

## CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

### O que é Energia ?

Sem dúvida nenhuma energia é o termo técnico, originário da Física, mais empregado em nossa vida cotidiana.

Energia é um conceito muito abrangente e, por isso mesmo, muito abstrato e difícil de ser definido com poucas palavras de um modo preciso. Usando apenas a experiência do nosso cotidiano, poderíamos conceituar energia como "**algo que é capaz de originar mudanças no mundo**". A queda de uma folha. A correnteza de um rio. A rachadura em uma parede. O voo de um inseto. A remoção de uma colina. A construção de uma represa. Em todos esses casos, e em uma infinidade de outros que você pode imaginar, a interveniência da energia é um requisito comum.

Muitos livros definem energia como "capacidade de realizar trabalho". Mas esta é uma definição limitada a uma área restrita: a Mecânica. Um conceito mais completo de energia deve incluir outras áreas (calor, luz, eletricidade, por exemplo). À medida que procuramos abranger áreas da Física no conceito de energia, avolumam-se as dificuldades para se encontrar uma definição concisa e geral.

Mais fácil é descrever aspectos que se relacionam à energia e que, individualmente e como um todo, nos ajudam a ter uma compreensão cada vez melhor do seu significado.

Vejamos, a seguir, alguns aspectos básicos para a compreensão do conceito de energia.

1) A quantidade que chamamos energia pode ocorrer em diversas formas. Energia pode ser transformada, ou convertida, de uma forma em outra (**conversão de energia**).

### Exemplo:

A energia mecânica de uma queda d'água é convertida em energia elétrica a qual, por exemplo, é utilizada para estabilizar a temperatura de um aquário (conversão em calor) aumentando, com isso, a energia interna do sistema em relação à que teria à temperatura ambiente. As moléculas do meio, por sua vez, recebem do

aquário energia que causa um aumento em sua energia cinética de rotação e translação.

2) Cada corpo e igualmente cada "sistema" de corpos contém energia. Energia pode ser transferida de um sistema para outro (**transferência de energia**).

Exemplo:

Um sistema massa/mola é mantido em repouso com a mola distendida. Nestas condições, ele armazena energia potencial. Quando o sistema é solto, ele oscila durante um determinado tempo mas acaba parando. A energia mecânica que o sistema possuía inicialmente acaba transferida para o meio que o circunda (ar) na forma de um aumento da energia cinética de translação e rotação das moléculas do ar.

3) Quando energia é transferida de um sistema para outro, ou quando ela é convertida de uma forma em outra, a quantidade de energia não muda (**conservação de energia**).

Exemplo:

A energia cinética de um automóvel que pára é igual à soma das diversas formas de energia nas quais ela se converte durante o acionamento do sistema de freios que detém o carro por atrito nas rodas.

4) Na conversão, a energia pode transformar-se em energia de menor qualidade, não aproveitável para o **consumo**. Por isso, há necessidade de **produção** de energia apesar da lei de conservação. Dizemos que a energia se degrada (**degradação de energia**).

Exemplo:

Em nenhum dos três exemplos anteriores, a energia pode "refluir" e assumir sua condição inicial. Nunca se viu automóvel arrancar reutilizando a energia convertida devido ao acionamento dos freios quando parou. Ela se degradou. Daí resulta a necessidade de produção constante (e crescente) de energia.

## Energia Mecânica

### **Considerações Gerais**

Chamamos de Energia Mecânica a todas as formas de energia relacionadas com o movimento de corpos ou com a capacidade de colocá-los em movimento ou deformá-los.

## Classes de energia mecânica

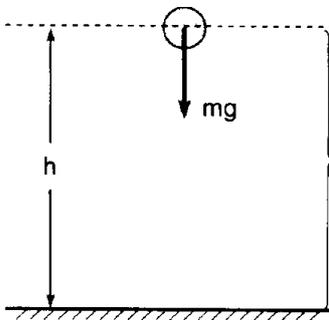
### 1) Energia potencial

É a que tem um corpo que, em virtude de sua posição ou estado, é capaz de realizar trabalho.

