

Cap. XII – Cinética de Partículas: Segunda Lei de Newton

Conteúdo

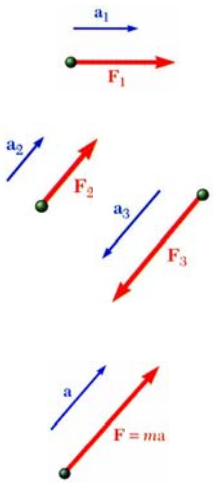
Introdução
Segunda Lei de Newton de Movimento
Quantidade de Movimento Linear de uma Partícula
Sistemas de Unidades
Equações de Movimento
Equilíbrio Dinâmico
Problema Exemplo 12.5

Introdução

- A Primeira e a Terceira Leis de Newton são suficientes para o estudo de corpos em repouso (estática) ou de corpos em movimento retilíneo sem aceleração.
- Quando um corpo acelera (muda a amplitude ou a direção da velocidade), a Segunda Lei de Newton é necessária para relacionar o movimento do corpo com as forças que agem sobre ele.
- Segunda Lei de Newton:
  - *Uma partícula terá uma aceleração proporcional à amplitude da força resultante agindo sobre ela, e sua direção será a da força.*

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a}$$

Segunda Lei de Newton do Movimento



- *Segunda Lei de Newton*: Se a *força resultante* agindo em uma partícula não é nula, esta terá uma aceleração *proporcional à amplitude da resultante* e na *direção desta*.
- Considere uma partícula sujeita a forças constantes,

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} = \cdots = \text{constante} = \text{massa}, m$$

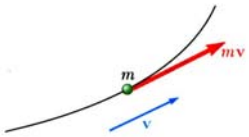
- Quando uma partícula de massa *m* sofre a ação de uma força **F,** a aceleração da partícula deve satisfazer:

$$\mathbf{F} = m\,\mathbf{a}$$

- A aceleração deve ser avaliada com relação a um referencial newtoniano (absoluto), isto é, um referencial que não está acelerando e nem em rotação.
- Se a força que age sobre a partícula é zero, esta não irá acelerar, isto é, permanecerá estacionária ou em linha reta com velocidade constante.

Quantidade de Movimento Linear de uma Partícula

- Substituindo a aceleração pela derivada da velocidade leva a:

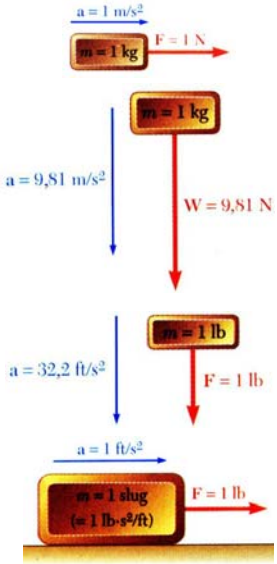


$$\sum \mathbf{F} = m\frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\,\mathbf{v}) = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$$

$\mathbf{L}$ = momento linear da partícula

- *Princípio de Conservação de Momento Linear*. Se a força resultante em uma partícula é zero, o momento linear da partícula permanece constante tanto na amplitude como no sentido.

Sistemas de Unidades



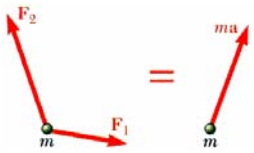
- Das unidades para as quatro grandezas primárias (força, massa, comprimento e tempo), três podem ser escolhidas arbitrariamente. A quarta deve ser compatível com a Segunda Lei de Newton.
- *Sistema de unidades internacional* (unidades SI): as unidades básicas são as unidades de comprimento (m), de massa (kg) e de tempo (segundo). A unidade de força é derivada,

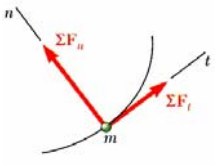
$$1\,\mathrm{N} = (1\,\mathrm{kg})\left(1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right) = 1\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

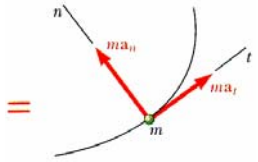
- *Unidades Inglêsas.*: as unidades básicas são as unidades de força (lb), comprimento (m) e tempo (segundo). A unidade de massa é derivada,

$$1\,\mathrm{lbm} = \frac{1\,\mathrm{lb}}{32{,}2\,\mathrm{ft}/\mathrm{s}^2} \qquad 1\,\mathrm{slug} = \frac{1\,\mathrm{lb}}{1\,\mathrm{ft}/\mathrm{s}^2} = 1\frac{\mathrm{lb}\cdot\mathrm{s}^2}{\mathrm{ft}}$$

Equações de Movimento







- A Segunda Lei de Newton fornece

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

- A solução para o movimento da partícula é facilitada resolvendo a equação vetorial em equações de componentes escalares, por exemplo, para componentes retangulares,

$$\sum \left(F_x\mathbf{i} + F_y\mathbf{j} + F_z\mathbf{k}\right) = m\left(a_x\mathbf{i} + a_y\mathbf{j} + a_z\mathbf{k}\right)$$

$$\sum F_x = ma_x \quad \sum F_y = ma_y \quad \sum F_z = ma_z$$

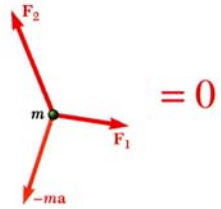
$$\sum F_x = m\ddot{x} \quad \sum F_y = m\ddot{y} \quad \sum F_z = m\ddot{z}$$

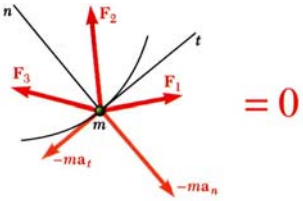
- Para componentes tangenciais e normais,

$$\sum F_t = ma_t \quad \sum F_n = ma_n$$

$$\sum F_t = m\frac{dv}{dt} \quad \sum F_n = m\frac{v^2}{\rho}$$

Equilíbrio Dinâmico





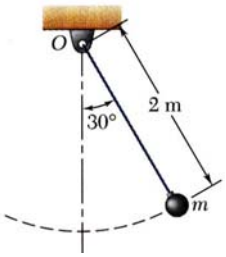
- Expressão alternativa para a Segunda Lei de Newton,

$$\sum \mathbf{F} - m\mathbf{a} = 0$$

$$-m\mathbf{a} \equiv \textit{vetor inercial}$$

- Com a inclusão do vetor inercial, o sistema de forças agindo na partícula é equivalente a zero. A partícula está em *equilíbrio dinâmico*.
- Métodos desenvolvidos para partículas em equilíbrio estático podem ser aplicados, por exemplo: forças co-planares podem ser representadas por um polígono vetorial fechado.
- Vetores de inércia são geralmente chamados de *forças inerciais* já que medem a resistência que as partículas oferecem a mudanças no movimento, isto é, mudanças na velocidade ou na direção.
- Forças inerciais podem ser conceitualmente úteis, mas não são forças de fato, como as de contato e as gravitacionais, encontradas na estática.

Ex. 12.5: Um pêndulo de 2 m descreve um arco de um círculo num plano vertical. Se a tensão na corda é 2,5 vezes o peso do pêndulo para a posição mostrada, encontre a velocidade e a aceleração do pêndulo naquela posição.



Ex. 12.5

