

Leis de Conservação

Em um sistema isolado, se uma grandeza ou propriedade se mantém constante em um intervalo de tempo no qual ocorre um dado processo físico, diz-se que há conservação da propriedade ou grandeza em questão, ou ainda que ela é invariante no tempo.

A energia de um sistema isolado pode sofrer transformação de tal forma que a quantidade total de energia seja conservada (energia eletromagnética - energia térmica, energia potencial - energia cinética, etc).

Um exemplo de outra grandeza que se conserva é a carga elétrica de um sistema isolado.

Considerando um sistema isolado, se atritamos dois objetos constituídos pelo mesmo material um deles pode terminar com excesso de cargas de um sinal e o outro com excesso de cargas de sinal oposto.

As leis de conservação são fundamentais em física e com base nelas, fenômenos que só podem ser estudados indiretamente são compreendidos e perfeitamente descritos.

Um exemplo de conservação de grandezas físicas é considerarmos um cubo de gelo isolado, de modo que não há perdas por evaporação ou ligação química.

Cubo de gelo de lado 2cm, volume $V_g=8\text{cm}^3$, densidade $\rho_g = 0,917 \text{ g/cm}^3$. Neste caso, a massa do gelo é dada por,

$$\rho_g = \frac{m_g}{V_g} \Rightarrow m = \rho V_g = 8 \times 0,917$$

$$m_g = 7,336 \text{ g}$$

Se o gelo derrete e considerando que a densidade da água é definida como $\rho_a=1\text{g/cm}^3$, a massa da água não se altera pela mudança de estado, ou seja,

$$m_a=7,336\text{ g}$$

a massa se conserva.

O volume entretanto será dado por:

$$V_a=\frac{m_a}{\rho_a}=\frac{7,336}{1}=7,336\text{ g/cm}^3$$

Portanto o volume é uma grandeza que não se conserva.

•Energia

Há muitas formas de energia como por exemplo, energia nuclear, energia elétrica, energia sonora, energia luminosa.

Quando você levanta um objeto que possui uma certa massa, várias formas de energia são envolvidas neste processo, energia química, térmica, cinética, potencial.

Em uma central nuclear, a energia produzida pela fissão nuclear, é transformada em energia térmica e no último estágio em energia elétrica.

Nos casos em que a energia total se conserva, aplica-se a lei de conservação de energia.

• Trabalho e Energia

Trabalho é uma grandeza física que tem significado completamente diferente daquele ligado ao nosso cotidiano.

Definido como: $W = \vec{F} \cdot \vec{d}$ (produto escalar)

Portanto a componente da força ao longo da trajetória do movimento efetua trabalho.

Se um corpo sofre um deslocamento Δx , sob a ação de uma força constante F ,

$$W = F \cos \theta \Delta x = F_x \Delta x$$

No SI, o trabalho é expresso por:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = \frac{1 \text{ Kg m}^2}{\text{s}^2}$$

Ao levantar um tijolo de 2,0kg até 1,5m de altura o trabalho realizado é:

$$W = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,5 \text{ m}$$

$$w = 29,4 \text{ J}$$

Trabalho entre dois sistemas – transferência de energia.

Exemplo: trabalho quando uma pessoa empurra um corpo.

Transferência de energia química da pessoa para energia cinética do corpo e energia térmica, devido à força de atrito.

Para o caso em que a força e o deslocamento, estão no mesmo sentido, o trabalho é positivo.

Ao deslocar um corpo verticalmente para cima, você executa um trabalho positivo, enquanto que a força da gravidade executa um trabalho negativo.

Quando um corpo é deslocado sobre uma superfície, a força normal não executa nenhum trabalho, porque ela será sempre perpendicular ao deslocamento do corpo.

