



Prof. Alberto Ricardo Prass  
www.FISICA.NET

## QUANTIDADE DE MOVIMENTO

A variação da velocidade depende da força e do tempo em que ela age

12

### QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Uma bola de bilhar é lançada contra um conjunto de outras colocadas em fila. Choca-se contra esse conjunto segundo a reta formada pelos centros de todas as bolas. O que acontece? A última bola se destaca, ao passo que a primeira se incorpora à fila. Para duas bolas lançadas, duas bolas se libertam, e assim por diante.

Como em tantas outras atividades comuns, também na mesa de bilhar se comprovam algumas importantes leis da Física. Em um choque nem sempre a energia mecânica se conserva. Parte dela, por exemplo, pode-se transformar em calor, que irá aquecer as bolas, ou em ondas de pressão do ar, que produzem um som. Ao contrário, a quantidade de movimento é sempre constante desde que o sistema seja isolado. E isso explica o fenômeno.

### MOMENTO

A quantidade de movimento (ou momento linear) é uma grandeza física definida como sendo o produto da massa pela sua velocidade. Matematicamente,

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

Intimamente associado ao momento linear está o impulso. Essa grandeza física nada mais é que o produto da força, suposta constante, pelo intervalo de tempo no qual a força age sobre um determinado corpo, ou seja,

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t$$

Imagine-se um corpo parado. Sobre ele, em determinado instante, é aplicada uma força  $F$  durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ ; por definição, é um impulso  $\vec{I}$ . A expressão  $\vec{F}\Delta t$ , a partir da igualdade  $\vec{F} = m\vec{a}$ , pode ser escrita:

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t = m\vec{a}\Delta t$$

<sup>1</sup> Texto extraído e adaptado de: CIÊNCIA ILUSTRADA, Editora Abril Cultural, 1971

<sup>2</sup> www.fisica.net

Como o corpo estava inicialmente parado (velocidade igual a zero), ao fim do intervalo  $\Delta t$ , ele tem a velocidade

$$v = a \cdot t$$

assim, a expressão anterior pode ser completada:

$$I = F \cdot \Delta t = m \cdot a \cdot \Delta t = m(v - 0),$$

onde  $m$  é a massa do corpo. Portanto, o impulso é a própria medida da variação do momento linear do corpo.

### CUIDADO!

Momento é um conceito que entra na descrição de um razoável número de fenômenos, e assim deve ser entendido cuidadosamente conforme cada caso. Um exemplo é a grandeza conhecida como “momento angular”. Guarda uma certa semelhança com o momento linear, porém, tem conceituação diferente: massa x velocidade x distância. Ou seja,

$$L = m \cdot v \cdot r.$$

O momento angular é fundamental na descrição do movimento de um corpo animado de rotação.

### AUXÍLIO MATEMÁTICO

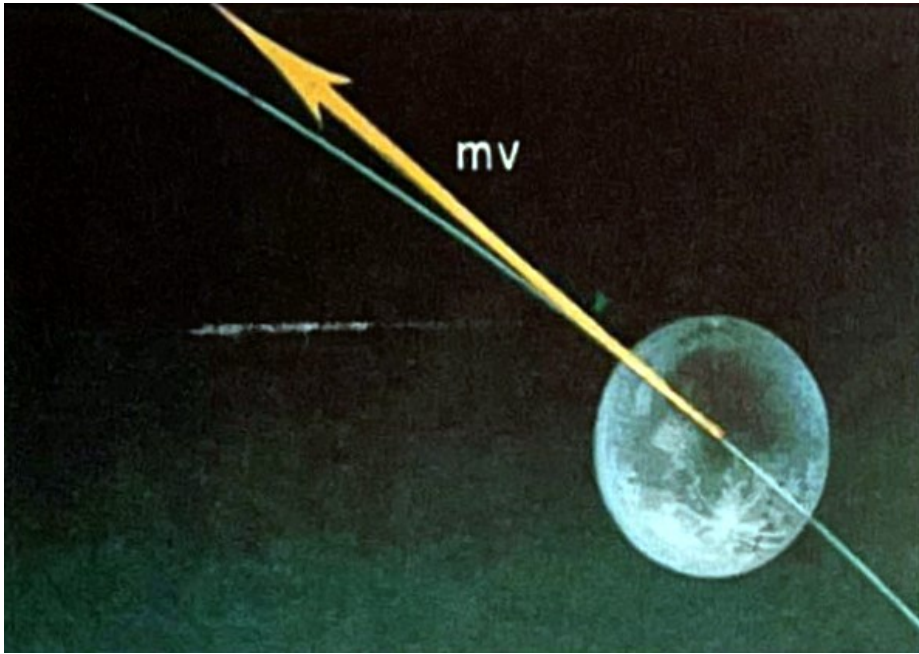
Em Física, certas grandezas podem ser expressas somente por um número, acompanhado de uma unidade. Outras, como força, velocidade e aceleração, exigem informações adicionais, como direção e sentido: são as grandezas vetoriais. Um vetor é um ente geométrico com uma álgebra toda própria, de excelente utilidade nesses casos.

