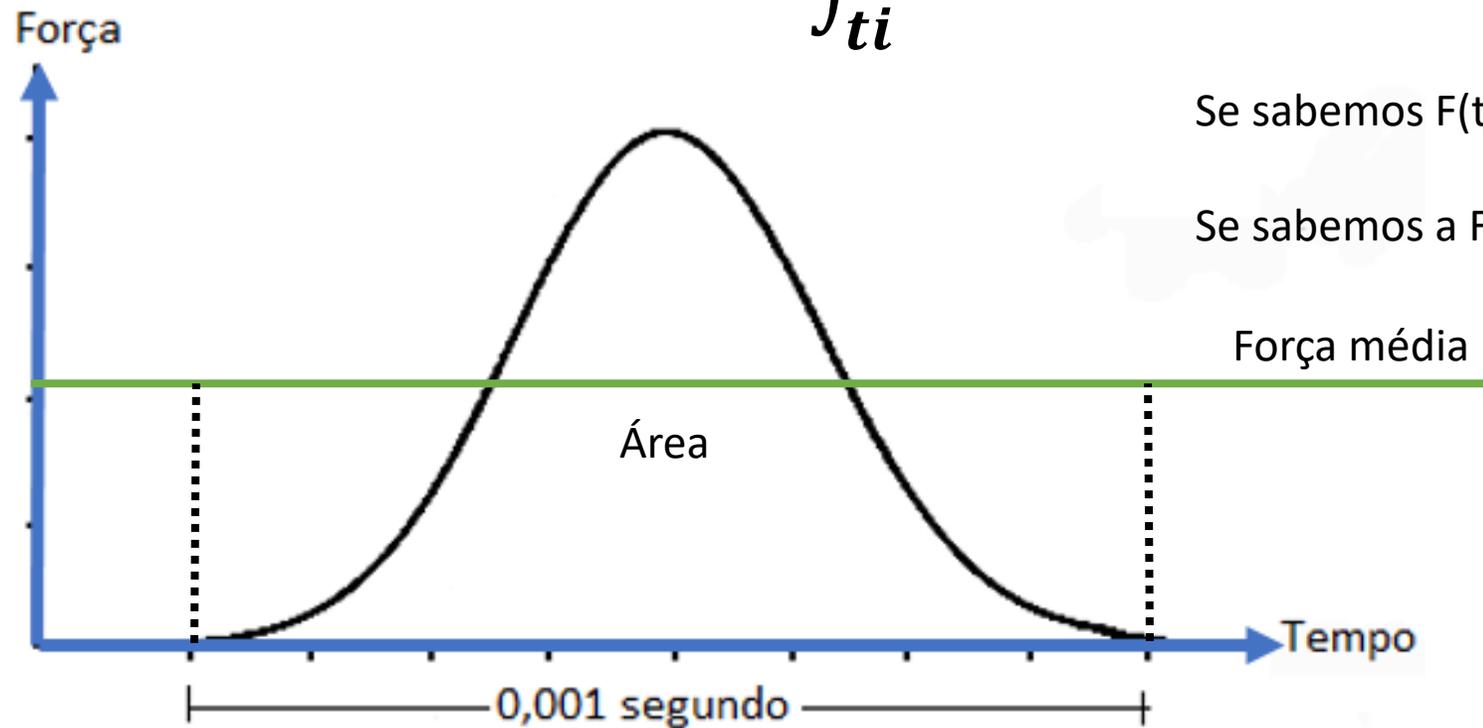
Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$



