

Fenômenos Mecânicos

Lista de exercícios – Trabalho, Energia e Conservação de Energia

Instruções. Justifique os cálculos, apresente as equações utilizadas e destaque os resultados finais. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Quando necessário, utilize $\cos 60^\circ = 1/2$, $\cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$ e $\sin 30^\circ = 1/2$. Despreze a resistência do ar, salvo indicação contrária.

Parte I – Exercícios

Questão 1. Trabalho de uma força constante. Um bloco de massa 5 kg é deslocado horizontalmente por 4 m sobre uma superfície sem atrito. Uma força horizontal constante de 10 N atua no mesmo sentido do deslocamento.

- (a) Determine o trabalho realizado pela força aplicada.
- (b) Determine o trabalho realizado pela força peso e pela força normal.
- (c) Determine o trabalho resultante sobre o bloco.

Questão 2. Trabalho de uma força inclinada. Um bloco é deslocado 5 m horizontalmente por uma força constante de módulo 20 N que faz um ângulo de 60° com a horizontal. Despreze o atrito.

- (a) Determine o trabalho realizado pela força aplicada.
- (b) Explique por que o peso e a normal não realizam trabalho.
- (c) Determine o trabalho resultante.

Questão 3. Teorema trabalho–energia cinética. Um bloco de massa 2 kg parte do repouso sobre uma superfície horizontal sem atrito. Uma força horizontal constante de 8 N atua sobre ele durante um deslocamento de 4 m .

- (a) Calcule o trabalho da força.
- (b) Determine a variação da energia cinética.
- (c) Determine a velocidade do bloco ao final do deslocamento.

Questão 4. Energia potencial gravitacional. Uma caixa de massa 4 kg é elevada verticalmente, com velocidade constante, do solo até uma altura de 5 m .

- (a) Determine a variação da energia potencial gravitacional.
- (b) Determine o trabalho realizado pela força gravitacional.
- (c) Determine o trabalho realizado pela força externa.
- (d) Explique por que a energia cinética não varia.

Questão 5. Queda livre e conservação da energia mecânica. Uma esfera de massa 2 kg é abandonada do repouso a uma altura de 20 m em relação ao solo. Despreze a resistência do ar.

- (a) Determine a energia mecânica inicial, tomando o solo como nível de referência.

- (b) Determine a velocidade da esfera imediatamente antes de atingir o solo.
- (c) Determine a energia cinética nesse instante.

Questão 6. Lançamento vertical. Uma bola de 1 kg é lançada verticalmente para cima com velocidade inicial de 20 m/s, a partir do solo.

- (a) Determine a altura máxima atingida utilizando conservação da energia mecânica.
- (b) Determine a velocidade da bola quando ela estiver a 15 m de altura.
- (c) Compare a energia cinética inicial com a energia potencial gravitacional no ponto mais alto.

Questão 7. Plano inclinado sem atrito. Um bloco de massa 2 kg parte do repouso do alto de um plano inclinado. A diferença de altura entre o ponto inicial e a base é 5 m. O plano é sem atrito.

- (a) Determine a energia potencial gravitacional perdida pelo bloco.
- (b) Determine a energia cinética do bloco na base.
- (c) Determine a velocidade do bloco na base.
- (d) Explique por que o resultado independe do ângulo do plano.

Questão 8. Conservação da energia com mola. Uma mola de constante elástica $k = 200 \text{ N/m}$ é comprimida de 0,20 m e utilizada para lançar um bloco de massa 1 kg sobre uma superfície horizontal sem atrito.

- (a) Determine a energia potencial elástica armazenada na mola.
- (b) Admitindo que toda essa energia seja transformada em energia cinética, determine a velocidade do bloco ao perder o contato com a mola.
- (c) Explique quais hipóteses são necessárias para a conservação de energia.

Questão 9. Energia mecânica com atrito. Um bloco de massa 2 kg desliza sobre uma superfície horizontal com velocidade inicial de 10 m/s. O coeficiente de atrito cinético é $\mu_k = 0,25$.