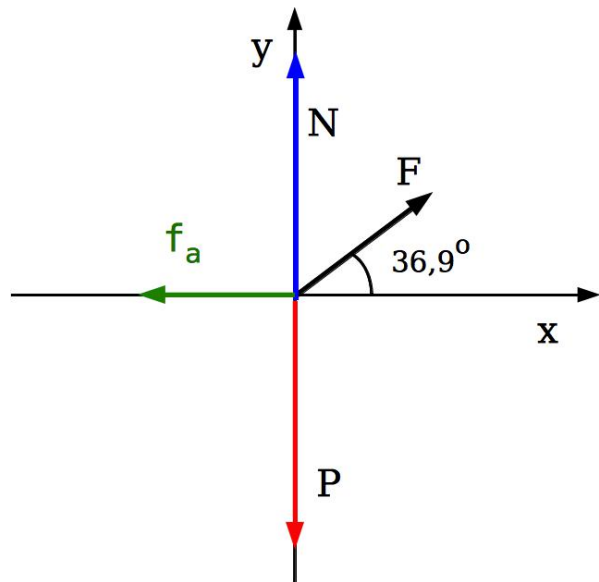
- Trabalho realizado por diversas forças

Soma dos trabalhos realizados por cada uma das forças envolvidas no problema.

$$W_T = W_1 + W_2 + \dots + W_n$$

Os trabalhos realizados por cada uma das forças pode ser positivo ou negativo, depende do sentido da força e do deslocamento.

Exemplo: Um caminhão está ligado por meio de uma corda que tem peso desprezível, a uma carga de peso $P=14700\text{N}$ e a puxa por 20m ao longo de um terreno horizontal. A força de atrito entre as superfícies é $f_a=3500\text{N}$. A força constante $F=5000\text{N}$ exercida pelo caminhão sobre a carga, faz um ângulo de $36,9^\circ$ com a horizontal. Calcule o trabalho que cada força realiza sobre a carga e o trabalho realizado por todas as forças.



Somente a componente horizontal da força F e a força atrito f_a , realizam trabalho.

O trabalho realizado pela força F , é:

$$W_F = F \cos \theta \cdot x = (5000 \text{ N})(\cos 36,9)(20 \text{ m}) = 80000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W_F = 80 \text{ kJ}$$

O trabalho realizado pela força de atrito, é dado por:

$$W_{f_a} = -(3500 \text{ N})(20 \text{ m}) = -70000 \text{ Nm}$$

$$W_{f_a} = -70 \text{ kJ}$$

Portanto o trabalho total realizado por todas as forças que atuam na carga é dado por:

$$W_{\text{total}} = W_F + W_{f_a} = (80 - 70) \text{ kJ} = 10 \text{ kJ}$$

Resolva o exemplo determinando o trabalho realizado pela resultante de todas as forças que atuam sobre a carga.

- Trabalho realizado pela força gravitacional

Suponha um objeto de massa m , lançado verticalmente para cima com velocidade inicial v_0 , alcançando uma certa altura representada pelo vetor deslocamento \vec{h} .



Quando o objeto percorre todo o deslocamento d .

Na subida, a força gravitacional tem sentido contrário ao deslocamento, portanto realiza um trabalho negativo,

$$W_{F_g} = \vec{F}_g \cdot \vec{h} = mgh \cos 180^\circ = -mgh$$

Na descida, a força gravitacional realiza um trabalho positivo,

$$W_{F_g} = \vec{F}_g \cdot \vec{h} = mgh \cos 0^\circ = +mgh$$

- Relação entre trabalho e energia cinética

Supondo que uma partícula se move sob a ação de uma força F resultante, constante, no sentido positivo do eixo x , percorrendo uma distância x entre os pontos 1 e 2, com velocidade v_1 e v_2 .

Como a aceleração é constante entre os pontos 1 e 2,

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ax \quad \Rightarrow \quad a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2x}$$

Usando a segunda Lei de Newton e substituindo a expressão para a aceleração temos:

$$F = ma = m \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{2x} \Rightarrow Fx = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

Fx é o trabalho realizado pela força F .

Portanto o trabalho realizado pela força resultante é igual ao trabalho total realizado sobre a partícula e é igual à variação da energia cinética da partícula.

