4 A CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

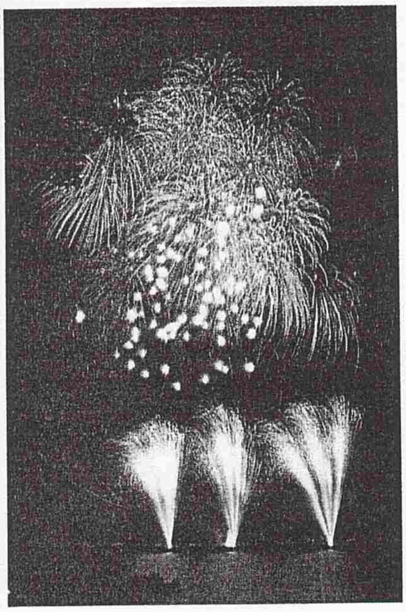


Figura 6.20

Há muito tempo os cientistas perceberam que a quantidade de energia de um sistema é uma grandeza invariável. A energia não pode ser criada e tampouco destruída; pode apenas se converter de uma determinada forma para outra.

Numa queima de fogos de artifício, podemos observar a conversão da energia química dos componentes do artefato em energia cinética e energia luminosa dos estilhaços. (**Fig. 6.20**)

No início desse capítulo, vimos que os alimentos que ingerimos nos fornecem energia. Essa energia é proveniente do Sol. As plantas a absorvem e a usam nos processos metabólicos de crescimento. Quando um animal as come, parte da energia que contêm fica armazenada no corpo do animal, e ele a utilizará para se movimentar e para desempenhar suas funções; outra parte é transformada em calor (que também é uma forma de energia).

Um arqueiro, por exemplo, ao retesar seu arco, despende uma certa quantidade de energia, da qual parte fica armazenada sob a forma de energia potencial elástica do arco. (**Fig. 6.21**) Quando a corda é liberada, essa energia potencial será convertida em energia cinética da flecha.

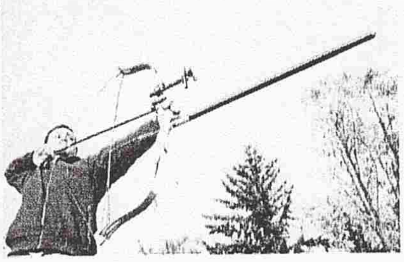
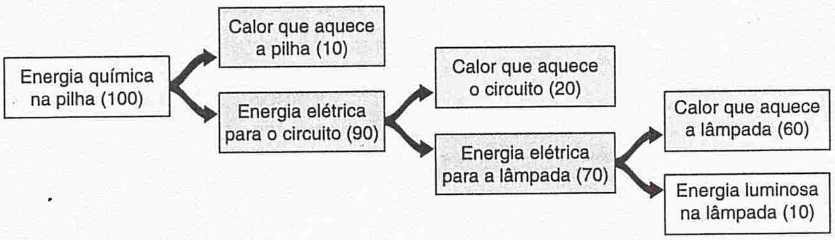


Figura 6.21

A figura ilustra um sistema bastante simples, no qual uma pilha é ligada por fios a uma pequena lâmpada de lanterna. (**Fig. 6.22**) A energia está inicialmente sob a forma de energia química dos componentes da pilha. Na pilha, a energia química é convertida em energia elétrica, que será transmitida à lâmpada pelos fios condutores. Mas parte dessa energia elétrica será convertida em calor, que aquecerá os fios de ligação. Na lâmpada, a energia elétrica restante, por sua vez, também será convertida em calor e em energia luminosa. A energia total do sistema permanece constante, apenas convertendo-se de um tipo em outro.

Se considerarmos que a pilha possuía inicialmente 100 unidades de energia, o fluxograma de energia nesse sistema poderia ser representado como a seguir:



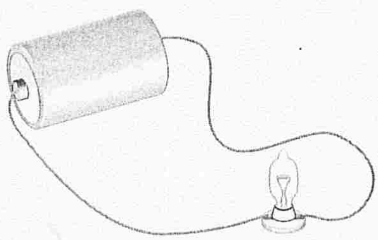


Figura 6.22 Circuito simples.

Observe que a quantidade inicial de energia (100 unidades) se converte em 10 unidades de calor, que aquece a própria pilha, e em 90 unidades de energia elétrica, que é enviada para o circuito ($10 + 90 = 100$). Dessas 90 unidades de energia elétrica, 20 unidades se convertem em calor, que aquece os fios do circuito, e as 70 unidades restantes são fornecidos à lâmpada ($20 + 70 = 90$). Na lâmpada, essas 70 unidades se convertem em 10 unidades de energia luminosa e em 60 unidades de calor, que aquece a lâmpada ($10 + 60 = 70$).

Essa conservação de energia ocorre em todo e qualquer sistema físico e constitui o denominado **princípio da conservação de energia**.

Este princípio, juntamente com o princípio da conservação da quantidade de movimento, pela sua universalidade, constituem as bases da Física.

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

Em um sistema mecânico qualquer, a energia costuma encontrar-se sob a forma de energia mecânica (E_M), que corresponde à soma da energia cinética (E_C) com a energia potencial (E_P) (gravitacional ou elástica). Então, em um sistema mecânico:

$$E_M = E_C + E_P$$

Vamos, agora, analisar as conversões de energia que ocorrem em um sistema puramente mecânico.

Na figura a seguir, mostramos uma pessoa escorregando por um tobogã, cujo perfil segue os pontos *A*, *B*, *C*, *D* e *E*. Consideremos que o *nível zero* de energia potencial gravitacional seja o ponto *E*, isto é, no ponto *E* consideraremos que a energia potencial gravitacional é nula. Isso não afetará as outras grandezas observáveis no sistema. **(Fig. 6.23)**

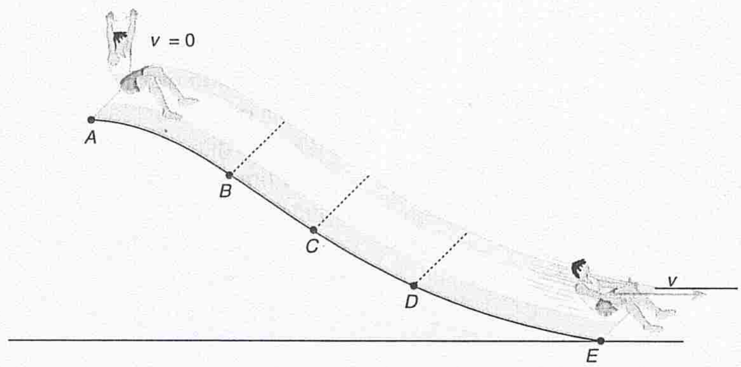


Figura 6.23

Vamos admitir, também, que existe atrito entre a pessoa e o tobogã. Nesse caso, parte da energia mecânica inicial do sistema será dissipada sob a forma de calor.

A tabela abaixo mostra-nos possíveis valores que as energias cinética e potencial gravitacional poderiam assumir durante a descida da pessoa pelo tobogã. Mostra também a energia dissipada sob a forma de calor no trajeto.

Observe, entretanto, que a energia total do sistema — que é a soma das energias potencial, cinética e dissipada — deverá permanecer constante.

Ponto	E_P (J)	E_C (J)	E_{diss} (J)	E_{total} (J)
A	6.000	0	0	6.000
B	4.500	1.200	300	6.000
C	3.000	2.400	600	6.000
D	1.500	3.600	900	6.000
E	0	4.800	1.200	6.000

Mas, e se o tobogã fosse perfeitamente liso? O que mudaria?

Se considerarmos que o tobogã é extremamente liso, ou seja, se pudermos desprezar os atritos, então não haverá dissipação de energia sob a forma de calor. Nesse caso, a energia mecânica do sistema — que corresponde agora à energia total — permanecerá constante.

Ponto	E_P (J)	E_C (J)	E_M (J)
A	6.000	0	6.000
B	4.500	1.500	6.000
C	3.000	3.000	6.000
D	1.500	4.500	6.000
E	0	6.000	6.000

A tabela ao lado mostra-nos os valores das energias potencial, cinética e mecânica daquela pessoa durante a descida.

Observe que, durante a descida pelo tobogã, a energia cinética da pessoa aumenta, mas a potencial gravitacional diminui. Em outras palavras, a velocidade aumenta à medida que sua altura em relação ao *nível zero* de energia potencial (ponto *E*) diminui.

