

Aula 35: colisões em 1D e referencial do CM

- Definir o termo “colisão”.
- Explicar sob quais condições o momento de um sistema é conservado em uma colisão.
- Explicar sob quais condições a energia interna de um sistema é conservada em uma colisão.
- Usar o Princípio do Momento para calcular os vetores momento inicial e final para um sistema de dois objetos colidindo frontalmente.
- Descrever o que é o referencial do centro de massa e explicar quando é vantajoso utilizá-lo.

O conceito de colisão

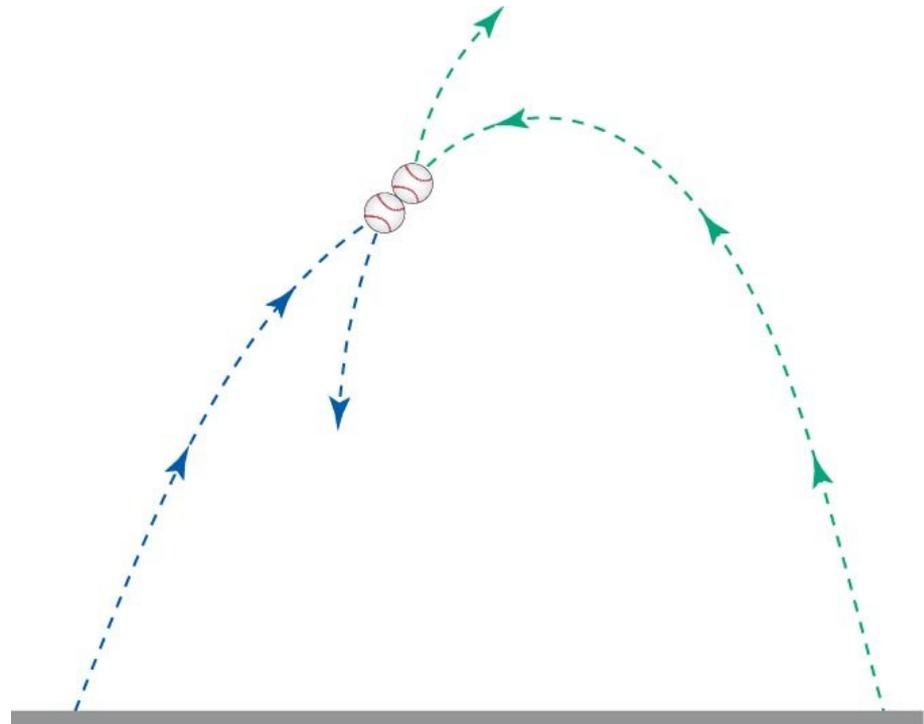


- 2 corpos interagentes (ou mais...)
- Forças relativamente muito grandes em um intervalo de tempo relativamente muito curto (antes/depois corpos fracamente interagentes)
- Sistema praticamente isolado (durante a colisão)
- Detalhes do processo de colisão irrelevantes
- Interesse: estado final \Leftrightarrow estado inicial

Colisão (2 corpos)

- Ex. colisão entre 2 bolas de tênis no ar.
- Forças de colisão $\gg mg$
- Tempo de colisão

$$\ll \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



Colisão (2 corpos)

Uma bola de basquete de 200 g é solta de uma certa altura, atinge o solo com velocidade escalar de 8 m/s e rebate para cima com velocidade escalar de 7 m/s logo após o choque. A bola tem contato com o solo por 0,5 ms.

Vamos calcular a razão F_c/F_g , sendo F_c a força média envolvida durante o processo de colisão e F_g a força gravitacional na superfície da Terra agindo sobre a bola de basquete.

