

Textos Explicativos

Conservação da Energia

Material de apoio para a Lista de Exercícios — Trabalho mecânico, potência, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica

1. Trabalho Mecânico

Questões relacionadas: 1 e 2

Trabalho mecânico é a medida da energia transferida a um corpo por uma força que atua ao longo de um deslocamento. Ele só existe quando há deslocamento na direção da força (ou de uma componente dela); se a força for perpendicular ao deslocamento, ou se não houver deslocamento, o trabalho realizado é nulo.

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

Nessa fórmula, W é o trabalho (em joules, J), F é a intensidade da força (em newtons, N), d é o deslocamento (em metros, m) e θ é o ângulo entre a direção da força e a direção do deslocamento. Quando a força tem a mesma direção do deslocamento ($\theta = 0^\circ$, $\cos \theta = 1$), a fórmula se simplifica para $W = F \cdot d$. No SI, a unidade de trabalho é o joule (J), equivalente a $1 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Exemplo prático: um bloco de 5 kg é empurrado por uma força horizontal constante de 20 N, deslocando-se 8 m sobre uma superfície sem atrito. Como a força e o deslocamento têm a mesma direção, $W = F \cdot d = 20 \times 8 = 160 \text{ J}$.

2. Trabalho da Força Peso e da Força Aplicada

Questão relacionada: 3

Quando mais de uma força atua sobre um corpo em movimento, cada força realiza seu próprio trabalho, que pode ser positivo (a favor do movimento), negativo (contrário ao movimento) ou nulo. A força peso, por exemplo, aponta sempre para baixo; se um objeto é erguido, o deslocamento é para cima, então o trabalho realizado pelo peso é negativo, pois se opõe ao movimento. Quando um corpo se movimenta em velocidade constante, sua energia cinética não varia, o que significa que o trabalho total sobre ele é nulo — logo, o trabalho da força aplicada deve ter o mesmo valor, porém sinal oposto, ao trabalho realizado pelo peso.

Exemplo prático: um operário levanta uma caixa de 15 kg do chão até 1,8 m de altura, em velocidade constante. O peso da caixa é $P = m \cdot g = 15 \times 10 = 150 \text{ N}$. O trabalho do peso é $W_{\text{peso}} = -150 \times 1,8 = -270 \text{ J}$ (negativo, pois se opõe ao deslocamento para cima). Como a velocidade é constante, o trabalho da força aplicada pelo operário é $W_{\text{aplicada}} = +270 \text{ J}$.

3. Potência Mecânica

Questões relacionadas: 4 e 10

Potência é a grandeza física que indica a rapidez com que um trabalho é realizado, ou seja, quanta energia é transferida por unidade de tempo.

$$P = W / t$$

Nessa fórmula, P é a potência (em watts, W), W é o trabalho realizado (em joules) e t é o tempo gasto (em segundos). No SI, a unidade de potência é o watt (W), equivalente a 1 joule por segundo ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$). Quando o trabalho realizado é o de elevar um corpo com velocidade constante, ele equivale exatamente à variação de energia potencial gravitacional, e a fórmula pode ser escrita como $P = (m \cdot g \cdot h) / t$.

Exemplo prático: um motor realiza um trabalho de 3600 J em 12 s, resultando em $P = 3600/12 = 300 \text{ W}$. Já um guindaste que eleva uma carga de 500 kg a 10 m de altura em 25 s, com velocidade constante, desenvolve $P = (m \cdot g \cdot h) / t = (500 \times 10 \times 10) / 25 = 2000 \text{ W} = 2 \text{ kW}$.

4. Energia Cinética

Questão relacionada: 5

Energia cinética é a energia associada ao movimento de um corpo; quanto maior a massa ou a velocidade de um objeto, maior é sua energia cinética.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Nessa fórmula, E_c é a energia cinética (em joules), m é a massa do corpo (em quilogramas) e v é sua velocidade (em metros por segundo). Como a energia cinética cresce com o quadrado da velocidade, dobrar a velocidade de um veículo, por exemplo, quadruplica sua energia cinética — o que ajuda a explicar por que colisões em alta velocidade são tão mais graves.

Exemplo prático: um carro de 1000 kg se movendo a 20 m/s tem energia cinética $E_c = \frac{1}{2} \times 1000 \times 20^2 = 200.000 \text{ J} = 2 \times 10^5 \text{ J}$.

5. Conservação da Energia Mecânica: Energia Potencial Gravitacional e Cinética

Questões relacionadas: 6 e 9

A energia mecânica de um corpo é a soma de sua energia cinética (E_c) com sua energia potencial (E_p). Quando apenas forças conservativas atuam sobre o corpo — ou seja, quando não há perdas por atrito ou resistência do ar — a energia mecânica total se conserva: ela pode se transformar de uma forma em outra, mas seu valor total permanece constante.

$$E_m = E_c + E_p = \text{constante} \quad (\text{queda livre: } m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2)$$

Isso significa que, se a energia potencial gravitacional de um corpo diminui — por exemplo, quando ele cai —, essa mesma quantidade de energia se transforma em energia cinética, e vice-versa.

Exemplo prático: uma pedra de 2 kg é abandonada do repouso do alto de um prédio de 20 m. Toda a energia potencial gravitacional se transforma em cinética ao atingir o solo: $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \times 10 \times 20} = 20 \text{ m/s}$. O mesmo princípio explica por que um pêndulo ideal (sem atrito) sempre retorna à mesma altura de onde foi solto: no ponto mais alto de cada lado, a velocidade é nula ($E_c = 0$) e toda a energia é potencial; como a energia mecânica total se conserva, essa energia potencial máxima é sempre a mesma, o que exige que a altura máxima também seja sempre a mesma.

6. Energia Potencial Elástica

Questão relacionada: 7

Energia potencial elástica é a energia armazenada em um corpo elástico, como uma mola, quando ele é comprimido ou esticado em relação à sua posição natural (de equilíbrio).

$$E_e = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

Nessa fórmula, E_e é a energia potencial elástica (em joules), k é a constante elástica da mola (em newtons por metro, N/m), que indica sua rigidez, e x é a deformação da mola em relação à posição de equilíbrio (em metros). Quanto mais rígida a mola (maior k) ou maior a deformação, mais energia ela armazena.

Exemplo prático: uma mola de constante elástica $k = 200 \text{ N/m}$ é comprimida 0,10 m. A energia armazenada é $E_e = \frac{1}{2} \times 200 \times (0,10)^2 = 1 \text{ J}$.

7. Conservação da Energia Mecânica em Sistemas com Mola

Questão relacionada: 8

Assim como ocorre entre energia potencial gravitacional e energia cinética, a energia também se conserva entre energia cinética e energia potencial elástica, quando não há atrito. Nesse caso, toda a energia cinética de um corpo em movimento pode ser convertida em energia potencial elástica ao comprimir (ou esticar) uma mola, até o instante em que o corpo para momentaneamente.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

Exemplo prático: um bloco de 4 kg desliza sem atrito e comprime uma mola de constante elástica $k = 500 \text{ N/m}$, parando após comprimi-la 0,2 m. Igualando a energia cinética inicial à energia elástica armazenada, $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \rightarrow v = x \cdot \sqrt{k/m} = 0,2 \times \sqrt{500/4} = 0,2 \times 11,18 \approx 2,24 \text{ m/s}$ — essa é a velocidade do bloco imediatamente antes de tocar a mola.