No esquema abaixo mostramos, na forma de um gráfico de barras, as energias potencial, cinética e mecânica em cada um dos cinco pontos analisados. (**Fig. 6.24**)

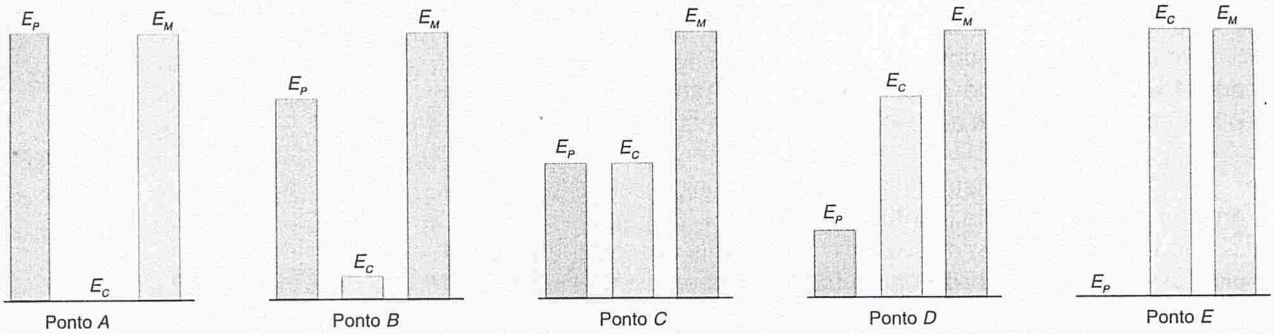


Figura 6.24

CID

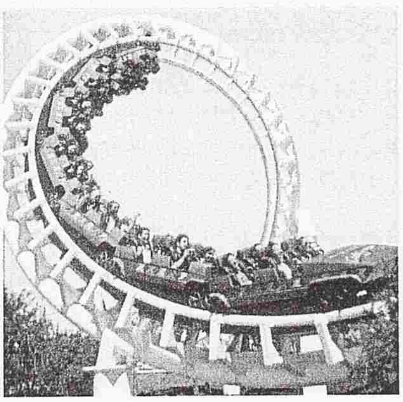


Figura 6.25 *Looping* na montanha-russa.

Pela comparação dos dados das duas tabelas, observamos que a conseqüência direta da existência de atrito é que a energia cinética final da pessoa é menor do que ela teria se não houvesse atrito. Note também que a energia potencial gravitacional da pessoa não é afetada pela presença de atrito. Tal energia depende apenas da posição da pessoa em relação ao sistema.

Em uma montanha-russa, a energia potencial aumenta à medida que o carrinho sobe e, conseqüentemente, a velocidade diminui. Durante a descida, enquanto a energia potencial diminui, a energia cinética e a velocidade do carrinho aumentam. Se desprezarmos o atrito, a energia mecânica do carrinho permanecerá constante. (**Fig. 6.25**)

Proposta experimental

Este experimento mostrará a conservação da energia mecânica em um sistema simples.

Para realizá-lo, você precisará de uma pedra ou tijolo pesado (com massa de, pelo menos, 2 kg), uma corda de náilon com uns 2 m de comprimento e um pouco de coragem e confiança nas leis da Física.

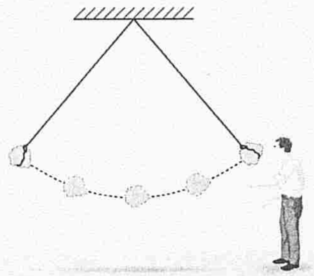
Comece por prender firmemente uma das extremidades da corda à pedra. Certifique-se de que a pedra não pode se soltar facilmente da corda. Prenda a outra extremidade a um galho de árvore ou a um ponto qualquer, de modo a criar um pêndulo.

Agora começa o *show*!

Desloque a pedra da posição natural de equilíbrio e, mantendo a corda esticada, posicione-a junto a seu queixo. Solte a pedra e permaneça imóvel.

A pedra irá se deslocar em seu movimento pendular e, na volta, retornará à posição inicial, a milímetros de seu queixo.

De acordo com o princípio da conservação da energia, no retorno a pedra não poderá ter uma energia potencial maior do que a que tinha quando partiu. Portanto, você não precisa se preocupar, pois ela não atingirá uma altura maior do que a que tinha quando foi abandonada.

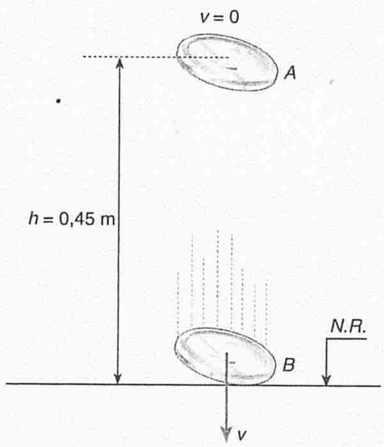


Você sabe por quê?

Uma criança sentada em um balanço, mesmo sem tocar o solo, é capaz de, por si só, impulsionar-se e atingir grandes amplitudes. Você sabe explicar como isso é possível e de onde advém a energia que o balanço e a criança adquirem?

O princípio da conservação da energia mostra-se bastante útil em problemas nos quais precisamos calcular velocidades. Como aplicações simples, considere os exemplos seguintes.

Uma moeda é abandonada, a partir do repouso, de um ponto situado 0,45 m acima do solo. Desprezando a resistência do ar e adotando $g = 10\ m/s^2$, determine a velocidade com que ela atinge o solo.



A figura ao lado mostra-nos a moeda na posição inicial (ponto *A*) e em sua chegada ao solo (ponto *B*).

Adotaremos, ainda, o *nível zero* de energia potencial no solo (o nível de referência, *N.R.*, da figura). Dessa maneira, a energia potencial da moeda no solo será nula. Como estamos desprezando a força de resistência do ar, na moeda não atuam forças dissipativas. Assim, a energia mecânica da moeda conserva-se durante toda a queda, isto é: $E_{M(A)} = E_{M(B)}$.

Como a energia mecânica de um sistema é a soma de suas energias cinética e potencial, temos:

$$E_{C(A)} + E_{P(A)} = E_{C(B)} + E_{P(B)}$$

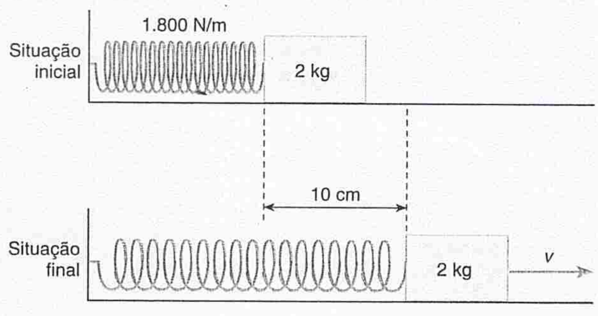
$$0 + m \cdot g \cdot h_A = \frac{m \cdot v_B^2}{2} + 0 \quad \Rightarrow \quad 2 \cdot g \cdot h_A = v_B^2 \quad \Rightarrow \quad v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A}$$

Observe que a velocidade com que a moeda chega ao solo independe de sua massa e depende basicamente da altura da qual ela foi abandonada. Com os valores numéricos fornecidos, temos:

$$v_B = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}45} \quad \Rightarrow \quad v_B = \sqrt{9} \quad \Rightarrow \quad v_B = 3\ m/s$$

O próximo exemplo explora a conversão de energia potencial elástica em energia cinética.

O corpo com massa 2 kg, mostrado no esquema ao lado, está apoiado em um plano horizontal liso e comprime a mola de 10 cm. A mola tem constante elástica de 1.800 N/m e, liberada, se distende e empurra o corpo. Determine a velocidade adquirida pelo corpo no instante em que a mola retorna à sua configuração não-deformada.



No sistema apresentado, a energia mecânica encontra-se inicialmente sob a forma de energia potencial elástica da mola.

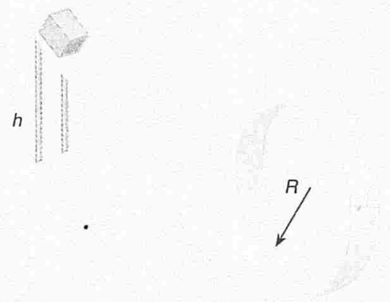
Desprezando-se os atritos, quando a mola retornar à sua configuração não-deformada, a energia potencial elástica armazenada pela mola terá se convertido totalmente em energia cinética do corpo.