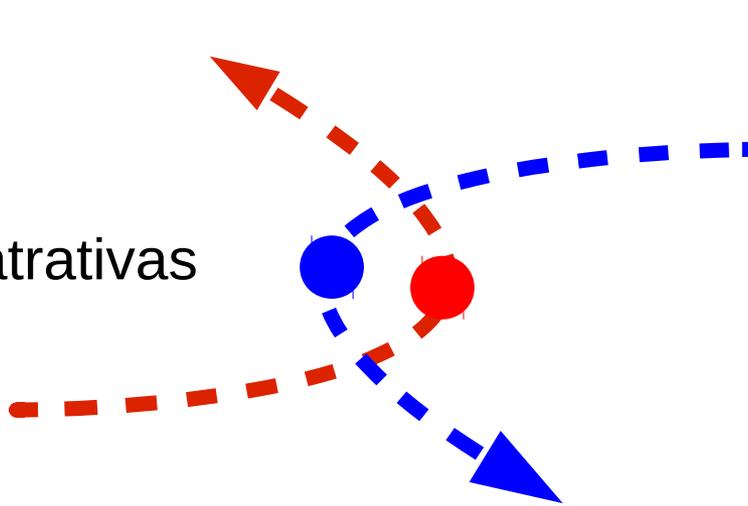
- Solução:

$$\Delta p = 0,2(7+8) = 3 \text{ kg m/s} \rightarrow F_c = \frac{3}{0,5 \times 10^{-3}} = 6000 \text{ N}$$

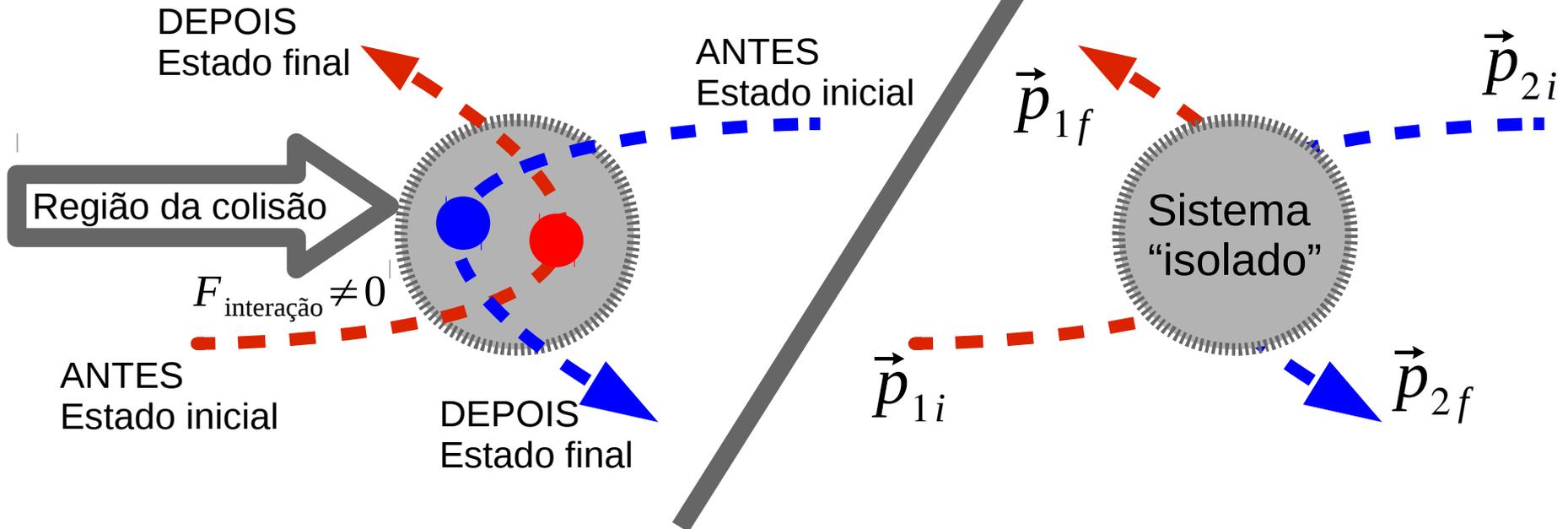
$$F_c / F_g = 6000 / 2 = 3000$$

Processo de colisão

Ex.: forças atrativas



$$\vec{P}_f = \vec{P}_i$$
$$E_f = E_i$$



DEPOIS
Estado final

ANTES
Estado inicial

Região da colisão

$F_{\text{interação}} \neq 0$

ANTES
Estado inicial

DEPOIS
Estado final

\vec{p}_{1f}

\vec{p}_{2i}

Sistema
"isolado"

