

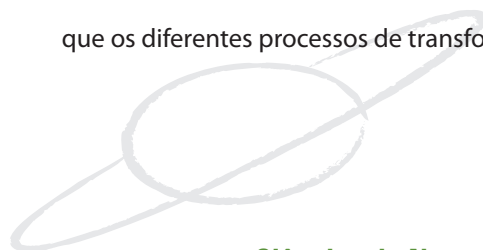
Aprendendo sobre energia

Para início de conversa...

Quando percebemos que estamos acima do peso, ou abaixo, costumamos ir ao médico para que ele nos oriente em relação à nossa dieta. Em geral, essa dieta é definida em função da quantidade de energia (calorias) contida em tudo que ingerimos. A conta de luz que pagamos no final do mês também é definida em função da quantidade de energia elétrica que consumimos naquele período para iluminar nossas casas, conservar alimentos em geladeiras e freezers, preparar refeições em fornos elétricos ou de micro ondas, para aquecer água, aclimatizar ambientes por meio de aparelhos de ar condicionados, etc. Também no caso dos automóveis, a energia obtida a partir da queima do combustível, é a responsável pela movimentação dessas máquinas, assim como a energia proveniente do processo de queima do gás de cozinha possibilita o cozimento dos alimentos.



Logo, se fizermos uma reflexão sobre a importância da energia na sociedade contemporânea vamos verificar que, na maior parte dos casos, os processos que envolvem transformações de energia estão associados a melhoria da qualidade de vida e a promoção do bem-estar. Entretanto, não podemos dizer que isso seja sempre verdade, se levarmos em conta, por exemplo, os efeitos nefastos do uso da energia nuclear na indústria bélica e os inúmeros problemas socioambientais que os diferentes processos de transformação de energia podem causar.



Você deve ter percebido que nem sempre o termo energia aparece aplicado somente ao contexto científico. É comum a sua utilização em diferentes situações no dia a dia. Nessa unidade vamos estudar o conceito de energia, pois ele é um dos conceitos centrais, não só para a física como para outras ciências da natureza.

Objetivos de aprendizagem

- Reconhecer o conceito de energia e o seu caráter universal nas ciências da natureza.
- Descrever o teorema do trabalho – energia.
- Conceituar energia cinética.
- Conceituar trabalho.
- Diferenciar os conceitos de energia potencial elástica e gravitacional.
- Reconhecer o princípio da conservação da energia.
- Identificar sistemas conservativos e não conservativos.
- Avaliar os processos de transformação de energia envolvidos em diferentes tipos de usina para a produção de energia elétrica.

Seção 1

Energia, um conceito universal

Apesar do homem e da sociedade como um todo dependerem tanto da energia, sobretudo daquela que chega à Terra proveniente do Sol, não existe uma definição exata para este conceito segundo **FEYNMAN**. Assim, estamos lidando com uma entidade física que manipulamos, processamos, transformamos, e até pagamos por ela, sem que seja possível atribuir-lhe uma definição muito exata. A forma mais utilizada para definir a energia de um sistema é associá-la à *propriedade que o sistema possui de realizar trabalho*.



Muitos processos naturais envolvem transformações de energia. Por isso, é comum a utilização de complementos associados ao termo com o objetivo de identificar ou especificar esses processos. Termos como energia elétrica, energia nuclear e energia solar, exemplificam alguma dessas situações onde se especifica um contexto para um conceito que, na verdade, é universal.

No sistema internacional de unidades (SI), a unidade atribuída à grandeza energia é o Joule, cujo símbolo é J, em homenagem a James **PRESCOTT JOULE (1818 – 1889)**, físico britânico que muito contribuiu para este campo do conhecimento com seus estudos sobre o calor, considerado uma das formas de energia.



Conversão das unidades de medida

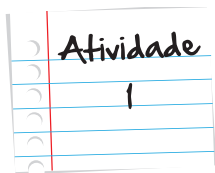
A diversidade de contextos onde a energia se encontra presente possibilita diferentes formas de expressar esta grandeza. Na termodinâmica, por exemplo, é comum o uso da caloria (cal), na física de partículas o elétron-volt (eV), na área da engenharia elétrica o quilowatt-hora (kWh), e na indústria do petróleo a tonelada equivalente de petróleo (tep). Tomando como referência o Joule (J), essas unidades guardam as seguintes relações de equivalência:

$$\begin{aligned}1 \text{ cal} &= 4,1868 \text{ J} \\1 \text{ eV} &= 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\1 \text{ kWh} &= 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \\1 \text{ tep} &= 4,2 \cdot 10^{10} \text{ J}\end{aligned}$$

Saiba Mais

A partir daqui serão introduzidas três atividades (1, 2 e 3) ao longo do texto, cujo objetivo é auxiliá-lo no processo de construção dos conceitos de energia cinética, trabalho de uma força, e no reconhecimento da relação que existe entre estes dois conceitos por meio do teorema do trabalho-energia.

A introdução das atividades obedece a uma sequência planejada para que esta construção ocorra de forma gradativa. Logo, não se preocupe em extrair todas as conclusões das atividades antes de concluída a atividade 3.



De olho na queda dos corpos

Procure obter o seguinte material:

- Uma caixa quadrada de papelão sem tampa, de aproximadamente 2 cm de profundidade e 15 cm de lado;
- Massa de modelar em quantidade suficiente para encher toda a caixa;
- Duas esferas de aço dessas que se encontra em lojas de ferro velho, com diâmetros de aproximadamente 0,5 cm e 1,5 cm;
- Uma régua.

Siga os sete passos a seguir e depois relate o que ocorreu:

1. Inicialmente, encha a caixa com a massa e cuide para que a superfície fique bem regular (lisa).
2. Posicione a esfera menor a uma altura de 15 cm da superfície da massa e solte fazendo com que a esfera caia em algum lugar da caixa.
3. Remova a esfera com cuidado para não mudar as características da deformação provocada.
4. Repita o procedimento com a mesma esfera, a partir de uma altura de 25 cm, tomando o cuidado para que a esfera não caia no mesmo local onde foi feita a marcação da primeira queda.
5. Retire a esfera e registre as marcas deixadas em fotografia digital.
6. Agora, repita os cinco passos anteriores com as esferas diferentes (menor e maior) partindo da mesma altura de 15 cm nos dois casos.
7. Cuidado ao remover as esferas e registre as novas marcas em fotografia digital.

Faça um pequeno relato (em seu caderno) por escrito sobre a deformação causada na massa em cada caso.

Anote suas
respostas em
seu caderno

Como já havia sido discutido anteriormente, a energia pode receber diferentes complementos em sua denominação em função do contexto ou da forma segundo a qual ela se manifesta, embora seja este um conceito universal. Vamos agora introduzir alguns desses casos começando por analisar a chamada energia cinética.

Seção 2

Energia cinética

A energia cinética de um corpo é definida como aquela que está associada ao seu estado de movimento. Sendo assim, é possível fazermos estimativas sobre a quantidade de energia cinética do móvel a partir da sua velocidade. Esta definição pode ser melhor compreendida promovendo-se aplicações em situações que nos são familiares.



