

# FZEB0171 – Física Geral e Experimental I

## Aula 9

Eliria M. J. Agnolon Pallone  
eliria@usp.br

# Dinâmica de partículas pontuais

Cinemática – discutimos os elementos que entram na descrição do movimento de um partícula



Dinâmica – causas do movimento da partícula

**O que faz um corpo cair em direção à terra?**

**O que faz com que um corpo deixe de exercer um movimento?**



**O que faz com que um objeto em movimento altere a sua velocidade?**

De acordo com Newton, **todas leis do movimento valem em qualquer lugar**, seja no Brasil, na Inglaterra, na China ou na Lua. Para saber que movimento apresentará um corpo qualquer do universo, basta conhecer **as forças** que atuam nesse corpo e aplicar as leis do movimento.



# I Lei de Newton: A lei da inércia

“Se nenhuma força atua sobre um corpo, sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração.”

Em outras palavras, se um corpo está em repouso, permanecerá um repouso. Se está em movimento retilíneo uniforme, continua com a mesma velocidade (mesmo módulo e orientação). A **inércia**, portanto, é uma propriedade que os corpos possuem **de resistir à mudança de seu estado de movimento**. Para mudar a velocidade de um corpo, é preciso aplicar uma força sobre ele.



# Quantidade de Movimento

Todos nós sabemos que é muito mais difícil parar um caminhão pesado do que um carro que esteja se movendo com a mesma rapidez.

Isso se deve ao fato do caminhão ter mais *inércia em movimento*, ou seja, *quantidade de movimento*.

A quantidade de movimento depende da velocidade e da massa dos corpos envolvidos.

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

unidade

$$\vec{p} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

É uma grandeza vetorial, possui direção e sentido, cujo módulo é o produto da massa pela velocidade.

# Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento

Como consequência imediata da lei da inércia, um observador reconhece que uma partícula não é livre, quando ele observa que ela não permanece com velocidade ou quantidade de movimento constantes, por outras palavras; a partícula sofre uma aceleração.



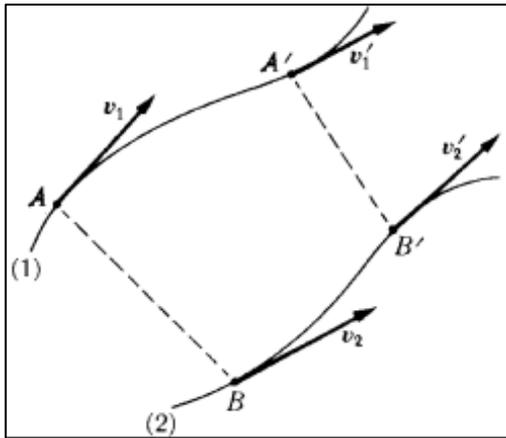
Considerando agora uma situação ideal, de apenas duas partículas sozinhas no Universo, interagindo entre si.

Como resultado dessa interação as suas velocidades individuais variam com o tempo e as suas trajetórias são em geral curvas.

Num determinado instante  $t$ , a partícula 1 está em  $A$ , com velocidade  $\vec{v}_1$  (e massa  $m_1$ ), a partícula 2 está em  $B$ , com velocidade  $\vec{v}_2$  (e massa  $m_2$ ). Num instante posterior  $t'$ , as partículas estarão em  $A'$  e  $B'$ , com velocidades respectivamente,  $\vec{v}'_1$  e  $\vec{v}'_2$

A quantidade de movimento total do sistema, no instante  $t$ , é:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$



No instante  $t'$ , a quantidade de movimento total do sistema, será:

$$\vec{P}' = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

$$\vec{P} = \vec{P}'$$

“a quantidade de movimento total de um sistema composto por duas partículas sujeitas somente às suas interações mútuas permanece constante”

$$\vec{P} = \vec{P}' \quad \longrightarrow \quad \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

$$\vec{p}'_1 - \vec{p}_1 = \vec{p}_2 - \vec{p}'_2 = -(\vec{p}'_2 - \vec{p}_2)$$

$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2$$



num sistema isolado de duas partículas em interação, a variação da quantidade de movimento de uma delas, durante um certo intervalo de tempo, é igual em módulo, e de sinal contrário, à variação da quantidade de movimento da outra partícula durante o mesmo intervalo de tempo.