Impulso

$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$

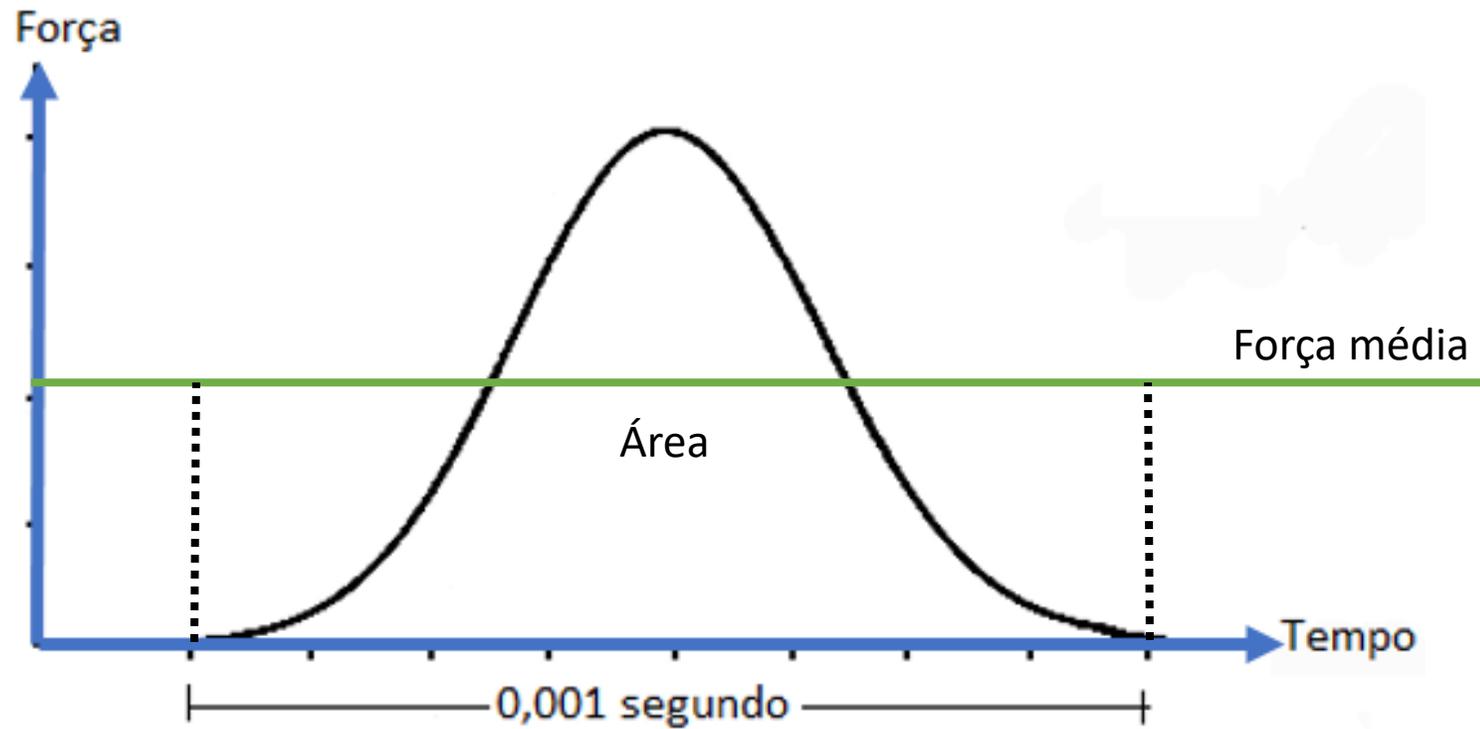


Se sabemos $F(t)$, sabemos o impulso!

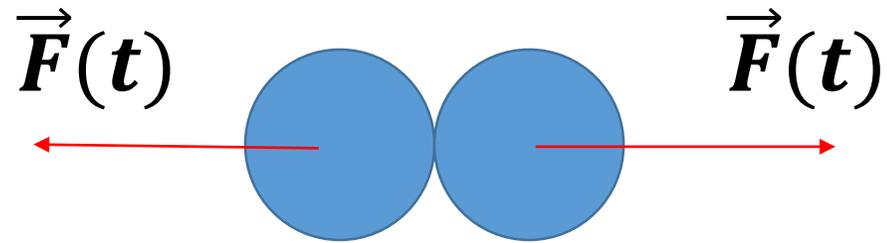
Se sabemos a Força média, também sabemos o impulso!

Impulso

$$J = F_{med}\Delta t$$



Impulso



Terceira Lei de Newton

Teste

Um paraquedista, cujos paraquedas não abriu, cai em um monte de neve e sofre ferimentos leves. Se caísse em um terreno sem neve, o tempo necessário para parar teria sido 10 vezes menor e a colisão teria sido fatal.

A presença da neve aumenta, diminui ou mantém inalterado o valor

- a) Da variação do momento linear do paraquedista?
- b) Do impulso experimentado pelo paraquedista?
- c) Da força experimentada pelo paraquedista?

Teste

Um paraquedista, cujos paraquedas não abriu, cai em um monte de neve e sofre ferimentos leves. Se caísse em um terreno sem neve, o tempo necessário para parar teria sido 10 vezes menor e a colisão teria sido fatal.

