

3 TRABALHO E ENERGIA

Conforme vimos há pouco, o trabalho realizado por uma força é uma medida da quantidade de energia que tal força transfere a um corpo ou a um sistema. Portanto, da mesma forma que o trabalho, a energia também é uma **grandeza escalar** e, no SI, também é medida em joule (J).

No caso de sistemas mecânicos, a energia pode assumir basicamente duas formas: a cinética e a potencial.

Energia cinética

A energia cinética é a associada a movimento. Assim, um corpo em movimento, desenvolvendo uma determinada velocidade, possui energia cinética.

A quantidade de energia cinética de um corpo em movimento depende de sua massa e de sua velocidade. Um trem tem mais energia cinética que um carro movendo-se à mesma velocidade. Um carro movendo-se a 100 km/h tem mais energia cinética que esse mesmo carro a 40 km/h.

A energia cinética E_c de um corpo com massa m , deslocando-se com velocidade v (Fig. 6.11), é dada por:

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

Considere, então, um corpo de dimensões desprezíveis, com massa m , movimentando-se com velocidade v_1 , e que, a partir de um determinado instante, fica sujeito a uma força resultante \vec{F} de mesma direção que a velocidade e que atua durante um certo tempo. Durante esse tempo, o corpo sofre um deslocamento d , e sua velocidade final é v_2 . (Fig. 6.12)

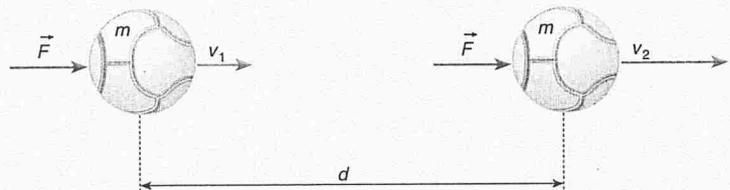


Figura 6.12

Obviamente a ação da força \vec{F} imprime ao corpo uma determinada aceleração e isso provoca uma variação em sua velocidade. Em outras palavras, a energia cinética do corpo varia.

Pode-se demonstrar que a quantidade de energia transferida pela força \vec{F} , ou seja, o trabalho da força \vec{F} durante o deslocamento d é igual à variação da energia cinética do corpo. Então:

$$\mathcal{G}_F = \frac{m \cdot (v_2)^2}{2} - \frac{m \cdot (v_1)^2}{2}$$

Tal resultado é conhecido como **teorema da energia cinética** e pode ser aplicado mesmo quando a intensidade da força resultante não é constante.

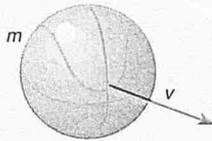
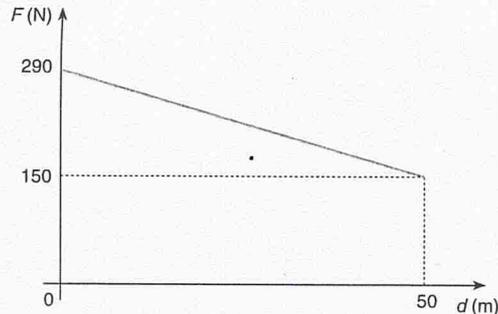
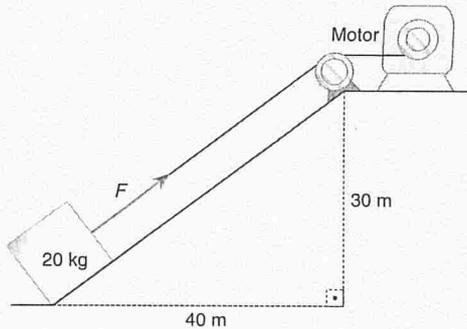


Figura 6.11

Como exemplo de aplicação dessa teoria, acompanhe a resolução do problema proposto a seguir.

Um corpo com massa 20 kg é arrastado ao longo do plano inclinado, mostrado na figura a seguir, por ação de um motor que exerce uma força F cuja intensidade varia de acordo com o gráfico dado. Durante todo o movimento, a força de atrito entre o corpo e o plano inclinado tem intensidade 20 N. (Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.)



Determine:

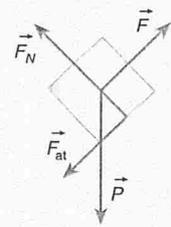
- o trabalho realizado pela força resultante que atua no corpo no deslocamento até o ponto mais alto do plano inclinado;
- a velocidade do corpo, ao chegar ao alto do plano inclinado, supondo-se que tenha partido do repouso.