Podemos classificar a energia potencial em:

#### **a) Energia Potencial Gravitacional ( $E_{PG}$ )**

Está relacionada com a posição que um corpo ocupa no campo gravitacional terrestre e sua capacidade de vir a realizar trabalho mecânico.



Matematicamente

$$E_{PG} = P \cdot h$$

Onde P é o peso do corpo e h é a altura em relação ao nível de referência ( $E_{PG} = 0$ ).  
Ou, sabendo que  $P = m \cdot g$ ,

$$E_{PG} = m \cdot g \cdot h$$

onde m é a massa do corpo e g é a aceleração gravitacional no local.

#### **Exercícios resolvidos:**

1) Um corpo de massa 4 kg encontra-se a uma altura de 16 m do solo. Admitindo o solo como nível de referência e supondo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcular sua energia potencial gravitacional.

Resolução:

$$E_{PG} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{PG} = 4 \cdot 10 \cdot 16$$

$$E_{PG} = 640 \text{ J}$$

2) Um corpo de massa 40 kg tem energia potencial gravitacional de 800J em relação ao solo. Dado  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule a que altura se encontra do solo.

Resolução:

$$E_{PG} = m \cdot g \cdot h$$

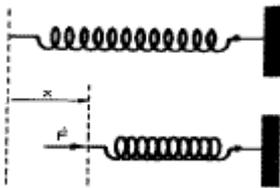
$$h = \frac{E_{PG}}{m \cdot g}$$

$$h = \frac{800}{40 \cdot 10}$$

$$h = 2\text{m}$$

### b) Energia Potencial Elástica ( $E_{PE}$ )

É a energia armazenada em uma mola comprimida ou distendida.



Matematicamente

$$E_{PE} = \frac{kx^2}{2}$$

onde  $k$  é a constante elástica da mola e  $x$  é a deformação da mola (quanto a mola foi comprimida ou distendida).

### Exercícios resolvidos:

3) Uma mola de constante elástica  $k = 400 \text{ N/m}$  é comprimida de 5 cm. Determinar a sua energia potencial elástica.

Resolução:

$$E_{PE} = \frac{kx^2}{2}$$

$$E_{PE} = \frac{400 \cdot (5 \times 10^{-2})^2}{2}$$

$$E_{PE} = 0,5\text{J}$$

4) Qual é a distensão de uma mola de constante elástica  $k = 100 \text{ N/m}$  e que está armazenando uma energia potencial elástica de  $2 \text{ J}$ ?

Resolução:

$$E_{PE} = \frac{kx^2}{2}$$

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{PE}}{k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot 2}{100}}$$

$$x = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

## **2) Energia Cinética ( $E_C$ )**

Todo corpo em movimento possui uma energia associada a esse movimento que pode vir a realizar um trabalho (em uma colisão por exemplo). A essa energia damos o nome de energia cinética.

Matematicamente

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

onde  $m$  é a massa e  $v$  é o módulo da velocidade do corpo.

**Exercício resolvido:**

5) Determine a energia cinética de um móvel de massa  $50 \text{ kg}$  e velocidade  $20 \text{ m/s}$ .

Resolução:

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

$$E_C = \frac{50 \cdot 20^2}{2}$$

$$E_C = 10.000 \text{ J} = 10 \text{ kJ}$$

## A conservação da Energia Mecânica

### Laboratório virtual:

Explore o aplicativo a seguir. O que descobre sobre a conservação de energia?