Por exemplo, se um automóvel que se encontra parado é atingido por outro de mesma massa que se encontra em movimento, o dano provocado irá depender da velocidade do segundo automóvel antes da colisão. Nesse caso, dizemos que o automóvel em movimento possuía a energia cinética suficiente para realizar trabalho (amassar o carro que estava parado). Se a velocidade do segundo automóvel fosse maior as deformações provocadas após a colisão seriam ainda maiores, já que a quantidade de energia cinética seria maior. Logo,

podemos dizer que, dois corpos de mesma massa, deslocando-se com **VELOCIDADES DIFERENTES POSSUEM ENERGIAS CINÉTICAS DIFERENTES**, sendo maior a energia daquele com maior velocidade. Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/748825>, jason conlon.



Agora, suponhamos que um automóvel de massa equivalente a 1 tonelada esteja parado e seja atingido por dois veículos em duas situações diferentes.

- No primeiro caso, um automóvel de massa também equivalente a 1 tonelada, deslocando-se com uma velocidade de 80 Km/h é quem colide com o primeiro.
- No segundo caso, a colisão é provocada por uma carreta carregada que também se desloca com 80 Km/h, mas que possui massa equivalente a 60 toneladas.

Não é difícil imaginar que o dano provocado na segunda situação será maior. Portanto, o trabalho realizado (amassar o primeiro automóvel) será maior no segundo caso. Isso nos leva a concluir que a energia cinética também é função da massa, e que por esse motivo a energia cinética da carreta é maior devido a sua massa ser maior, já que nas duas situações as velocidades são iguais.

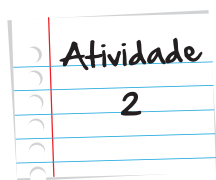
De acordo os exemplos apresentados, foi possível observar que a energia cinética de um corpo depende tanto da sua velocidade quanto da sua massa, e essa dependência pode ser confirmada experimentalmente. No entanto, no caso da velocidade, não se trata de uma dependência linear, e sim quadrática.

O modelo matemático que descreve a relação entre a energia cinética do corpo, a sua massa e a sua velocidade, é traduzido pela expressão:

$$Ec = \frac{mv^2}{2}$$

onde E_c é a energia cinética, v a velocidade e m a massa do corpo.

A atividade 2 dá segmento à sequência previamente citada e tem como ponto de partida os resultados da atividade 1.



Analisado a energia cinética

A partir das suas observações realizadas nos ensaios da atividade 1, e utilizando como apoio a expressão matemática da energia cinética que você aprendeu, faça uma análise qualitativa e apresente suas considerações por escrito sobre os valores da energia cinética para cada caso isoladamente.

Seção 3

Trabalho de uma força

No dia a dia o termo trabalho pode estar associado a uma série de significados. Aqui vamos nos ater ao significado que o termo adquire no contexto da física.

Trabalho pode também ser definido em termos da força aplicada a um corpo e do deslocamento a ele transmitido, pois quando um corpo em movimento se encontra sob a ação de uma força resultante ele experimenta o efeito de uma aceleração que provoca uma variação na sua velocidade. A esta variação na velocidade está associada uma variação na energia cinética, como vimos na seção anterior.

O chamado teorema do trabalho – energia apresenta a definição de trabalho de uma força em função da variação de energia cinética que o corpo sofre devido à ação desta força ao longo do trecho em que ocorre o deslocamento. Segundo este teorema,

o trabalho que a força realiza equivale à variação da energia cinética sofrida pelo corpo.

Utilizando a letra W para representar o trabalho realizado pela força e ΔE_c para representar a variação da energia cinética, teremos:

$$W = \Delta E_c$$

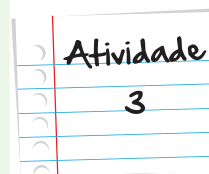
Sendo o trabalho de uma força definido a partir de uma variação de energia pelo teorema do trabalho – energia, a sua unidade no sistema internacional de unidades (SI) também será o Joule (J).



Na atividade 1 você observou as distintas deformações que as esferas causaram na massa. A partir da atividade 2 você analisou qualitativamente a energia cinética associada ao movimento de cada uma delas. Na próxima atividade, sugerimos que você avance mais um pouco elaborando conclusões acerca do trabalho realizado pela força peso sobre as esferas. Mãos à obra!

O trabalho realizado sobre as esferas

A partir das conclusões obtidas nas atividades 1 e 2, e dos seus conhecimentos sobre o teorema do trabalho – energia, faça uma análise qualitativa por escrito sobre os valores do trabalho realizado pela força peso em cada caso.



Agora que já sabemos associar o trabalho com a variação da energia cinética, vamos analisar o trabalho realizado por uma força constante que atua horizontalmente sobre um bloco em movimento horizontal.

Considere a ilustração apresentada na figura a seguir, onde um móvel, representado pelo bloco de massa m , encontra-se na posição inicial S_i em relação ao sistema de referência, com uma velocidade inicial v_i , sofrendo a ação de uma força horizontal e constante F . Aqui estamos desconsiderando a ação de forças de atrito.

Depois de certo intervalo de tempo Δt , o móvel alcança a posição S_f com velocidade final v_f , após ter percorrido uma distância total ΔS , sofrendo uma aceleração igual a a .

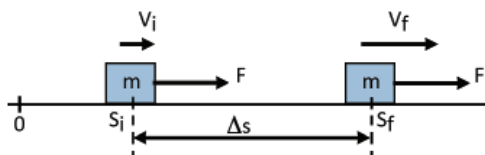


Figura 1: Móvel se deslocando sob a ação de uma força horizontal.

() Ter
() Satu
() Marte

Segundo o teorema do trabalho – energia:

$$W = \Delta E_c$$

Podemos escrever a variação da energia cinética como a diferença entre a energia cinética alcançada no instante final (E_{cf}) e aquela que o corpo possuía no instante inicial (E_{ci}).

$$\Delta E_c = E_{cf} - E_{ci}$$

onde

As energias cinéticas final e inicial são escritas respectivamente da seguinte maneira: $E_{cf} = \frac{mv_f^2}{2}$ e $E_{ci} = \frac{mv_i^2}{2}$

Logo, substituindo essa relação na primeira expressão ($\Delta E_c = E_{cf} - E_{ci}$) temos:

$$\Delta E_c = \frac{mv_f^2}{2} - \frac{mv_i^2}{2}$$

ou, isolando $\frac{m}{2}$ da expressão anterior temos:

$$\Delta E_c = \frac{m}{2}(v_f^2 - v_i^2)$$

Utilizando a expressão de Torricelli já conhecida:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta S$$

E substituindo na expressão anterior:

$$\Delta E_c = \frac{m}{2}(v_i^2 + 2a\Delta S - v_i^2)$$

$$\Delta E_c = \frac{m}{2}(2a\Delta S)$$

$$\Delta E_c = \frac{m}{2}(2a\Delta S)$$

Como o produto $m \cdot a$ representa a força F (2ª Lei de Newton), e o trabalho é igual a variação de energia cinética ($W = \Delta E_c$), teremos:

$$W = F\Delta S$$



A expressão obtida possibilita calcular o trabalho diretamente a partir dos valores da força constante que é aplicada e das posições final e inicial (deslocamento).

$$W = F(S_f - S_i)$$

A notação vetorial das grandezas físicas envolvidas foi omitida porque o problema ocorre em apenas uma dimensão, situação onde esta simplificação é permitida. Entretanto, cabe ressaltar o caráter vetorial de grandezas como: posição, deslocamento, velocidade, aceleração e força. Por outro lado, as grandezas energia e trabalho são de natureza escalar – não vetorial, embora estejam relacionados com grandezas de natureza vetorial.