- a) A figura ao lado mostra as forças que agem no corpo de massa 20 kg enquanto ele é puxado plano acima pelo motor: peso \vec{P} , reação normal do apoio \vec{F}_N , força de atrito \vec{F}_{at} e a força \vec{F} aplicada pelo motor.

O trabalho da força resultante pode ser obtido pela soma algébrica dos trabalhos de cada uma das forças que atuam no corpo.

Ou seja:

$$\mathcal{C}_{res} = \mathcal{C}_P + \mathcal{C}_{F_N} + \mathcal{C}_{F_{at}} + \mathcal{C}_F$$



Calculemos, então, o trabalho de cada uma dessas forças.

$\mathcal{C}_P = -m \cdot g \cdot h \Rightarrow \mathcal{C}_P = -20 \cdot 10 \cdot 30 \Rightarrow \mathcal{C}_P = -6.000 \text{ J}$ (O trabalho do peso é negativo, pois a força peso se opõe ao movimento para cima.)

$\mathcal{C}_{F_N} = 0$ (O trabalho da força de reação normal do apoio é nulo, pois tal força é perpendicular ao deslocamento.)

$\mathcal{C}_{F_{at}} = -F_{at} \cdot d \Rightarrow \mathcal{C}_{F_{at}} = -20 \cdot 50 \Rightarrow \mathcal{C}_{F_{at}} = -1.000 \text{ J}$ (Trabalho resistente, pois a força de atrito se opõe ao deslocamento de 50 m ao longo do plano.)

$\mathcal{C}_F \stackrel{N}{=} \text{área} \Rightarrow \mathcal{C}_F = \frac{(290 + 150)}{2} \cdot 50 \Rightarrow \mathcal{C}_F = 11.000 \text{ J}$ (Calculado pela "área" sob a curva do gráfico, pois a força tem intensidade variável.)

Portanto, o trabalho da força resultante é dado por:

$$\mathcal{C}_{res} = -6.000 + 0 - 1.000 + 11.000 \Rightarrow \mathcal{C}_{res} = +4.000 \text{ J}$$

- b) De acordo com o teorema da energia cinética:

$$\mathcal{C}_{res} = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot (v_0)^2}{2}$$

Como o corpo partiu do repouso ($v_0 = 0$), sua energia cinética inicial é nula. Então:

$$\mathcal{C}_{res} = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow 4.000 = \frac{20 \cdot v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 400 \Rightarrow v = 20 \text{ m/s}$$

EXERCÍCIOS

11 Um corpo de massa m desloca-se com velocidade v . Nesse caso, sua energia cinética é igual a E .

- Qual é a energia cinética de um outro corpo de mesma massa m , movimentando-se com velocidade $2 \cdot v$?
- Qual é a massa de um outro corpo que se desloca com velocidade v e possui energia cinética igual a $\frac{E}{2}$?
- Se um corpo de massa m tiver energia cinética igual a $2 \cdot E$, qual será sua velocidade?

12 (Olimpíada Brasileira de Física) Vera diz que, quando um carro tem sua velocidade aumentada de 20 para 40 km/h, a "variação de sua energia cinética" é maior do que quando sua velocidade aumenta de 30 para 50 km/h. Júlio argumenta o oposto. Quem tem razão? Justificar.

13 (PUC-RS) Um bloco de massa m está sendo arrastado por uma força constante F , sobre um plano horizontal com velocidade constante. Nessa situação, pode-se afirmar que o trabalho:

- resultante realizado sobre o bloco é negativo.
- resultante realizado sobre o bloco é positivo.
- realizado pela força F é nulo.
- realizado pela força F é positivo.
- realizado pela força F é igual à variação da energia cinética do bloco.

14 Um corpo com massa 2 kg, inicialmente em repouso, é submetido à ação de uma força resultante constante, de intensidade 10 N. Determine o deslocamento sofrido por esse corpo quando sua velocidade atinge 20 m/s.