A presença da neve aumenta, diminui ou mantém inalterado o valor

- a) Da variação do momento linear do paraquedista? Inalterado
- b) Do impulso experimentado pelo paraquedista? Inalterado
- c) Da força experimentada pelo paraquedista? Diminui

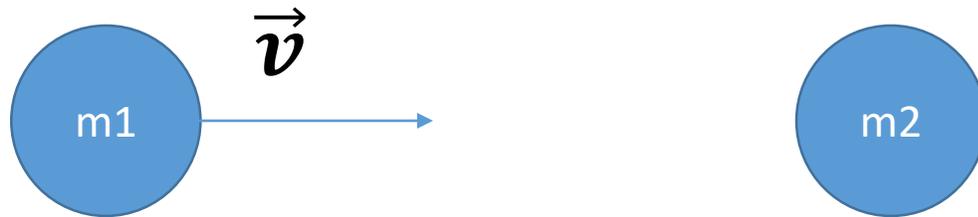
$$\mathbf{J} = \mathbf{F}_{med}\Delta t$$

Exemplo C

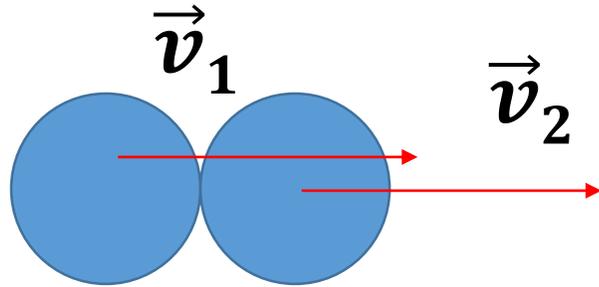
Um lutador experiente pode quebrar um tijolo em um só golpe. Imagine que a massa da mão e do pulso seja 0,7 kg e a velocidade do golpe é 5 m/s. Vamos admitir que o movimento cesse dentro de uma distância de 6 mm do ponto de contato inicial.

- a) Que impulso o tijolo exerce sobre a mão do lutador?
- b) Qual o tempo aproximado da colisão?
- c) Qual a força média exercida pelo tijolo?

Colisão em 1 dimensão

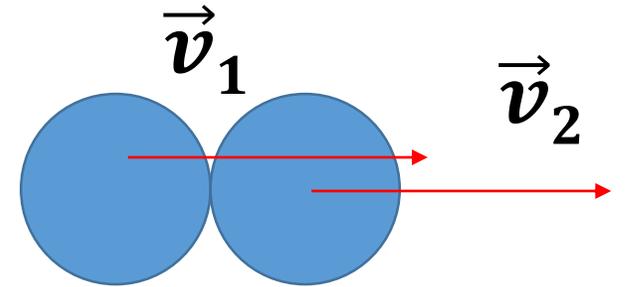
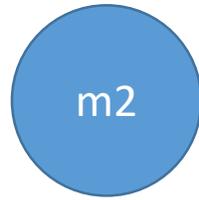
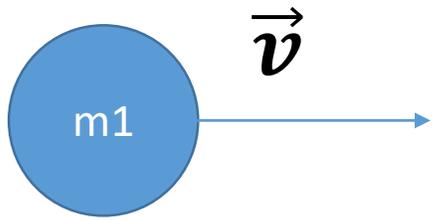


Colisão em 1 dimensão



$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

Colisão em 1 dimensão



$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

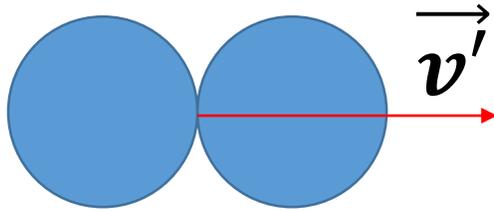
Precisamos de uma segunda equação para determinar as Velocidades finais