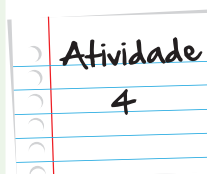


Calculando o trabalho



Um bloco encontra-se apoiado sobre uma superfície perfeitamente lisa (sem atrito). Sobre ele atua uma força horizontal de 5 N, que provoca um deslocamento horizontal de 3 m no bloco. Determine o trabalho realizado pela força.

Anote suas respostas em seu caderno



E quando há mais forças envolvidas no movimento de um corpo? Como calculamos o trabalho?

O teorema do trabalho-energia aplicado ao caso do corpo que se move sob ação de uma força horizontal constante, que acabamos de estudar, possibilitou a definição do conceito de trabalho, mas representa uma simplificação de um problema mais complexo onde poderíamos ter considerado outras forças também presentes, como o peso do bloco e o atrito.





Em alguns casos, e dependendo da complexidade do problema, o **CARÁTER VETORIAL DE GRANDEZAS COMO A FORÇA**, a velocidade e o deslocamento, precisa ser levado em conta. Entretanto, embora a introdução do peso e do atrito aumente a complexidade, ainda é possível tratar o problema sem precisar lançar mão do cálculo vetorial, analisando separadamente cada caso.



Considerando isoladamente o caso da força peso que atua no bloco, verificamos que esta age perpendicularmente à direção do deslocamento e não provoca mudanças na velocidade nesta direção. Sendo assim, não há variações na energia cinética provocadas pelo peso e, portanto, não há trabalho realizado.

No caso de isolarmos a força de atrito com o solo, que atua em sentido contrário ao do movimento, observamos que ela provoca uma diminuição na velocidade do bloco e, portanto, uma variação negativa na energia cinética, já que $v_f < v_i$, o que significa a realização de trabalho negativo.

Como podemos ver, é sempre possível realizar uma série de considerações baseadas em argumentos qualitativos. Por outro lado, é necessário lançar mão de recursos matemáticos que nos permitam obter uma expressão para o cálculo do trabalho que seja geral e possa prever as diferentes situações que se apresentam como problemas.

A figura a seguir mostra mais um exemplo onde um bloco de massa m é puxado por uma força constante F , que atua em uma direção inclinada de um ângulo θ em relação à direção horizontal do deslocamento.

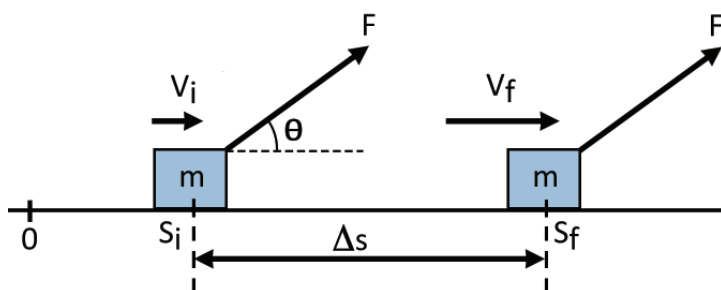


Figura 2: Móvel se deslocando sob a ação de uma força inclinada

É possível demonstrar que o trabalho realizado pela força F sobre o bloco é dado pela expressão geral:

$$W = F \Delta s \cos \theta$$

A partir da expressão geral apresentada, os três casos anteriormente analisados podem ser verificados quantitativamente.

No primeiro caso, o sentido e a direção da força F coincidem com os do deslocamento. Logo:

$$\begin{aligned}\theta &= 0^\circ \\ \cos \theta &= \cos 0^\circ = 1 \\ W &= F \Delta S (1) \\ W &= F \Delta S\end{aligned}$$

O trabalho realizado pela força que uma locomotiva exerce sobre um vagão de trem quando o sistema (locomotiva + vagão) encontra-se acelerado exemplifica esta situação.

No segundo caso, a força presente é o peso ($F = P$), que atua perpendicularmente ao movimento. Assim:

$$\begin{aligned}\theta &= 270^\circ \\ \cos \theta &= \cos 270^\circ = 0 \\ W &= P(0) \\ W &= 0\end{aligned}$$

Se considerarmos a mesma situação cotidiana da locomotiva que exerce força sobre o vagão provocando neste uma aceleração, o trabalho realizado pelo peso do vagão ao longo do deslocamento será nulo, e exemplifica o presente caso.

No terceiro caso, a força presente é o atrito ($F = f_{at}$), que atua em sentido contrário ao do movimento e na mesma direção. Logo:

$$\begin{aligned}\theta &= 180^\circ \\ \cos \theta &= \cos 180^\circ = -1 \\ W &= f_{at} \Delta S (-1) \\ W &= -f_{at} \Delta S\end{aligned}$$

Quando um caixote é arrastado sobre uma superfície não lisa em um supermercado, por exemplo, o trabalho realizado sobre o caixote pela força de atrito entre o caixote a superfície do solo ao longo do deslocamento, exemplifica este caso.



Como calcular o trabalho de uma força quando ela não é constante?

As expressões matemáticas apresentadas anteriormente não preveem o cálculo do trabalho quando a força F não é constante. Problemas que envolvem forças que variam ao longo do deslocamento demandam cálculos mais avançados. Então, que tal avançarmos um pouco mais em nossa análise?

() Ter
() Satu
() Marte

Na situação representada na figura a seguir, o gráfico que mostra o comportamento da força (F) em função da posição do móvel (S) é conhecido.

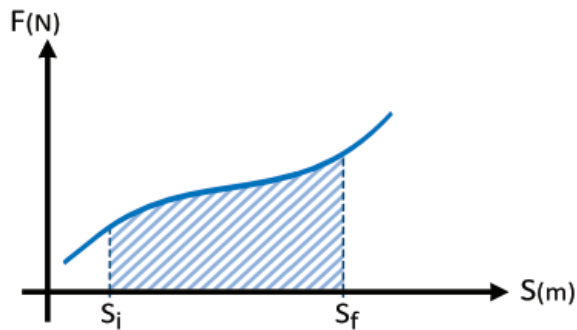


Figura 3: Comportamento da força em função da posição ao longo do deslocamento

A partir de cálculos matemáticos sofisticados é possível mostrar que a área hachurada, compreendida entre a curva que representa o comportamento da força e o eixo horizontal, no intervalo entre S_i e S_f , possui valor numérico igual ao trabalho realizado pela força.

$$W = \text{ÁREA}$$

Apesar da dificuldade de se calcular áreas como aquela que está representada na figura, o resultado obtido é geral, e pode ser aplicado em qualquer situação. Logo, esse cálculo pode ser simples, dependendo do gráfico que representa o comportamento da força e, conseqüentemente, da figura geométrica que ele proporciona.