15 (PUC-Campinas-SP) Sobre um corpo de massa 4,00 kg, inicialmente em repouso sobre uma mesa horizontal perfeitamente lisa, é aplicada uma força constante, também horizontal. O trabalho realizado por essa força até que o corpo adquira a velocidade de 10,0 m/s é, em joules:

- 20,0
- 40,0
- 80,0
- 100
- 200

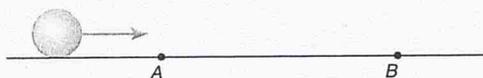
16 (Vunesp) Um corpo sujeito exclusivamente à ação de uma força F constante e igual a 24 N tem sua velocidade variada de 4 m/s para 10 m/s, após um percurso de 7 m. Pode-se afirmar que a massa do corpo tem valor, em kg, igual a:

- 1
- 4
- 6
- 8
- 9

17 (U. E. Londrina-PR) Em uma partida de handebol, um atleta arremessa a bola a uma velocidade de 72 km/h. Sendo a massa da bola igual a 450 g e admitindo-se que a bola estava inicialmente em repouso, pode-se afirmar que o trabalho realizado sobre ela foi, em joules, igual a:

- 32
- 45
- 72
- 90
- 160

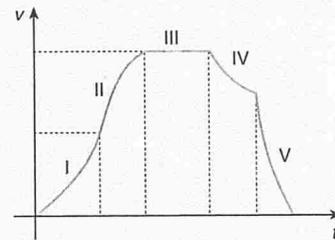
18 (F. M. Triângulo Mineiro-MG) Uma esfera de massa $m = 2$ kg desliza (com velocidade constante) em um plano horizontal, atingindo uma superfície rugosa, passando pelo ponto A com velocidade $v_A = 3$ m/s e por B com velocidade $v_B = 1$ m/s.



Desprezando-se a força de resistência do ar, calcule:

- o módulo do trabalho realizado pela força de atrito no deslocamento de A a B;
- o módulo da aceleração da esfera, sabendo-se que a distância entre A e B é 4,0 m.

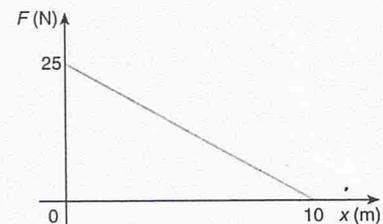
19 (Vunesp) O gráfico velocidade *versus* tempo da figura representa o movimento de um móvel em que estão destacados cinco trechos distintos, I, II, III, IV e V.



Assinale a alternativa que indica o trecho em que o trabalho da força resultante sobre o móvel é nulo.

- I
- II
- III
- IV
- V

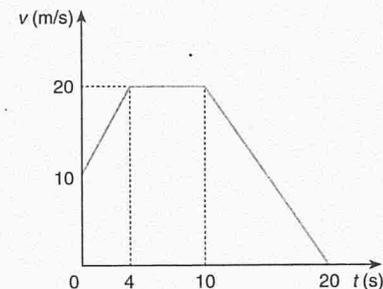
20 O gráfico a seguir mostra a intensidade da força resultante F que atua em um corpo de massa 10 kg, inicialmente em repouso, em função do deslocamento x .



Determine:

- o trabalho da força resultante F no deslocamento de $x = 0$ a $x = 10$ m;
- a velocidade do corpo quando $x = 10$ m.

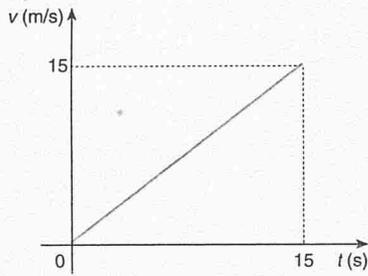
21 (E. C. M. Maceió-AL) O gráfico representa a velocidade de uma partícula de massa 100 g, em função do tempo.



Com base no gráfico, pode-se afirmar que o trabalho total realizado sobre a partícula, no intervalo de tempo de 0 a 20 s, é:

- 1 J
- 2 J
- 3 J
- 4 J
- 5 J

22 (EsPCEx-SP) A velocidade de um automóvel de massa 1.000 kg, que desenvolve uma aceleração constante, varia conforme o gráfico abaixo.



O trabalho realizado pela força resultante sobre o carro nos 10 primeiros segundos é de:

- a) 50,0 kJ
- b) 100,0 kJ
- c) 112,5 kJ
- d) 150,5 kJ
- e) 225,0 kJ

23 (Vunesp) Dois blocos, *A* e *B*, ambos de massa 10 kg, estão inicialmente em repouso. A partir de um certo instante, o bloco *A* fica sujeito à ação de uma força resultante, cujo módulo F_A , em função da posição x , é dado na figura *A*. Da mesma forma,

o bloco *B* fica sujeito à ação de uma outra força resultante, cujo módulo F_B , em função do tempo t , é dado na figura *B*.

