

- 2ª Lei de Newton para um Sistema de Partículas

- ★ 1 partícula: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

- ★ N partículas: $\sum \vec{F} = M \vec{a}_{CM}$

- M é a massa total do sistema . Se nenhuma massa entra ou sai do sistema, M permanece constante e dizemos que o sistema é fechado.

- \vec{a}_{CM} é a aceleração do centro de massa. A equação acima não fornece informações a respeito da aceleração dos outros pontos do sistema.

- $\sum \vec{F}$ é a força resultante de todas as forças externas que agem sobre o sistema. Forças de uma parte do sistema que agem sobre outra (forças internas) não devem ser incluídas.

- 2ª Lei de Newton para um Sistema de Partículas

- ★ Forças internas e externas (depende de como é definido o sistema):

- Exemplo: Lua-Terra

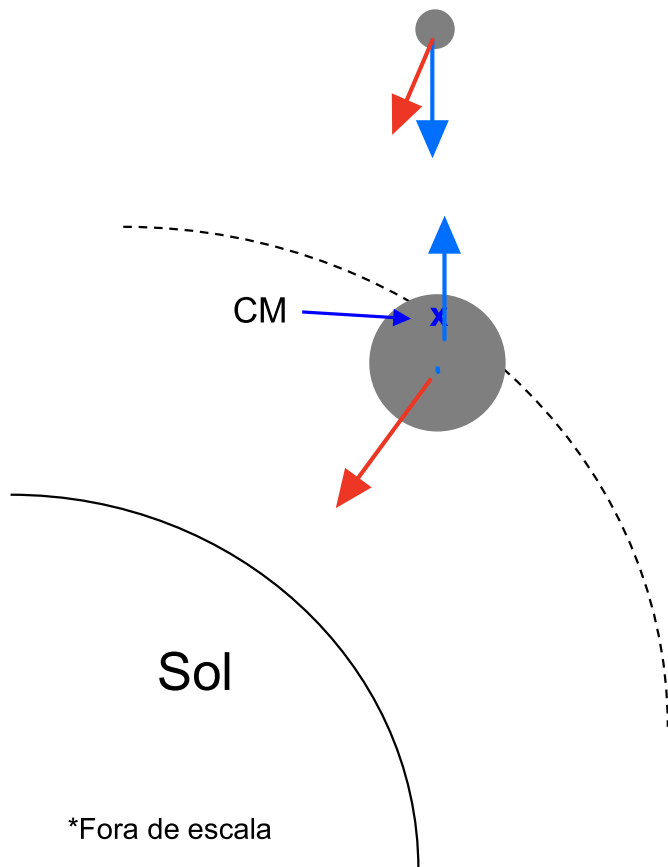
$$\sum \vec{F} = M \vec{a}_{CM}$$

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= \sum \vec{F}_T + \sum \vec{F}_L \\ &= \vec{F}_{T,ext} + \underbrace{\vec{F}_{T,int}}_{\text{red arrow}} + \vec{F}_{L,ext} + \underbrace{\vec{F}_{L,int}}_{\text{red arrow}}\end{aligned}$$

3ª Lei de Newton: $\vec{F}_{T,int} = -\vec{F}_{L,int}$

Logo:

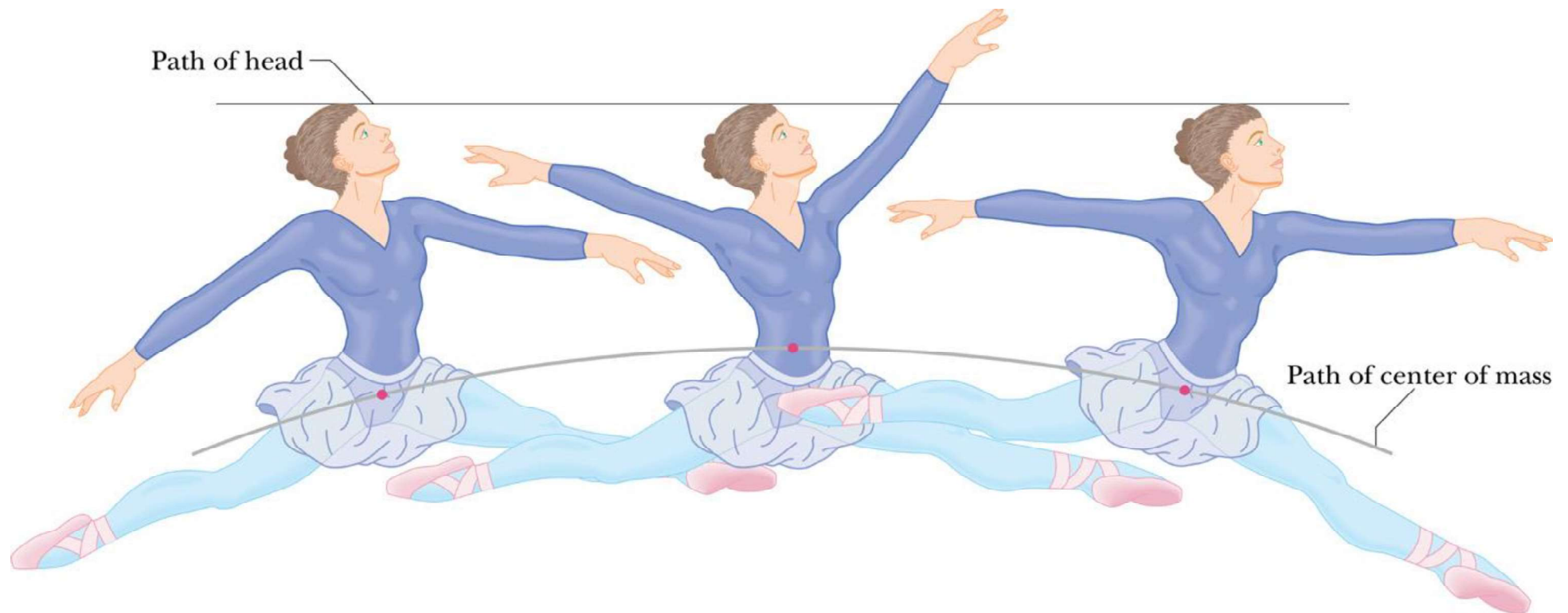
$$M\vec{a}_{CM} = \vec{F}_{T,ext} + \vec{F}_{L,ext} = \sum \vec{F}_{ext}$$



*Fora de escala

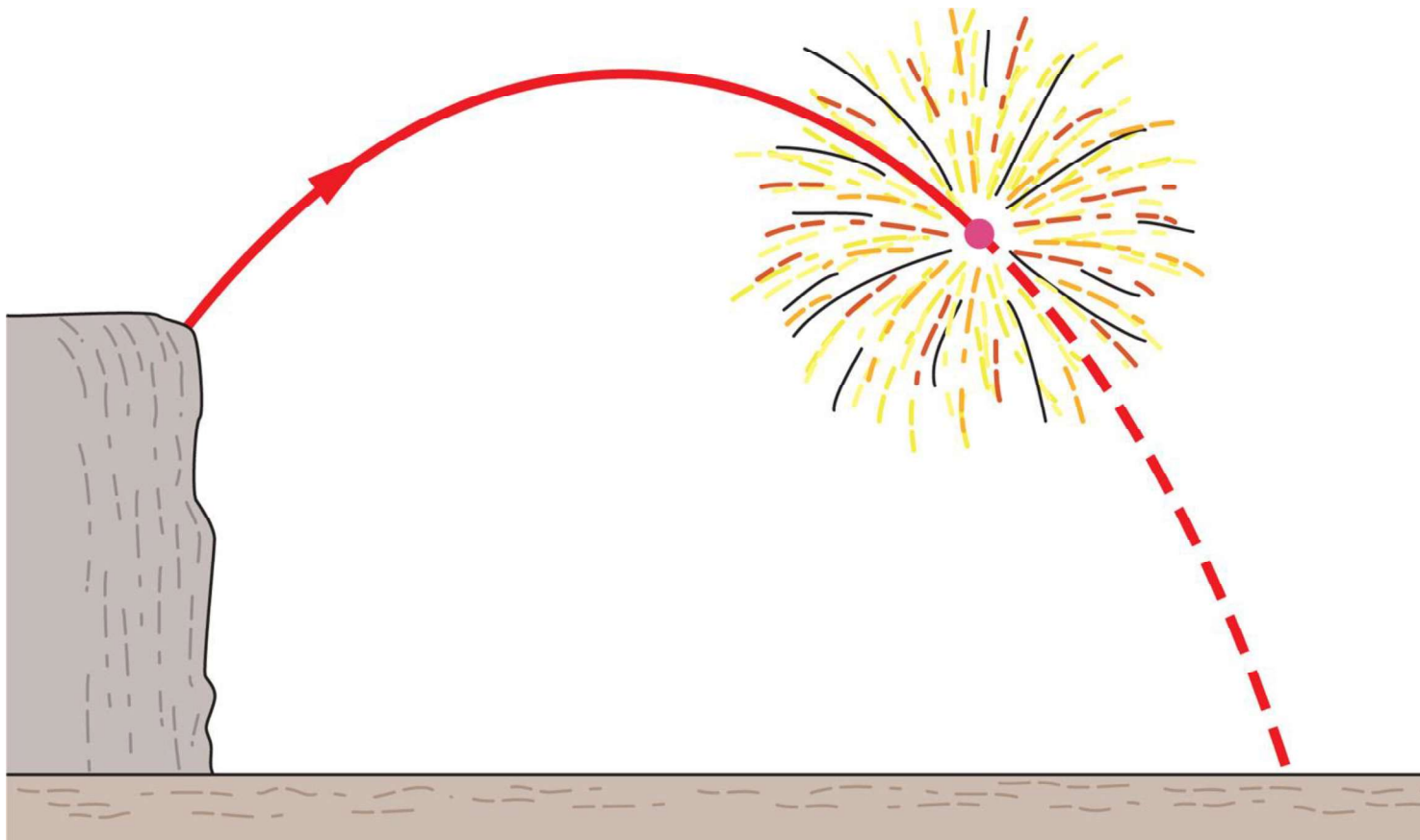
- 2ª Lei de Newton para um Sistema de Partículas