A figura a seguir ilustra o caso particular estudado anteriormente, onde a força F se mantém constante ao longo de todo o deslocamento. Seu comportamento é representado graficamente por uma reta paralela ao eixo horizontal.

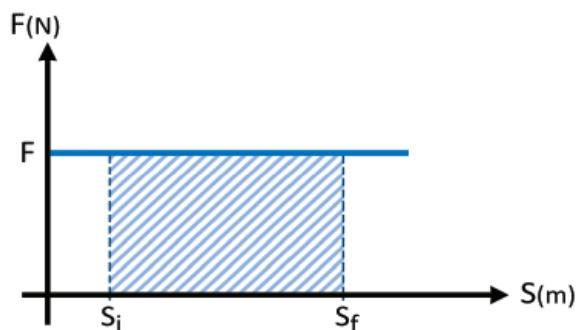


Figura 4: Comportamento de uma força de módulo igual a F , que se mantém constante ao longo do deslocamento.

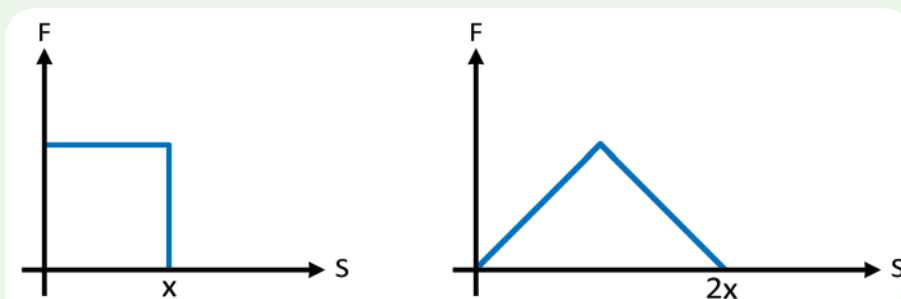
Nesse caso, a expressão apresentada anteriormente pode ser obtida diretamente a partir do cálculo da área do retângulo hachurado.

$$\begin{aligned} W &= \text{ÁREA} \\ \text{ÁREA} &= F(S_f - S_i) \\ \text{ÁREA} &= F \Delta S \\ W &= F \Delta S \end{aligned}$$

A atividade 5 a seguir apresenta um interessante desafio cuja solução pode ser obtida partindo-se da ideia de que a área sob o gráfico traduz numericamente o valor do trabalho realizado pela força.

Constante e inconstante

A figura a seguir mostra o comportamento de uma força F que, no primeiro caso, se mantém constante enquanto atua sobre um móvel que percorre uma distância $= x$. No segundo caso, a força varia enquanto o móvel percorre uma distância $= 2x$.



Faça uma fotocópia dos gráficos e, com o auxílio de uma tesoura, descubra em qual dos casos o trabalho realizado foi maior.

Anote suas respostas em seu caderno

Atividade
5

() Ter
() Sat
() Marte

Seção 4

Energia potencial



Diz-se que um sistema possui energia potencial quando ele está potencializado para realizar trabalho. Em geral, a percepção imediata da presença de energia potencial em um sistema não é tão fácil como no caso da energia cinética, que pode ser verificada pela simples observação do corpo em movimento. A seguir, vamos lançar mão de dois sistemas bem simples com o objetivo de auxiliar na compreensão do conceito de energia potencial. O primeiro deles é o sistema massa – mola, onde atua apenas a força elástica da mola, e o segundo é uma massa que realiza movimento vertical, onde atua somente o peso.

Energia potencial elástica

A figura a seguir mostra um sistema massa – mola livre de atrito. No primeiro caso observamos a mola relaxada, no segundo caso temos a mola totalmente comprimida exercendo uma força F_{el} no bloco, e no terceiro caso, a mola está totalmente distendida, exercendo a mesma força F_{el} no bloco, agindo em sentido contrário.

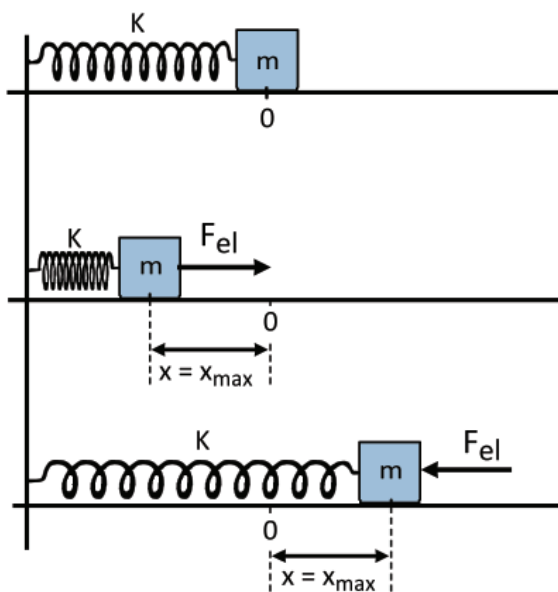


Figura 5: Sistema massa – mola

Mesmo estando em repouso – totalmente comprimida ou distendida –, a mola possui as condições para movimentar a massa m , e com isso, realizar trabalho. Essa parcela de energia acumulada no sistema e que o potencializa para a realização do trabalho é denominada **ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA** do sistema.



Para pequenas deformações, que não comprometam as propriedades elásticas da mola, a relação entre a força elástica que a mola exerce no bloco (F_{el}) e a deformação da mola (x) pode ser considerada linear e representada pela expressão:

$$F_{el} = Kx$$

onde K é uma constante denominada constante elástica da mola.



Ao estudar as relações entre as deformações provocadas em uma mola pela ação de forças aplicadas, Robert Hooke (1635-1703), verificou que a deformação aumenta proporcionalmente à força. Daí estabeleceu-se a chamada Lei de Hooke que acabamos de conhecer, traduzida pela seguinte expressão matemática: $F_{el} = Kx$

Hooke foi um cientista inglês, essencialmente mecânico e meteorologista nascido em Freshwater, na Isle of Wight, que formulou a *teoria do movimento planetário* e a primeira teoria sobre as propriedades elásticas da matéria.

Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/RoberHoo.html>



Graficamente, a relação entre F_{el} e x é mostrada na figura a seguir:

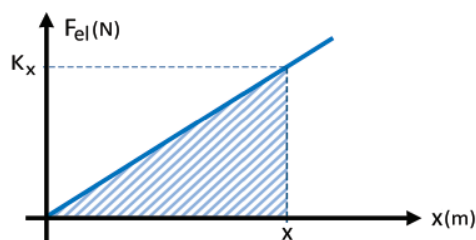


Figura 6: Comportamento linear da força elástica

A partir do gráfico, é possível determinar a quantidade de energia potencial elástica mínima que o sistema precisa para que a força realize o trabalho de deslocar o bloco da origem (0), até um ponto distante x da origem. Essa energia tem valor igual ao trabalho que a força realiza.