[https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_pt_BR.html)

Em um sistema onde o atrito é desprezível, a ENERGIA MECÂNICA ( $E_M$ ) se conserva, isto é, mantém-se com o mesmo valor em qualquer momento, mas alternando-se nas suas formas cinética e potencial (gravitacional ou elástica). Este sistema é conservativo.

$$E_m = E_c + E_p + E_{pe} = \text{constante}$$

$$E_{MA} = E_{MB}$$

Quando o atrito afeta a velocidade do corpo, há dissipação de energia mecânica. Pelo princípio de conservação de energia, a energia total do sistema se conserva.

A energia mecânica dissipada pode-se transformar em energia térmica, energia sonora, energia luminosa ou ser absorvida, por exemplo.

$$E_{MA} = E_{MB} + E_d$$

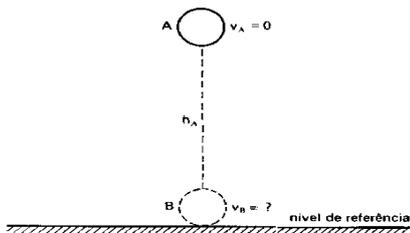
### Exercícios resolvidos:

6) Uma esfera de massa 5 kg é abandonada de uma altura de 45m num local onde  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Calcular a velocidade do corpo ao atingir o solo. Despreze os efeitos do ar.

Resolução:

Conforme o corpo vai descendo, a energia potencial gravitacional vai se transformando em energia cinética, até que em B toda a energia mecânica está sob a forma de energia cinética.

Desprezando a resistência do ar, o sistema é conservativo, logo:



$$E_M^A = E_M^B$$

$$E_C^A + E_{PG}^A = E_C^B + E_{PG}^B$$

$$\frac{mv_A^2}{2} + mgh_A = \frac{mv_B^2}{2} + mgh_B$$

$$\frac{v_A^2}{2} + gh_A = \frac{v_B^2}{2} + gh_B$$

$$\frac{0^2}{2} + 10.45 = \frac{v_B^2}{2} + 10.0$$

$$450 = \frac{v_B^2}{2}$$

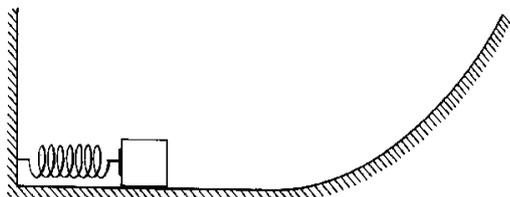
$$900 = v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{900}$$

$$v_B = 30 \text{ m/s}$$

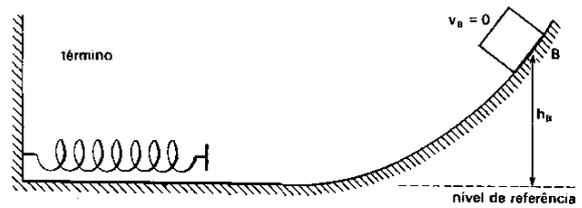
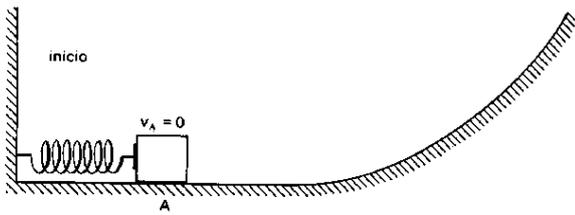
7) Um corpo de 2 kg é empurrado contra uma mola de constante elástica 500 N/m, comprimindo-a 20 cm.

Ele é libertado e a mola o projeta ao longo de uma superfície lisa e horizontal que termina numa rampa inclinada conforme indica a figura. Dado  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e desprezando todas as formas de atrito, calcular a altura máxima atingida pelo corpo na rampa.



Resolução:

Com a mola comprimida, temos apenas energia potencial elástica.



Quando a mola é solta, a energia potencial elástica é transferida para o corpo na forma de energia cinética e quando o corpo começa a subir a rampa a energia cinética vai se transformando em energia potencial gravitacional até que, no ponto B, toda energia mecânica do sistema está sob esta forma.