- ★ Exemplos ilustrativos:



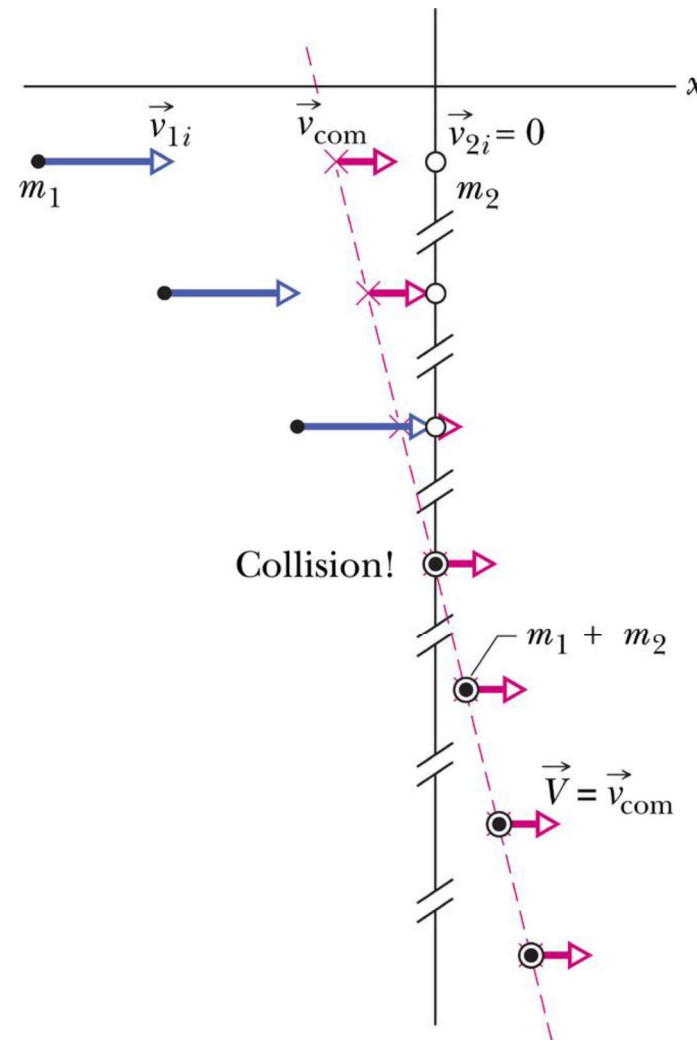
- 2ª Lei de Newton para um Sistema de Partículas