"uma interação origina sempre uma troca de quantidade de movimento"



Em outras palavras a quantidade de movimento "perdida" por uma das partículas em interação é igual à quantidade de movimento "ganha" pela outra partícula.

## Exercício

Uma arma cuja massa é 0,80kg, dispara um projétil de massa 0,016kg com velocidade de 700 m/s. Calcule a velocidade de recuo da arma

# Redefinição de Massa

Podemos exprimir a variação da quantidade de movimento de uma partícula, como:

$$\Delta \vec{p} = \Delta (m\vec{v}) = m \Delta \vec{v}$$

num sistema de duas partículas,

$$m_1 \Delta \vec{v}_1 = -m_2 \Delta \vec{v}_2$$

considerando somente os módulos,

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{|\Delta \vec{v}_1|}{|\Delta \vec{v}_2|}$$

## A Segunda e Terceira Lei de Newton. Conceito de Força

Quer por dificuldade, quer propositadamente, é quase sempre impossível de determinar as interações totais entre todas as partículas de um sistema muito numeroso, ou seja, conhecer as quantidades de movimento da cada partícula.

Se introduzirmos o conceito de Força, podemos resolver este "problema".

Vamos relacionar as variações das quantidades de movimento, num intervalo de tempo,  $\Delta t = t' - t$

$$\frac{\Delta \vec{p}_1}{\Delta t} = -\frac{\Delta \vec{p}_2}{\Delta t}$$

quando  $\Delta t \rightarrow 0$ , temos,

$$\frac{d \vec{p}_1}{d t} = -\frac{d \vec{p}_2}{d t}$$

variação temporal da quantidade de movimento de uma partícula o nome de "força"

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

A expressão referida é a Segunda Lei de Newton para o movimento, (é mais uma definição do que uma lei, e é consequência direta do princípio de conservação da quantidade de movimento).

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

"quando duas partículas interagem, a força sobre uma partícula é igual em módulo, e de sentido contrário, à força sobre a outra partícula"

O que corresponde ao enunciado da Terceira Lei de Newton para o movimento, também conhecida como a Lei de Ação-Reação. Podemos ainda escrever a segunda lei, como:

$$\vec{F} = \frac{d \vec{p}}{d t} = \frac{d (m \vec{v})}{d t} = m \frac{d \vec{v}}{d t} = m \vec{a}$$

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

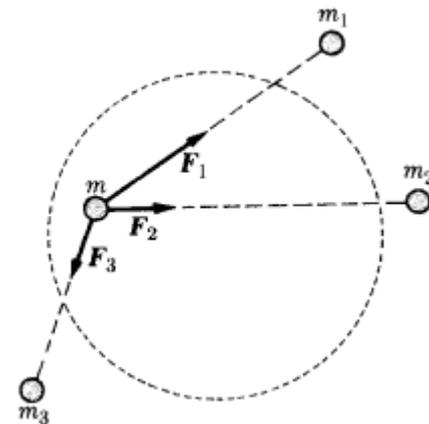
“Se a massa é constante, a força é igual ao produto da massa pela aceleração”

Consideremos uma partícula ( $m$ ) a interagir com um número  $n$  de partículas, ( $m_1, m_2, m_3, \dots$ ). Devido a essa interação, cada uma das partículas produzirá uma variação na quantidade de movimento da partícula ( $m$ ), que se caracteriza pelas respectivas forças ( $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots$ ). A variação total da quantidade de movimento da partícula será:

$$\frac{d \vec{p}}{d t} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \vec{F}_{res}$$

força  $F_{res}$  é chamada força resultante que atua na partícula  $m$ .

Unidade da força:  
Newton "N" ( $\text{kg m/s}^2$ )



Uma partícula de massa  $10\text{Kg}$ , sujeita a uma força  $F = (120t + 40)\text{N}$ , move-se em linha reta. No instante  $t = 0$  a partícula esta em  $x_0 = 5\text{m}$ , Com velocidade de  $v_0 = 6\text{m/s}$ . Encontre sua velocidade e posição em qualquer instante de tempo.

Um automóvel cuja massa é  $10^3$  kg sob uma rua com  $20^\circ$  de inclinação. Determine a força que o motor deve exercer para que o carro se mova:

- a) Com movimento uniforme
- b) Com  $a = 0,2 \text{ m/s}^2$
- c) Determine também para cada caso a força que a pista exerce no automóvel