Então:

$$E_{P(mola)} = E_{C(corpo)} \quad \Rightarrow \quad \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \frac{1.800 \cdot (0{,}1)^2}{2} = \frac{2 \cdot v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 9 \quad \Rightarrow \quad v = 3\ m/s$$

Em problemas nos quais as forças envolvidas têm intensidades variáveis, a conservação da energia mostra-se muito útil.

Na figura ao lado, representamos um trecho de um trilho de montanha-russa com *looping* de raio R. Determine a altura mínima h da qual um carrinho deve ser abandonado para percorrer todo o trilho. Considere que a aceleração gravitacional é igual a g e despreze todos os atritos.



O ponto crítico da trajetória localiza-se no alto do *looping*. Nesse ponto, o carrinho deve ter uma velocidade tal que lhe permita completar com segurança a trajetória circular no plano vertical. O problema assemelha-se ao do "globo da morte" dos circos.

No ponto mais alto da trajetória circular, as forças que atuam no carrinho são: o seu peso $\vec{P}$ e a reação normal do apoio $\vec{F}_N$, ambas verticais e orientadas para baixo. Nesse ponto, a força resultante $(\vec{P} + \vec{F}_N)$ desempenha o papel de resultante centrípeta. Portanto: $P + F_N = m \cdot \frac{v^2}{R}$. Note que, à medida que a velocidade no ponto mais alto assume valores cada vez menores, o mesmo acontece com a intensidade da força de reação normal do apoio.

Quando a velocidade no ponto mais alto assume o valor mínimo para que se complete a trajetória circular, a força de reação do apoio se anula. Então, quando: $v = v_{mín} \Rightarrow F_N = 0$.

Obtemos, nesse caso: $P = m \cdot \frac{v^2_{mín}}{R} \Rightarrow m \cdot g = m \cdot \frac{v^2_{mín}}{R} \Rightarrow v^2_{mín} = R \cdot g$

Podemos, agora, aplicar o princípio da conservação da energia entre o ponto de partida do carrinho e o ponto mais alto do *looping*. Adotaremos o *nível zero* de energia potencial no solo.

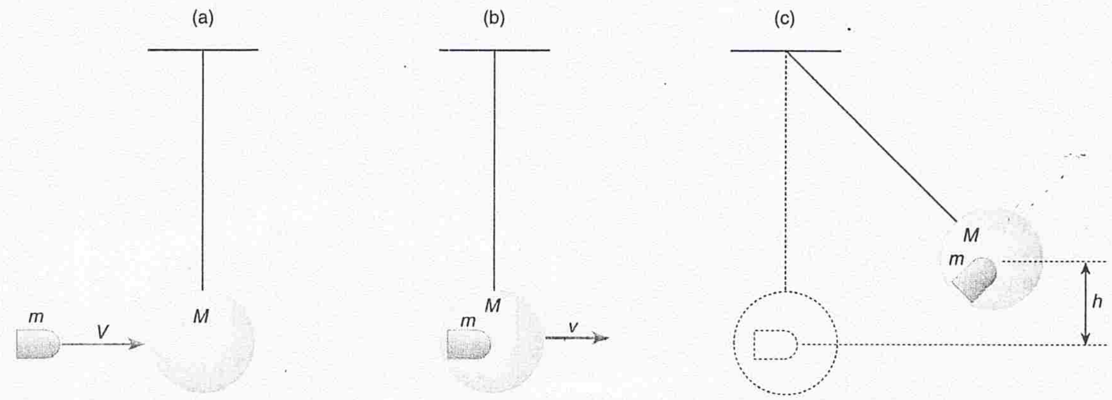
A energia potencial gravitacional do carrinho no ponto de partida se converte em energia cinética e energia potencial gravitacional quando este atinge o ponto mais alto do *looping*. Então:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2_{mín}}{2} + m \cdot g \cdot (2 \cdot R) \Rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot R \cdot g}{2} + 2 \cdot m \cdot R \cdot g \Rightarrow h = \frac{5}{2} \cdot R$$

O princípio da conservação da energia pode ser aplicado juntamente com o princípio da conservação da quantidade de movimento, estudado no capítulo 5 deste livro.

Exemplos de aplicação conjunta desses dois importantes princípios de conservação são explorados a seguir.

Um pêndulo balístico é um dispositivo que pode ser utilizado para a determinação da velocidade com que um projétil é disparado por uma arma de fogo. Consiste basicamente em uma massa suspensa por fios, contra a qual é feito o disparo. Com o impacto, a massa, juntamente com o projétil, adquire velocidade e oscila. O esquema abaixo ilustra, de maneira simplificada, a seqüência de eventos.



UNIDADE II

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

Considerando a massa do projétil $m = 10$ g, a massa pendular $M = 990$ g, a aceleração gravitacional $g = 10$ m/s² e que a altura atingida pelo conjunto é $h = 45$ cm, determine a velocidade V do projétil imediatamente antes do impacto.

Devemos iniciar a resolução aplicando o princípio da conservação da energia mecânica ao conjunto, constituído pela massa pendular e pelo projétil, para as situações representadas nas figuras (b) e (c). Dessa maneira, poderemos determinar a velocidade de partida v do conjunto após o impacto, na figura (b). Desprezando a resistência do ar e adotando o *nível zero* de energia potencial na posição de partida do conjunto, temos:

$$E_{M(b)} = E_{M(c)} \Rightarrow \frac{(M+m)\cdot v^2}{2} = (M+m)\cdot g \cdot h \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2\cdot g\cdot h}$$

Com os valores numéricos fornecidos, obtemos: $v = \sqrt{2\cdot 10\cdot 0{,}45} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{9} \quad \Rightarrow \quad v = 3$ m/s.

Há, agora, elementos para aplicar o princípio da conservação da quantidade de movimento entre as situações representadas em (a) e em (b). Temos, então, na forma escalar:

$$Q_{(a)} = Q_{(b)} \quad \Rightarrow \quad m\cdot V = (M+m)\cdot v \quad \Rightarrow \quad V = \frac{(M+m)}{m}\cdot v$$

Usando os valores numéricos já conhecidos, obtemos: $V = \dfrac{(990+10)}{10}\cdot 3 \Rightarrow V = 300$ m/s.

O que diz a Mídia!

Reportagem

A ciência vai ao parque

Com uma mistura de entusiasmo e apreensão, os passageiros do pequeno vagão vêem o alto dos trilhos se aproximar lentamente. Atingido o cume, começa uma arrepiante sucessão de abismos abruptos, curvas inesperadas e subidas de tirar o fôlego. Tudo isso acontece em cerca de dois minutos numa montanha-russa — embora para os passageiros pareça uma eternidade. O objetivo dos projetistas, naturalmente, é criar o trajeto mais emocionante, de modo a proporcionar o maior número possível de sobressaltos por metro de viagem, sem o menor risco — pois nisso está toda a graça do brinquedo. A velocidade dos carros parece muito maior que a real, pela proximidade dos trilhos, e os apavorantes *loops* não passam de bem planejadas estruturas, tudo graças ao concurso das leis da Física.

Começa o passeio, e o pequeno vagão é lentamente puxado até o ponto mais alto da montanha-russa. Quanto mais alto for esse ponto, maior será a energia do carro — no caso, trata-se da energia potencial, que ao se transformar em energia cinética durante a descida aumentará progressivamente a velocidade do vagão. Qualquer objeto levantado do solo contém energia potencial, criada pela força da gravidade. Mas a corda de um relógio, por exemplo, ou um pedaço de elástico esticado também possuem energia potencial armazenada. Em Física clássica, energia potencial e energia cinética são as duas faces da energia mecânica.

A palavra energia foi usada pela primeira vez num texto científico em 1807 pela Royal Society inglesa, por sugestão do médico e físico Thomas Young (1773-1829). Outra de suas idéias brilhantes, mas que permaneceu despercebida nos arquivos da ciência, foi a definição de energia como a capacidade de realizar trabalho, ou seja, deslocar determinada massa por uma distância. Essa definição é o ponto-chave para a compreensão do conceito — e também para se entender os segredos da montanha-russa. Depois de ultrapassar o topo do ponto de partida, o vagão escorrega em desabalada viagem ladeira abaixo, sem a ajuda de motores ou máquinas, como um carrinho de rolimã ou um *skate*.