- ★ Exemplos ilustrativos:



- 2ª Lei de Newton para um Sistema de Partículas

- ★ Exemplos ilustrativos:



- Momento linear (\vec{p}) ou “quantidade de movimento”

- Grandeza vetorial definida por:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

$$[p] = [m].[v] = \text{kg.m/s}$$

- 2ª Lei de Newton em termos do momento linear:

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

“A taxa de variação com o tempo do momento linear de uma partícula é igual à força resultante que atua sobre a partícula e tem a mesma orientação que essa força.”

- Impulso (\vec{J})

$$\vec{p}_i \longrightarrow \vec{p}_f \quad \Rightarrow \quad \Delta\vec{p} = \vec{p}_f - \vec{p}_i : \text{Variação do momento linear}$$

- Teorema do momento linear e impulso:

$$\vec{J} = \Delta\vec{p} \quad \text{ou} \quad J_x = \Delta p_x, J_y = \Delta p_y, \dots \quad [J] = [m] \cdot [v] = \text{kg} \cdot \text{m/s}$$

★ Em termos da força que atua na partícula:

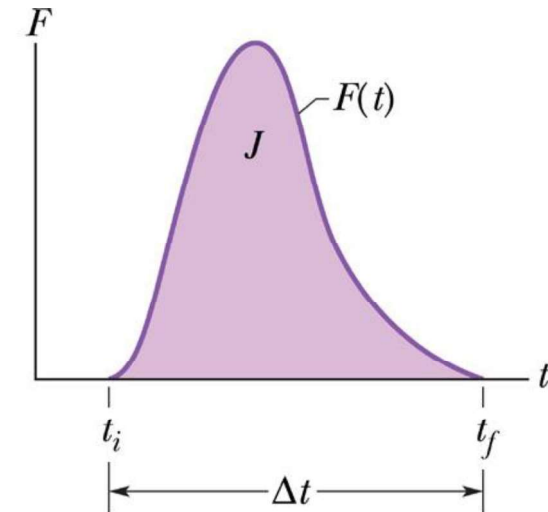
$$\vec{J} = \int_{t_i}^{t_f} \vec{F}(t) dt$$

- Impulso (\vec{J})

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

★ Interpretação gráfica (caso 1D):

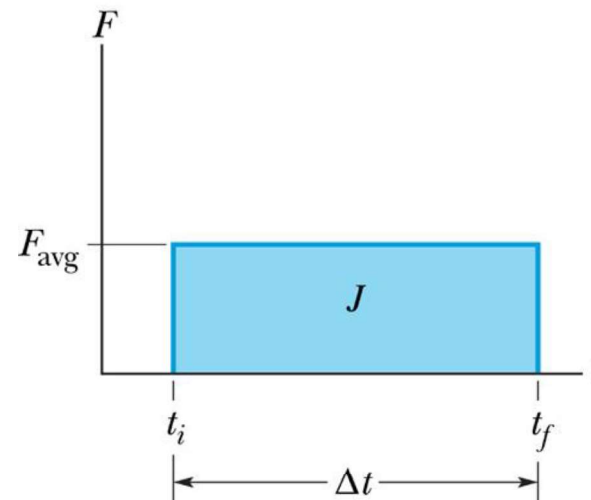
J = área sob a curva F vs. t



★ Cálculo da força média

(Força constante que seria responsável pelo mesmo impulso):

$$\int_{t_i}^{t_f} F(t) dt = J = F_{med} \Delta t$$



★ Exercício 9-31 (8ª ed.)

A figura mostra uma bola de beisebol de 0,300 kg imediatamente antes e depois de colidir com um taco. O módulo de \vec{v}_1 é 12,0 m/s e $\theta_1 = 35^\circ$. O módulo de \vec{v}_2 é 10,0 m/s. A duração da colisão é de 2,00 ms. Quais são o **(a)** o módulo e **(b)** a orientação (em relação ao semi-eixo x positivo) do impulso do taco sobre a bola? Quais são **(c)** o módulo e **(d)** a orientação da força média que o taco exerce sobre a bola?