Como o sistema é conservativo, temos:

$$E_M^A = E_M^B$$

$$E_C^A + E_{PG}^A + E_{PE}^A = E_C^B + E_{PG}^B + E_{PE}^B$$

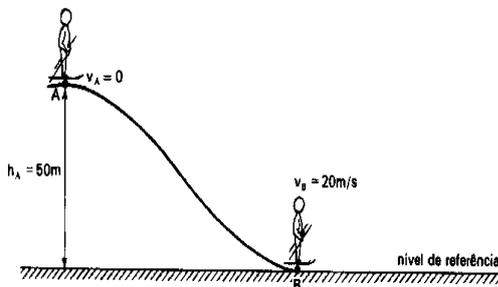
$$0 + 0 + \frac{kx^2}{2} = 0 + mgh_B + 0$$

$$\frac{500 \cdot (0,2)^2}{2} = 2 \cdot 10 \cdot h_B$$

$$h_B = 0,5m$$

8) Um esquiador de massa 60 kg desliza de uma encosta, partindo do repouso, de uma altura de 50 m. Sabendo que sua velocidade ao chegar no fim da encosta é de 20 m/s, calcule a perda de energia mecânica devido ao atrito. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Resolução:



$$E_M^A = E_M^B + E_{DISSIPADA}$$

$$E_C^A + E_{PG}^A = E_C^B + E_{PG}^B + E_{DISSIPADA}$$

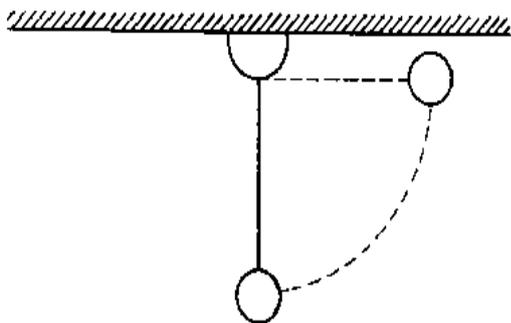
$$0 + mgh_A = \frac{mv_B^2}{2} + 0 + E_{DISSIPADA}$$

$$60 \cdot 10 \cdot 50 = \frac{60 \cdot 20^2}{2} + E_{DISSIPADA}$$

$$E_{DISSIPADA} = 18.000 J = 18 kJ$$

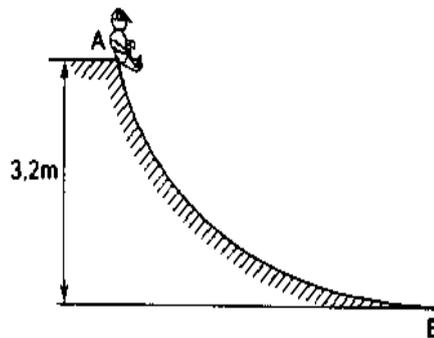
### Exercícios propostos:

1. Um garoto abandona uma pedra de massa 20 g do alto de um viaduto de 5 m de altura em relação ao solo. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , determine a velocidade e a energia cinética da pedra ao atingir o solo. (Despreze os efeitos do ar.)
2. Um corpo de massa 0,5 kg é lançado, do solo, verticalmente para cima com velocidade de 12 m/s. Desprezando a resistência do ar e adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule a altura máxima, em relação ao solo, que o corpo alcança.
3. Um pêndulo de massa 1 kg é levado a posição horizontal e então abandonado.



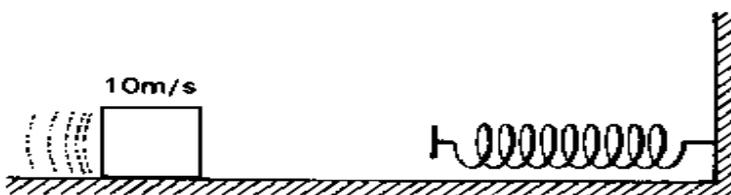
Sabendo que o fio tem um comprimento de 0,8 m e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule a velocidade do pêndulo quando passar pela posição de altura mínima.