Um vetor é representado por uma seta, na qual o comprimento mede a intensidade, ou módulo. O eixo da seta indica a direção e sua ponta mostra o sentido.

A linguagem vetorial, extremamente precisa e eficiente, ajuda a explicar os fenômenos ligados ao impulso e à quantidade de movimento.

**MOMENTO LINEAR**

Um ponto material (por exemplo, um corpo com pequenas dimensões) que se desloca em movimento uniforme possui uma quantidade de movimento ou momento linear (às vezes abreviado simplesmente para momento). Este é dado pelo produto de massa e velocidade:  $m \cdot v$ . Mas a velocidade de um corpo é representada por um vetor que indica a direção e o sentido do movimento do corpo, além da intensidade, traduzida pelo seu comprimento. Como o momento linear é o produto da massa (escalar) pela velocidade (vetorial), ele é também uma grandeza vetorial. Na ilustração, a quantidade de movimento da Lua: é o produto da velocidade pela sua massa, instante a instante. Está representada por um vetor tangente à trajetória do satélite em cada ponto de sua órbita.



## O IMPULSO TOTAL

Impulso de uma força constante é o produto dessa força pelo intervalo de tempo no qual ela age. Exemplos de impulso são abundantes: a ação de uma pessoa sobre o balanço onde está uma criança; a ação do motor em um foguete; a ação de uma bola de bilhar sobre outra.

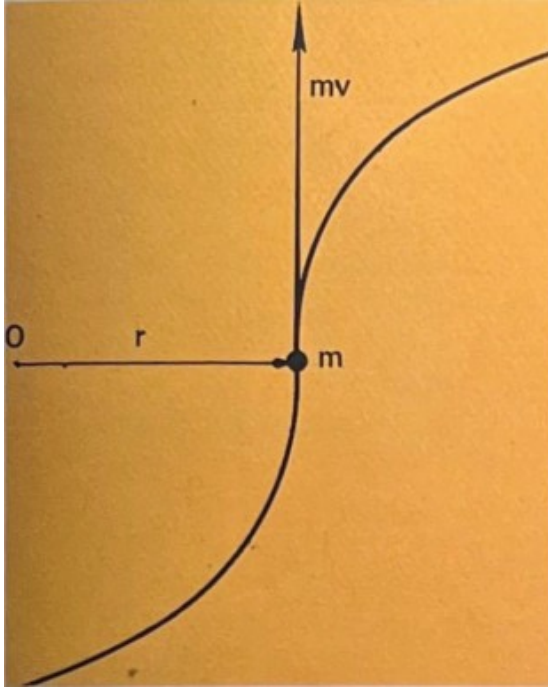
A unidade de impulso é dada pelo produto da unidade de força pela unidade de tempo. Ou seja, as unidades de Impulso são: newton-segundo [N.s]; quilo-grama-força-segundo [kgf.s], etc.

Nem só para forças constantes o impulso é definido. Na verdade, na grande maioria de casos, a força não é constante durante todo o intervalo de tempo. Porém, esse fato não introduz, conceitualmente, grandes diferenças: basta dividir o intervalo de tempo em subintervalos bem pequenos, considerar a força como constante em cada um desses subintervalos e somar todas essas contribuições. O resultado será o impulso total.



**MOMENTO ANGULAR**

Seja o corpo puntiforme  $m$  seguindo uma trajetória que o leva próximo ao ponto  $O$ . O corpo está dotado de velocidade  $v$  e possui o momento linear  $m.v$  representado na figura. Considerando-se a distância  $r$  do ponto  $O$  a tangente à trajetória na posição em estudo, pode ser definida a grandeza  $m.v.r$ , que possui uma certa semelhança formal com o momento linear. Por esta razão, a grandeza  $m.v.r$  é denominada quantidade de movimento em relação ao ponto  $O$ , ou momento angular. E é aplicado ao estudo de corpos em rotação.