\vec{p}_{1i}

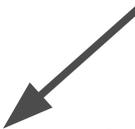
\vec{p}_{2f}

Tipos de colisão

(quanto à energia cinética K)

- Elástica: $K_f = K_i$
- Inelástica: $K_f < K_i$
- Totalmente inelástica: $K_{f,rel} = 0$ ($K_f \geq 0$)
- Explosiva: $K_f > K_i$

Energia cinética de translação dos 2 corpos no ref. do CM



Energia interna dos corpos envolvidos



$$E = K + E_{\text{int}}(\text{tot})$$

Longe da região de interação (ou seja, onde $U \sim 0$)

Sempre:

$$E = K + E_{\text{int}}(\text{tot}) + U$$

$$\left. \begin{aligned} \vec{P}_f &= \vec{P}_i \\ E_f &= E_i \end{aligned} \right\} \text{(sistema isolado)}$$

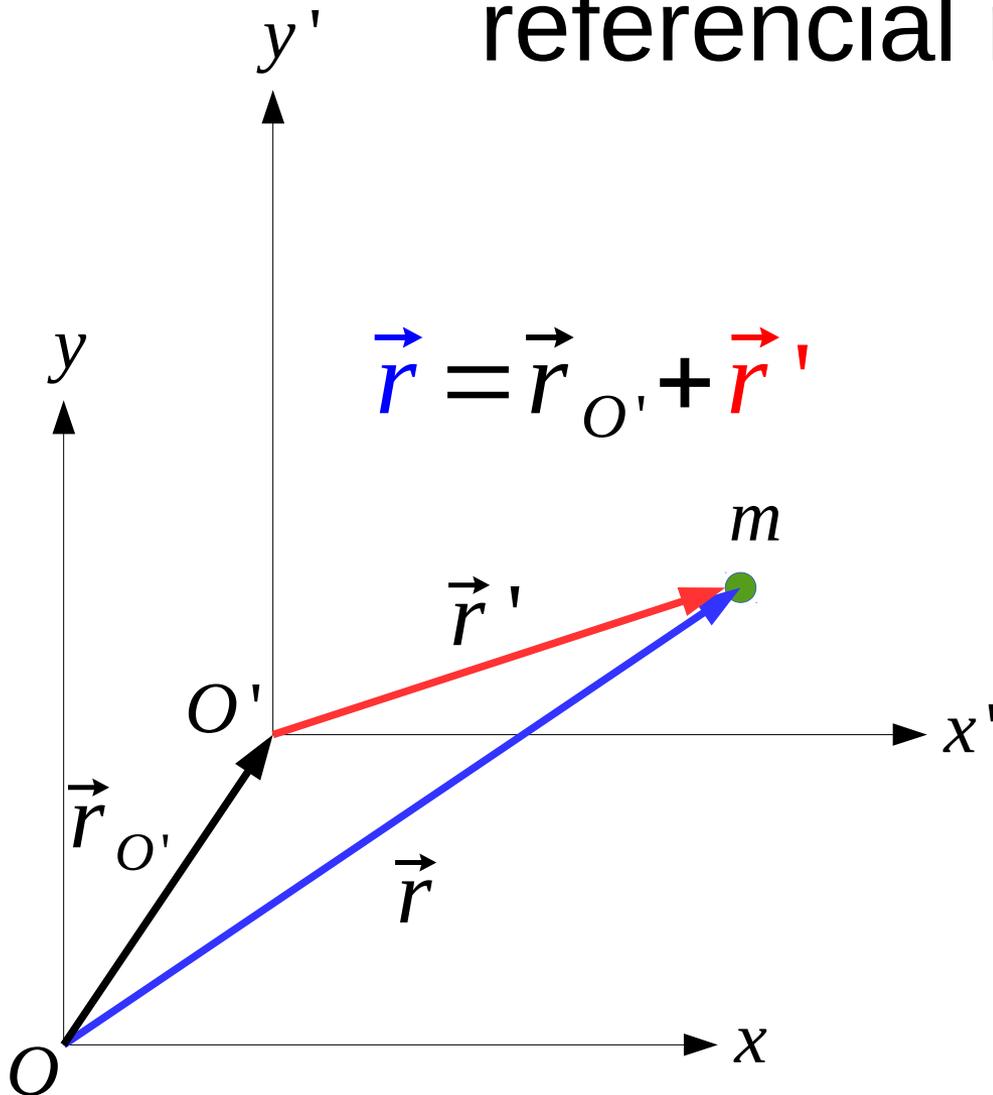
Qual das seguintes afirmações é verdadeira tanto para colisões "elásticas" quanto para colisões "inelásticas"?