Teorema trabalho-energia: $W_{\text{total}} = E_{c_2} - E_{c_1} = \Delta E_c$

Conservação de energia no caso do corpo arremessado para cima.

- Quando o corpo sobe

A energia cinética do corpo diminui, F_g realiza trabalho negativo sobre o corpo durante a subida.

- Quando o corpo desce

A energia cinética do corpo aumenta, F_g realiza trabalho positivo sobre o corpo durante a subida.

- Conservação de energia em sistemas isolados

Forças conservativas e não conservativas

Trabalho realizado pelas forças:

Gravidade – corpo elevado a uma altura h e retorna a posição original.

Mola – corpo parte da posição de repouso, comprime a mola e distende a mola.

Força de atrito – corpo sai do repouso vai a um ponto A e retorna ao ponto de partida.

Trabalho realizado pelas forças da gravidade e pela mola é nulo (forças conservativas); trabalho realizado pela força de atrito não é nulo (forças não conservativas).

Um sistema é dito isolado quando não atua sobre ele forças externas ou se atua elas não realizam trabalho sobre o sistema.

Em um sistema com forças conservativas como por exemplo, massa-mola, quando a energia potencial elástica aumenta, a energia cinética diminui da mesma quantidade.

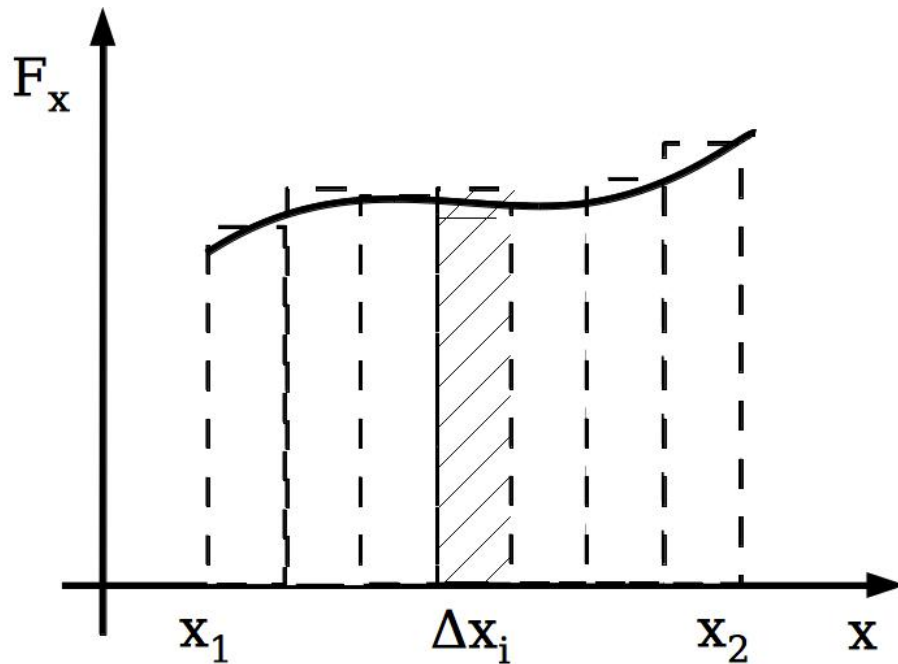
Desta forma a soma da variação total de energia potencial elástica com energia cinética é nula.

$$\Delta K_{\text{total}} + \Delta U_{\text{total}} = 0$$

$$E_{\text{total}} = K_{\text{total}} + U_{\text{total}}$$

O mesmo sendo válido para a energia cinética e potencial gravitacional de um sistema.

- Trabalho realizado por uma força variável



$$W = \lim_{\Delta x_i} \sum_i F_x \Delta x_i$$

$$w = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$$

Área subentendida pela
Curva de F_x contra x

Força sobre uma mola: $F = kx$ (Lei de Hooke)

onde k é a constante da mola e x o alongamento.