() Ter

() Satu

() Marte

$$W = Ep$$

O cálculo do trabalho pode ser feito a partir da área do triângulo hachurado. Logo:

$$W = \acute{A}REA$$

$$\acute{A}REA = \frac{Kx \cdot x}{2}$$

$$\acute{A}REA = \frac{Kx^2}{2}$$

$$W = \frac{Kx^2}{2}$$

$$Ep = \frac{Kx^2}{2}$$

Energia potencial gravitacional

A figura a seguir ilustra uma situação onde uma esfera de massa m se encontra posicionada em duas situações. Na primeira, ela está apoiada sobre a superfície de uma mesa e na segunda ela encontra-se elevada até uma altura h em relação ao nível de referência (0) que coincide com a superfície. Sobre ela está representada a ação da força peso (P).

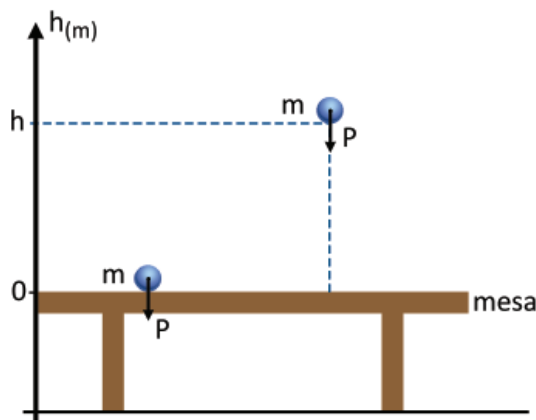


Figura 7: Esfera de massa m elevada em relação à superfície de uma mesa.

Mesmo estando em repouso, no ponto mais alto o sistema se encontra em condições de realizar trabalho. Nesse caso, diz-se que a energia acumulada potencializa o sistema, ou que o sistema está carregado de energia potencial gravitacional. Uma vez liberada, a esfera irá se deslocar para baixo, percorrendo uma distância h sob a ação da força peso (P).

Esta quantidade de energia potencial gravitacional tem valor igual ao trabalho que o peso realiza quando a esfera percorre o trajeto do ponto mais alto até a superfície da mesa. Logo:

$$W = Ep$$

O cálculo do trabalho pode ser feito a partir da expressão geral anteriormente apresentada, uma vez que estamos aqui considerando o peso uma força constante, para pontos próximos à superfície da Terra. Assim:

$$W = F \Delta S \cos \theta$$

onde

$$\theta = 0^\circ$$

$$\cos \theta = 1$$

$$\Delta S = h$$

$$F = P = mg$$

Substituindo todos esses valores na expressão geral, teremos:

$$W = mgh(1)$$

$$W = mgh$$

$$Ep = mgh$$

De onde se conclui que, para pontos próximos à superfície da Terra, a energia potencial gravitacional que a massa acumula é definida pela altura em que ela se encontra em relação ao nível de referência.

Forças conservativas e dissipativas

Você deve estar familiarizado com forças de diferentes naturezas. A força de tração, por exemplo, é um tipo de força que se propaga ao longo de cordas e cabos, enquanto a força gravitacional é um tipo de ação à distância que não necessita de qualquer tipo de contato entre os corpos envolvidos.

Podemos realizar uma classificação para as forças que se define em função do trabalho que ela realiza sobre o corpo. Quando uma força atua sobre um sistema sem provocar qualquer tipo de dissipação da energia do sistema, ela é chamada de conservativa. Os exemplos mais comuns de força conservativas são a força gravitacional (peso) e a força elástica exercida por uma mola ou por um sistema elástico.

Uma força é chamada de dissipativa quando, ao contrário, provoca a dissipação da energia do sistema. O exemplo mais comum é a força de atrito, cujo trabalho realizado sobre o sistema é transformado em calor e se perde.

Atividade
6

Na palma das mãos



Encoste as palmas de suas duas mãos e esfregue bem uma na outra. Você irá perceber um aumento na temperatura em ambas as mãos. Baseado no conceito de força dissipativa, explique por que ocorre o aumento da temperatura.

Anote suas
respostas em
seu caderno

Seção 5

Princípio da conservação da energia

Considerado como um dos princípios mais importantes da física, o princípio da conservação da energia encontra aplicação em muitas situações do cotidiano onde ocorrem processos que envolvem transformações de energia

No dia a dia é comum a ocorrência de processos de transformação de energia. No motor do automóvel, por exemplo, a energia química acumulada no combustível é transformada em energia de movimento (cinética); a energia contida nos alimentos que ingerimos sofre transformações, sendo utilizadas nas diversas tarefas que desempenhamos; a energia elétrica que recebemos da concessionária é transformada em nossas casas em calor, trabalho, energia de movimento (cinética), e etc., dependendo do eletrodoméstico que estamos utilizando.

Para auxiliar na compreensão deste importante princípio vamos utilizar o exemplo do sistema massa – mola apresentado na figura 5, considerando que não há forças de atrito presentes no sistema.

Iniciamos nossas reflexões a partir da situação onde a mola encontra-se totalmente comprimida. Nesse instante, a **ENERGIA POTENCIAL DO SISTEMA É MÁXIMA**, já que a deformação da mola é máxima ($x = x_{\max}$) e o corpo está em repouso. Portanto, não há energia cinética e a energia total do sistema (E) encontra-se acumulada na forma de energia potencial elástica, dada pela expressão:



$$E = Ep$$

onde

$$Ep = K \frac{x_{\max}^2}{2}$$

ou

$$E = K \frac{x_{\max}^2}{2}$$

Uma vez liberada, a mola passa a exercer uma força decrescente F_{el} sobre o corpo com sentido voltado para a direita e este inicia um deslocamento também para a direita. Durante este percurso a velocidade vai aumentando até que o corpo chegue ao ponto $x = 0$ (ponto de referência), onde não haverá mais força elástica atuando ($F_{el} = 0$) e nem energia potencial acumulada ($Ep = 0$). Nesse instante, a velocidade do corpo será máxima ($v = v_{\max}$) e toda energia do sistema será cinética:

$$E = Ec$$

onde

$$Ec = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

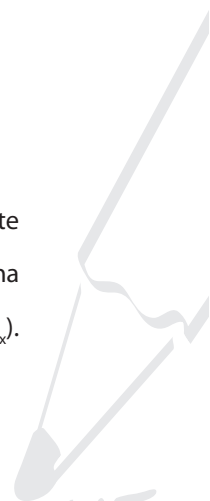
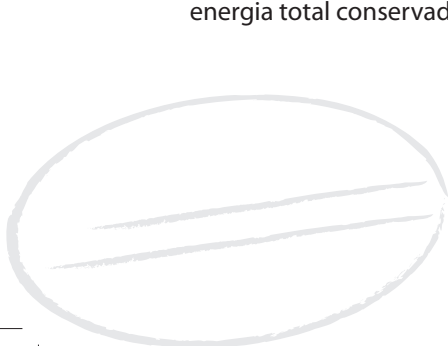
ou

$$E = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

Depois que o corpo ultrapassa a origem, o movimento continua ocorrendo para a direita e, a partir deste instante, a força F_{el} começa a crescer e age sobre o corpo em sentido contrário ao do movimento, provocando uma diminuição na velocidade até que o corpo chegue à outra extremidade com a mola totalmente distendida ($x = x_{\max}$). Nesse instante, toda a energia está acumulada pelo sistema na forma de energia potencial. Logo:

$$E = Ep = K \frac{x_{\max}^2}{2}$$

Na ausência de forças dissipativas como o atrito, este ciclo será periodicamente repetido, indefinidamente, e a energia total conservada.