Colisão Perfeitamente Inelástica

$$v_{1f} = v_{2f} = v_{CM}$$

Colisão Perfeitamente Inelástica

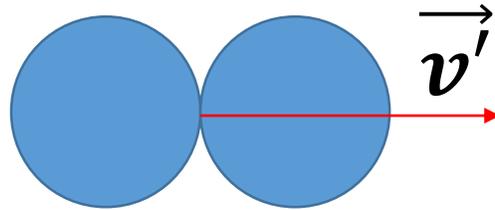
$$v_{1f} = v_{2f} = v_{CM}$$



Colisão Perfeitamente Inelástica

$$v_{1f} = v_{2f} = v_{CM}$$

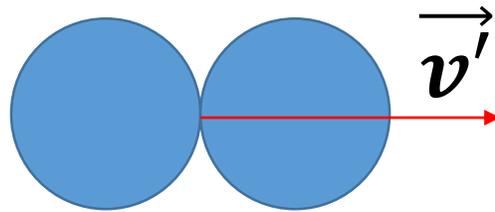
$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$



Colisão Perfeitamente Inelástica

$$v_{1f} = v_{2f} = v_{CM}$$

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$



$$(m_1 + m_2)v_{CM} = m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}$$

Energia Cinética

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Energia Cinética

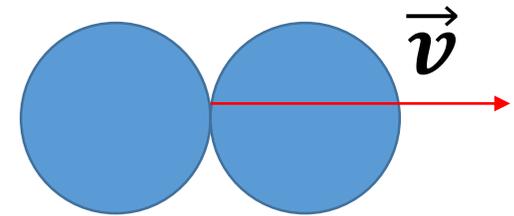
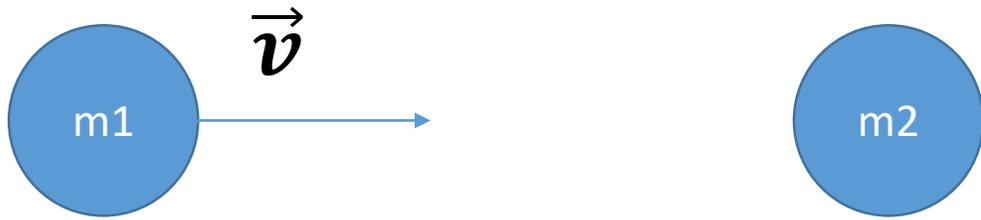
$$K = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow K = \frac{m^2v^2}{2m}$$