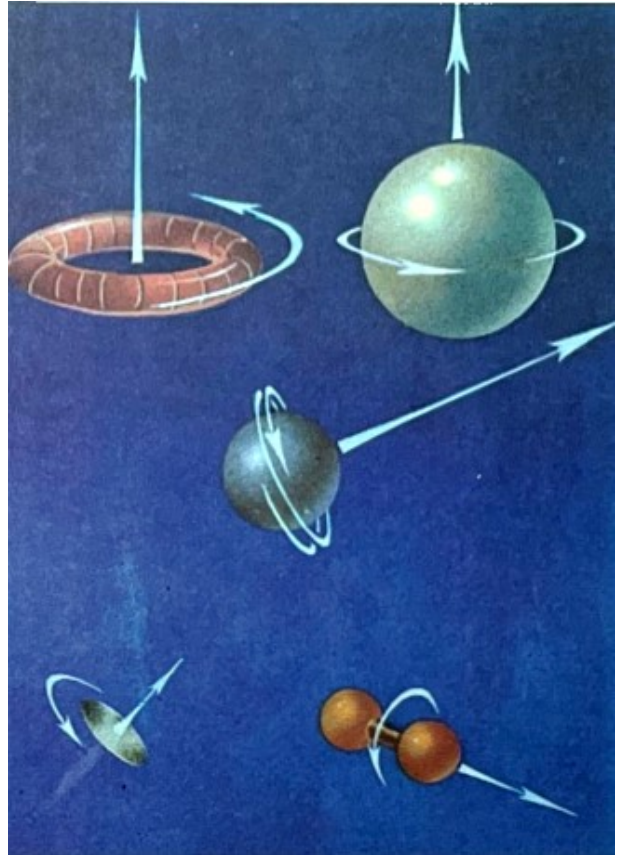
**REPRESENTAÇÃO**

Eis a maneira de representar o momento angular. Trata-se de uma grandeza vetorial e está associado ao movimento rotatório do corpo: existe porque o corpo gira. Além disso, depende de como gira e da direção de seu eixo de rotação.

Assim, é representado por um vetor com direção paralela ao eixo de rotação e o sentido é dado por meio de uma convenção: corresponde ao movimento de um saca-rolhas cujo cabo gira da mesma maneira que o corpo [a]. Em b, outros exemplos de movimento rotatório e o correspondente vetor momento angular.



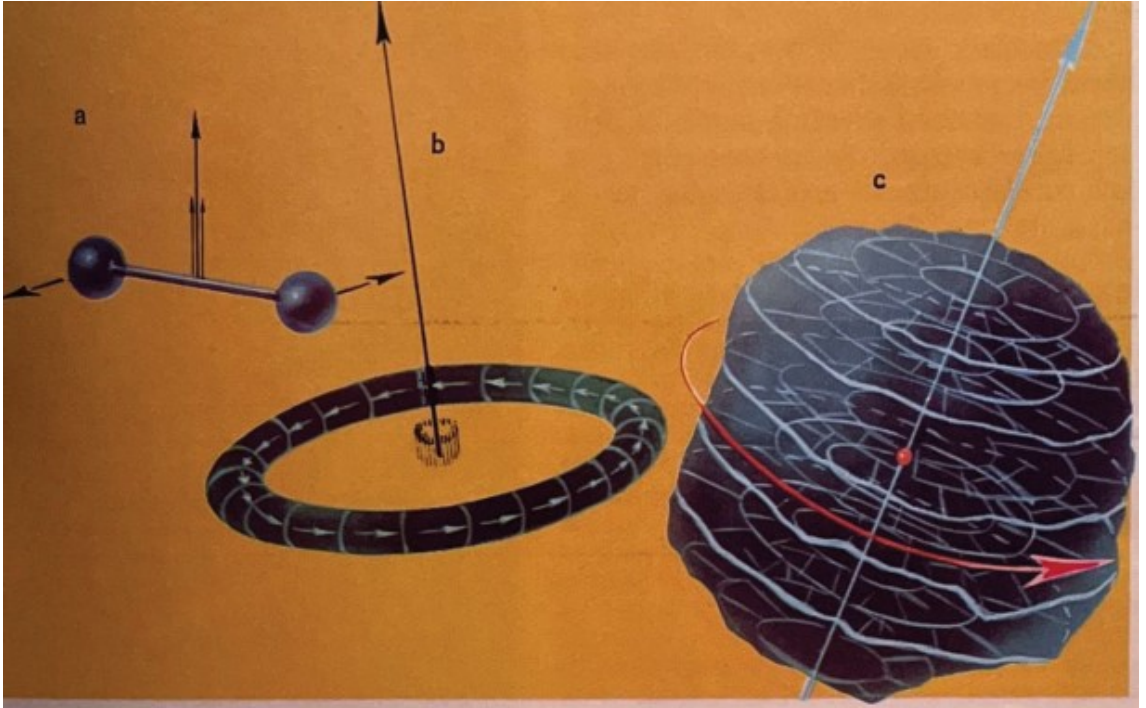
(a)



(b)

**PROBLEMA: UM CORPO CONTÍNUO**

Em **a**, um corpo formado por duas massas puntiformes: o momento angular total é a soma dos momentos angulares de cada corpo. Assim, no mesmo desenho, cada um dos vetores paralelos ao eixo de rotação representa o momento angular de cada corpo. O vetor com duplo comprimento é o momento angular resultante. Em **b**, um anel. Se este for imaginado como composto de um sem-número de corpos puntiformes, aplica-se o mesmo raciocínio anterior; o momento angular é a soma dos momentos de cada um desses corpos. Em **c**, o caso mais geral: um corpo de formato qualquer. O cálculo é semelhante. Primeiro, o corpo é decomposto por meio de planos perpendiculares ao eixo de rotação; cada uma dessas partes é novamente subdividida, agora em coroas circulares; finalmente, cada coroa é dividida em corpos puntiformes. Somadas todas as contribuições, tem-se o momento angular total.



Texto extraído e adaptado de:  
CIÊNCIA ILUSTRADA  
Editora Abril Cultural  
1971