() Ter
() Sat
() Marte

Quando não estão submetidos a forças de natureza dissipativa, esses sistemas são chamados de conservativos, porque preservam (conservam) a sua energia total.

Importante

O princípio da conservação da energia afirma que, na ausência de forças dissipativas, a energia total do sistema se conserva.

Saiba Mais

Produção da energia elétrica

Desde que foi possível a produção de energia elétrica em larga escala a partir do século XIX, houve uma mudança radical, não só na forma de vida das sociedades – sobretudo naquelas mais desenvolvidas –, mas também nos meios de produção.

Isso foi possível graças ao desenvolvimento do eletromagnetismo e das usinas geradoras de energia. De maneira geral, essas usinas funcionam baseadas em sucessivos processos de transformação da energia que é obtida de uma fonte natural em energia elétrica. A transformação final se dá no interior de geradores elétricos.

Para que o gerador elétrico funcione (gere energia elétrica), é necessário que ele esteja acoplado a um mecanismo que deve provocar o movimento de rotação do conjunto. Nas usinas hidrelétricas, termelétricas e termonucleares, esses mecanismos são chamados de turbinas e podem se movimentar a partir da queda d'água no caso das hidrelétricas, ou a partir do vapor d'água em alta pressão, produzido nas termelétricas e termonucleares. No caso dos geradores eólicos, o mecanismo é um conjunto de pás mecânicas que giram acopladas às unidades geradoras propriamente ditas a impulsionadas pelo movimento do vento.



Independentemente da fonte ou da tecnologia utilizadas, o processo envolve uma série de transformações e culmina com a transformação de energia cinética de rotação em energia elétrica.

As reflexões anteriormente apresentadas se referem a situações limite. Você deve estar se perguntando: o que ocorre nos pontos intermediários da trajetória do corpo?

Nesses casos, parte da energia presente no sistema será potencial e parte será cinética, já que teremos a presença da força elástica e da velocidade concomitantemente, e o valor da energia total será partilhado entre as duas parcelas – potencial e cinética – e representado pela expressão matemática a seguir, que traduz o princípio da conservação da energia:

$$E = E_p + E_c$$

ou ainda

$$E = K \frac{x^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

Podemos ainda, refletir sobre o exemplo anteriormente apresentado, que trata do momento vertical da massa que desce sob a **AÇÃO DO PESO** e sem atrito. A energia total do sistema se conserva, já que o peso é uma força conservativa. Também neste caso, a expressão matemática que traduz o princípio da conservação da energia para pontos intermediários da trajetória será:



$$E = E_p + E_c$$

ou ainda

$$E = mgh + \frac{mv^2}{2}$$

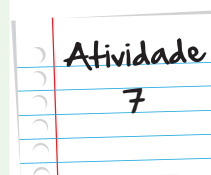
A atividade 7 a seguir permite que você reflita sobre a aplicação do princípio da conservação da energia em problema hipotético inspirado na atividade 1 anteriormente analisada.

Exercitando o princípio da conservação da energia

Vamos imaginar, que no lugar da massa de modelar da atividade 1, tivéssemos uma mola vertical, onde cada esfera poderia se chocar no final da queda.

A partir das suas observações realizadas nos ensaios da atividade 1, utilizando seus conhecimentos sobre o princípio da conservação da energia, e a expressão matemática da energia potencial elástica, faça uma análise qualitativa e apresente suas considerações sobre os valores da energia potencial elástica acumulada no sistema para cada caso isoladamente.

Anote suas
respostas em
seu caderno



O princípio da conservação da energia que acabamos de estudar nos afirma que um corpo pode exibir somente energia do tipo cinética, somente energia potencial, ou os dois tipos concomitantemente, desde que o balanço energético previsto pelo princípio seja obedecido.

Quando o corpo encontra-se acelerado, a variação da energia cinética deste corpo corresponde ao trabalho que a força realiza sobre ele durante o intervalo de tempo que este gasta para realizar o deslocamento.

Recursos Complementares



Guia rápido

Assunto: Resumo de quem foi Richard Philips Feynman

Link: <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/RichaPhi.html>



A vida e o trabalho de James Prescott Joule

O físico inglês James Prescott Joule tornou-se famoso por suas experiências envolvendo a “transformação trabalho em calor”. Seu nome está associado à possibilidades de conversão de trabalho mecânico e de eletricidade em calor. Quer saber mais sobre a vida e os experimentos de Joule? Então, acesse o site da Unicamp e mergulha em sua biografia: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/joule.htm>

Link: <http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/joule.htm>

Descrição: Site da Unicamp descrevendo a biografia do físico James Prescott Joule



Energia cinética

Link: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=22174>

Descrição: experimento que ilustra como a energia cinética de um corpo, que está em movimento é transferida a outro.



Força

Link: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/17577/index.html?sequence=115>

Descrição: A animação tem o objetivo de Mostrar que forças são grandezas físicas que dependem, além da intensidade, da direção e do sentido da aplicação. Ou seja, forças são grandezas vetoriais.



Energia elástica

Link: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=36886>

Descrição: Neste experimento, é possível verificar o armazenamento de energia potencial elástica em uma mola através de um sistema lançador de projéteis.



conservação de energia

Link: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/2242/index.html?sequence=8>

Descrição: A animação apresenta, através da atividade salto da ponte, os conceitos de energia potencial elástica, potencial gravitacional, energia cinética e conservação.



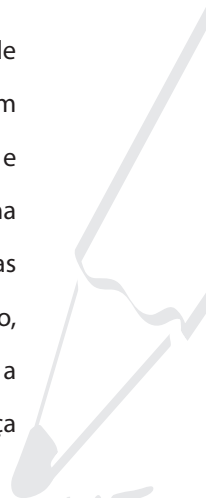
Assunto: Conservação de energia potencial em cinética.

Link: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=13625>

Descrição: O experimento pretende mostrar que quanto maior a energia potencial gravitacional no início do movimento de queda de um objeto, maior será sua energia cinética ao final da queda: a transformação da energia, através do movimento de uma bolinha que escorrega numa rampa.

Resumo

Na unidade que acabamos de estudar você teve a oportunidade de discutir o caráter universal do conceito de energia, grandeza física muito importante que é expressa em Joule (J) no sistema internacional de unidades. Além disso, foram discutidos os conceitos de energia cinética, trabalho de uma força, energia potencial gravitacional e energia potencial elástica. A partir do teorema do trabalho – energia, que relaciona o trabalho realizado por uma força com a variação da energia cinética do móvel, foi possível a introdução de discussões e fórmulas matemáticas que possibilitam o cálculo do trabalho realizado por uma força constante que atua sobre um móvel. Além disso, foram estudados métodos gráficos que permitem o cálculo do trabalho em algumas situações particulares onde a força varia em função da posição do móvel. Foram estudados ainda, a chamada Lei de Hooke, os conceitos de força conservativa e força dissipativa, além do princípio da conservação da energia para sistemas conservativos.



