

ENERGIA

CONTEXTUALIZAÇÃO

Infelizmente, como se costuma dizer, acidentes sempre acontecem. Se um veículo está percorrendo uma estrada a, digamos, 80 km/h e colide diretamente com a traseira de outro veículo idêntico que está indo no mesmo sentido, porém a apenas 40 km/h, que conseqüências decorrem do acidente?

Mesmo utilizando cintos de segurança (obrigatórios por lei!), as pessoas no interior dos veículos podem se ferir séria ou até fatalmente, por causa das forças intensas trocadas (em um curto intervalo de tempo) entre elas e partes do interior dos carros. Tais forças realizam trabalho, transferindo energia cinética que podem transformar-se em energia potencial de deformação das partes do veículo e dos corpos das pessoas.



Em nosso dia-a-dia, associamos o conceito de trabalho a um esforço físico ou a um emprego formal ou informal. Entendemos que está fazendo um trabalho tanto o estivador que levanta pesados sacos de café no porto quanto o vigilante que fica sentado observando atentamente clientes que entram em um estabelecimento comercial qualquer e saem dele.

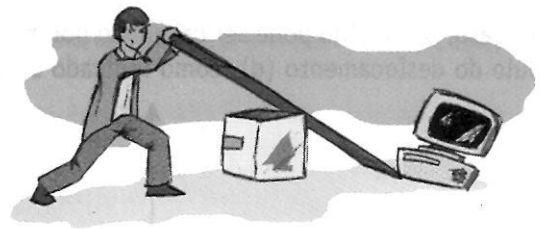
Será semelhante o conceito de trabalho na física? Quem realiza trabalho fisicamente falando? E o que é necessário para realizar trabalho?

O conceito de trabalho está intimamente ligado ao conceito de **energia**. Dizemos que há trabalho sempre que há **transferência de energia**.

Fisicamente não podemos realizar um trabalho se não tivermos energia para tanto e, se realizamos algum trabalho, certamente transferimos ("gastamos") energia.

Assim, se você simplesmente segura e mantém um objeto a uma determinada altura do solo, a força resultante sobre o objeto é nula, pois você faz uma força igual e contrária ao peso deste. Embora você possa pensar que neste caso está realizando um trabalho para segurar o objeto, na realidade você está apenas fazendo uma força que não está transferindo energia para o objeto e dizemos que você não está "trabalhando".

Se por um lado você pega um objeto no solo e levanta-o até uma certa altura, então sua força estará sendo usada para transferir energia para o objeto e, neste caso, você estará realizando trabalho. Se você agora soltar o objeto, ele volta ao solo e a energia acumulada é devolvida este graças à atuação da força peso que transfere energia para o corpo que cai livremente.



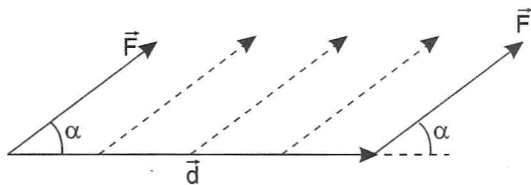
Podemos também transferir energia lenta ou rapidamente. Se você sobe uma escada devagar ou depressa, o trabalho para levantar seu próprio peso é o mesmo, porém ao subir depressa, você terá exigido mais **potência**, conceito ligado à rapidez com que se transfere energia ou se realiza trabalho.

Por sua vez, o conceito de energia e trabalho vai muito além da mecânica. Certamente muitas modalidades de energia estão presentes em nosso cotidiano, como a elétrica, a térmica, a hidráulica, a luminosa, a nuclear, entre outras. Dizemos que a energia total do universo é constante, isto é, a energia não pode ser criada ou destruída, porém sempre pode ser transformada de um tipo em outro.

Neste espaço estaremos estudando apenas a **energia mecânica**, que, por sua vez, também pode ser do tipo **potencial** (em virtude de uma determinada posição) ou **cinética** (em virtude de um movimento).