- (a) Determine a força de atrito.
- (b) Determine o trabalho do atrito após um deslocamento de 10 m.
- (c) Determine a velocidade do bloco após percorrer os 10 m, utilizando o teorema trabalho-energia.
- (d) Explique por que a energia mecânica não é conservada.

Questão 10. Rampa e conservação da energia. Um carrinho de massa 2 kg parte do repouso de uma altura de 5 m e desce uma pista sem atrito. Em seguida, sobe outra rampa até atingir uma altura máxima.

- (a) Determine a velocidade do carrinho no ponto mais baixo da pista.
- (b) Determine a altura máxima atingida na segunda rampa.
- (c) Explique o que ocorre com as energias cinética e potencial durante o movimento.

Parte II – Resoluções

Questão 1. (a) Como força e deslocamento têm a mesma direção,

$$W_F = Fd \cos 0^\circ = 10(4) = \boxed{40 \text{ J}}.$$

(b) O peso é vertical e o deslocamento é horizontal. Logo, $\boxed{W_P = 0}$.

A normal também é perpendicular ao deslocamento: $\boxed{W_N = 0}$.

(c) O trabalho resultante é a soma dos trabalhos:

$$W_{\text{res}} = 40 + 0 + 0 = \boxed{40 \text{ J}}.$$

Questão 2. (a)

$$W_F = Fd \cos 60^\circ = 20(5)\frac{1}{2} = \boxed{50 \text{ J}}.$$

(b) O peso e a normal são verticais, enquanto o deslocamento é horizontal. Portanto, o ângulo entre cada uma dessas forças e o deslocamento é 90° :

$$W_P = W_N = 0.$$

(c) Assim,

$$W_{\text{res}} = \boxed{50 \text{ J}}.$$

Questão 3. (a)

$$W = Fd = 8(4) = \boxed{32 \text{ J}}.$$

(b) Pelo teorema trabalho-energia cinética,

$$W_{\text{res}} = \Delta K.$$

Como o bloco parte do repouso,

$$\boxed{\Delta K = 32 \text{ J}}.$$

(c)

$$K_f - K_i = 32.$$

Como $K_i = 0$,

$$\frac{1}{2}mv^2 = 32.$$

Portanto,

$$v^2 = \frac{64}{2} = 16, \quad \boxed{v = 4 \text{ m/s}}.$$

Questão 4. (a)

$$\Delta U_g = mg\Delta h = 4(10)(5) = \boxed{200 \text{ J}}.$$

(b) O trabalho da gravidade é o negativo da variação da energia potencial:

$$W_g = -\Delta U_g = \boxed{-200 \text{ J}}.$$

- (c) Como a velocidade é constante, $\Delta K = 0$ e, portanto, o trabalho resultante é nulo. Assim,

$$W_{\text{ext}} + W_g = 0,$$

logo

$$\boxed{W_{\text{ext}} = 200 \text{ J}}.$$

- (d) A velocidade é constante, portanto a energia cinética permanece constante:

$$\boxed{\Delta K = 0}.$$

Questão 5. (a) No início,

$$K_i = 0, \quad U_i = mgh = 2(10)(20) = \boxed{400 \text{ J}}.$$

Logo,

$$\boxed{E_{\text{mec},i} = 400 \text{ J}}.$$

- (b) Pela conservação da energia mecânica, no solo $U_f = 0$ e

$$K_f = 400 \text{ J}.$$

Assim,

$$\frac{1}{2}mv^2 = 400$$

e

$$v^2 = 400, \quad \boxed{v = 20 \text{ m/s}}.$$

- (c)

$$\boxed{K_f = 400 \text{ J}}.$$

Questão 6. (a) No lançamento,

$$K_i = \frac{1}{2}mv_0^2.$$

No ponto mais alto, $K_f = 0$. Pela conservação da energia:

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh_{\text{max}}.$$

Logo,

$$h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{20^2}{20} = \boxed{20 \text{ m}}.$$