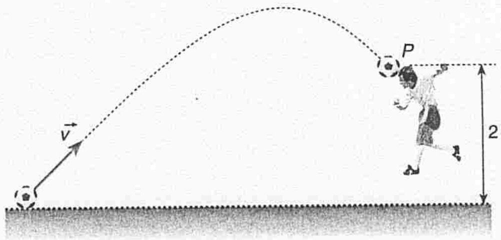
Durante o trajeto, a energia mecânica do vagão é também utilizada de forma inteligente — ela serve para mover uma série de geradores que fornecem eletricidade às lâmpadas que iluminam a montanha-russa. A energia excedente é canalizada para os acumuladores (baterias), onde é convertida em energia química. Esta poderá ser novamente transformada em eletricidade, sempre que necessário. Alguém poderia pensar que assim se obtém energia de graça. Mas, como dizia Lord Keynes em relação aos fatos da economia, nada é gratuito no Universo — a energia necessária para o guincho puxar o vagão até o início do percurso é muito superior à energia gerada na descida. A diferença transformou-se em calor.

[...]

SILVA JÚNIOR, A.C.T. e ZERO, Kátia. *Superinteressante*. Abril, ano 3, n. 1, janeiro de 1989.

45 Uma bola desloca-se sobre uma mesa horizontal, de altura h, com velocidade v. Ao atingir a borda da mesa, a bola cai ao solo. Dada a aceleração gravitacional g, qual é a velocidade da bola ao atingir o solo?

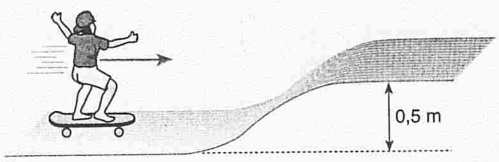
46 (UERJ) Numa partida de futebol, o goleiro bate o tiro de meta e a bola, de massa 0,5 kg, sai do solo com velocidade de módulo igual a 10 m/s, conforme mostra a figura.



No ponto P, a 2 metros do solo, um jogador da defesa adversária cabeceia a bola. Considerando $g = 10\ m/s^2$, a energia cinética da bola no ponto P vale, em joules:

a) 0 b) 5 c) 10 d) 15

47 (Vunesp) Para tentar vencer um desnível de 0,5 m entre duas calçadas planas e horizontais, mostradas na figura, um garoto de 50 kg, brincando com um *skate* (de massa desprezível), impulsiona-se até adquirir uma energia cinética de 300 J.

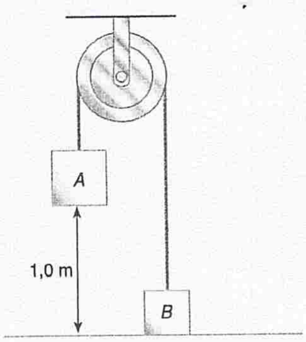


Desprezando-se quaisquer atritos e considerando-se $g = 10\ m/s^2$, pode-se concluir que, com essa energia:

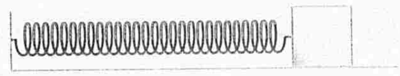
a) não conseguirá vencer sequer metade do desnível.
b) conseguirá vencer somente metade do desnível.
c) conseguirá ultrapassar metade do desnível, mas não conseguirá vencê-lo totalmente.
d) não só conseguirá vencer o desnível, como ainda lhe sobrarão pouco menos de 30 J de energia cinética.
e) não só conseguirá vencer o desnível, como ainda lhe sobrarão mais de 30 J de energia cinética.

48 (Unirio-RJ) Dois corpos A ($m_A = 2{,}0$ kg) e B ($m_B = 1{,}0$ kg) possuem dimensões desprezíveis. Os corpos A e B estão interligados por uma corda inextensível e de massa desprezível, que passa por uma polia ideal, como mostra a figura abaixo. Os corpos inicialmente estão em repouso. Considerando $g = 10\ m/s^2$ e que não existem atritos, determine:

a) a energia mecânica inicial do sistema, em joules;
b) a velocidade com que a massa A chega ao solo.



49 Um bloco com massa 0,5 kg, conforme mostrado abaixo, comprime uma mola de constante elástica 5.000 N/m, que se encontra deformada de 20 cm. Quando liberada, a mola empurra o bloco pelo plano horizontal liso. Determine a velocidade final do bloco.

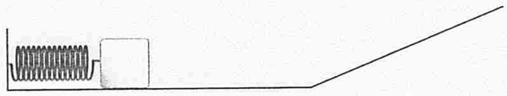


50 (PUC-RS) Um bloco de 4,0 kg de massa e velocidade de 10 m/s, movendo-se sobre um plano horizontal, choca-se contra uma mola, como mostra a figura.

Sendo a constante elástica da mola igual a 10.000 N/m, o valor da deformação máxima que a mola poderia atingir, em cm, é:

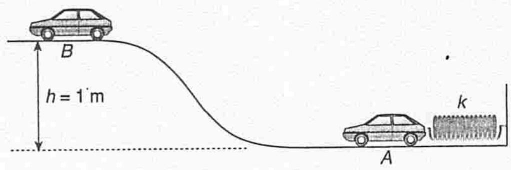
a) 1 b) 2 c) 4 d) 20 e) 40

51 A mola mostrada na figura abaixo tem constante elástica 7.200 N/m e está deformada de 10 cm. O bloco, que se encontra encostado na mola, tem massa 2 kg. Despreze os atritos e considere $g = 10\ m/s^2$. Liberada a mola, ela empurra o bloco.



a) Determine a velocidade do bloco no instante em que a mola retorna à sua condição não-deformada.
b) Qual é a altura máxima atingida pelo bloco ao subir a rampa inclinada?

52 (UEPI) Na montagem representada na figura, o carrinho, de massa 200 g, encontra-se em repouso e apoiado na mola que é mantida comprimida de $x = 20$ cm. A mola é liberada, distendendo-se e empurrando o carrinho que atinge o ponto B, situado à altura $h = 1$ m, animado de uma certa velocidade $\vec{v}$. Desprezam-se as forças de resistências e sabe-se que a constante elástica da mola é $k = 600$ N/m e a aceleração da gravidade no local é $10\ m/s^2$.



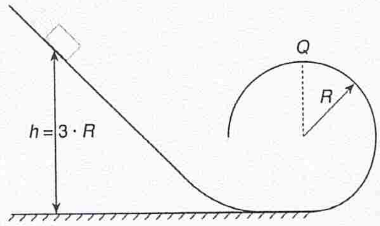
Assinale a alternativa que expressa corretamente o valor da velocidade $\vec{v}$ do carrinho, no ponto B.

a) 5,0 m/s b) 4,0 m/s c) 10 m/s d) 12 m/s e) 1,0 m/s

53 (E. C. M. Maceió-AL) Um bloco de massa m é abandonado de uma altura $h = 3 \cdot R$ sobre uma rampa lisa, conforme a figura. Considere $g = 10\ m/s^2$.

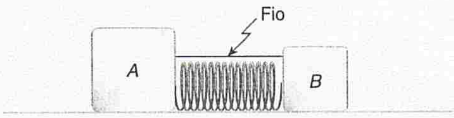
A força de reação do trilho circular sobre o bloco no ponto Q é:

a) $5 \cdot m$
b) $8 \cdot m$
c) $10 \cdot m$
d) $12 \cdot m$
e) $15 \cdot m$



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

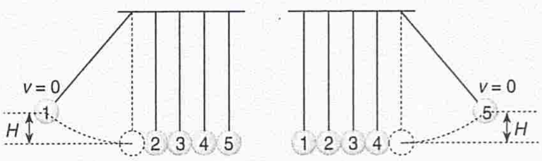
54 A figura abaixo mostra uma mola comprimida entre dois corpos, A e B, com massas respectivamente iguais a 3 kg e 2 kg. Os corpos são mantidos em posição por meio de um fio. Queimando-se esse fio, a mola empurra os corpos, e o corpo A adquire velocidade de 2 m/s. Despreze todos os possíveis atritos.