() Ter

() Satu

() Marte



Veja ainda

Se você tem interesse em se atualizar e ampliara seus conhecimentos acerca da temática que envolve questões energéticas, poderá ler os seguintes títulos:

Energia: uma abordagem multidisciplinar. Autores: de Maria Paula de castro Burattini e Claudio Zaki Dib. Editora Livraria da Física, 2008.

Energia e meio ambiente. Autor: Samuel Murgel Branco. Editora Moderna, 2004.

Bibliografia consultada

Livros

- FEYNMAN, Richard; LEIGHTON, Robert; SANDS, Matthew. **The Feynman Lectures on Physics**, v.1, London: Ed. Addison-Wesley, 1977.
- GUIMARÃES, Luiz Alberto; FONTE BOA, Marcelo. **Física Ensino Médio**, v. 1, São Paulo: Ed. Futura, 2004.

Imagens



- <http://www.sxc.hu/photo/1161645>, Zsuzsanna Kilian



- <http://www.sxc.hu/photo/1382253>,



- <http://www.sxc.hu/photo/805175>,



- <http://www.sxc.hu/photo/1095723>, Kriss Szkurlatowski



- <http://www.sxc.hu/photo/748825>, jason conlon



- <http://www.sxc.hu/photo/965820>, autor: Billy Alexander



- <http://www.sxc.hu/photo/1084630>, Svilen Milev



• <http://www.sxc.hu/photo/1145532>, Svilen Milev.



• <http://www.sxc.hu/photo/131304>



• <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/RoberHoo.html>



• <http://www.sxc.hu/photo/1178035>



• <http://www.sxc.hu/photo/1147438>

Atividade 1

No primeiro caso, a esfera que partiu do ponto mais alto vai provocar maior deformação na massa e no segundo caso, a esfera maior é quem vai causar a maior deformação.

Atividade 2

No primeiro caso a segunda esfera chega ao ponto mais baixo da trajetória (superfície da massa de modelar) com maior energia cinética. No segundo caso, a segunda esfera possui maior massa e, conseqüentemente chega ao ponto mais baixo da trajetória com maior energia cinética.

Atividade 3

No primeiro caso a variação da energia cinética sofrida pela segunda esfera até que ela entre em repouso é maior. Por isso, o peso realiza mais trabalho provocando uma maior deformação da superfície.

No segundo caso a segunda esfera passa pelo mesmo processo e o peso realiza mais trabalho.

Respostas
das
Atividades



() Ter

() Satu

() Marte

Atividade 4

Podemos resolver o problema utilizando a expressão que possibilita o cálculo do trabalho a partir da força e do deslocamento que ela provoca.

$$W = F \Delta S$$

Substituindo os valores fornecidos pelo problema, teremos:

$$W = 5.30$$

$$W = 150J$$

Atividade 5

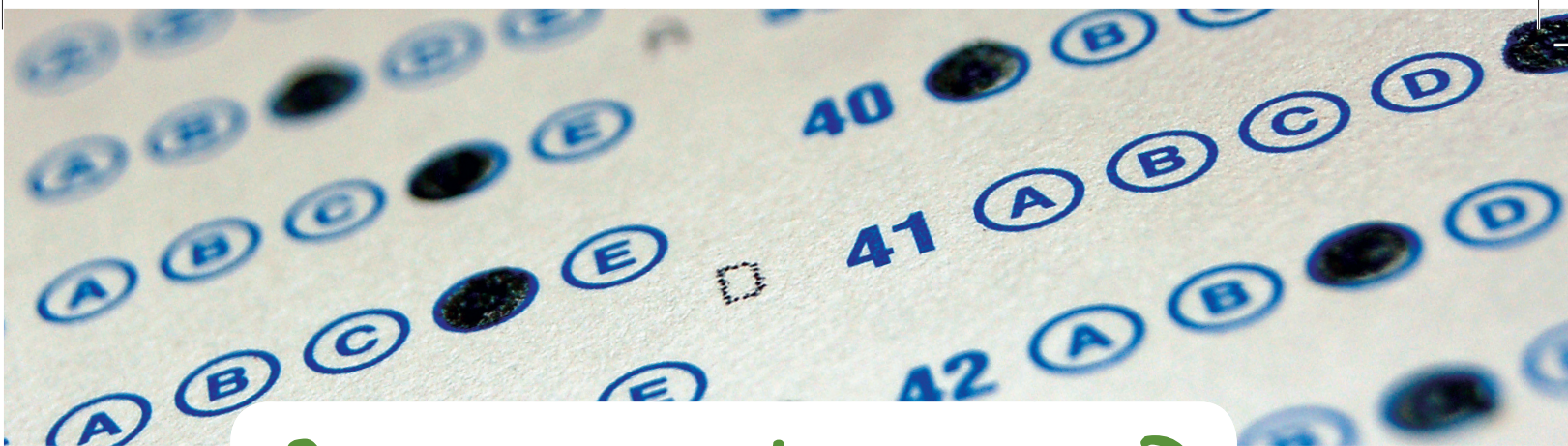
Recortando o retângulo do primeiro gráfico e o triângulo do segundo com o auxílio da tesoura, é possível, a partir de um segundo corte no triângulo seguido de uma simples montagem, verificar que as áreas se equivalem. Logo, os trabalhos são iguais.

Atividade 6

A temperatura aumenta devido à dissipação de calor que a força de atrito (dissipativa) provoca durante o processo de fricção entre as mãos.

Atividade 7

Em ambos os casos, desconsiderando-se as forças dissipativas, a energia potencial elástica acumulada na mola, será igual a que estava acumulada na massa no alto da trajetória na forma de energia potencial gravitacional, já que o sistema é conservativo. Logo, no primeiro caso, a deformação da mola provocada pela segunda esfera será maior e, conseqüentemente, será maior a energia potencial elástica acumulada na mola quando ela estiver totalmente comprimida. Da mesma forma, no segundo caso, a deformação provocada pela segunda esfera será maior e, conseqüentemente, será maior a energia potencial elástica acumulada na mola no instante de compressão máxima.



O que perguntam por aí?

Questão 1. (ENEM 2005)

Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radioativos, o chamado “lixo atômico”. Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas, ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de

- a. emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
- b. acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
- c. ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.
- d. exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.
- e. emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

Gabarito: Letra A

Comentário

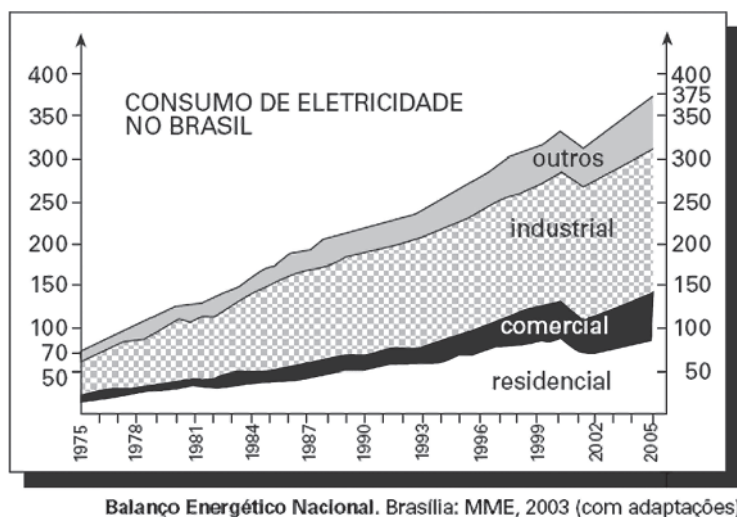
Os rejeitos radiativos não são orgânicos e nem emitem gases. Entretanto, permanecem emitindo radiação perigosa para a saúde durante muitos anos. Logo, a resposta correta é o item A.