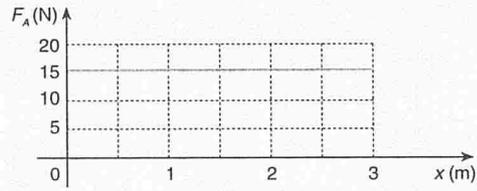


Figura A

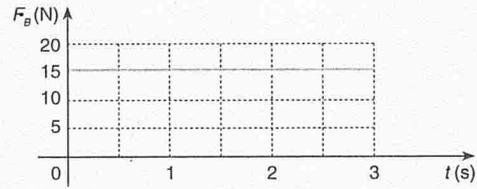


Figura B

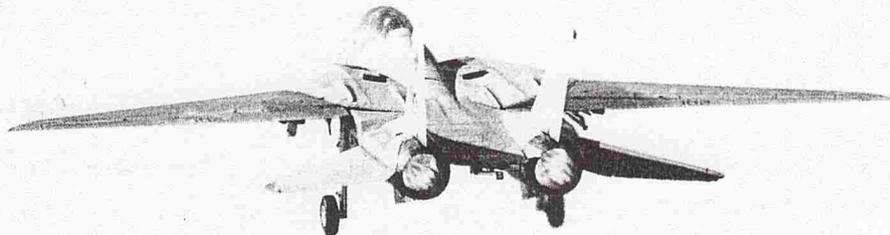
Sabendo que, em ambos os casos, a direção e o sentido de cada força permanecem inalterados, determine:

- a) o trabalho realizado pela força F_A no deslocamento de 0 a 3 metros, e a velocidade de *A* na posição $x = 3$ m;
- b) o impulso exercido pela força F_B no intervalo de 0 a 3 segundos, e a velocidade de *B* no instante $t = 3$ s.

Aplicação Tecnológica

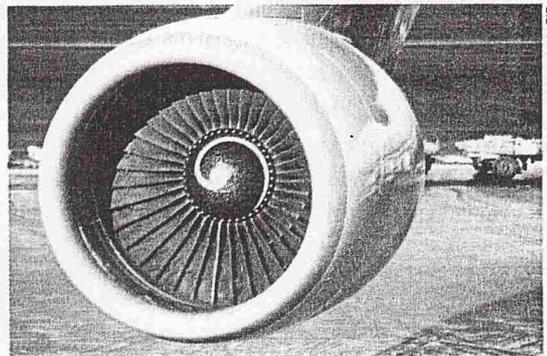
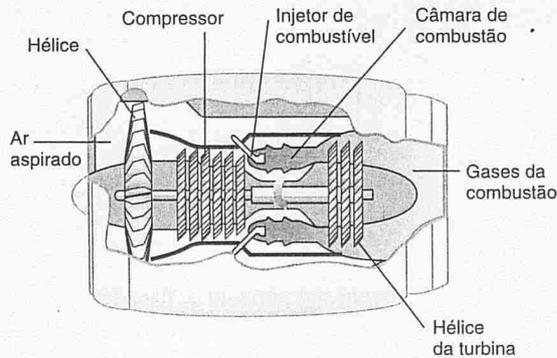
Avião a jato

A turbina de um avião a jato, como o F14 Tom Cat da foto, é um exemplo de sistema que funciona baseado no teorema da energia cinética.



CID

O esquema abaixo mostra os principais componentes de uma turbina a jato.



CID

Tomando-se um referencial no próprio avião, uma determinada massa de ar é aspirada para o interior da turbina a uma certa velocidade pelas hélices da entrada. Em seguida, esse ar é comprimido pelo compressor, constituído por uma série de hélices que direcionam o ar para a câmara de combustão.

O ar, que consiste basicamente de moléculas de oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2), é então misturado ao combustível. Durante a queima do combustível várias reações químicas ocorrem.

Uma das reações químicas que ocorrem durante o processo de combustão produz duas moléculas de água ($2H_2O$) para cada molécula de oxigênio (O_2) reagente. Isso faz com que o volume gasoso daquela parte de ar que participou dessa reação aumente.

Em outra reação química, parte do oxigênio (O_2) do ar combina-se com carbono (C), presente no combustível, para formar dióxido de carbono (CO_2). Essa porção de oxigênio mantém seu volume, pois para cada molécula de oxigênio reagente teremos uma molécula de dióxido de carbono. O nitrogênio do ar não participa das reações.

Devido à reação química na qual a água é produzida, o volume de gás que deixa a turbina é maior do que aquele que entra por ela.