Energia Cinética

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow K = \frac{m^2v^2}{2m}$$

$$K = \frac{p^2}{2m}$$

Colisão Perfeitamente Inelástica

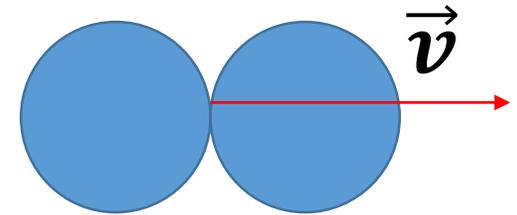


$$K_i = \frac{p^2}{2m_1}$$

Colisão Perfeitamente Inelástica



$$K_i = \frac{p^2}{2m_1}$$

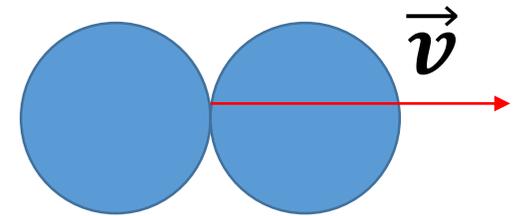


$$K_f = \frac{p^2}{2(m_1 + m_2)}$$

Colisão Perfeitamente Inelástica



$$K_i = \frac{p^2}{2m_1}$$



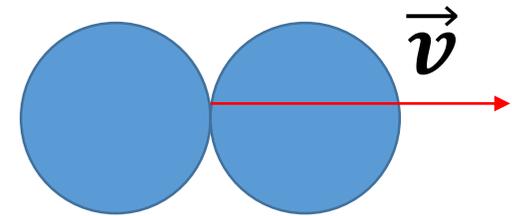
$$K_f = \frac{p^2}{2(m_1 + m_2)}$$

Conservação do momento \rightarrow mesmo p

Colisão Perfeitamente Inelástica



$$K_i = \frac{p^2}{2m_1}$$



$$K_f = \frac{p^2}{2(m_1 + m_2)}$$

Conservação do momento \rightarrow mesmo p

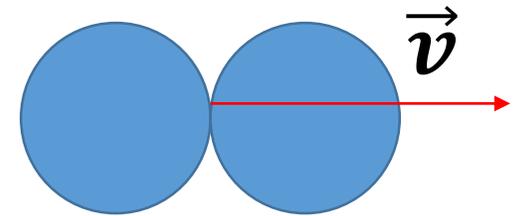
$$K_f < K_i$$

Colisão Ineslática \rightarrow não há conservação da energia cinética

Colisão Perfeitamente Inelástica



$$K_i = \frac{p^2}{2m_1}$$



$$K_f = \frac{p^2}{2(m_1 + m_2)}$$

Conservação do momento \rightarrow mesmo p

$$K_f < K_i$$

Colisão Elástica

Colisão Elástica

$$K_f = K_i$$

Colisão Elástica

$$K_f = K_i$$

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

Colisão Elástica

$$K_f = K_i$$

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

$$m_2(v_{2f}^2 - v_{2i}^2) = m_1(v_{1i}^2 - v_{1f}^2)$$

Colisão Elástica

$$K_f = K_i$$

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

$$m_2(v_{2f}^2 - v_{2i}^2) = m_1(v_{1i}^2 - v_{1f}^2)$$

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

Colisão Elástica

$$K_f = K_i$$

$$p_f = p_i$$

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

$$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$$

$$m_2(v_{2f}^2 - v_{2i}^2) = m_1(v_{1i}^2 - v_{1f}^2)$$

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

Colisão Elástica

$$K_f = K_i$$

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

$$m_2(v_{2f}^2 - v_{2i}^2) = m_1(v_{1i}^2 - v_{1f}^2)$$

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

$$p_f = p_i$$

$$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$$

$$m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} - v_{2i})$$

Colisão Elástica

$$K_f = K_i$$

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

$$m_2(v_{2f}^2 - v_{2i}^2) = m_1(v_{1i}^2 - v_{1f}^2)$$

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

$$p_f = p_i$$

$$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$$

$$m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2(v_{2f} - v_{2i})$$

Colisão Elástica

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

$$m_2(v_{2f} - v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})$$

Colisão Elástica

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

$$m_2(v_{2f} - v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})$$

Colisão Elástica

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

$$m_2(v_{2f} - v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})$$

$$v_{2f} + v_{2i} = v_{1f} + v_{1i}$$

Colisão Elástica

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

$$m_2(v_{2f} - v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})$$

$$v_{2f} + v_{2i} = v_{1f} + v_{1i}$$

$$v_{2f} - v_{1f} = -(v_{2i} - v_{1i})$$

Colisão Elástica

$$m_2(v_{2f} - v_{2i})(v_{2f} + v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})(v_{1f} + v_{1i})$$

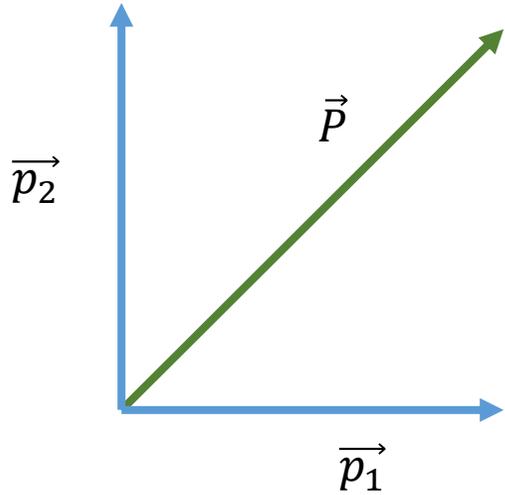
$$m_2(v_{2f} - v_{2i}) = m_1(v_{1i} - v_{1f})$$

$$v_{2f} + v_{2i} = v_{1f} + v_{1i}$$

$$v_{2f} - v_{1f} = -(v_{2i} - v_{1i})$$

Numa colisão elástica, a velocidade de aproximação é igual à velocidade de recessão

Colisão em 3 dimensões



$$\vec{P} = (m_1 + m_2)\vec{v}_{CM}$$

Exemplo D

Um carro de massa 1,2 Mg, avançando para leste, a 60 km/h, collide num cruzamento com um caminhão de 3 Mg, que avança para norte a 40 km/h. O carro e o caminhão constituem um só destroço depois da colisão. Calcular a velocidade deste destroço logo depois do desastre.

Exemplo D

Um carro de massa 1,2 Mg, avançando para leste, a 60 km/h, collide num cruzamento com um caminhão de 3 Mg, que avança para norte a 40 km/h. **O carro e o caminhão constituem um só destroço depois da colisão.** Calcular a velocidade deste destroço logo depois do desastre.