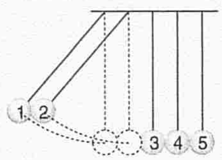
a) Qual será a velocidade com que o corpo B será lançado pela mola?
b) Qual era a quantidade de energia potencial elástica armazenada na mola?
c) Se a mola estava inicialmente comprimida de 10 cm, qual é o valor de sua constante elástica?

55 (Olimpíada Brasileira de Física) São realizadas experiências com 5 pêndulos de mesmos comprimentos. As massas pendulares são de bolas de bilhar iguais, cada uma ligeiramente encostada na outra.

Experiência I: A bola nº 1 é erguida e abandonada de uma altura H. Ela colide com a bola nº 2. O choque se propaga, e a bola nº 5 é lançada, praticamente, até a mesma altura H.



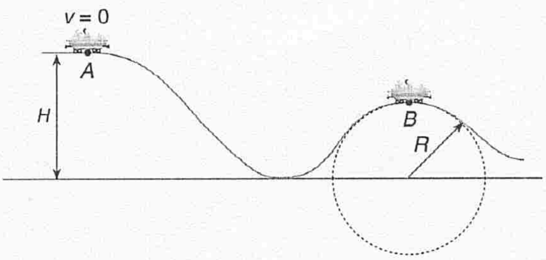
Experiência II: Agora as bolas 1 e 2 são erguidas conforme ilustra a figura e abandonadas. Elas caminham juntas até a colisão com a bola nº 3.



Dois estudantes, Mário e Pedro, têm respostas diferentes com relação à previsão do que irá ocorrer após a propagação do choque. Mário acha que somente a bola nº 5 irá se movimentar, saindo com velocidade duas vezes maior que as velocidades das bolas 1 e 2 incidentes. Pedro acha que as bolas 4 e 5 sairão juntas com a mesma velocidade das bolas incidentes 1 e 2.

a) A previsão de Mário é correta? Justifique.
b) A previsão de Pedro é correta? Justifique.

56 A figura mostra um trecho de trilho, disposto em um plano vertical, por onde um carrinho desliza sem atrito. No ponto B da trajetória, a pista tem raio R. Determine a máxima altura H do ponto A, do qual o carrinho deve ser abandonado para não perder contato com a pista quando estiver passando pelo ponto B.



57 Um conhecido achocolatado traz em seu rótulo informações nutricionais, entre as quais consta que cada 100 g do produto fornece 400 kcal. Uma lata desse achocolatado contém 500 g do produto. Se toda a energia contida no achocolatado de uma lata fosse usada para lançar uma pedra, com massa 4 kg, qual seria sua velocidade inicial de lançamento? Considere que 1 cal = 4 J.

58 (EsPCEx-SP) Uma bola de futebol cai de uma janela que se encontra a 12 m do solo (nível de referência). Considere $g = 10\ m/s^2$ e **não** despreze a resistência do ar. Podemos afirmar com relação à bola, ao longo de sua queda, que:

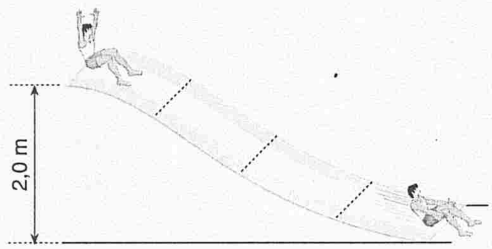
a) a energia mecânica é conservada, mas a energia cinética aumenta.
b) a energia cinética é conservada, mas a energia potencial diminui.
c) a energia potencial aumenta, mas a energia cinética diminui.
d) a energia mecânica diminui, mas a energia cinética aumenta.
e) tanto a energia cinética quanto a energia potencial diminuem.

59 Um ciclista a 72 km/h atinge a base de uma rampa. Supondo-se que 50% de sua energia mecânica seja dissipada pelos atritos, qual será a máxima altura que ele atingirá na rampa, se não pedalar? Adote $g = 10\ m/s^2$.

60 (Vunesp) Um alpinista desce verticalmente do alto de uma encosta, deslizando por uma corda, com velocidade constante. Sabendo-se que a massa total do alpinista com seus equipamentos é de 100 kg e admitindo-se que $g = 10\ m/s^2$, determine:

a) a tração exercida na corda;
b) a energia dissipada por atrito, supondo que o alpinista desça de uma altura de 50 m.

61 (UFPE) Uma criança de 20 kg parte do repouso no topo de um escorregador a 2,0 m de altura. Sua velocidade, quando chega à base, é de 6,0 m/s. Qual foi o módulo do trabalho realizado pelas forças de atrito, em joules? Considere $g = 10\ m/s^2$.



62 Uma bola de borracha é abandonada de uma altura de 2 m acima do solo. Quando ela se choca contra o solo, 20% de sua energia mecânica é dissipada sob a forma de calor. Adote $g = 10\ m/s^2$ e determine:

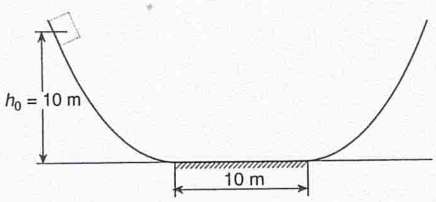
a) a velocidade com que a bola atinge o solo;
b) a altura máxima que a bola atinge depois do choque contra o solo.

63 (U. F. Fluminense-RJ) Uma bola de borracha é abandonada a 2,0 m acima do solo. Após bater no chão, retorna a uma altura de 1,5 m do solo. A porcentagem da energia inicial perdida na colisão da bola com o solo é:

a) 5% b) 15% c) 20% d) 25% e) 35%

64 (E. E. Mauá-SP) Uma bola de tênis de mesa, quando largada a partir do repouso de uma altura de 32,0 cm em relação à mesa, atinge, após a colisão, uma altura máxima de 24,0 cm. Determine a razão entre a variação da energia mecânica da bola no processo e a sua energia mecânica inicial, adotando a superfície da mesa como referencial da energia potencial.

65 (U. F. Lavras-MG) Um bloco de massa $m = 5$ kg encontra-se numa superfície curva a uma altura $h_0 = 10$ m do chão, como mostra a figura. Na região plana da figura, de comprimento 10 m, existe atrito. O coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e o chão é $\mu = 0{,}1$. O bloco é solto a partir do repouso. Considere $g = 10$ m/s^2.



a) Indique num diagrama as forças sobre o bloco quando este se encontra na parte curva e na parte plana da trajetória.
b) Calcule a altura máxima que o bloco irá atingir quando chegar pela primeira vez à parte curva da direita.
c) Quantas vezes o bloco irá passar pelo plano antes de parar definitivamente?

66 (E. C. M. Maceió-AL) Um corpo de massa $m_1 = 2$ kg move-se a 90 km/h quando colide com outro de massa $m_2 = 3$ kg, movendo-se na mesma direção e sentido, com velocidade de 72 km/h. Se a colisão foi perfeitamente inelástica, a energia cinética do sistema, dissipada sob a forma de calor, após a colisão, é igual a:

a) 10 J b) 12 J c) 15 J d) 18 J e) 20 J

67 (PUC-SP) O carrinho da figura tem massa 100 g e encontra-se encostado em uma mola de constante elástica 100 N/m comprimida de 10 cm (figura 1). Ao ser libertado, o carrinho sobe a rampa até a altura máxima de 30 cm (figura 2).

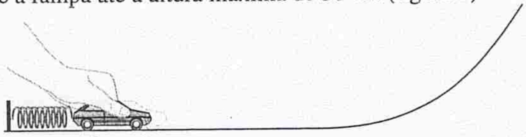


Figura 1

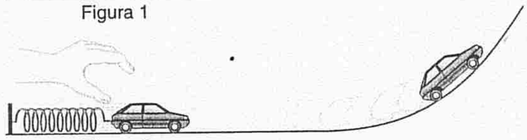


Figura 2

O módulo da quantidade de energia mecânica dissipada no processo, em joules, é:

a) 2.500 b) 4.970 c) 4.700 d) 0,8 e) 0,2

5 POTÊNCIA

Já aprendemos como calcular o trabalho realizado por uma força e vimos que essa energia transferida pela força pode assumir várias formas. Vimos, também, que a energia de um sistema pode se converter de uma forma para outra. Mas até agora não nos preocupamos em medir a rapidez com que tal transferência ou conversão de energia ocorre.

A grandeza física que indica a rapidez com que um determinado trabalho é realizado é chamada **potência**.