Para manter o funcionamento contínuo da turbina, o gás deve ser expelido com uma velocidade maior do que aquela que tinha ao entrar. Assim, a massa de gás ejetada é maior do que a aspirada, visto que a massa de combustível que foi queimado é adicionada a ela. Dessa maneira, o gás ejetado pela turbina tem maior energia cinética do que o gás que foi aspirado.

De acordo com o teorema da energia cinética, a turbina deverá realizar um certo trabalho de modo a garantir esse aumento de energia cinética do gás. Tal trabalho está associado à força que deve ser aplicada ao gás a ser ejetado para aumentar sua energia cinética.

Pelo princípio da ação e reação, uma força correspondente, de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto atua na turbina, e conseqüentemente no avião, impulsionando-a para a frente contra a força de resistência do ar. Dessa maneira, o trabalho realizado pela força exercida pela turbina acaba por impulsionar o avião.

Energia potencial gravitacional

O trabalho, conforme definimos, é uma medida da quantidade de energia que uma força transfere a um corpo ou a um sistema.

Consideremos um corpo de peso P a uma certa altura do solo. Se tal corpo for abandonado a partir do repouso, ele cairá, e sua velocidade gradativamente aumentará. Em outras palavras, à medida que o corpo cai, sua energia cinética aumenta.

Mas de onde estará vindo tal energia? Que força terá transferido essa energia ao corpo?

Note que, desprezada a resistência do ar, a única força que age no corpo é o seu peso P . Logo, a energia cinética que o corpo possui em determinado instante foi-lhe transferida pelo peso P . Ou seja, a força peso do corpo realizou um trabalho.

Vamos, então, calcular o trabalho realizado pela força peso.

Como já sabemos, o trabalho de uma força constante é calculado por $\mathcal{C} = F_x \cdot d$, em que F_x é a componente da força na direção do deslocamento e d é o deslocamento.

Considere o corpo de peso $P = m \cdot g$ inicialmente no ponto A e, mais tarde, no ponto B, depois de cair de uma altura h . (Fig. 6.13)

Observe que a componente do peso P na direção do deslocamento é o próprio peso P . Assim, o trabalho da força peso vale:

$$\mathcal{C}_P = F_x \cdot d \Rightarrow \mathcal{C}_P = P \cdot h \Rightarrow \mathcal{C}_P = m \cdot g \cdot h$$

Essa energia, relacionada com a posição inicial do corpo e que se transformou em energia cinética, é denominada **energia potencial gravitacional**. Portanto:

$$E_{P(grav)} = m \cdot g \cdot h$$

Observe que tal energia depende da altura inicial do corpo em relação a um nível de referência (N.R.). No caso que acabamos de analisar, consideramos o nível de referência passando pelo ponto B.

Em relação a um nível de referência no solo, a energia potencial gravitacional do corpo no ponto A seria calculada por: $E_{P(grav)} = m \cdot g \cdot H$. (Fig. 6.14)

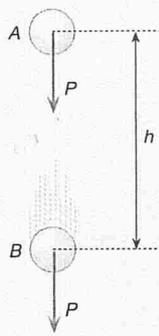


Figura 6.13

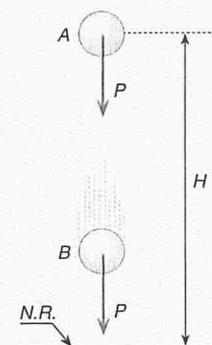


Figura 6.14

Apesar de termos calculado o trabalho da força peso em uma trajetória retilínea vertical, pode-se demonstrar que tal trabalho não depende da forma da trajetória. Isso nos permite classificar a força peso como **força conservativa**, ou seja, uma força cujo cálculo de seu trabalho não depende da trajetória de seu ponto de aplicação, mas apenas das posições inicial e final.

Ao deslocarmos o corpo de peso P desde A até B , para qualquer que seja a trajetória, (a), (b), (c) ou (d), o trabalho da força peso será sempre o mesmo. (Fig. 6.15)

$$W_p = m \cdot g \cdot h$$

Nessa expressão, h é o desnível entre os pontos A e B .

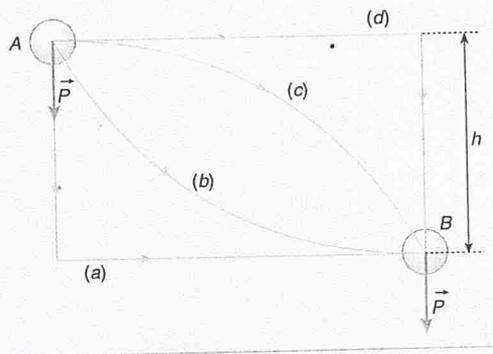


Figura 6.15 O trabalho da força peso não depende da trajetória.