- Do alto de uma torre de 61,6 m de altura, lança-se verticalmente para baixo, um corpo com velocidade de 8 m/s. Calcule a velocidade com que o corpo atinge o solo. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze os efeitos do ar.
- Um corpo de massa 2 kg é lançado do solo, verticalmente para cima, com velocidade de 50 m/s. Sabendo que, devido ao atrito com o ar, o corpo dissipa 100 J de energia sob a forma de calor, determine a altura máxima atingida pelo corpo. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- No escorregador mostrado na figura, uma criança com 30 kg de massa, partindo do repouso em A, desliza até B.

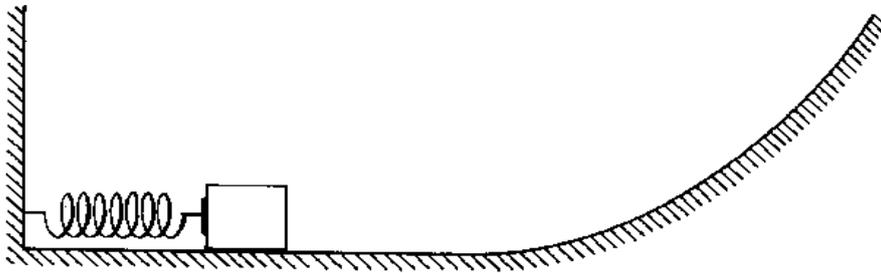


Desprezando as perdas de energia e admitindo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule a velocidade da criança ao chegar a B.

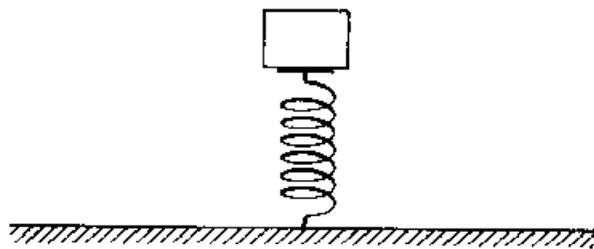
- Um corpo de massa igual a 0,5 kg e velocidade constante de 10 m/s choca-se com uma mola de constante elástica 800 N/s. Desprezando os atritos, calcule a máxima deformação sofrida pela mola.



8. Consideremos uma mola de constante elástica  $400 \text{ N/m}$ , e um corpo de massa  $1 \text{ kg}$  nela encostado que produz uma compressão de  $0,8 \text{ m}$ . Liberando a mola, qual é a velocidade do corpo no instante em que perde contato com ela? Despreze as forças de resistência.
9. Um corpo de massa  $m$  é empurrado contra uma mola cuja constante elástica é  $600 \text{ N/s}$ , comprimindo-a  $30 \text{ cm}$ . Ele é liberado e a mola o projeta ao longo de uma superfície sem atrito que termina numa rampa inclinada conforme a figura. Sabendo que a altura máxima atingida pelo corpo na rampa é de  $0,9 \text{ m}$  e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule  $m$ . (Despreze as forças resistivas.)

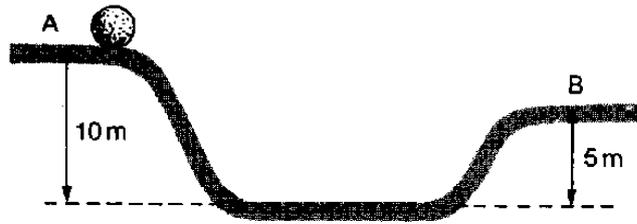


10. Um corpo de massa  $20 \text{ kg}$  está sobre uma mola comprimida de  $40 \text{ cm}$ . Solta-se a mola e deseja-se que o corpo atinja a altura de  $10 \text{ m}$  em relação à sua posição inicial.