Considere, por exemplo, dois carros idênticos que, partindo do repouso, atingem a mesma velocidade de 100 km/h. Obviamente, para que isso aconteça, tem de ser transferida energia aos carros, visto que, ao final da arrancada, eles possuem energia cinética. Essa energia é transferida ao carro pelo motor.

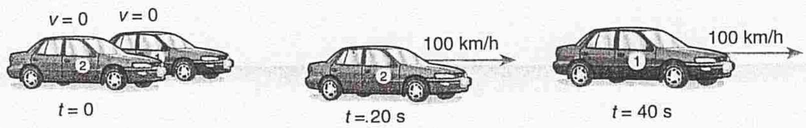


Figura 6.26

Vamos supor que o primeiro carro tenha levado 40 s para chegar aos 100 km/h, e o segundo carro, apenas 20 s. **(Fig. 6.26)**

Ambos os carros sofreram a mesma variação de energia cinética. Assim, o trabalho da força resultante sobre os carros foi o mesmo nas duas situações. A diferença entre eles fica por conta do tempo necessário para a realização do trabalho.

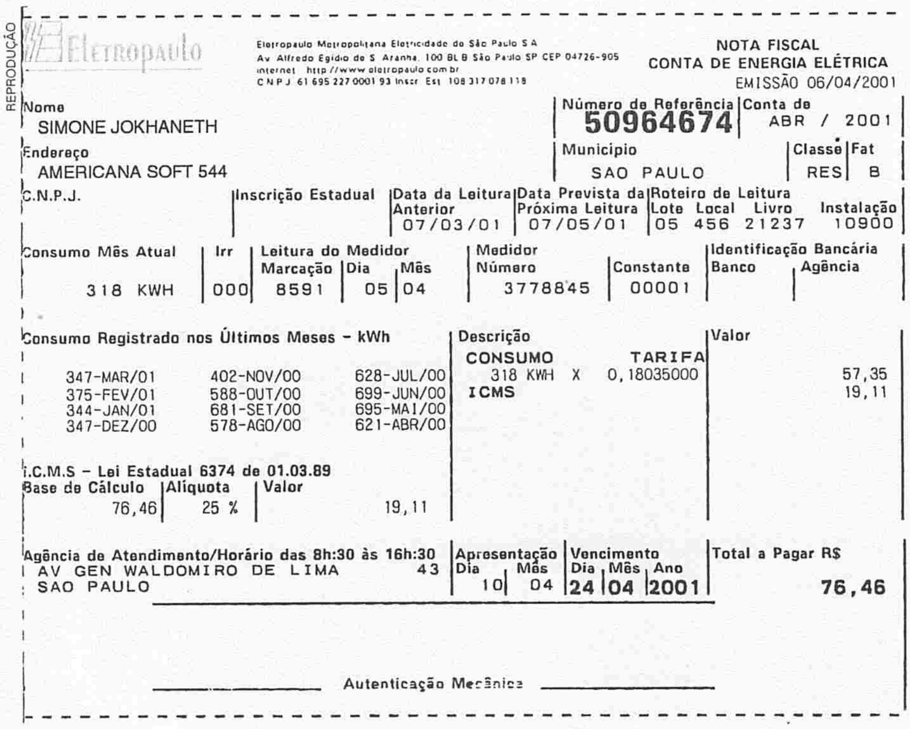
É intuitivo perceber que o carro que atingiu os 100 km/h no menor tempo desenvolveu maior potência. Então, podemos concluir que, para um mesmo trabalho $\mathcal{T}$, a potência média P_m é inversamente proporcional ao intervalo de tempo Δt. Analiticamente podemos escrever:

$$P_m = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t}$$

No SI, a potência média é medida em joule por segundo (J/s), unidade que recebe o nome **watt**, símbolo **W**, em homenagem a James Watt. Então: 1 W = 1 J/s.

Outras unidades usuais de medida da potência são o **hp** (do inglês ***horse-power***) e o **cv** (**cavalo-vapor**):

$$1\ \text{hp} = 746\ \text{W} \quad \text{e} \quad 1\ \text{cv} = 735\ \text{W}$$



Eletropaulo

Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S A
Av Alfredo Egidio de S Aranha, 100 BL B São Paulo SP CEP 04726-905
internet http://www.eletropaulo.com.br
C N P J 61 695 227 0001 93 Inscr Est 108 317 078 118

NOTA FISCAL
CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA
EMISSÃO 06/04/2001

Nome: SIMONE JOKHANETH
Número de Referência: 50964674
Conta de: ABR / 2001

Endereço: AMERICANA SOFT 544
Municipio: SAO PAULO
Classe: RES | Fat: B

C.N.P.J.	Inscrição Estadual	Data da Leitura Anterior	Data Prevista da Próxima Leitura	Roteiro de Leitura Lote Local Livro	Instalação
		07/03/01	07/05/01	05 456 21237	10900

Consumo Mês Atual	Irr	Leitura do Medidor Marcação	Dia	Mês	Medidor Número	Constante	Identificação Bancária Banco	Agência
318 KWH	000	8591	05	04	3778845	00001		

Consumo Registrado nos Últimos Meses - kWh

347-MAR/01	402-NOV/00	628-JUL/00
375-FEV/01	588-OUT/00	699-JUN/00
344-JAN/01	681-SET/00	695-MAI/00
347-DEZ/00	578-AGO/00	621-ABR/00

Descrição	Valor
CONSUMO TARIFA 318 KWH X 0,18035000	57,35
ICMS	19,11

I.C.M.S - Lei Estadual 6374 de 01.03.89

Base de Cálculo	Alíquota	Valor
76,46	25 %	19,11

Agência de Atendimento/Horário das 8h:30 às 16h:30
AV GEN WALDOMIRO DE LIMA 43
SAO PAULO

Apresentação Dia	Mês	Vencimento Dia	Mês	Ano	Total a Pagar R$
10	04	24	04	2001	76,46

Autenticação Mecânica

Figura 6.27

Em algumas áreas — na Eletricidade, principalmente — a potência é comumente medida em **quilowatt** (**kW**). Nesse caso, se o intervalo de tempo for medido em hora (h), então o trabalho (ou a energia consumida) será medido em **quilowatt-hora** (**kWh**): 1 kWh = 1 kW · 1 h.

A conta de luz de uma residência é cobrada pela energia elétrica, medida em kWh (**Fig. 6.27**), que os moradores consumiram. Uma lâmpada incandescente com potência de 100 W (ou 0,1 kW) ligada por 1 h consome uma energia de 0,1 kWh.

Se admitirmos que a força F que realizou o trabalho tem intensidade constante e direção igual à do deslocamento d, então o trabalho τ da força é dado por: $\tau = F \cdot d$.

A potência média P_m da força é calculada por:

$P_m = \dfrac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow P_m = \dfrac{F \cdot d}{\Delta t}$. Mas a relação $\dfrac{d}{\Delta t}$ é a velocidade média v_m.

Então, a potência média é dada por:

$$P_m = F \cdot v_m$$

Para calcular a potência desenvolvida num determinado instante, a potência instantânea, basta fazer o produto da força pela velocidade instantânea: $P = F \cdot v$.

O exemplo a seguir mostra-nos uma aplicação bastante simples do conceito de potência.

Um carro popular com massa 900 kg, partindo do repouso, acelera e chega a 108 km/h ao fim de 20 s. Qual é a potência média desenvolvida pelo carro?

O cálculo do trabalho da força resultante pode ser feito a partir do teorema da energia cinética. Lembre-se de que a velocidade de 108 km/h equivale a 30 m/s. Então:

$$\tau_{res} = E_{C\,(final)} - E_{C\,(inicial)} \Rightarrow \tau_{res} = \frac{900 \cdot (30)^2}{2} \Rightarrow \tau_{res} = 405.000\ \text{J}$$

A potência média desenvolvida durante essa arrancada é dada por:

$$P_m = \frac{\tau_{res}}{\Delta t} \Rightarrow P_m = \frac{405.000}{20} \Rightarrow P_m = 20.250\ \text{W} \simeq 27{,}1\ \text{hp}$$

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

Podemos usar a definição de potência, também, em problemas como o seguinte.

Uma queda-d'água tem vazão de 400 m^3/min, e a água cai de uma altura de 30 m. Adote $g = 10\ m/s^2$. Considerando que a densidade da água é de 1.000 kg/m^3, qual é a potência média que pode ser extraída dessa queda-d'água?