CID



Figura 6.16 Durante a queda, a velocidade de uma pessoa que salta de um trampolim aumenta continuamente.

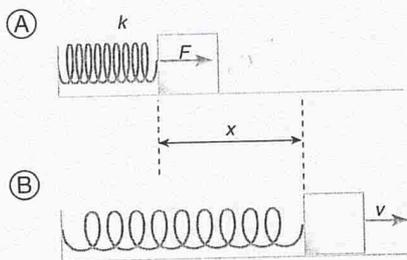


Figura 6.17 (A) Mola deformada armazenando energia. (B) Força elástica transferindo energia cinética ao corpo.

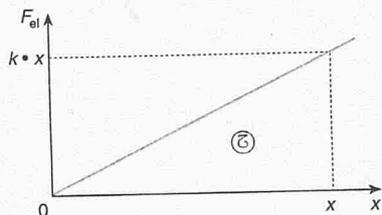


Figura 6.18 Força elástica em função do deslocamento.

Se o corpo subir, indo de B para A , o trabalho do peso é resistente e dado por: $W_p = -m \cdot g \cdot h$.

Um praticante de salto ornamental possui uma certa quantidade de energia potencial gravitacional. Isso significa que, ao chegar à água, a força peso do atleta terá realizado um determinado trabalho motor, que, de acordo com o teorema da energia cinética, provocará uma variação positiva, ou seja, um aumento da energia cinética. Por esse motivo, ele chegará à água com uma velocidade maior do que a que tinha ao saltar do trampolim. (Fig. 6.16)

Energia potencial elástica

Consideremos agora uma outra situação, na qual um corpo, inicialmente em repouso, entra em movimento por ação de uma força.

Para isso, seja o sistema elástico, constituído por uma mola e um corpo. O corpo está em repouso e encostado à mola comprimida. (Fig. 6.17-A)

Quando a mola é liberada, ela tende a retornar à sua condição não-deformada, acabando por empurrar o corpo, o qual, em movimento, possui energia cinética. Essa energia lhe foi transferida por meio da força aplicada pela mola, uma força elástica que obedece à lei de Hooke ($F = k \cdot x$). (Fig. 6.17-B)

Calculemos, então, o trabalho realizado pela força elástica durante o deslocamento x da extremidade da mola.

Como a força elástica é uma força variável, devemos calcular seu trabalho por meio do gráfico da força em função do deslocamento. No caso da força elástica, o gráfico $F_{(el)} \cdot x$ é uma reta crescente que passa pela origem do sistema de eixos. Quando a mola está deformada de x , a força elástica tem intensidade $k \cdot x$. (Fig. 6.18)

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

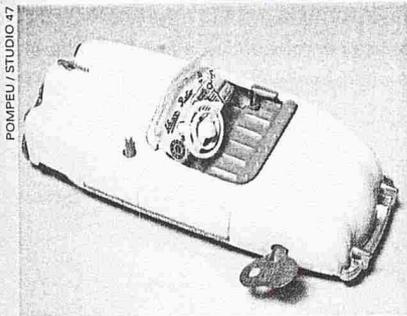


Figura 6.19 Carrinho movido a corda.

O trabalho será dado pela "área" sob a curva, nesse caso a área do triângulo colorido:

$$\mathcal{C}_{F(el)} \triangleq \text{área} \Rightarrow \mathcal{C}_{F(el)} = \frac{x \cdot (k \cdot x)}{2} \Rightarrow \mathcal{C}_{F(el)} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

A energia relacionada à deformação de uma mola e medida pelo trabalho que a força elástica realiza é denominada **energia potencial elástica** ($E_{P(el)}$). Portanto:

$$E_{P(el)} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Quando você dá corda em um carrinho de brinquedo, a energia que despende fica, em parte, armazenada em uma mola sob a forma de energia potencial elástica. Quando a mola é liberada, a força elástica realiza um trabalho. Esse trabalho, de acordo com o teorema da energia cinética, provoca uma variação positiva na energia cinética do carrinho. Assim, o carrinho adquire velocidade. (Fig. 6.19)

O esquema abaixo ilustra as formas que a energia pode assumir em um sistema mecânico e as fórmulas usadas para o cálculo dessas energias:

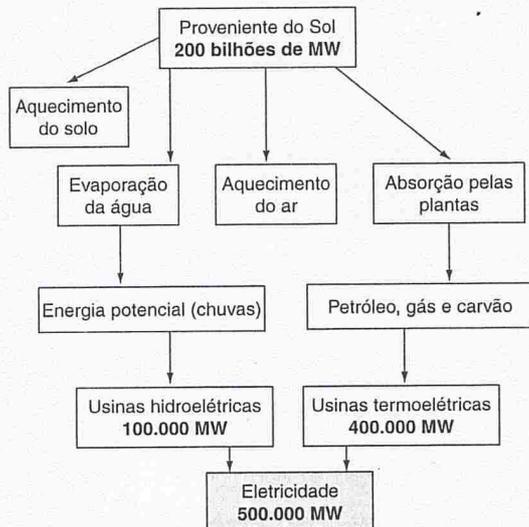
$$\text{Energia} \begin{cases} \text{cinética} & \Rightarrow E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \\ \text{potencial} & \begin{cases} \text{gravitacional} & \Rightarrow E_{P(grav)} = m \cdot g \cdot h \\ \text{elástica} & \Rightarrow E_{P(el)} = \frac{k \cdot x^2}{2} \end{cases} \end{cases}$$

Você sabe por quê?

Ao subirmos uma ladeira íngreme de bicicleta, despendemos menos esforço na subida quando seguimos uma trajetória em zigue-zague, com ascensão gradual, do que se subíssemos em linha reta. Explique por que isso acontece.

EXERCÍCIOS

(Enem) O enunciado a seguir refere-se às questões 24 e 25. O diagrama abaixo representa a energia solar que atinge a Terra e sua utilização na geração de eletricidade. A energia solar é responsável pela manutenção do ciclo da água, pela movimentação do ar e pelo ciclo do carbono que ocorre através da fotossíntese dos vegetais, da decomposição e da respiração dos seres vivos, além da formação de combustíveis fósseis.



24 De acordo com o diagrama, a humanidade aproveita, na forma de energia elétrica, uma fração da energia recebida como radiação solar correspondente a:

- a) $4 \cdot 10^{-9}$ c) $4 \cdot 10^{-4}$ e) $4 \cdot 10^{-2}$
b) $2,5 \cdot 10^{-6}$ d) $2,5 \cdot 10^{-3}$

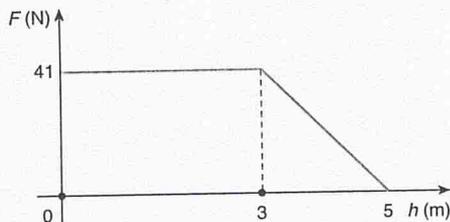
25 De acordo com este diagrama, uma das modalidades de produção de energia elétrica envolve combustíveis fósseis. A modalidade de produção, o combustível e a escala de tempo típica associada à formação desse combustível são, respectivamente:

- a) hidroelétricas – chuvas – um dia
b) hidroelétricas – aquecimento do solo – um mês
c) termoeleétricas – petróleo – 200 anos
d) termoeleétricas – aquecimento do solo – um milhão de anos
e) termoeleétricas – petróleo – 500 milhões de anos

26 (U. E. Sudoeste da Bahia) Quando um corpo é levado a uma certa altura do solo, a energia despendida, para se conseguir tal intento:

- a) acumula-se no corpo sob a forma de energia interna.
b) é igual à variação da energia cinética do corpo.
c) é dissipada no dispositivo usado para elevar o corpo.
d) fica armazenada no corpo sob a forma de energia potencial gravitacional.
e) transforma-se em calor durante a subida.

27 Um corpo, com massa 2 kg, é suspenso a partir do solo por uma força vertical \vec{F} , orientada para cima e com intensidade variável de acordo com a altura h , conforme o gráfico abaixo. Considerando que a aceleração gravitacional é $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a velocidade do corpo no instante em que a força \vec{F} se anula.

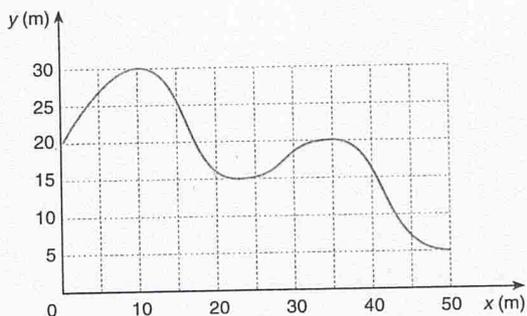


28 Uma pedra de 2 toneladas encontra-se no alto de uma colina, 30 m acima de uma estrada. Se considerarmos $g = 10 \text{ m/s}^2$, qual é a energia potencial gravitacional da pedra, em relação ao nível da estrada?