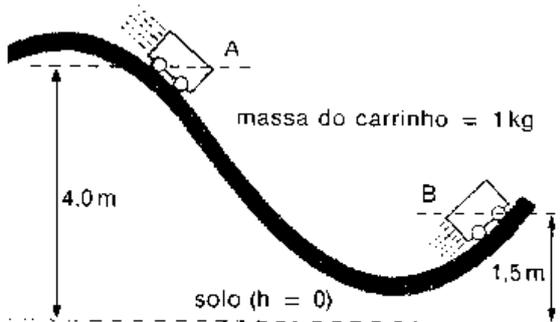
Determine a constante elástica da mola. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e despreze os efeitos do ar.

11. Uma esfera parte do repouso em A e percorre o caminho representado sem nenhum atrito ou resistência. Determine sua velocidade no ponto B.

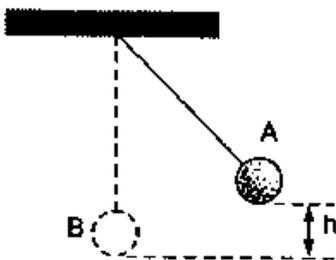


**12.** Um carrinho situado no ponto A (veja a figura), parte do repouso e alcança o ponto B.

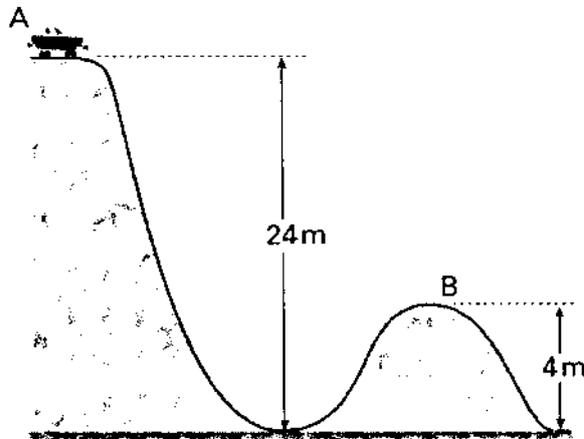
- Calcule a velocidade do carrinho em B, sabendo que 50% de sua energia mecânica inicial é dissipada pelo atrito no trajeto.
- Qual foi o trabalho do atrito entre A e B?



**13.** Uma esfera de massa 2 kg é lançada horizontalmente do ponto A e deseja-se que ela atinja a pista superior. Os trechos AB e BCD são perfeitamente lisos. A aceleração da gravidade é de  $10 \text{ m/s}^2$ . Determine a mínima velocidade que o corpo deve ter ao atingir o ponto B.



14.(PUCSP) A figura mostra o perfil de uma montanha russa de um parque de diversões. O carrinho é levado até o ponto mais alto por uma esteira, atingindo o ponto A com velocidade que pode ser considerada nula.



A partir desse ponto, inicia seu movimento e ao passar pelo ponto B sua velocidade é de 10 m/s. Considerando a massa do conjunto carrinho+passageiros como 400kg,

- Qual a energia total do sistema?
- Qual o módulo da energia mecânica dissipada pelo sistema?

15.(UNIFEI) Em uma pequena usina hidrelétrica a diferença de cota entre a turbina e a superfície do lago é de 10 m. Qual a velocidade com que a água chega à turbina, se durante o trajeto a água perde 28% de energia devido aos atritos? (Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

#### Respostas dos exercícios propostos

- 1 J e 10 m/s
- 7,2 m
- 4 m/s
- 36 m/s
- 120 m
- 0,25 m
- 16 m/s
- 8 m/s
- 3 kg
- 25 kN/m
- 10 m/s
- $\sqrt{10} \text{ m/s}$  e  $-20 \text{ J}$
- 10 m/s
4. a) 96 kJ b) 60 kJ
- 12 m/s