

Conservação da Quantidade de Movimento, Colisões

1- Quantidade de movimento

Qualquer pessoa sabe que uma trombada de um carro com outro praticamente igual e em velocidades semelhantes é menos grave do que uma trombada com um caminhão pesado. A trombada com um caminhão pesado envolve mais força, mais energia. Agora, no caso de os dois carros terem o mesmo tamanho, se um dos carros estiver em velocidade muito maior, o desastre pode ser tão grave quanto na trombada com um caminhão pesado. Portanto, a velocidade e a massa devem ser consideradas ao analisar um choque. Define-se a quantidade de movimento (p) como o produto da velocidade de uma partícula pela sua massa $p = mv$

A relevância dessa grandeza física (a quantidade de movimento) foi percebida e, conseqüentemente, introduzida por Newton. A quantidade de movimento é uma grandeza fundamental na Física. Com o advento da Teoria da Relatividade de Einstein, demos-nos conta de que ela é mais do que uma mera definição.

À primeira vista pode parecer ao leitor que quantidade de movimento (ou momento linear) é apenas mais uma definição. Para que assim não se pense, queremos lembrar que, na Física Moderna, quantidade de movimento é mais fundamental do que parece à primeira vista. Por exemplo, na Física Moderna, faz sentido falar em quantidade de movimento mesmo para partículas de massa zero, como o fóton. (Nesse caso, obviamente, não se adota a definição $p = mv$.)

Utilizando-se a quantidade de movimento, a [Lei de Newton](#) assume a forma

$$F = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{dp}{dt}$$

ou seja, a força é igual à taxa de variação da quantidade de movimento.

Podemos, portanto, afirmar, de uma forma absolutamente geral, que forças são responsáveis pela variação da quantidade de movimento.

2- Grandeza vetorial

Até agora tratamos tão somente do módulo da quantidade de movimento. Lembre-se de que a velocidade é uma grandeza vetorial, assim como a força. Temos que considerar módulo, direção e sentido dessas grandezas. Como a massa é uma grandeza escalar sempre positiva, a quantidade de movimento é representada por um vetor cujo módulo é proporcional ao vetor velocidade e tem a mesma direção e o mesmo sentido.

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

Para representar o vetor quantidade de movimento \vec{p} em um sistema de coordenadas, basta multiplicar cada coordenada do vetor velocidade \vec{v} por m para obter as coordenadas correspondentes de \vec{p} .

3-Movimento dos foguetes

Uma das evidências de que a grandeza relevante, no estudo do movimento, é a variação da quantidade de movimento é dada pelo movimento dos foguetes.

Um foguete consegue aumentar sua velocidade mesmo na ausência de forças externas. Como isso é possível?

O aumento da velocidade (e, portanto, sua aceleração) ocorre como resultado da ejeção de combustível a uma velocidade \vec{v} em relação ao foguete.



Para entendermos a dinâmica do movimento do foguete, imaginemos que, no processo de emissão, ele perca, num certo intervalo muito pequeno de tempo (Δt), uma quantidade de massa Δm (de combustível).

Antes da queima dessa quantidade de combustível, temos que a quantidade de movimento é dada por

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

Depois da emissão da massa Δm a uma velocidade \vec{u} relativa ao foguete, teremos para a quantidade de movimento do foguete, supondo que essa massa é ejetada na mesma direção de \vec{v} e sentido contrário, como mostra a figura.

A quantidade de movimento final do foguete $\vec{p}_f^{\text{foguete}}$ será:

$$\vec{p}_f^{\text{foguete}} = (m - \Delta m)(\vec{v} + \Delta\vec{v})$$

e a quantidade de movimento final do combustível ejetado \vec{p}_f^{comb} será:

$$\vec{p}_f^{comb} = \Delta m(\vec{u} + \vec{v})$$

A quantidade de movimento total, depois da ejeção, será então:

$$\vec{p}_f = \vec{p}_f^{comb} + \vec{p}_f^{foguete}$$

A conservação da quantidade de movimento impõe:

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f$$

$$m\vec{v} = (m - \Delta m)(\vec{v} + \Delta\vec{v}) + \Delta m(\vec{u} + \vec{v})$$

$$m\vec{v} = m\vec{v} + m\Delta\vec{v} - \Delta m\vec{v} + \Delta m\vec{u} + \Delta m\vec{v}$$

$$m\Delta\vec{v} = -\Delta m\vec{u}$$

$m\Delta\vec{v}$ e $\Delta m\vec{u}$ são vetores com mesmo módulo e direções opostas.

Considerando apenas os módulos

$$m\Delta v = \Delta m u$$

Se dividirmos ambos os membros por um intervalo de tempo t , tão pequeno quanto se queira:

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t} u$$

A variação da massa em função do tempo causa uma variação na velocidade em função do tempo, portanto, o foguete é acelerado. A direção da aceleração é a de $\Delta\vec{v}$.

Dividindo pelo intervalo de tempo Δt , teremos

$$m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = -\frac{\Delta m}{\Delta t} \vec{u}$$

Portanto, uma diminuição da massa à taxa de

$$\frac{\Delta m}{\Delta t}$$

produz um aumento de velocidade.

4- Cotidiano



Prego fino e prego grosso

Você já experimentou pregar duas tábuas de madeira? Se você usar um prego fino e pequeno, o conjunto pode não ficar suficientemente firme, mas é relativamente fácil de pregar com qualquer martelo. Agora, se o prego for muito mais grosso e mais comprido, dificilmente você vai conseguir pregar a não ser que use um martelo maior mais adequado. O martelo maior, mais pesado vai transferir maior quantidade de movimento.

Bola de pingue-pongue e bola de boliche

Se você arremessar, na horizontal sobre o chão, uma bola de ping-pong sobre outra parada, uma vez acertada a pontaria, a bolinha parada sairá do lugar. Repetindo a mesma experiência, agora tentando deslocar uma bola de boliche parada, você não terá o mesmo sucesso.

Choque entre jogadores de futebol

Você certamente já viu a desvantagem de um jogador de ataque pequenino e veloz num choque contra um grandalhão da defesa do time adversário.