29 (U. Cuiabá/MT) A energia liberada pela cisão de um átomo de U^{235} é $3,2 \cdot 10^{-14} \text{ J}$. O número de átomos que devem cindir para elevar um mosquito à altura de 25,4 mm, sabendo que a massa do mosquito é de 0,90 mg ($g = 10 \text{ m/s}^2$), é:

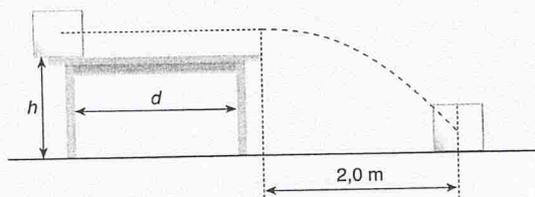
- a) $3,213 \cdot 10^{14}$ átomos d) $7,143 \cdot 10^6$ átomos
 b) $25,4 \cdot 10^{10}$ átomos e) $9,1 \cdot 10^{31}$ átomos
 c) $1,6 \cdot 10^{19}$ átomos

30 A figura abaixo mostra o perfil de um trecho de montanha-russa. O carro e os passageiros que percorrem essa montanha-russa têm juntos uma massa total de 1.000 kg. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$, e considere como nível zero de energia potencial gravitacional o nível do ponto mais baixo dos trilhos ($y = 5 \text{ m}$).



- a) Em que ponto dessa trajetória o carro e os passageiros possuem a maior energia potencial gravitacional? Nesse ponto da trajetória, qual é o valor da energia potencial gravitacional?
 b) Qual é a energia potencial gravitacional de uma pessoa de 60 kg ao nível do solo?

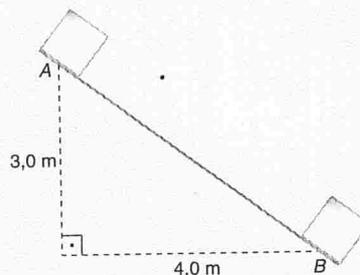
31 (UFPE) Um bloco de massa $m = 1,0 \text{ g}$ é arremessado horizontalmente ao longo de uma mesa, escorrega sobre a mesma e cai livremente como indica a figura. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.



A mesa tem comprimento $d = 2,0 \text{ m}$ e altura $h = 1,0 \text{ m}$. Qual é o trabalho realizado pelo peso do bloco, desde que foi arremessado até o instante em que toca o chão?

- a) $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
 b) $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
 c) $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
 d) $4,0 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
 e) $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ J}$

32 (U. Mackenzie-SP) Um bloco de pequenas dimensões e massa 5,0 kg é lançado do ponto A de um trilho reto e inclinado, com uma velocidade de 2,0 m/s, conforme a figura.



A única força de oposição ao movimento do bloco é a de atrito cinético, na qual $\mu_c = 0,6$. Nessas condições, supondo $g = 10 \text{ m/s}^2$, o bloco atingirá o ponto B com velocidade:

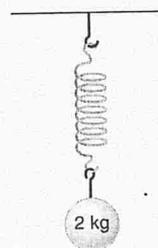
- a) 1,0 m/s d) 6,0 m/s
 b) 2,0 m/s e) 8,0 m/s
 c) 4,0 m/s

33 Uma mola de constante elástica 2.000 N/m é esticada de 10 cm. Qual é a quantidade de energia potencial elástica que ela passa a armazenar?

34 Uma mola esticada de x armazena uma energia potencial elástica igual a E .

- a) Que energia potencial elástica ela passará a armazenar se for deformada de $2 \cdot x$?
 b) De quanto tal mola deverá ser esticada para armazenar uma energia potencial elástica igual a $2 \cdot E$?

35 A mola da figura abaixo sustenta um corpo de massa 2 kg e encontra-se distendida de 5 cm. O sistema está em equilíbrio, e a aceleração gravitacional é de 10 m/s^2 .



- a) Qual é a constante elástica dessa mola?
 b) Se essa mola sustentar um corpo de 10 kg em equilíbrio, qual será a deformação que ela apresentará? Qual será a energia potencial elástica então armazenada na mola?