- (b) A energia inicial é

$$E = \frac{1}{2}m(20)^2.$$

A 15 m de altura,

$$\frac{1}{2}mv^2 + mg(15) = \frac{1}{2}m(20)^2.$$

Dividindo por m e multiplicando por 2:

$$v^2 + 300 = 400,$$

$$v^2 = 100, \quad \boxed{|v| = 10 \text{ m/s}}.$$

- (c) No ponto mais alto,

$$U_{\max} = mgh_{\max} = 1(10)(20) = 200 \text{ J}.$$

A energia cinética inicial também é

$$K_i = \frac{1}{2}1(20)^2 = 200 \text{ J}.$$

Portanto,

$$\boxed{K_i = U_{\max}}.$$

Questão 7. (a) A perda de energia potencial é

$$\Delta U_g = -mgh = -2(10)(5) = \boxed{-100 \text{ J}}.$$

A energia potencial perdida em módulo é 100 J.

- (b) Como não há atrito, a energia mecânica é conservada. O bloco parte do repouso, portanto toda a energia potencial perdida transforma-se em energia cinética:

$$\boxed{K_f = 100 \text{ J}}.$$

- (c)

$$\frac{1}{2}mv^2 = 100$$

$$v^2 = 100, \quad \boxed{v = 10 \text{ m/s}}.$$

- (d) O resultado depende apenas da diferença de altura:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2,$$

ou seja, é independente do caminho (para forças conservativas). Portanto, para uma pista sem atrito, $\boxed{\text{o resultado independe do ângulo do plano}}.$

Questão 8. (a) A energia potencial elástica é

$$U_e = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}(200)(0,20)^2 = 100(0,04) = \boxed{4 \text{ J}}.$$

- (b) Toda a energia elástica transforma-se em energia cinética:

$$\frac{1}{2}mv^2 = 4.$$

Com $m = 1 \text{ kg}$:

$$v^2 = 8, \quad \boxed{v = 2\sqrt{2} \text{ m/s}}.$$

- (c) É necessário considerar uma mola ideal, ausência de perdas por atrito e resistência do ar para que a energia potencial elástica seja convertida integralmente em energia cinética do bloco.

Questão 9. (a) Como a superfície é horizontal,

$$N = mg = 2(10) = 20 \text{ N}.$$

Assim,

$$f_k = \mu_k N = 0,25(20) = \boxed{5 \text{ N}}.$$

(b) O trabalho do atrito é negativo:

$$W_f = -f_k d = -5(10) = \boxed{-50 \text{ J}}.$$

(c) A energia cinética inicial é

$$K_i = \frac{1}{2}(2)(10)^2 = 100 \text{ J}.$$

Pelo teorema trabalho-energia,

$$K_f - K_i = -50,$$

logo

$$K_f = 50 \text{ J}.$$

Portanto,

$$\frac{1}{2}(2)v^2 = 50 \quad \Rightarrow \quad v^2 = 50,$$

$$\boxed{v = 5\sqrt{2} \text{ m/s}}.$$

(d) O atrito é uma força não conservativa e realiza trabalho negativo. Portanto, parte da energia mecânica é transformada em energia interna (por exemplo, térmica):

$$\boxed{\Delta E_{\text{mec}} = W_{\text{nc}} < 0}.$$

Questão 10. (a) No ponto inicial,

$$E_i = mgh = 2(10)(5) = 100 \text{ J}.$$

No ponto mais baixo, toda essa energia é cinética:

$$\frac{1}{2}mv^2 = 100.$$

Assim,

$$v^2 = 100, \quad \boxed{v = 10 \text{ m/s}}.$$

(b) Na altura máxima da segunda rampa, a velocidade volta a ser zero. Como não há perdas,

$$mgh_{\text{max}} = mg(5).$$

Logo,

$$\boxed{h_{\text{max}} = 5 \text{ m}}.$$

(c) Durante a descida, a energia potencial gravitacional diminui enquanto a energia cinética aumenta. Na subida, ocorre o processo inverso. Como não há atrito, a soma permanece constante:

$$\boxed{E_{\text{mec}} = K + U_g = \text{constante}}.$$