TRABALHO DE UMA FORÇA CONSTANTE

Trabalho é transferência de energia. Uma força constante produzindo um deslocamento, que forma um ângulo α com a direção da força, realiza um trabalho τ dado pela expressão:



$$\tau = |\vec{F}| \cdot |\vec{d}| \cdot \cos \alpha$$

ou

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

No SI, a unidade de trabalho é o **joule (J)**, sendo $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$.

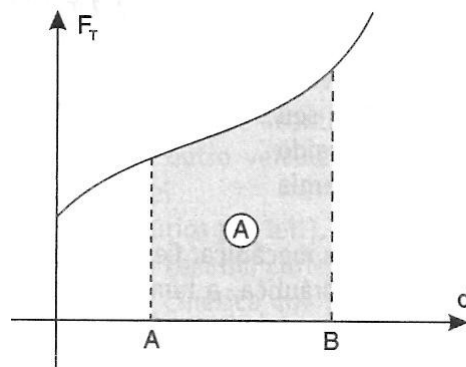
Se a força favorece o deslocamento ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$), seu trabalho é motor ($\tau > 0$).

Se a força contraria o deslocamento ($90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$), seu trabalho é resistente ($\tau < 0$).

Se a força é perpendicular ao deslocamento ($\alpha = 90^\circ$), ela não realiza trabalho ($\tau = 0$).

TRABALHO DE UMA FORÇA TANGENCIAL DE MÓDULO VARIÁVEL

Neste caso, o trabalho pode ser calculado por meio da área indicada no gráfico do módulo da força tangencial (F_T), em função do módulo do deslocamento (d), como indicado a seguir:



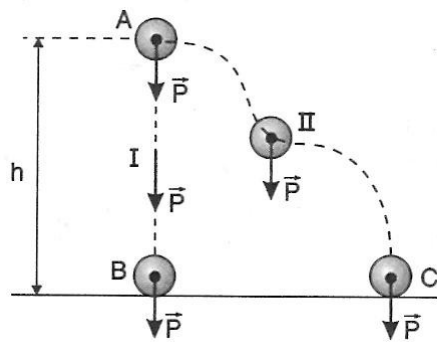
$$\tau = \int_A^B F_T \, dd = \text{área } \textcircled{A}$$

TRABALHO DA FORÇA PESO

O trabalho da força peso (τ_P) não depende da trajetória da partícula que se desloca, mas apenas do módulo do peso ($P = m \cdot g$) e do desnível (h) entre os pontos de partida e de chegada.

Na descida, o trabalho do peso é motor ($\tau_P = + m \cdot g \cdot h$) e na subida ele é resistente ($\tau_P = - m \cdot g \cdot h$).

Importante: Diz-se que a força peso é **conservativa**.

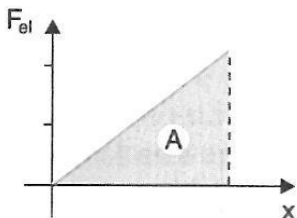


$$\mathcal{Z}_{P_{AB}} = \mathcal{Z}_{P_{AC}} = m \cdot g \cdot h$$

$$\mathcal{Z}_{P_{BA}} = \mathcal{Z}_{P_{CA}} = -m \cdot g \cdot h$$

TRABALHO DA FORÇA ELÁSTICA

Sendo uma força de módulo variável, seu trabalho é calculado pela área do gráfico indicado a seguir.



$$\mathcal{Z}_{el} = \text{área}$$

$$\mathcal{Z}_{el} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Nota

Tal como o peso, a força elástica também é **conservativa**.

POTÊNCIA DE UMA FORÇA

A potência média (Pot_m) de uma força que realiza um trabalho (τ) num intervalo de tempo Δt é o quociente indicado a seguir:

$$Pot_m = \frac{\mathcal{Z}}{\Delta t}$$

No SI, a unidade de potência é o **watt (W)**, sendo $1 \text{ W} = 1 \text{ J/1 s}$.