Trabalho realizado por uma força F aplicada a uma mola, quando o alongamento varia de zero a um valor máximo, X , é dado por:

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F_x dx \quad \Rightarrow \quad W = \int_0^X kx dx$$

$$W = \frac{1}{2} k (X^2 - 0^2) = \frac{1}{2} k X^2$$

O teorema trabalho-energia, é válido mesmo quando a força não é constante.

• Potência

Taxa de variação com o tempo do trabalho realizado por uma força aplicada a um corpo.

Potência média: $\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$

Potência instantânea: $P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta W}{\Delta t} \right) = \frac{dW}{dt}$

Unidade de potência no SI: watt (W)

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

Quilowatt-hora: trabalho realizado em 1 h quando a potência é de 1 kW

A potência também pode ser expressa em função da força aplicada ao corpo e da sua velocidade.

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{F \cos \varphi dx}{dt} = F \cos \varphi \frac{dx}{dt} = F \cos \varphi \left(\frac{dx}{dt} \right)$$

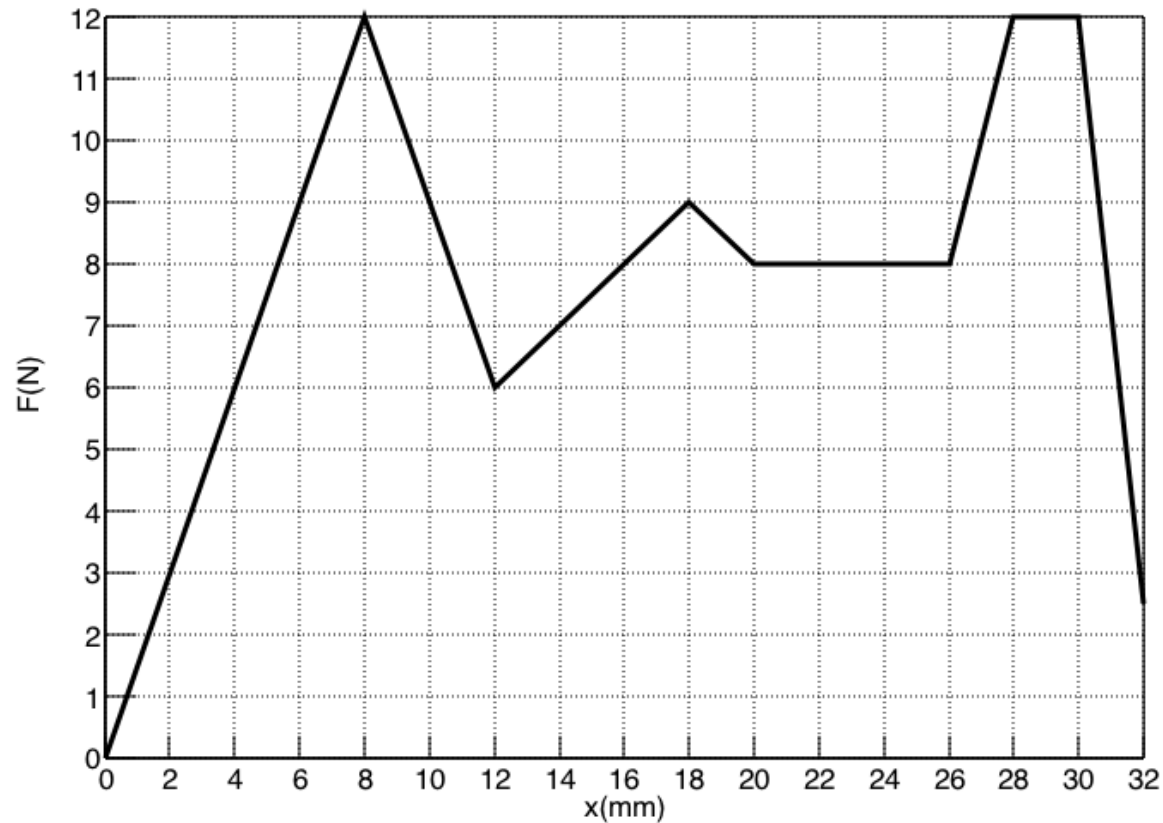
$$P = F v \cos \varphi$$

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

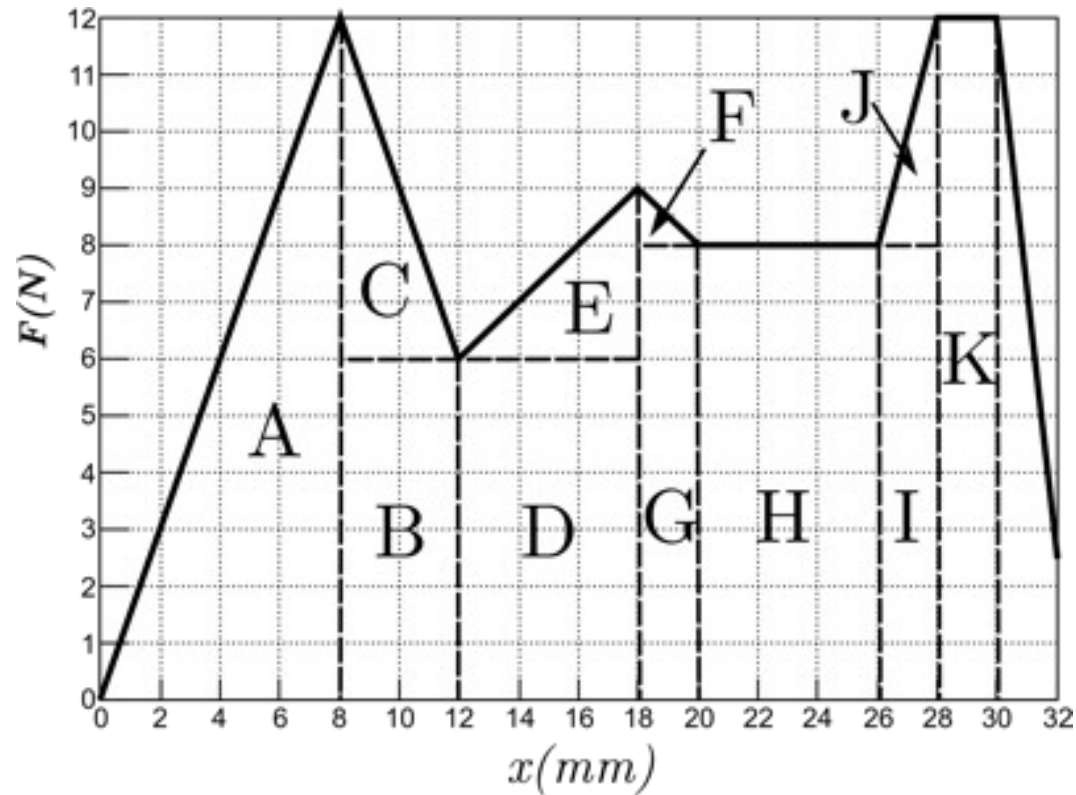
P então é a potência instantânea desenvolvida pela força F.

Sendo ϕ , o ângulo que a força faz com o eixo x.

Calcular o trabalho realizado pela força que varia conforme a figura abaixo, durante o deslocamento de $x_i = 0$ à $x_f = 0,030\text{m}$.



Sugestão: Considere a área sob a curva como constituída pelos setores identificados pelas letras de A à K, conforme figura abaixo.



- **Bibliografia**

- Sears e Zemansky/ Young H. D., Freedman R. A. Física I Mecânica, 12ª Edição, São Paulo, Pearson Education do Brasil Ltda.
- Alonso M., Finn E. J. Física um Curso Universitário volume 1 - Mecânica, 1972, São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda.
- Tipler P., Mecânica, volume 1, 3ª edição, Rio de Janeiro, LTC
- Hewitt P. G. Fundamentos de Física Computacional, 2009, Porto Alegre, Editora Bookman.