A potência média da queda-d'água é decorrente do trabalho realizado pela força peso da água ao cair sob a ação da gravidade.

Pela definição da densidade d, temos: $d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d \cdot V$.

O trabalho da força peso da água é dado, então, por: $\tau_P = m \cdot g \cdot h \Rightarrow \tau_P = d \cdot V \cdot g \cdot h$.

Portanto, a potência média da queda-d'água é dada por: $P_m = \frac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow P_m = \frac{d \cdot V \cdot g \cdot h}{\Delta t}$.

Nessa expressão, a relação $\frac{V}{\Delta t}$ expressa a rapidez com que o volume de água flui na queda, ou seja, tal relação expressa a vazão $\varnothing$, em volume, da queda-d'água. Então: $P_m = d \cdot \varnothing \cdot g \cdot h$.

Com os valores fornecidos, obtemos:

$$P_m = 1.000 \cdot \frac{400}{60} \cdot 10 \cdot 30 \Rightarrow P_m = 2 \cdot 10^6\ W = 2\ MW.$$

EXERCÍCIOS

68 (Enem) Muitas usinas hidrelétricas estão situadas em barragens. As características de algumas das grandes represas e usinas brasileiras estão apresentadas no quadro abaixo.

Usina	Área alagada (km^2)	Potência (MW)	Sistema hidrográfico
Tucuruí	2.430	4.240	Rio Tocantins
Sobradinho	4.214	1.050	Rio São Francisco
Itaipu	1.350	12.600	Rio Paraná
Ilha Solteira	1.077	3.230	Rio Paraná
Furnas	1.450	1.312	Rio Grande

A razão entre a área da região alagada por uma represa e a potência produzida pela usina nela instalada é uma das formas de estimar a relação entre o dano e o benefício trazidos por um projeto hidrelétrico. A partir dos dados apresentados no quadro, o projeto que mais onerou o ambiente em termos de área alagada por potência foi:

a) Tucuruí
b) Furnas
c) Itaipu
d) Ilha Solteira
e) Sobradinho

69 (U. F. Fluminense-RJ) Um halterofilista levanta um haltere de 20 kg, do chão até uma altura de 1,5 m em 5,0 s. No dia seguinte, ele realiza o mesmo exercício em 10 s. No segundo dia, a grandeza física que certamente mudou foi:

a) a força de atração da Terra sobre o haltere.
b) a variação da energia mecânica do haltere.
c) a variação da energia potencial gravitacional do haltere.
d) o trabalho realizado sobre o haltere.
e) a potência gasta pelo halterofilista.

70 (UFGO) O brasileiro Ronaldo da Costa, também conhecido por Ronaldinho, 28 anos, bateu, em 20/09/98, o recorde mundial da maratona de Berlim (42,195 km), com o tempo de 2 h 06 min 05 s, atingindo a velocidade média aproximada de 5,58 m/s.

Em relação a essa maratona, assinale com (C) as afirmativas certas e com (E) as erradas:

1. ( ) Nessa maratona, Ronaldinho superou a velocidade de 20,00 km/h.
2. ( ) A energia química produzida no corpo do maratonista é transformada em energia mecânica e calor.
3. ( ) A grande quantidade de água perdida pelo corpo dos maratonistas, durante o percurso, é essencial para evitar o aumento da temperatura do corpo dos atletas.
4. ( ) Se a potência média desenvolvida pelos maratonistas nessa atividade física for de 800 watts, pode-se afirmar que Ronaldinho consumiu, nessa corrida, uma energia superior a 6.000 kJ.

71 (U. E. Sudoeste da Bahia) Para arrastar um bloco, inicialmente em repouso, por uma distância de 5 m sobre uma superfície horizontal, aplica-se uma força $\vec{F}$ paralela à superfície e de módulo 20 N. Se nessa operação foram gastos 4 s, a potência média desenvolvida por $\vec{F}$, em watts, foi igual a:

a) 15
b) 20
c) 25
d) 30
e) 35

72 (ESPM-SP) Um fardo de massa 40 kg é levantado a uma altura de 5,0 m, em 10 s. Considerando $g = 10\ m/s^2$, a potência média, em watts, requerida para a execução da tarefa citada é:

a) $2,0 \cdot 10^4$
b) $5,0 \cdot 10^3$
c) $2,0 \cdot 10^3$
d) $5,0 \cdot 10^2$
e) $2,0 \cdot 10^2$

73 Um guindaste eleva verticalmente uma carga de 500 kg, com velocidade constante e igual a 0,20 m/s. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a) Qual a intensidade da força que o guindaste aplica à carga?

b) Qual o trabalho realizado pelo guindaste ao elevar a carga por 3 m?

c) Qual a potência desenvolvida pela força aplicada pelo guindaste?

74 (Fuvest-SP) Um elevador de $1{,}0 \cdot 10^3$ kg sobe uma altura de 60 m em meio minuto. É dado $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a) Qual é a velocidade média do elevador?

b) Qual é a potência média desenvolvida pelo elevador?

75 (U. Uberaba-MG) Para verificar se o motor de um elevador forneceria potência suficiente ao efetuar determinados trabalhos, esse motor passou pelos seguintes testes:

I. transportar 1.000 kg até 20 m de altura em 10 s;

II. transportar 2.000 kg até 10 m de altura em 20 s;

III. transportar 3.000 kg até 15 m de altura em 30 s;

IV. transportar 4.000 kg até 30 m de altura em 100 s.

O motor utilizará maior potência ao efetuar o trabalho correspondente ao:

a) teste III b) teste II c) teste I d) teste IV

76 Um motor, com potência de 1.700 W, deve suspender um piano de 350 kg até uma janela do 6º andar de um edifício, a 16 m acima do solo. Considerando que $g = 10 \text{ m/s}^2$, qual é o tempo gasto por esse motor para realizar tal tarefa?

77 Um corpo, com massa 4 kg e inicialmente em repouso, é impulsionado por uma força resultante constante de intensidade 20 N e, após 4 s, atinge a velocidade de 20 m/s. Determine:

a) o trabalho da força resultante durante esse intervalo de tempo;

b) o deslocamento sofrido pelo corpo nesse mesmo intervalo de tempo;

c) a potência desenvolvida pela força.

78 Um carro, viajando a uma velocidade constante de 108 km/h, desenvolve uma potência de 18 hp. Considerando que 1 hp $\simeq$ 750 W, determine a intensidade média da força de resistência imposta pelo atrito e pelo ar ao movimento do carro.

79 (Cesgranrio-RJ) Uma caixa se move ao longo de um plano inclinado de 30° com a horizontal. A caixa tem massa igual a 1 kg e desliza para baixo com uma velocidade constante de 0,1 m/s. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. Nessa situação, a força de atrito que atua na caixa dissipa energia numa taxa de aproximadamente:

a) 0,1 W
b) 0,2 W
c) 0,3 W
d) 0,4 W
e) 0,5 W

80 (PUC-RS) Uma queda-d'água de 1,0 m de altura possui uma vazão de 2,0 litros por segundo. Supondo a massa de 1,0 litro de água igual a 1,0 kg e a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, a potência máxima que se pode obter, aproveitando essa queda-d'água, é de:

a) $2{,}0 \cdot 10^3$ kW
b) $2{,}0 \cdot 10^2$ kW
c) $2{,}0 \cdot 10^{-1}$ kW
d) $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ kW
e) $2{,}0 \cdot 10^{-3}$ kW

81 (PUC-Campinas-SP) Deseja-se projetar uma pequena usina hidrelétrica utilizando a água de um córrego cuja vazão é de $1{,}0 \text{ m}^3\text{/s}$, em queda vertical de 8,0 m. Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $d_{água} = 1{,}0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, a máxima potência estimada seria, em watts, de:

a) $8{,}0 \cdot 10^4$
b) $1{,}6 \cdot 10^4$
c) $8{,}0 \cdot 10^3$
d) $1{,}6 \cdot 10^3$
e) $8{,}0 \cdot 10^2$

82 (FGV-SP) Uma usina hidroelétrica entrega ao consumidor 10.000 MW de potência. O sistema todo de geração da usina apresenta perdas de 10% e funciona com uma vazão constante de $15.000 \text{ m}^3\text{/s}$. Assumindo $g = 10 \text{ m/s}^2$ e densidade da água igual a 10^3 kg/m^3, calcula-se a altura da queda em:

a) 7,4 m
b) 667,0 m
c) 740,0 m
d) 66,7 m
e) 74,0 m

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

Sugestões de leitura

***Energia nossa de cada dia*, de Valdir Montanari (São Paulo, Editora Moderna, 3ª ed., 2000, Coleção Desafios)**

O autor traça neste livro uma retrospectiva histórica sobre a conceituação do termo energia e mostra as principais fontes de geração energética e sua problemática no mundo moderno.