As duas outras unidades de potência são o cavalo-vapor e o horse-power, cujas relações são:

$$1 \text{ CV} \approx 735 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} \approx 746 \text{ W}$$

Num instante de tempo qualquer tem-se a potência instantânea (Pot), que corresponde ao produto do módulo da força (F) pelo módulo da velocidade naquele instante (V).

$$Pot = F \cdot V$$

(para \vec{F} e \vec{V} com mesma direção e sentido)

RENDIMENTO

Em uma máquina qualquer que realiza um trabalho, há sempre uma parcela da potência total que é dissipada em virtude do atrito e de outras forças dissipativas. Denomina-se **potência útil** (Pot_u) à diferença entre a **potência total** (Pot_t) e a **potência dissipada** (Pot_d).

$$Pot_u = Pot_t - Pot_d$$

O rendimento (η) de uma máquina é o quociente entre a potência útil (Pot_u) e a potência total (Pot_t).

$$\eta = \frac{Pot_u}{Pot_t}$$

EXEMPLOS

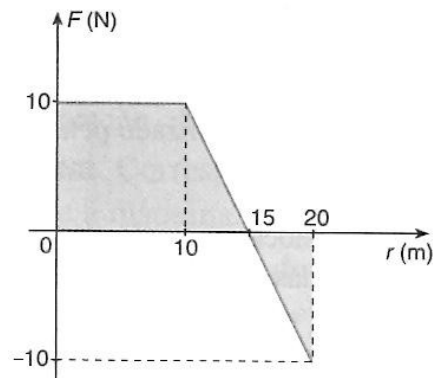
1) Uma força de 50 N atua sobre um ponto material deslocando-o de 30 m. Represente essa situação e calcule qual será o trabalho que essa força realiza supondo-se que ela forma com a direção do deslocamento um ângulo de:

- a) 0° b) 60° c) 90° d) 180°

2) Um corpo com massa 6 kg é lançado horizontalmente com velocidade de 20 m/s sobre uma superfície plana e horizontal. O coeficiente de atrito entre o plano e a superfície é 0,2. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

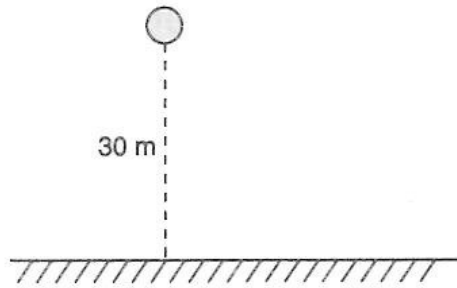
- a) Calcule o trabalho realizado pela força de atrito até o corpo atingir o repouso.
 b) Determine o trabalho realizado pela força peso e pela reação normal do apoio durante todo o percurso.

3) Um corpo realiza um deslocamento retilíneo de 20 m sob a ação de uma força resultante F de intensidade variável, conforme mostra o gráfico, e de mesma direção do deslocamento.

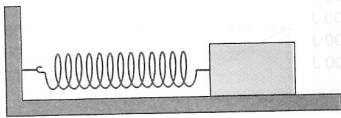


Calcular o trabalho realizado pela força F no deslocamento de 0 a 20 m.

4) Um corpo de massa 4 kg cai de uma altura de 30 m e atinge o solo. Dado $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule o trabalho realizado pela força peso durante esse deslocamento.



5) Um corpo é preso à extremidade livre de uma mola de constante elástica $k = 400 \text{ N/m}$, como mostra o esquema. Determine a energia potencial armazenada pelo sistema ao se distender a mola de 10 cm, assim como a intensidade da força elástica exercida pela mola no corpo.