A) A energia interna do sistema depois da colisão é diferente daquela antes da colisão.

B) O momento total do sistema não se altera.

C) A energia cinética total do sistema não se altera.

Transformando coordenadas para um referencial móvel



$$\vec{r} = \vec{r}_{O'} + \vec{r}'$$

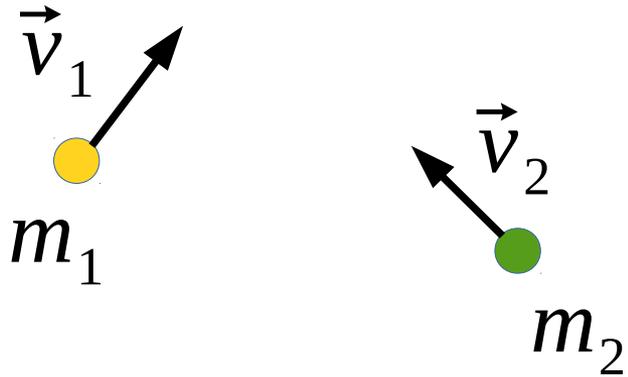
O referencial $x'O'y'$ move-se com velocidade constante em relação ao referencial xOy .

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{r}_{O'}$$

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_{O'}$$

Transformação de Galileu,
válida apenas para baixas
velocidades

Colisão entre duas partículas



$$\vec{p}_{\text{sis}} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

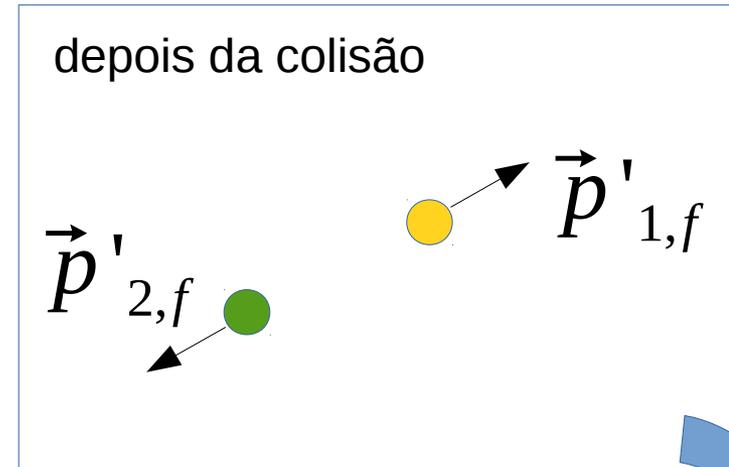
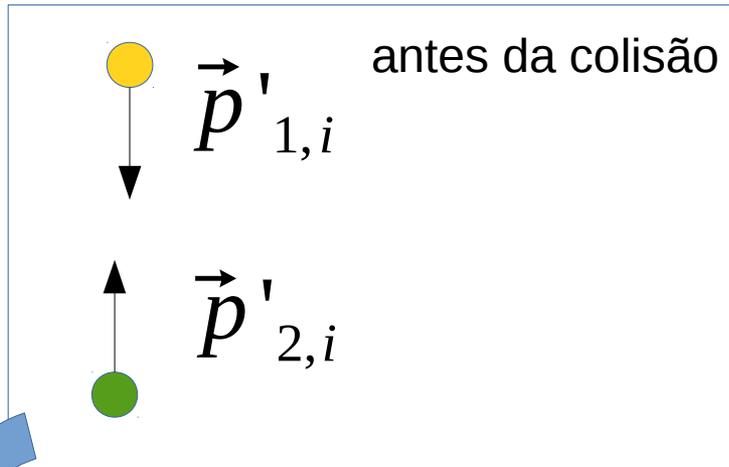
$$\vec{p}_{\text{sis},i} = \vec{p}_{\text{sis},f}$$