***Faces da energia*, de Aníbal Figueiredo e Maurício Pietrocola (São Paulo, Editora FTD, 2001, Coleção Física — Um outro lado)**

Neste livro, os autores mostram que a energia pode se apresentar de várias formas e ser observada em diversas situações, como, por exemplo, numa montanha-russa, num balanço etc.

***Energia*, de Robert Snedden (São Paulo, Editora Moderna, 1998, Série Horizontes da Ciência)**

O livro traz respostas a inúmeras questões que estão presentes em nosso dia-a-dia. Mostra a busca do homem para compreender o que é energia, aborda a teoria dos antigos pensadores gregos e chega até os cientistas do século XX.

28. *Arquimedes:* o empuxo sobre a bola aumentou porque a densidade da água aumentou com a dissolução do sal. *Ulisses:* a densidade do corpo, na forma de barco, diminuiu, fazendo-o flutuar na água.

29. A densidade da água do Mar Morto é maior que a da água da piscina, pela grande quantidade de sal dissolvido.

30. c 31. a 32. d

33. *a)* 0,5 g/cm^3; *b)* 1,5 g/cm^3

34. *a)* $d_2 \simeq 1{,}7 \cdot 10^3$ kg/m^3;
b) $m \simeq 8{,}1$ kg

35. c 36. c 37. 8 + 32 = 40

38. a 39. d

40. c 41. $\simeq 1{,}67 \cdot 10^{-3}$ N/m^2

42. c 43. b 44. e 45. c 46. e

47. *a)* 0 de diâmetro D = 0,60 m, porque a pressão é inversamente proporcional à área.
b) $4{,}25 \cdot 10^3$ N/m^2.

48. b 49. $2{,}0 \cdot 10^3$ N/m^2

50. e 51. a

52. Apenas a III está certa. 53. a

54. *a)* 30 m; *b)* 1 m/s

55. 184 m 56. c 57. 13,6 g/cm^3

58. d 59. d

60. *a)* 73,5 mmHg;
b) O sangue fluiria para dentro da bolsa.

61. 40 m

62. *a)* 12,24 m; *b)* 244,8 m/s^2

63. a 64. e 65. b 66. c 67. a

68. *a)* 15 h; *b)* 2,0 cm/h

69. *a)* 0,1 ℓ; *b)* 50 s

70. 6 horas

CAPÍTULO 5

QUANTIDADE DE MOVIMENTO E IMPULSO

1. direção: horizontal; sentido: esquerda para a direita; intensidade: 8,0 kg · m/s

2. direção: vertical; sentido: para cima; intensidade: 10 m/s

3. Automóvel:
$Q_A = 16.000$ kg · m/s $\xrightarrow{\vec{Q}_A}$;
Moto: $Q_M = 3.000$ kg · m/s $\xleftarrow{\vec{Q}_M}$

4. 30 m/s 5. c 6. c 7. e

8. e 9. b 10. b 11. e

12. 24 m/s 13. d

14. $\simeq$ 13,2 m/s; B 15. 40 N · s

16. direção: vertical; sentido: para baixo; intensidade: 10 N · s

17. $4{,}0 \cdot 10^2$ N 18. c

19. *a)* 15 N · s; *b)* $1{,}0 \cdot 10^{-2}$ s

20. a

21. *a)* 8,0 N · s; *b)* $8{,}0 \cdot 10^2$ N

22. b 23. c 24. e 25. d

26. Tomba, pois a reta vertical traçada pelo centro de gravidade não passa (na figura 2) pela base de apoio.

27. A: instável; B: estável; C: indiferente.

28. e

29. Ao passar da posição indicada na figura (A) para a indicada na figura (B), o momento de inércia aumenta e a velocidade angular diminui.

30. *Subida*: a velocidade angular aumenta; *Descida*: a velocidade angular diminui;

31. Com os braços estendidos, maior é o momento de inércia da pessoa em relação ao muro e, portanto, menor é a tendência de girar.

CAPÍTULO 6

ENERGIA E TRABALHO

1. 5 m

2. *a)* +1.000 J; *c)* 0;
b) $+500\sqrt{2}$ J; *d)* −1.000 J

3. *a)* 0; *c)* 120 J
b) 120 J;

4. 7.200 J 5. +60 J

6. *a)* 250 N; *b)* 750 J

7. e 8. c 9. 250 J

10. *a)* +20 J; *c)* −25 J
b) −45 J;

11. *a)* $4 \cdot E$; *b)* $\frac{m}{2}$; *c)* $v \cdot \sqrt{2}$

12. Júlio tem razão, pois:
$\Delta E_C = \frac{m}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right) \Rightarrow$
$\Rightarrow \Delta E_C = \frac{m}{2}(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) \Rightarrow$
$\Rightarrow \Delta E_c = K(v_2 + v_1)$
· Ou seja, a variação da energia cinética é proporcional à soma das velocidades inicial e final no trecho considerado.

13. d 14. 40 m 15. e 16. b

17. d

18. *a)* 8 J; *b)* 1 m/s^2

19. c

20. *a)* 125 J; *b)* 5 m/s

21. e 22. a

23. *a)* 45 J; 3 m/s;
b) 45 N · s; 4,5 m/s

24. b 25. e 26. d 27. 8 m/s

28. $6 \cdot 10^5$ J 29. d

30. *a)* No ponto (10 m; 30 m); $2{,}5 \cdot 10^5$ J;
b) $-3 \cdot 10^3$ J

31. a 32. c 33. 10 J

34. *a)* $4 \cdot E$; *b)* $x \cdot \sqrt{2}$

35. *a)* 400 N/m; *b)* 25 cm; 12,5 J

36. a 37. e 38. a 39. 20 m

40. 8 m/s 41. c 42. $6 \cdot \sqrt{2}$ m/s

43. c 44. 20 m/s

45. $\sqrt{v^2 + 2 \cdot g \cdot h}$ 46. d 47. e

48. *a)* 20 J; *b)* $\frac{\sqrt{60}}{3}$ m/s

49. 20 m/s 50. d

51. *a)* 6 m/s; *b)* 1,8 m;

52. c 53. c

54. *a)* 3 m/s; *b)* 15 J;
c) 3.000 N/m;

55. *a)* A previsão de Mário não é correta, pois chegaríamos a um absurdo: a energia cinética final da bola 5 seria maior que a energia cinética inicial das bolas 1 e 2.
b) A previsão de Pedro é correta. Nesse caso, haverá conservação da quantidade de movimento e conservação da energia cinética das bolas.

56. $\frac{3}{2} \cdot R$ 57. 2.000 m/s 58. d

59. 10 m

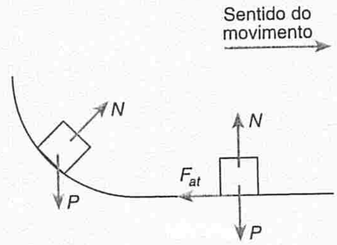
60. *a)* 1.000 N; *b)* 50 kJ

61. 40 J

62. *a)* $2\sqrt{10}$ m/s; *b)* 1,6 m

63. d 64. $-\frac{1}{4}$

65. *a)*



b) 9 m;
c) Antes de parar completamente, o bloco passará 10 vezes pela parte plana.

66. c 67. e 68. e 69. e

70. C, C, C e C. 71. c 72. e

73. *a)* 5.000 N; *b)* $1{,}5 \cdot 10^4$ J;
c) 1.000 W

74. *a)* 2,0 m/s; *b)* $2{,}0 \cdot 10^4$ W

75. c 76. $\Delta t \simeq 33$ s

77. *a)* 800 J; *c)* 200 W
b) 40 m;

78. 450 N 79. e 80. d 81. a

82. e

CAPÍTULO 7

GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

1. c 2. e

3. 9 meses

4. d 5. d 6. b

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