6) Calcule a potência média desenvolvida por uma pessoa que eleva a 20 m de altura, com velocidade constante, um corpo de massa 5 kg em 10 s. Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

7) Um carro de 1 000 kg pode atingir 30 m/s em 10 s, a partir do repouso. Despreze os atritos.

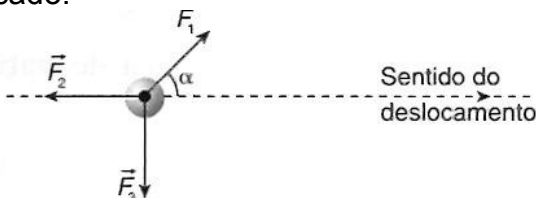
a) Qual a potência média do motor desse carro?

b) Qual a potência do carro no instante 10 s?

8) O rendimento de uma máquina é de 80%. Sabendo que ela realiza um trabalho de 1000 J em 20 s, determine a potência total consumida pela máquina.

EXERCÍCIOS

1) Um bloco sob a ação de três forças, conforme a figura, sofre um deslocamento no sentido indicado.



Identifique as forças que realizam trabalho no bloco e o tipo de trabalho realizado.

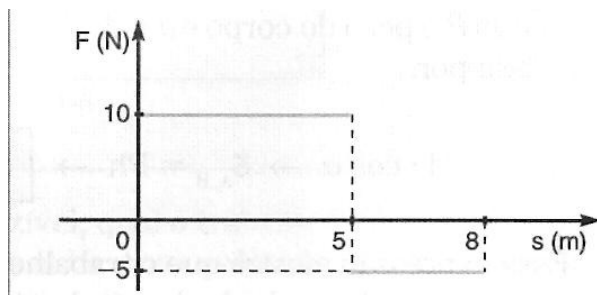
2) Uma força constante de intensidade 50 N age em um corpo, inicialmente em repouso, deslocando-o 15 m. Qual foi o trabalho realizado pela força nesse deslocamento?

3) Uma força realiza trabalho de 20 J, atuando sobre um corpo na mesma direção e no mesmo sentido do seu deslocamento. Sabendo que o deslocamento é de 5 m, calcule a intensidade da força aplicada.

4) Um ponto material de massa 6 kg tem velocidade de 8 m/s quando sobre ele passa a agir uma força de intensidade 30 N na direção do movimento, durante 4 s. Determine:

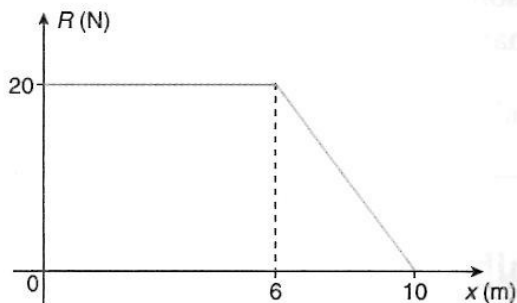
- a) o deslocamento durante esses 4 s;
- b) o trabalho realizado nesse deslocamento.

5) O gráfico representa a intensidade da força aplicada a um ponto material, em função da posição sobre uma trajetória. Calcule o trabalho realizado pela força nos deslocamentos:



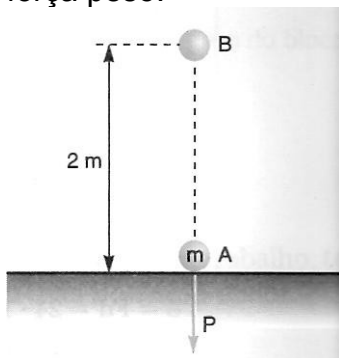
- a) de 0 m a 5 m;
- b) de 5 m a 8 m;
- c) de 0 m a 8 m.

6) Um bloco está sujeito a uma única força, que com a posição, conforme o gráfico.



Calcule o trabalho realizado pela força no deslocamento de 0 a 10 m.

