

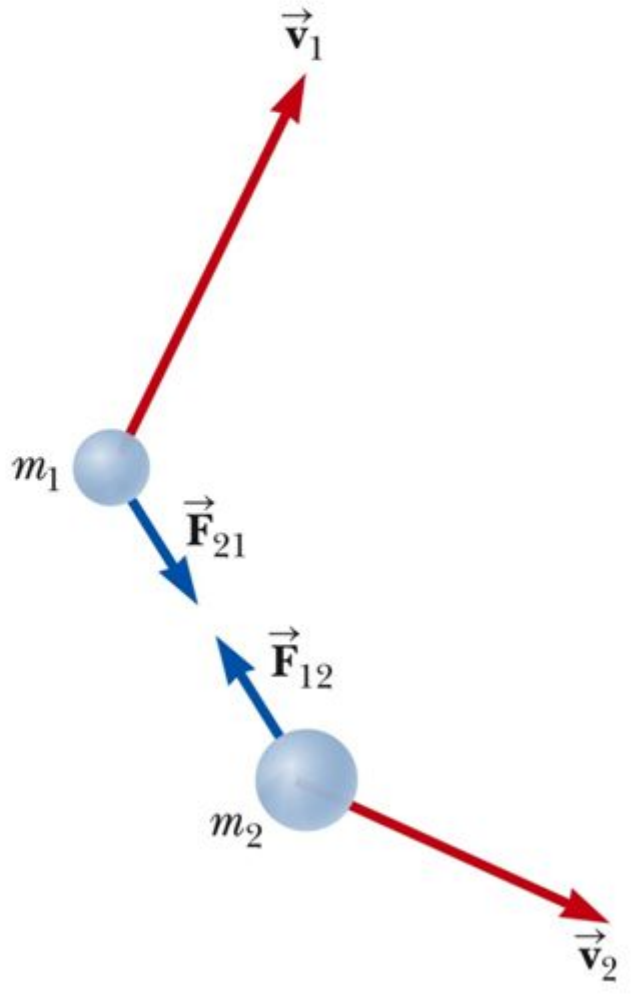
Momento e Colisões: Introdução



- O que acontece quando 2 ou mais objetos colidem?
 - Todos alteram seus movimentos.
 - Alguns podem parar,
 - Outros podem continuar se movendo em outra direção.
- Como compreender e analisar tais eventos, usando as leis de Newton.
- Conceitos de:
 - ❖ **Momento.**
 - ❖ **Nova lei de conservação.**
- Análise de colisões de veículos
 - Determina a velocidade relativa dos carros antes da colisão, e ajuda os engenheiros a construir veículos mais seguros.



Definindo Momento Linear



$$\vec{F}_{12} = m_1 \vec{a}_1$$

- Sistema isolado de 2 partículas em interação
 - Massas m_1 e m_2 , velocidades v_1 e v_2
- Ação e reação da Terceira Lei de Newton →
 - Se a Força da partícula 1 atua sobre a partícula 2 = F_{21}
 - Uma segunda Força que a partícula 2 exerce sobre 1 = F_{12}
 - $F_{12} = -F_{21}$
- Condição geral deste sistema:

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{12} = \mathbf{0}$$

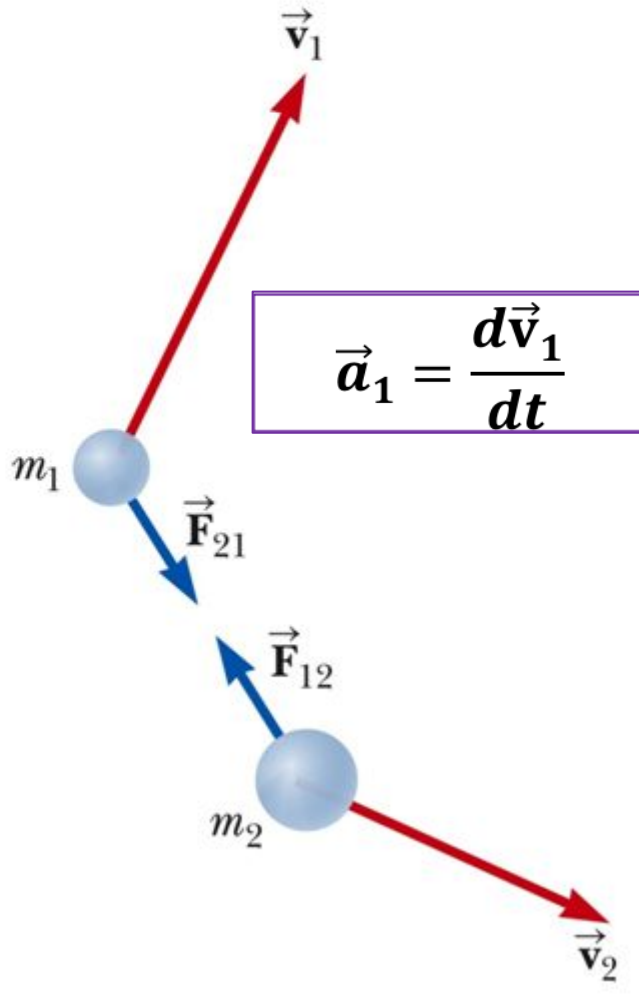
- Acelerações a_1 , a_2

- Usando a Segunda Lei de Newton →

$$m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 = \mathbf{0}$$

$$m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 = 0$$

Momento Linear



- Usando a definição de aceleração:

$$m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} + m_2 \frac{d\vec{v}_2}{dt} = 0$$

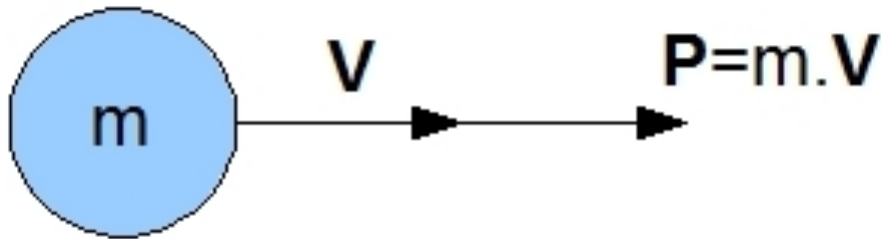
- Massas m_1 e m_2 constantes com o tempo

$$\frac{d(m_1 \vec{v}_1)}{dt} + \frac{d(m_2 \vec{v}_2)}{dt} = 0$$
$$\frac{d}{dt} (m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2) = 0$$

- ✓ Essa soma ($m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$) deve ser constante.

- A quantidade $m\vec{v}$ de uma partícula é importante (\because a soma dessas para um sistema de partículas é conservada).
 - Esta quantidade é chamado de Momento Linear.

Momento Linear



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

- ❖ Dimensões do $[p] = M L / T$
- ❖ A unidade SI é kg m/s.

- O Momento Linear (p) de uma partícula ou objeto de massa m movendo-se com velocidade v , é definido como o produto da massa e da velocidade vetorial da partícula.

✓ Expressão não relativística, válida apenas quando $v \ll$ velocidade da luz.

- Uma grandeza vetorial \rightarrow Direção é ao longo de v
- No espaço tridimensional, p tem 3 components:

$$p_x = m v_x \quad , \quad p_y = m v_y \quad , \quad p_z = m v_z$$

Como o Momento Linear se relaciona com a Força?

- Segunda Lei de Newton: $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$
- Se a massa de um objeto muda com o tempo?
 - E.g:
 - Foguete espacial expelindo combustível quando sobe,
 - Bola de neve rolando colina abaixo, adicionando mais neve, ...
 - Forma alternativa da Segunda Lei de Newton:
 - A taxa de variação do momento de uma partícula no tempo é igual à força resultante agindo sobre ela.

$$m \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

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

Se $\Sigma \vec{F} = \mathbf{0}$, $\Rightarrow \frac{d\vec{p}}{dt} = \mathbf{0}$, ou $\vec{p} = \text{constante}$

- ✓ o que é a Primeira Lei de Newton.

Calculando o Momento Linear

- Um carro de massa 1500 kg começa a se mover do repouso com uma aceleração constante $\mathbf{a} = (0,01 \mathbf{i} + 0,005 \mathbf{j}) \text{ m/s}^2$. Qual é o momento linear do carro após 10 minutos?

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

- SOLUÇÃO:

- Deve calcular a velocidade primeiro. ➤ Usando, $m = 1500 \text{ kg}$
- $t = 10 \text{ minutos} = 600 \text{ s.}$ ➤ $\mathbf{p} = m \mathbf{v}$
- $\mathbf{v} = \mathbf{v}_i + (\mathbf{a} * t)$
 - $= 0 + \{(0,01 \mathbf{i} + 0,005 \mathbf{j}) * 600\} \text{ m/s}$
 - $= (6 \mathbf{i} + 3 \mathbf{j}) \text{ m/s}$
- $= 1500 \text{ kg} * (6 \mathbf{i} + 3 \mathbf{j}) \text{ m/s}$
- $= (9000 \mathbf{i} + 4500 \mathbf{j}) \text{ kg m/s}$
- ✓ módulo $p = \text{sqrt}(9000^2 + 4500^2)$
 $= 10062,31 \text{ kg m/s}$
- ✓ ângulo que \mathbf{p} faz com o eixo-X
 $\theta = \text{Tan}^{-1}(4500/ 9000) = 26,57^\circ$