() Ter
() Satu
() Marte

(ENEM 2008)

Texto para as questões 2 e 3

O gráfico a seguir ilustra a evolução do consumo de eletricidade no Brasil, em GWh, em quatro setores de consumo, no período de 1975 a 2005.



Questão 2.

A racionalização do uso da eletricidade faz parte dos programas oficiais do governo brasileiro desde 1980. No entanto, houve um período crítico, conhecido como “apagão”, que exigiu mudanças de hábitos da população brasileira e resultou na maior, mais rápida e significativa economia de energia. De acordo com o gráfico, conclui-se que o “apagão” ocorreu no biênio

- a. 1998 – 1999.
- b. 1999 – 2000.
- c. 2000 – 2001.
- d. 2001 – 2002.
- e. 2002 – 2003.

Gabarito: Letra C.

Comentário:

Observando o gráfico, é possível verificar a queda acentuada no período entre os anos de 2000 e 2001. Logo, a resposta correta é o item C.

Questão 3.

Observa-se que, de 1975 a 2005, houve aumento quase linear do consumo de energia elétrica. Se essa mesma tendência se mantiver até 2035, o setor energético brasileiro deverá preparar-se para suprir uma demanda total aproximada de

- a. 405 GWh.
- b. 445 GWh.
- c. 680 GWh.
- d. 750 GWh.
- e. e) 775 GWh.

Gabarito: Letra C

Comentário:

Para resolver essa questão é necessário construir uma equação matemática que represente o comportamento aproximadamente linear que o gráfico exibe.

Seja $E = E_0 + a \cdot \Delta t$ a expressão que representa o crescimento da energia (E) em função do tempo (Δt), onde E_0 é a energia inicial e a o coeficiente angular da reta que mais se aproxima da rampa característica.

Do gráfico podemos obter, com razoável aproximação,

$$E_0 = 70 \text{ GWh}$$

e

$$a = \frac{400 - 100}{2005 - 1975}$$

$$a = \frac{300}{30}$$

$$a = 10$$

Logo:

$$E = 70 + 10 \cdot \Delta t$$



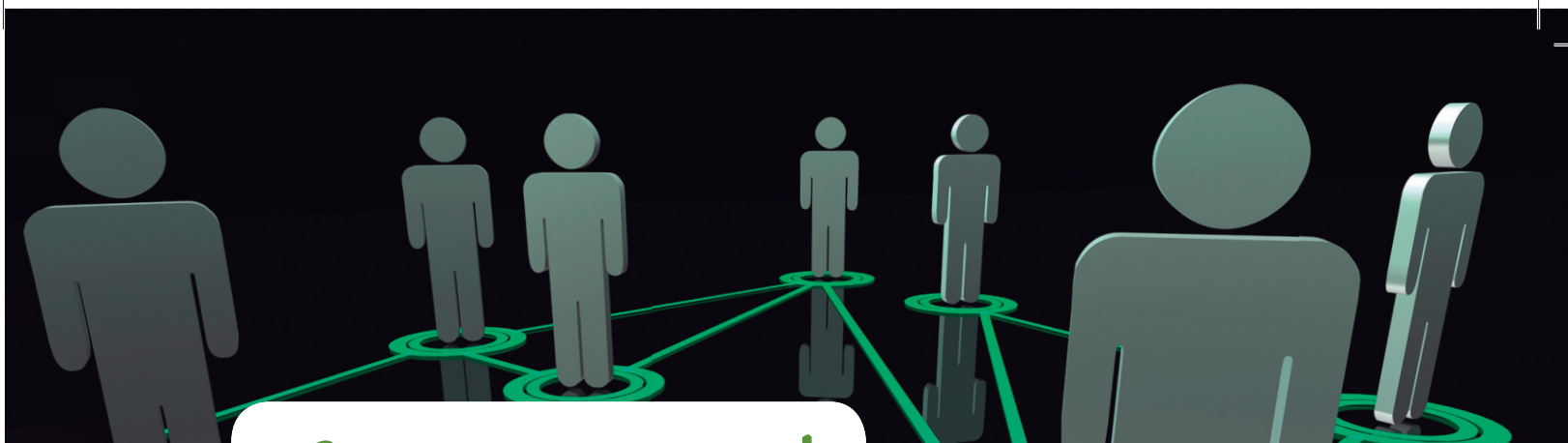

() Ter
() Sáb
() Mart

Entre 1975 e 2035 teremos anos. Logo:

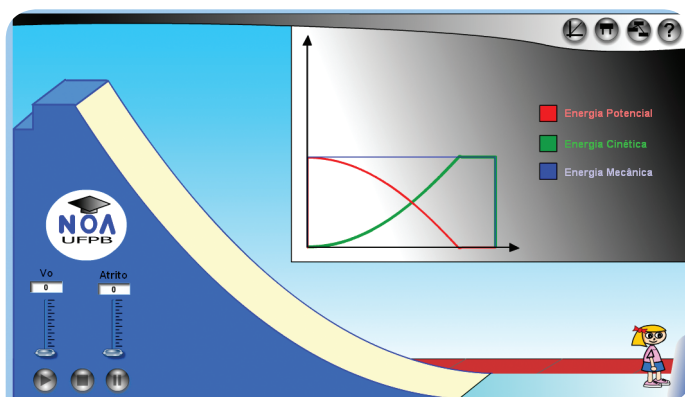
$$E = 70 + 10.60$$

$$E = 670GWh$$

A resposta que mais se aproxima está no item C.



Caia na rede!



O instituto de física da Universidade Federal da Paraíba disponibiliza em seu site um objeto de aprendizagem que introduz o estudante no mundo dessa entidade conceitual chamada energia. Ele tenta aguçar a curiosidade do aluno e instigar a sua intuição, de modo a facilitar a construção pessoal de significados sobre o tema. Convidamos a mergulhar nessa animação interativa, você vai

verificar que evitou-se a utilização de fórmulas e equações para a descrição dos fenômenos e construção dos modelos pertinentes. Essa escolha tem um duplo viés; por um lado mostrar que apesar da matemática ser de grande importância para expressar e elaborar conceitos de Física, pode-se expor as facetas qualitativas desses conceitos sem o uso de equações. Por outro lado, quando não se usa as equações para expor conceitos, você é instigado a construir a sua percepção intuitiva do fenômeno, o seu modelo da situação.

De posse de uma percepção intuitiva sobre a energia potencial gravitacional, por exemplo, você terá mais facilidade em entender os modelos científicos relacionados a esse tema, e em particular perceber esse modelo, que acabamos de mostrar, como uma construção humana.

Ficou curioso? Então acesse o link

<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/04ConservacaodaEnergia/Animacao/Energia.html>
e divirta-se!



() Ter
() Satu
() Marte

Até
breve!