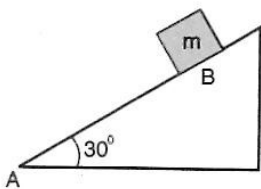
7) Um homem levanta uma caixa de massa 8 kg a uma altura de 2 m em relação ao solo, com velocidade constante. Sabendo que $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine o módulo do trabalho realizado pela força peso.



8) Uma pessoa arrasta um saco de areia de massa 10 kg a uma distância de 8 m sobre o solo, empregando para tanto uma força horizontal de 90 N. A seguir, ergue o saco a uma altura de 1,5 m para colocá-lo sobre um muro. Sabendo que $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule o trabalho total realizado pela pessoa.

9) Calcule o trabalho desenvolvido por uma pessoa de 60 kg de massa quando sobe, com velocidade constante, uma escada de 50 degraus de 20 cm de altura cada um.

10) Um corpo de massa igual a 3 kg desloca-se sobre um plano inclinado, conforme a figura. Sabe-se que $AB = 8 \text{ m}$. O trabalho realizado pela força gravitacional, quando o corpo vai de B até A, supondo $g = 10 \text{ m/s}^2$, é de:



- a) 1200 J b) 600 J c) 300 J
d) 150 J e) 120 J

11) Determine a potência média de uma força que realiza um trabalho de 2.000 J em 10 s.

12) Sob a ação de uma força constante de 50 N, um objeto, partindo do repouso, percorre uma distância de 100 m em 20 s. Determine:

- a) a velocidade média do objeto;
b) a potência média da força.

13) Devido à ação de uma força de 20 N, um bloco parte do repouso com aceleração constante de $2,0 \text{ m/s}^2$. Determine a potência da força no instante $t = 10 \text{ s}$.

14) Uma máquina A eleva verticalmente um corpo com 1 kg de massa a 12 m de altura, em 4s, com velocidade constante. Outra máquina, B puxa, em uma superfície horizontal lisa, um corpo com massa igual a 2 kg, inicialmente em repouso, até a velocidade de 8 m/s, em 2 s. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) Qual o trabalho total realizado pelas máquinas A e B?
b) Qual a potência média desenvolvida pela máquina A? E pela máquina B?
c) Se as máquinas tivessem que realizar um mesmo trabalho, qual delas o faria num intervalo de tempo menor?

15) Um ponto material tem massa de 4 kg e velocidade inicial de 12 m/s. Sabendo que sobre ele passa a agir uma força de intensidade 20 N, durante 9 s, responda:

- a) Qual o trabalho realizado por essa força?
b) Qual a potência desenvolvida?

16) (Unicamp-SP) Um carro recentemente lançado pela indústria brasileira tem aproximadamente 1 500 kg e pode acelerar, do repouso até uma velocidade de 108 km/h, em 10 s (fonte: *Quatro Rodas*, agosto/92). Adote 1 CV = 750 W.

- a) Qual o trabalho realizado nesta aceleração?
- b) Qual a potência do carro em CV?

17) Um motor de potência total 800 W desenvolve uma potência útil de 600 W. Determine o rendimento em porcentagem.

18) Em cada segundo, uma máquina recebe 2.000 J de energia e aproveita 1.500 J. O rendimento dessa máquina é:

- a) 30%
- b) 50%
- c) 75%
- d) 90%
- e) 100%

19) Um dispositivo consome 1 000 W realizando um trabalho de 3 200 J em 4 s. Determine o rendimento desse dispositivo.

20) Em quanto tempo um motor de potência útil igual a 125 W, funcionando como elevador, eleva a 10 m de altura com velocidade constante um corpo de peso igual a 50 N?

21) A potência do motor de uma máquina é 120 HP. Se o rendimento da máquina é 75%, qual é a potência útil e a potência dissipada pela máquina?

22) A potência útil de uma máquina é 4.000 W e a potência dissipada corresponde a 20% da potência total recebida por ela. Determine:

- a) o rendimento da máquina;
- b) a potência total fornecida à máquina.