Em que referencial (móvel) o momento do sistema é nulo?

$$\vec{p}'_{\text{sis}} = m_1 (\vec{v}_1 - \vec{v}_{O'}) + m_2 (\vec{v}_2 - \vec{v}_{O'})$$

$$\vec{p}'_{\text{sis}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{v}_{O'} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2} = \vec{v}_{\text{CM}}$$

Colisões no referencial do CM parecem especialmente simples



$$\vec{p}'_{\text{sis},i} = 0, \quad \vec{p}'_{\text{sis},f} = 0$$

$$\vec{p}'_{1,i} + \vec{p}'_{2,i} = 0, \quad \vec{p}'_{1,f} + \vec{p}'_{2,f} = 0$$

$$\vec{p}'_{1,i} = -\vec{p}'_{2,i} \quad \text{e} \quad \vec{p}'_{1,f} = -\vec{p}'_{2,f}$$

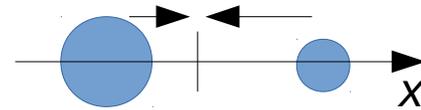
Colisão no
ref. do CM:

$$\vec{p}'_{1,i} = -\vec{p}'_{2,i} \quad \text{e} \quad \vec{p}'_{1,f} = -\vec{p}'_{2,f}$$

Aplicação: colisão elástica frontal

- Mostrem NA LOUSA que, nessa colisão (elástica frontal), as componentes relevantes das velocidades no referencial do CM relacionam-se por

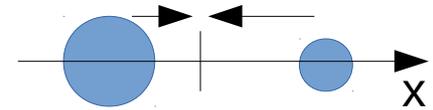
$$v'_{1,f} = -v'_{1,i} \quad \text{e} \quad v'_{2,f} = -v'_{2,i}$$



Dica: usem o resultado no alto da página, escrevam a energia cinética em termos apenas dos momentos e das massas, combinem as equações e **somente ao final** expressem velocidades em termos de momentos.

- Usando esse último resultado, mudem para o referencial do laboratório, através da expressão geral $v' = v - v_{\text{CM}}$, para obter $v_{1,f}$ e $v_{2,f}$ em termos de $v_{1,i}$, $v_{2,i}$ e das massas m_1 e m_2 .

Aplicação: colisão elástica frontal



- Resultado:

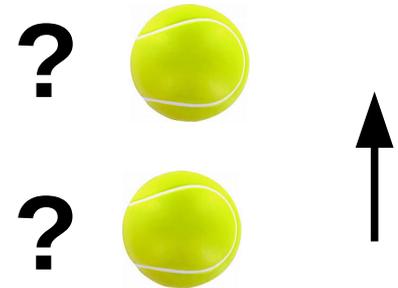
$$v_{1,f} = -v_{1,i} + 2v_{\text{CM}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1,i} + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_{2,i}$$

$$v_{2,f} = -v_{2,i} + 2v_{\text{CM}} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{1,i} + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_{2,i}$$

- Quais são os limites dessas relações quando uma partícula muito leve colide com outra muito pesada, inicialmente em repouso?

