Capítulo 6

Impulso e momento linear

Paula Ferreira: psfer@pos.if.ufrj.br

6.1. Definição de momento linear

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a} \tag{1}$$

$$= m\frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}(m\vec{v})}{\mathrm{d}t} \tag{2}$$

$$\vec{p} = m\vec{v} \tag{3}$$

Quanto maior for a massa m e a velocidade v de um sistema de partículas, maior o momento linear.

$$[p] : kg \cdot m \cdot s^{-1} \tag{4}$$

Reescrevemos a 2ª Lei de Newton:

$$\sum_i \vec{F}_i = \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} \tag{5}$$

6.2. Conservação de momento linear

- Força interna: a força que uma partícula de um sistema exerce sobre outra
- Força externa: força exercida sobre qualquer parte de um sistema por um corpo no exterior do sistema.

6.2.1. Sistema de partículas

$$\vec{F}_{1(2)} = \frac{\mathrm{d}\vec{p}_1}{\mathrm{d}t} \tag{6}$$

$$\vec{F}_{2(1)} = \frac{\mathrm{d}\vec{p}_2}{\mathrm{d}t} \tag{7}$$

O momento linear total do sistema é:

$$\frac{\mathrm{d}\vec{P}}{\mathrm{d}t} = \vec{F}_{1(2)} + \vec{F}_{2(1)} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \tag{8}$$

Para muitas partículas:

$$\vec{P} = \sum_i \vec{p}_i \tag{9}$$

Num sistema que não há forças externas:

$$\frac{\mathrm{d}\vec{P}}{\mathrm{d}t} = 0 \tag{10}$$

que é a expressão de conservação de momento linear.

Para o caso de $\vec{F}_{1(2)}$ $\vec{F}_{2(1)}$, $\vec{F}_{1(2)} = -\vec{F}_{2(1)}$, ou seja, a 3ª Lei de Newton.

Conservação do momento linear: quando a soma vetorial das forças externas que atuam sobre um sistema é igual a zero, o momento linear total do sistema permanece constante (só vale p/ referencial inercial).

6.3. Teorema impulso-momento linear

Considerando uma força resultante constante $\sum_i \vec{F}_i$ atuando sobre uma partícula durante um intervalo de tempo Δt de t_1 a t_2. O impulso da força resultante, designado pelo vetor $\vec{J}$ é:

$$\vec{J} = \sum_i \vec{F}_i (t_2 - t_1) = \sum_i \vec{F}_i \Delta t \tag{11}$$

Mesma unidade de momento linear:

$$[J] = N \cdot s = kg \cdot m/s \tag{12}$$

Para uma força entre os mesmos instantes, podemos escrever:

$$\sum_i \vec{F}_i = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{t_2 - t_1} \tag{13}$$

$$\sum_i \vec{F}_i \Delta t = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 \tag{14}$$

Então, obtemos o teorema impulso-momento linear:

$$\vec{J} = \Delta \vec{p} \tag{15}$$

Para forças não constantes:

$$\sum_i \vec{F}_i = \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} \tag{16}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} \sum_i \vec{F}_i \mathrm{d}t = \int_{t_1}^{t^2} \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} \mathrm{d}t \tag{17}$$

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \sum_i \vec{F}_i \mathrm{d}t \tag{18}$$

A área em baixo de uma curva F vs t é o impulso da força para um dado intervalo de tempo.

6.4. Comparação entre momento linear e energia cinética

Depende do tempo:

$$\vec{J} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 \tag{19}$$

Depende da posição:

$$W_{tot} = K_2 - K_1 \tag{20}$$

Partícula que parte do repouso em t_1, $v_1 = 0$ possui $p_1 = 0$ e $K_1 = 0$. Entre t_1 e t_2, atua uma força $\vec{F}$, deslocando a partícula a uma distância d na direção da força. Então $\vec{J} = \vec{p}_2 = \vec{F}(t_2 - t_1)$.

Podemos interpretar o momento linear de uma partícula como o impulso que a acelera do repouso à sua velocidade atual. A energia cinética, por sua vez, diz quanto de trabalho essa força realizou para deslocar a partícula a uma distância d. Sendo assim, é mais fácil agarrar uma bola de 0,5 kg a 4m/s do que uma bola de 100 g a 20 m/s[1].

Referências

[1] Herch Moysés Nussenzveig. *Curso de fisica básica: Mecânica (vol. 1)*. Vol. 394. Editora Blucher, 2013.

[2] Hugh D Young, A Lewis Ford e Roger A Freedman. *Fısica I Mecânica.* 2008.

[1]Acompanhe a discussão desse problema na seção 8.1 do Y & F.