Abandonando bolas empilhadas

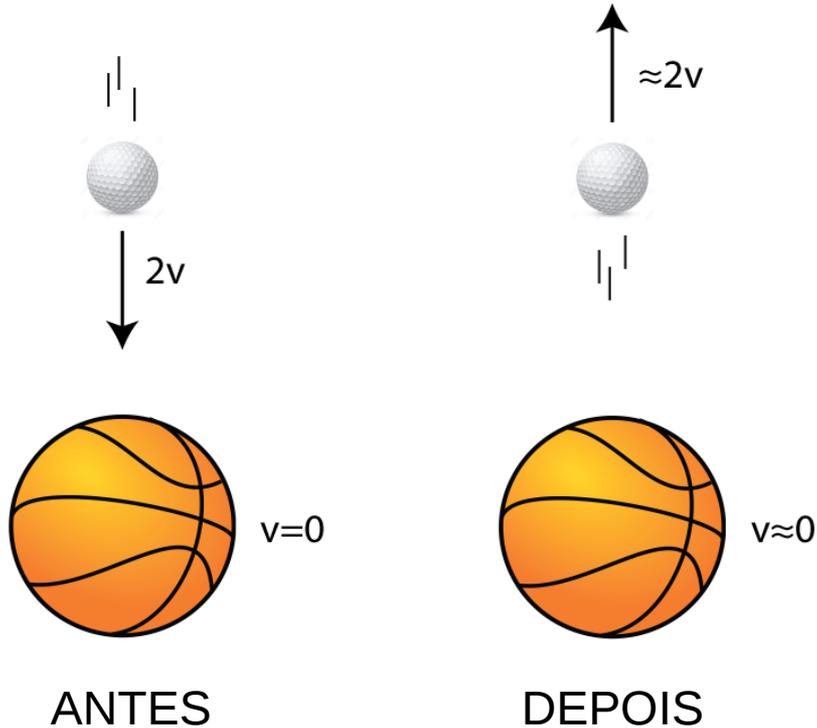
Parte 2 no moodle



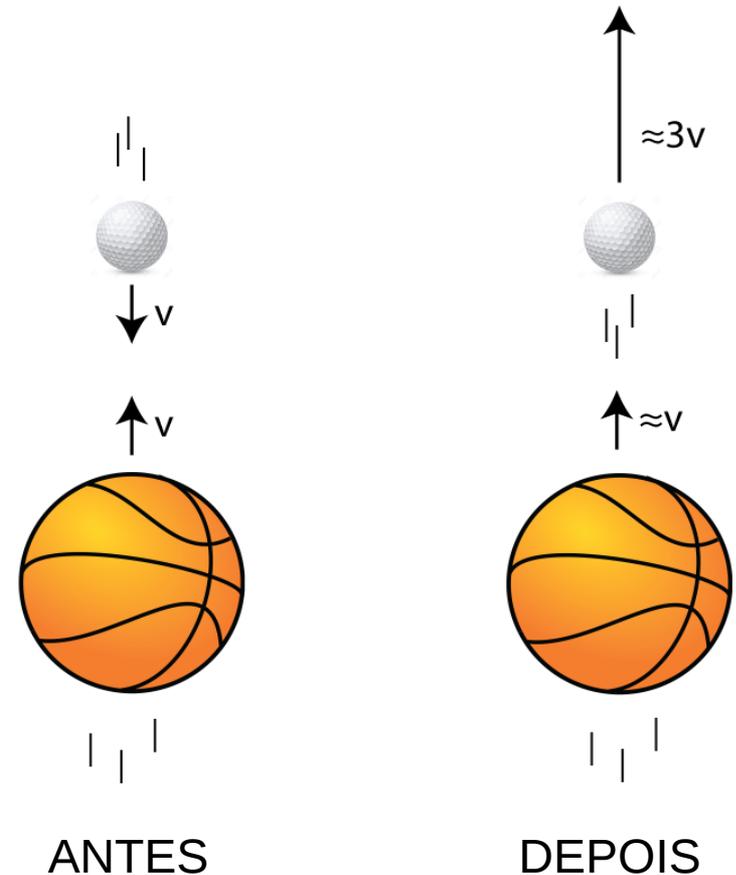
Abandonando bolas empilhadas

Fechamento da parte 2

Em um referencial em que a bola de basquete está instantaneamente parada



No referencial do laboratório



Abandonando bolas empilhadas

- Várias possibilidades para a origem da discrepância entre teoria e experimento. Quais é possível citar?

Abandonando bolas empilhadas

- Várias possibilidades para a origem da discrepância entre teoria e experimento. Quais é possível citar?
- Vamos testar a hipótese de que o ingrediente mais relevante é que as colisões sejam inelásticas.

Coeficiente de restituição e

- Definição: $e = v_{\text{rel},f} / v_{\text{rel},i}$
- Vamos testar a hipótese de que o ingrediente mais relevante é que as colisões sejam inelásticas
- Avaliar e experimentalmente, para bola de basquete (no chão) e de tênis (sobre a de basquete no chão), medindo a variação da altura (inicial e final).

“Antes de sair”

Apagar lousas.

Desligar notebooks.

Outras providências de arrumação que julgar necessárias...

Não esquecer objetos (réguas, canetas, cadernos, celulares...)

A equipe agradece!!